



Rapport d'activité 2013-2018



LIMSI

Laboratoire d'Informatique
pour la Mécanique
et les Sciences de l'Ingénieur



TABLE DES MATIÈRES

L'Unité : auto-évaluation	4
I - Présentation de l'unité.....	4
II - Politique scientifique.....	12
III - Présentation de l'écosystème de recherche de l'unité	16
IV - Produits et activités de recherche.....	19
V - Faits marquants	30
VI - Organisation et vie de l'unité	35
VII - Analyse SWOT de l'Unité	38
VIII - Réflexions sur le Projet scientifique à cinq ans	39
Annexes et glossaire	57
 Équipe 1 : AERO	 75
I - Présentation de l'équipe	75
II - Bilan scientifique.....	77
Méthodes Numériques Avancées et Calcul Haute Performance	77
Quantification des incertitudes.....	80
Analyse de la Dynamique.....	82
Contrôle	86
III - Faits marquants et SWOT	89
IV - Projet scientifique	91
Annexe 4 : Sélection des produits et activités de la recherche	92
 Équipe 2 : ETCM	 100
I - Présentation de l'équipe	100
II - Bilan scientifique.....	102
Magnétohydrodynamique	102
Convection naturelle	104
Instabilités, transition à la turbulence.....	107
Ondes et thermique	110
III - Faits marquants et analyse SWOT.....	113
IV- Projet scientifique	114
Annexe 4 : Sélection des produits et activités de la recherche	116

Équipe 3 : TSF	125
I - Présentation de l'équipe	125
II - Bilan Scientifique	127
Dynamique et transferts en fluide diphasique	127
Dynamique et transferts en fluide oscillant	129
Transferts thermiques solide/superfluide et aux jonctions micro-nano.....	130
Transferts convectifs appliqués et énergie solaire.....	132
III - Faits marquants et analyse SWOT	136
IV - Projet scientifique	137
Annexe 4 : Sélection des produits et activités de la recherche	138
Équipe 4 : ILES	144
I - Présentation de l'équipe	144
II - Bilan Scientifique	148
Corpus et représentations	148
Multilinguisme et paraphrase	149
Extraction et reconnaissance d'informations précises	152
Modélisation et traitement automatique des langues des signes	155
III - Faits marquants et SWOT	157
IV - Projet scientifique	159
Annexe 4 : Sélection des produits et activités de la recherche	162
Équipe 5 : TLP	179
I - Présentation de l'équipe	179
II - Bilan scientifique	184
Caractérisation du locuteur dans un contexte multimédia	184
Dimensions affectives et sociales des interactions parlées avec des (ro)bots et enjeux éthiques	184
Perception et traitement automatique de la variation dans la parole	186
Traduction et apprentissage automatiques.....	186
Reconnaissance de la parole	188
Ressources langagières	189
III - Faits marquants et SWOT	191
IV - Projet scientifique	192
Annexe 4 : Sélection des produits et activités de la recherche	192
Équipe 6 : AMI	210
I - Présentation et introduction	210
II - Bilan scientifique	213
Image et interaction	213
Environnements Intelligents	217
Multimodalité et Handicap	219
Interaction et Communication Haptique.....	220
III - Faits marquants et SWOT	222
IV - Projet scientifique	224
Annexe 4 : Sélection des produits et activités de la recherche	225

Équipe 7 : CPU	234
I - Présentation de l'équipe	234
II - Bilan Scientifique	238
Cognition Humaine et Artificielle	238
Interaction Affective Multimodale	240
Modélisation des Variabilités Intra et Interindividuelles	241
Conception et usages	243
III - Faits marquants et analyse SWOT	245
IV - Projet scientifique	246
Annexe 4 : Sélection des produits et activités de la recherche	251
Équipe 8 : VENISE	260
I - Présentation de l'équipe	260
II - Bilan scientifique	262
Modèles d'Interaction en RV&A	262
Modèle de Données et de Simulation	265
Rayonnement, stratégie, collaborations	268
III - Faits marquants et SWOT	270
IV - Projet scientifique	272
Annexe 4 : Sélection des produits et activités de la recherche	276
Équipe 9 : AA	280
I - Présentation de l'équipe AA	280
II - Bilan scientifique	282
Analyse et synthèse audio	282
Prosodie Expressive	283
Son et Espace	284
III - Faits marquants et analyse SWOT	285
IV - Projet scientifique	286
Annexe 4 : Sélection des produits et activités de la recherche	287
Action transverse VIDA	292
I - Présentation	292
II - Activités et productions en recherche et création	293
III - Faits marquants de la thématique transverse	297
IV - Projet scientifique	298
Annexe 4 : Sélection des produits et activités de la recherche	299

LIMSI

AUTO-ÉVALUATION DE L'UNITÉ

François Yvon, Directeur du LIMSI

Anne Vilnat, Directrice Adjointe et Christian Tenaud, Directeur Adjoint

Karine Bassoulet puis Maud Grenet, Administratrices

I - PRÉSENTATION DE L'UNITÉ

A. Historique, localisation de l'unité

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 également avec l'Université Pierre et Marie Curie (UPMC – intégrée depuis 2018 dans Sorbonne Université), avec laquelle le laboratoire a été associé jusqu'à la fin de l'année 2013.

Le laboratoire a été fondé par Lucien Malavard (professeur de la Faculté des Sciences de Paris) en 1972, 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 affirmé dans les Sciences de l'Ingénierie (Mechanical, Electrical and Computer Engineering), et plus généralement dans les Technologies, Sciences des Techniques, comme on les trouve au MIT, à CalTech ou à Georgia Tech.

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 et le traitement automatique des langues. La pluridisciplinarité et l'interdisciplinarité font partie de l'ADN du laboratoire et sont facilitées par la richesse des compétences et expertises présentes au sein des groupes de recherche. D'autres éléments fédérateurs sont à souligner : 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. Les chercheurs du laboratoire ont donc également en commun l'utilisation de moyens de calculs performants, que ces moyens soient internalisés ou obtenus auprès des centres de calcul nationaux.

B. Structuration de l'unité

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 cinq groupes de recherche, puisque le groupe Audio Acoustique (CHM/AA) a cessé ses activités fin 2017. Une action thématique transversale, VIDA, abrite des activités collaboratives entre groupes sur la thématique « Arts et Sciences ». Un pôle de soutien, composé de quatre groupes qui rassemblent l'essentiel des personnels Ingénieurs, Administratifs et Techniques, vient en appui de ces deux départements.

► Le Département de Mécanique Énergétique (ME)

Au cœur de nombreux enjeux sociétaux, la mécanique des fluides et les transferts et l'énergétique constituent deux lignes de force qui fournissent une cohérence globale à notre projet scientifique pour aborder les problèmes dans les domaines de l'énergie, du transport, de l'environnement et de la santé. Les recherches engagées au LIMSI visent à consolider les théories dans ces domaines, améliorer la compréhension des phénomènes physiques, mieux les modéliser, rendre les simulations numériques plus performantes, perfectionner les processus en les optimisant et en les contrôlant. La variété de nos activités provient (i) de la gamme d'échelles spatiales considérées du nanomètre en thermique à quelques dizaines de mètres en aérodynamique externe, (ii) de la gamme de vitesses étudiée qui amène à adopter une description incompressible pour certains écoulements et à prendre en compte les effets de compressibilité dans d'autres, avec en particulier la propagation du son, (iii) de la variété des méthodes d'analyse, qui fait appel à des techniques analytiques, numériques et expérimentales, (iv) de la variété des méthodes numériques utilisées ou en cours de développement, déterministes ou stochastiques, multi-échelles, pouvant faire intervenir des modèles à faible nombre de degrés de liberté, (v) de la variété des objectifs qui vont de l'avancement de la connaissance pure à la preuve de concept. Historiquement, nos travaux suivent une approche en mécanique des milieux continus classique, basée sur de solides connaissances en mathématiques appliquées. Cette composante a été renforcée, dans les dernières décennies, par une approche issue de la physique non-linéaire. La synergie entre ces deux communautés est réelle et apporte un dynamisme dans nos échanges.

Nos activités de recherche se concentrent autour de deux grandes disciplines : « la mécanique des fluides » et « les transferts et l'énergétique ». Ces deux thématiques sont actuellement présentes au sein de trois groupes dont le dénominateur commun est de développer conjointement et de partager des méthodes spécifiques, à la fois numériques et expérimentales :

Aérodynamique : turbulence et contrôle (AERO)

La simulation d'écoulements réels (géophysiques, industriels ou biologiques) et l'analyse de base de données expérimentales ou numériques requièrent le développement de méthodes numériques efficaces. Le groupe AERO mène une recherche à composante fondamentale sur des

méthodes numériques avancées et adaptées aux architectures des calculateurs modernes (HPC). Ces travaux conduisent également à la mise au point de méthodes originales pour l'analyse, la prédiction et le contrôle d'écoulements obtenus par la simulation numérique ou l'expérience ;

Écoulements transitionnels, couplages multi-physiques (ETCM)

Les activités de recherche du groupe sont consacrées à la dynamique d'écoulements externes ou internes par des méthodes numériques, analytiques et expérimentales. Un intérêt particulier est porté 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, des codes numériques spécifiques sont développés et une nouvelle activité expérimentale est également engagée.

Transferts solide-fluides (TSF)

La spécificité du groupe réside dans son intérêt pour les transferts de chaleur et de masse et pour les systèmes énergétiques. Ses travaux se développent dans quatre directions : (i) les écoulements diphasiques et leur simulation numérique ; (ii) les écoulements oscillants et la caractérisation expérimentale des écoulements secondaires induits (thermo-acoustiques) ; (iii) les transferts thermiques aux interfaces solide/hélium-superfluide et aux échelles micro/nano ; et (iv) les transferts convectifs appliqués, notamment dans le cadre des énergies renouvelables.

Les frontières entre ces groupes sont volontairement poreuses. Ces trois groupes sont naturellement amenés à développer conjointement des méthodologies ou des modèles. Ils partagent par ailleurs un ensemble d'outils aussi bien numériques, en particulier autour de plateformes de calcul et du traitement des données, qu'expérimentaux autour de dispositifs métrologiques et de mesures. Outre ces interactions, les activités ME dépassent le cadre du département pour contribuer à des travaux sur le traitement d'images ou la science des données appliquée à la Mécanique des Fluides, en collaboration avec les membres du département Communication Homme-Machine.

► Département Communication Homme-Machine (CHM)

Le département CHM s'intéresse à tous les aspects, dispositifs et modalités de la communication entre humains et machines, qu'elle soit verbale ou non-verbale, gestuelle, tactile, visuelle ou multimodale. Si la conception, l'analyse et l'évaluation des dispositifs techniques de communication et d'interaction sont au cœur de l'activité des équipes du département, une des caractéristiques des recherches qui y sont conduites est leur ouverture à d'autres disciplines (linguistique, psychologie, sciences cognitives), pour lesquelles les modèles et les dispositifs expérimentaux sont vus comme des instruments qui permettent de mieux comprendre l'humain.

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

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

La communication parlée constitue le noyau des recherches développées dans le groupe *TLP (Traitement du Langage Parlé)*, avec des activités qui se déploient depuis le traitement du signal jusqu'aux systèmes de dialogue, en passant par toutes les étapes d'analyse et d'enrichissement automatique de l'entrée vocale : identification de la langue et des locuteurs, transcription de la parole, reconnaissance des émotions. Le groupe *ILES (Information, Langue Écrite et Signée)* se centre sur l'étude de la langue écrite ou signée, aussi bien dans ses fonctions de communication ou de support d'information, motivant l'étude de méthodes pour extraire et rechercher des informations précises dans des

► Groupes de soutien à la recherche

Le soutien aux activités de recherche est organisé en quatre services : SAFT, P2I, AMIC et CTEMO. Le périmètre des activités du *SAFT (Services Administratifs, Financiers et Techniques)* comprend les activités de gestion contractuelle et financière, la fonction RH, ainsi que la communication, la logistique et l'infrastructure. Ce regroupement a facilité les évolutions du service dans le sens d'une plus grande polyvalence, puisque plusieurs agents de SAFT partagent leur activité sur plusieurs fonctions. Le groupe *AMIC (Administration des Moyens Informatiques Commun)* a pour mission la gestion des moyens informa-

documents variés, articles de presse, publications scientifiques ou dossiers médicaux. Le spectre des recherches conduit dans ces deux groupes est très large et s'étend à tous les aspects de la langue (orale, écrite ou signée).

L'interaction est au cœur des activités de trois 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)*. Notons enfin que durant l'essentiel de la période¹, le groupe *AA (Audio & Acoustique)* a conduit des études autour de la production et perception de signal sonore, qu'il soit verbal ou musical, et plus généralement sur les environnements sonores, positionnant ce groupe à la frontière entre les thématiques Interaction et Traitement des Langues.

L'ensemble de ces recherches constitue un continuum et les frontières de groupes sont souvent franchies par les travaux menés au sein du département. C'est la raison pour laquelle de nombreuses collaborations entre ces groupes existent, sur des thématiques variées qui évoluent au cours des années : citons ainsi les liens entre ILES et AMI sur la Langue des Signes et l'analyse du mouvement, ou encore entre TLP et AMI sur la visualisation de l'atlas sonore, pour n'en retenir que quelques-uns. Parmi ces collaborations, la thématique *VIDA (Virtualité, Interaction, Design & Art)* s'étend au-delà du Département, en réunissant l'ensemble des chercheurs du laboratoire autour des recherches mêlant Sciences de l'ingénieur et création artistique contemporaine.

tiques du laboratoire : gestion des infrastructures réseaux et des principaux services (mail, web, ssh, téléphonie IP, etc.) ; administration du parc de postes de travail et d'imprimantes, développement d'applications de gestion. AMIC est l'interface du laboratoire avec d'une part le CNRS pour ce qui concerne la PSSI, ainsi qu'avec la Direction Informatique de l'Université Paris-Sud qui nous fournit un certain nombre de services réseaux (annuaire, firewall, téléphonie IP, etc). Le *P2I (Pôle d'Ingénierie en Informatique)* prend en charge le support informatique direct aux activités de recherche : administration des logiciels, développement

¹ Le groupe AA a officiellement cessé ses activités à la fin de l'année 2017 et ses membres ont soit quitté le laboratoire, soit rejoint d'autres groupes. Dans la mesure où il a été en activité pratiquement sur toute la période, il est considéré, pour la partie scientifique de l'auto-évaluation, au même titre que les autres groupes de l'unité.

d'applications, maintenance des plateformes numériques expérimentales et des moyens de calcul. Cette activité est étroitement coordonnée avec AMIC pour ce qui concerne en particulier le déploiement, la gestion et la sécurisation des plateformes de calcul. La **CTEMO (Cellule Technique Electronique, Mécanique et Optique)** intervient en soutien des activités expérimentales qui demandent la conception de dispositifs physiques : conception, usinage et montage

de pièces ou de dispositifs mécaniques ou électroniques, ainsi que pour la métrologie.

Un organigramme fonctionnel de l'unité, accompagné d'une liste détaillée des personnels de soutien présents dans l'unité pendant la période de référence, est fourni en annexe 3.

► Effectifs et moyens de l'Unité

Au 1^{er} juillet 2018, l'effectif du LIMSI se répartit comme suit :

31 chercheurs CNRS (dont 3 DR émérites) : 18 Directeurs de Recherche (DR) et 13 Chargés de Recherche (CR), parmi lesquels 4 sont titulaires de l'Habilitation à Diriger des Recherches (HDR). Ces chercheurs CNRS sont rattachés à diverses sections du Comité National, l'effectif se répartissant à parts presque égales entre la Section 07 « Sciences de l'Information : signaux, images, langues, automatique, robotique, interactions, systèmes intégrés matériel-logiciel² » (15 chercheurs) et la Section 10 « Milieux fluides et réactifs : transports, transferts, procédés de transformation » (12 chercheurs) ; en complément, 3 chercheurs relèvent de la Section 34 « Sciences du langage », et 1 de la Section 26 « Cerveau, cognition et comportement ». Cette population est fortement déséquilibrée en faveur des DR (18, y compris les émérites), contre seulement 13 CR.

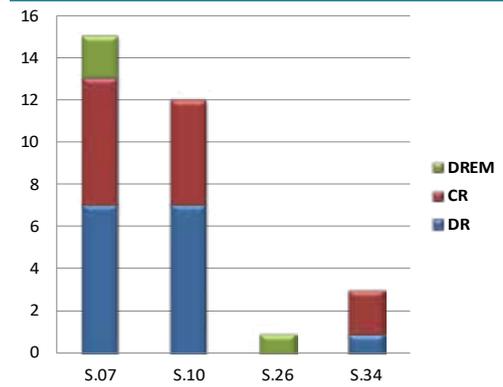
46 Enseignants-Chercheurs : 7 Professeurs et 39 Maîtres de Conférences, parmi lesquels 12 sont titulaires d'une HDR. Les Enseignants-Chercheurs sont rattachés à de multiples sections du Conseil National des Universités (CNU) pour leur évaluation : 26 à la Section 27 « Informatique », 2 à la section 61 « Informatique Appliquée, Automatique Traitement du Signal », 15 à la Section 60 « Mécanique », 3 à la Section 62 « Énergétique », et 4 à la Section 16 « Psychologie ». 31 sont employés par U-PSud, 9 par Sorbonne Université, et 5 sont rattachés à d'autres Universités et Écoles d'Ingénieurs. Dans cette population également, le ratio rang A / rang B est fortement déséquilibré, cette fois-ci en faveur des MdC, reflétant le fait que la population d'enseignants est en moyenne plus jeune que la population de chercheurs.

29 Ingénieurs et Techniciens : ces personnels sont tous employés par le CNRS, à l'exception de deux techniciens (un Adjoint Technique par U-PSud et un Technicien par Sorbonne Université). Dans cette population, les agents de la BAP E (Informatique) constituent le plus gros de l'effectif (7 IR, 6 IE, 3 AI) ; les agentes de la BAP J (Gestion et pilotage) étant également bien représentées dans l'unité (1 IE, 2 AI, 3T).

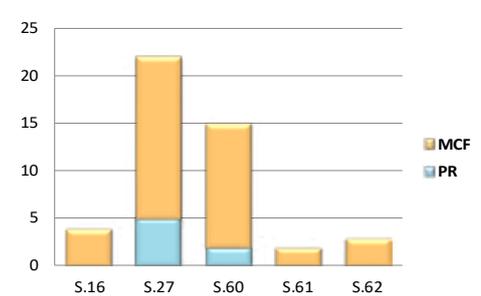
En résumé, le laboratoire abrite un total de 105 permanents, parmi lesquels 77 chercheurs et enseignants-chercheurs : 47 au sein du département Communication Homme-Machine et 30 au sein du département Mécanique-Énergétique. Parmi ces personnels, 47 sont titulaires d'une HDR.

Toujours au 1^{er} juillet 2018, le LIMSI abrite 92 personnels non-permanents. Il s'agit majoritairement d'étudiants en thèse (au nombre de 67) ainsi, qu'en nombre bien moindre, de chercheurs,

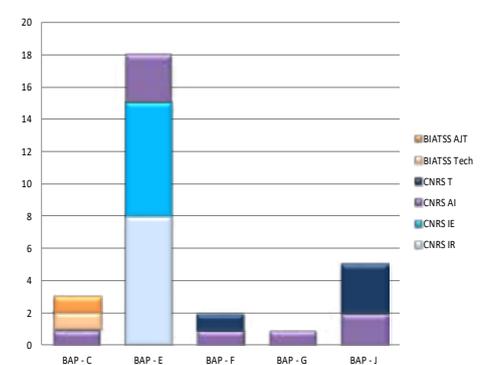
Chercheurs CNRS par section du Comité National



Enseignants-Chercheurs CNRS par section du Conseil National des Universités



Ingénieurs et techniciens par Branche d'Activité Professionnelle



² Intitulé officiel depuis 2015.

enseignant-chercheurs et ingénieurs non-permanents (au nombre de 25). Par ailleurs, l'unité accueille annuellement

Évolution des effectifs

La période 2013-2018 n'a pas été très favorable en général à l'emploi scientifique : les difficultés financières des Universités et les gels de postes se combinant à une faiblesse persistante du nombre des recrutements de chercheurs permanents et d'ITA au CNRS.

Dans ces circonstances, l'érosion des effectifs CNRS de l'unité entamée lors du précédent contrat quinquennal s'est poursuivie : entre 2014 et 2017, 5 ETPT CNRS ont ainsi disparu, s'ajoutant aux 7 déjà disparus en 2012 et 2013. Rapportée au nombre de personnes présentes dans l'unité, cette baisse a été plus marquée du côté des ITA (-6) que des chercheurs titulaires (-2).

Concernant les effectifs ITA, cette baisse est essentiellement due à des départs en retraite non-compensés en début de période (N. Pain, P. Durand, J.-J. Gangolf, A. Choisier, W. Turner), ainsi qu'au départ de la responsable du centre documentaire (M. Roserat). Cet effectif est depuis resté relativement stable, les nouveaux départs (A. Depauw, K. Bassoulet, D. Touraine, G. Belizon, M. Grenet) ayant tous été compensés. Face à cette situation, qui a mis en forte tension les fonctions d'appui à la recherche, le laboratoire a œuvré pour mieux mutualiser l'activité des personnels de soutien, en particulier avec la création de P2I et CTEMO (en 2015), ainsi que divers ajustements dans AMIC et SAFT pour aller vers une meilleure répartition des charges et une augmentation de la polyvalence des agents. En dépit de ces efforts, plusieurs fonctions support restent en situation de sous-effectif : en premier lieu la fonction « Infrastructure et logistique », alors même que le laboratoire a mis en œuvre plusieurs projets mobiliers de grande ampleur ; la fonction « RH » qui a beaucoup souffert de l'alourdissement des procédures de recrutement et de la mise en place de ZRR au laboratoire, et pour laquelle nous avons été conduits à faire appel à des recrutements de personnels non-permanents, puis à redéployer un demi-emploi ; ainsi que la fonction « calcul intensif », qui n'est aujourd'hui que partiellement assurée par les ingénieurs de P2I.

Pour ce qui concerne les chercheurs, les entrées-sorties ont été plus équilibrées : les 3 départs à la retraite (J.-P. Sansonnet, J.-B. Berthelin, J.-J. Mariani) et les 4 demandes de changements d'affectation (M. Auvray, B. Katz, C. d'Alessandro, D. Sciamarella) ayant presque été compensées par des arrivés de deux DR en mutation (B. Noack, D. Lucor), ainsi que par deux recrutements au niveau CR en 2017 (J. Françoise, O. Semeraro), enfin par le retour de détachement de P. Le Quéré³. On notera que ce bilan presque équilibré masque un net renforcement

pour le printemps et pour l'été une soixantaine d'étudiants au niveau Master (la majorité), ou Licence.

du département ME au détriment du département CHM. La relative faiblesse des recrutements en Section 07 doit s'analyser au regard de deux facteurs : d'une part, la concurrence de plus en plus féroce à laquelle se livrent les industriels pour attirer les meilleurs docteurs sur certaines de nos thématiques phares (apprentissage automatique, traitement des langues) ; d'autre part, le soutien limité de l'INS2I aux thématiques du département CHM, qui avaient pu compter jusqu'en 2012 sur un flux de recrutements dans les sections interdisciplinaires (CID), en particulier la CID 44. La principale conséquence scientifique de ces mouvements de personnels a été la fin de l'activité du groupe « Audio Acoustique », rendue inévitable du fait du départ vers Paris-Centre des deux DR qui animaient cette petite équipe, clôturant ainsi plus de 40 ans de travaux sur la synthèse vocale au LIMSI.

Pour ce qui concerne les effectifs enseignants-chercheurs, ils sont restés presque stables sur la période (-2). L'année 2013 a été triplement remarquable, marquée par l'intégration de deux MdC Paris-Sud 61^e section en mutation de l'IEF (M. Gouiffès, F. Bimbard) ; le recrutement de 4 MdC Paris-Sud (N. Grenier en S60, C. Guinaudeau en S27, V. Demulier et V. Boccara en S16) ainsi que par l'accueil de T. Hamon (MdC Univ. Paris-Nord). Jusqu'en 2017, les effectifs ont ensuite peu évolué : quelques départs en retraite (P. Tarroux, C. Dang Vu et G. Defresne) et un recrutement (E. Prigent en S16). L'année 2017-2018 a été une nouvelle année singulière, avec l'ouverture au recrutement de 4 postes d'enseignants-chercheurs Paris-Sud⁴, faisant plus que compenser les départs de 2017 (X. Tannier, M.-P. Daniel et C. Jacquemin). Au niveau thématique, le fait le plus marquant a été l'accroissement de la population en Section 16 (« Psychologie, psychologie clinique, psychologie sociale ») avec l'arrivée de 3 nouvelles enseignantes affectées à l'IUT de Sceaux, s'ajoutant à celle d'un enseignant (ergonome) affecté au département de Biologie. Ces arrivées imprévues ont permis de redynamiser nos activités, à la frontière entre Informatique et Psychologie au sein du groupe CPU, qui avaient souffert du double départ de P. Tarroux et de F. Darses (en détachement depuis 2011, dont le poste n'a pas été republié à ce jour). Notons également la très grande stabilité des effectifs des EC de Sorbonne Université, qui n'ont connu aucune variation durant la période.

Mentionnons enfin pour mémoire les évolutions de nos faibles effectifs IATS : le seul changement a été le départ de Y. Maire (retraite), compensée numériquement par l'arrivée de C. Lafarge (à l'automne 2016).

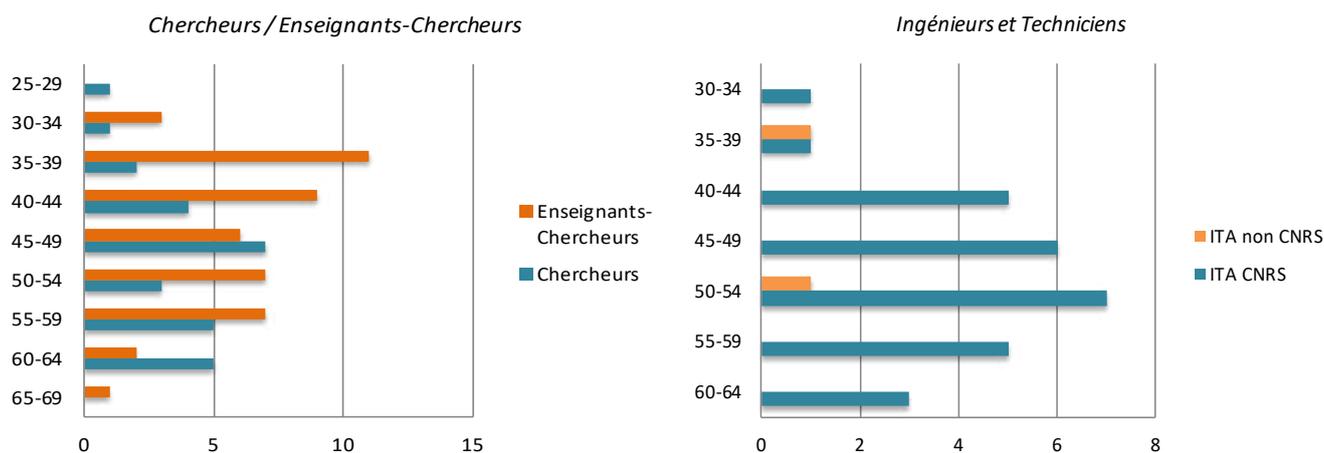
³ Le bref passage au LIMSI de O. Cappé, entrant en 2017 et sortant début 2018 ne transparait pas dans ce bilan.

⁴ Ces 4 recrutements (qui correspondent à 3 arrivées et à une promotion interne) ne sont pas pris en compte dans les chiffres présentés dans ce rapport

En conclusion de cette analyse portant sur les personnels permanents, les déséquilibres structurels constatés en début de période (trop peu de CR comparativement au nombre de DR ; trop peu de PR comparativement au nombre de MdC et comparativement au nombre de DR CNRS) n'ont pu être résorbés, et continuent de limiter notre influence et notre implication dans les filières d'enseignement de l'Université Paris-Sud / Université Paris-Saclay. Un dernier élément doit attirer notre attention : les derniers recrutements ont surtout concerné la population d'enseignants-chercheurs; la démographie de la population des chercheurs étant moins favorable.

Pour ce qui concerne les personnels non-permanents, la baisse des effectifs a été encore plus sensible (de l'ordre d'une vingtaine d'ETPT), reflet de la décade relative, après une période particulièrement faste, de nos ressources contractuelles, ainsi que de la disparition de certains financements institutionnels. Cette baisse touche principalement la population des personnels post-doctorants, qui aujourd'hui dépendent tous de financement sur contrats de recherche, alors que la population des doctorants, pour lesquels nous pouvons recourir à des financements plus diversifiés, est restée plus stable.

Pyramides des âges, en date du 30 juin 2018



Évolution des budgets

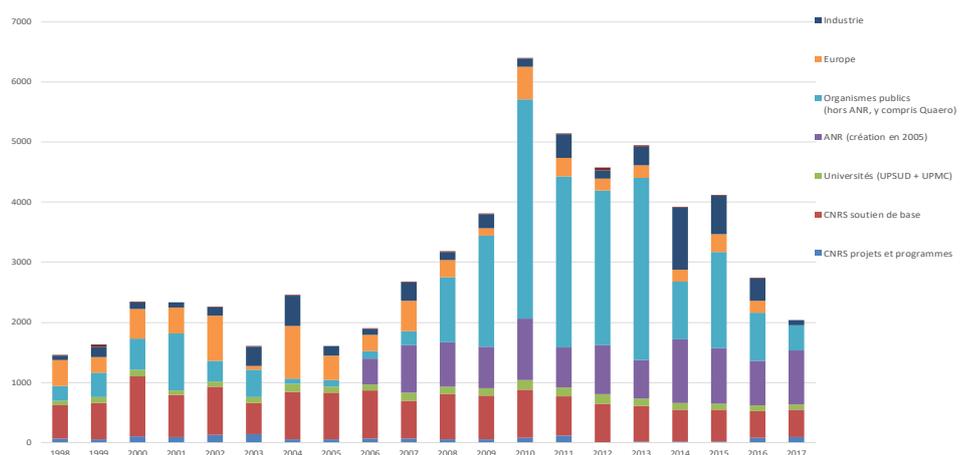
Les ressources financières

Depuis 2011, le budget consolidé du LIMSI s'est progressivement contracté, passant de 13,3M€ (en 2011) à 11,3M€ en 2015⁵. Du fait des évolutions des effectifs décrites ci-dessus, la masse salariale totale des personnels permanents est restée relativement stable, s'établissant en 2017 à 7.96M€, un niveau très proche de celui de 2011 (7.92 M€), les deux principaux contributeurs étant sans surprise le CNRS (autour de 5M€) et l'Université Paris-Sud (près de 2M€). Cette baisse du budget, qui porte donc presque intégralement sur les ressources financières, s'explique par la conjonction de plusieurs facteurs. Le premier est la forte baisse des crédits des établissements, puisque la dotation FEI CNRS a brutalement baissé entre 2012 et 2014 (environ 150k€, soit une baisse d'environ 20%), pour s'établir à un niveau relativement stable depuis⁶. S'accompagnant de la baisse de la dotation Paris-Sud (conséquence des difficultés financières de l'Université) et de la suppression complète de la (petite) dotation UPMC en 2014, c'est d'environ 200K€ annuel de crédits récurrents dont l'unité a été privée. Le second facteur, quantitativement bien plus important, a été la fin, en 2014, du programme Quaero (2008-2013), d'un montant financier exceptionnel, contrebalancée cependant par d'autres ressources contractuelles qui se situent à un niveau très supérieur à ce qui était observé durant les années 2007-2008. Ceci est dû en particulier à un effort très important pour participer activement à des projets ANR (environ 110 dépôts sur la période), avec une forte réussite puisqu'une vingtaine de projets ont été lauréats de ces appels. Concernant les financements européens, deux projets H2020 (un RIA, et un RTN) et quatre projets Chist-ERA ont été financés sur la période. Une seconde source importante de financement pour le laboratoire a été fournie par la montée en puissance des actions du Plan d'Investissement d'Avenir, (PIA) que ce soit directement via des appels à projets internes de l'IdEx Paris-Saclay, ou des autres objets d'excellence (LabEx, EquipEx) auxquels le laboratoire est associé. En dépit d'incertitudes récurrentes concernant le devenir de l'IdEx et des à-coups afférents dans sa gestion, ces financements représentaient par exemple en 2015 près de 2/3 de nos financements publics (hors ANR)⁷. Les ressources provenant de contrats avec les industriels ont enfin connu de

fortes variations annuelles : des contrats avec la nouvelle SATT Paris-Saclay, le démarrage de deux GIS avec des TPE ont permis de nouer des partenariats durables et accroître nos recettes en 2014-2015, alors que 2016 a été, en comparaison, moins favorable. Avec la poursuite de la montée en puissance des actions de la SATT, et l'installation du Tremplin Carnot Cognition, les ressources provenant de contrats industriels bilatéraux sont reparties à la hausse en 2017, avec en particulier un accroissement du nombre de thèses CIFRE.

Cette réduction de nos ressources financières a pesé lourdement sur le budget de l'unité, car elle est survenue à un moment où le LIMSI était engagé dans un ensemble ambitieux de programmes d'investissement immobilier (participation à hauteur de 400k€ au financement du bâtiment 507, aménagement d'une salle machine pour un investissement total d'environ 600k€), s'ajoutant à des frais de location temporaire d'espaces de bureau pour faire face à l'accroissement des effectifs. Il nous aura donc fallu fortement solliciter les ressources propres non-affectées du laboratoire, qui ont au total régressé d'environ 1M€ sur la période.

Le graphique ci-après permet de visualiser l'évolution des ressources financières sur une longue période (1998-2017). 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 particulière sont des montants consommés et non plus des montants notifiés.



Évolution des ressources financières du LIMSI (1998-2016) : subvention d'État et ressources contractuelles

- 5 La tendance s'est poursuivie en 2016 et 2017, mais les comparaisons directes sont moins évidentes, du fait de la mise en place de la GBCP en 2016, qui a conduit à intégrer dans le budget 2016 l'ensemble des ressources disponibles.
- 6 Avec une structure qui a évolué significativement puisqu'entre 2014 et 2017, 60K€ ont été basculés de la dotation à la recherche vers les frais d'infrastructure.
- 7 Notons que si les appels à projets de l'IdEx sont dans l'ensemble moins sélectifs que ceux organisés par d'autres financeurs, les conditions de financement sont également moins favorables et ne permettent qu'à la marge de dégager des ressources mutualisables pour le laboratoire.

Évolution des dépenses

Concernant les dépenses, la très grande majorité (plus de 80%) des dépenses se fait au sein des groupes de recherche et correspondent à des charges (en particulier des charges de personnel) relatives à l'exécution de contrats et prestations de recherche. Concernant les charges communes du laboratoire, pour près des trois quarts elles correspondent à des dépenses d'infrastructure (fluides, frais de Campus facturés par l'Université Paris-Sud, ménage et travaux d'entretien des bâtiments, et, jusqu'en 2017, la location de surfaces dans un des bâtiments du « Parc-Club ») ; les autres grands postes de dépense concernent les équipements informatiques, le fonctionnement courant et les moyens mis à disposition des deux départements, notamment pour l'achat de documentation scientifique. Il est notable que, sur la période, la dotation en FEI n'a permis de couvrir que partiellement les dépenses d'entretien courant. En plus de la location d'espaces de bureaux supplémentaires (jusqu'en 2017), pour environ 180k€, les ressources propres du laboratoire auront ainsi abondé chaque année à hauteur de d'environ 90 k€ pour couvrir les dépenses incompressibles de fonctionnement (qui se montent environ à 400 k€ par an en moyenne). Ces ressources propres proviennent d'un système de prélèvement interne sur contrat, qui permet d'une part d'accueillir dans de bonnes conditions les personnels du laboratoire, d'autre part de financer des actions volontaristes de recherche. La part des ressources propres utilisées pour les autres postes de dépenses (mission, documentation scientifique, informatique) est naturellement, en proportion, bien supérieure, et consommée majoritairement par des actions de recherche sur projet.

extérieurs impliquant plusieurs groupes, voire plusieurs départements. Elles entretiennent également une certaine ouverture d'esprit vis-à-vis des collaborations interdisciplinaires avec d'autres laboratoires.

Dans ces conditions difficiles, les financements de la recherche directement affectés par la direction ont pris deux formes distinctes : d'une part, l'attribution aux départements et aux groupes de recherche d'une partie du FEI, pour un total d'environ 160k€ par an ; d'autre part, le financement de projets internes, dans le cadre d'un programme d'« Actions Incitatives », abondé par les prélèvements sur les contrats de recherche, et qui permet, sous le contrôle du conseil de laboratoire, une forme de redistribution entre équipes. Ce programme a ainsi financé une quarantaine de projets modestes pour un montant total d'environ 200K€, encourageant l'émergence de nouveaux sujets ou de nouvelles collaborations interdisciplinaires entre équipes, favorisant l'installation des nouveaux recrutés, soutenant des recherches plus fondamentales ou des collaborations internationales, jouant également un rôle d'incubateur de projets qui ont pu ensuite trouver des financements plus conséquents⁸ à l'extérieur du laboratoire. Ces actions jouent un rôle essentiel pour entretenir les dynamiques de collaborations entre groupes de recherche, qui ont pu déboucher sur des dépôts de projets auprès de financeurs

⁸ A titre d'illustration, le projet de cartographie des variétés du français (financement DGLFLF) est issu de ce programme, comme le sont les projets de modélisation de capteurs textiles (soutien prématuration SATT Paris-Saclay), de la génération automatique d'exercices pour le e-learning (financement ANR), ou encore de déverbalisation assistée par ordinateur (financement DIM RFSI)

II - POLITIQUE SCIENTIFIQUE

A. Missions et positionnement

Les travaux de recherche conduits au LIMSI répondent à des demandes sociales multiples. Analysés sous le prisme des grands défis de la Stratégie Nationale de Recherche (SNR), les domaines applicatifs principaux du département ME concernent l'efficacité énergétique (Défi 2, « Un énergie propre, sûre et efficace ») et la conception de moyens de transports plus sûrs et moins gourmands en ressources (Défi 6, « Transports et systèmes urbains durables ») ; tandis que les activités du département CHM s'incrivent principalement dans le Défi 7 (« Société de l'information et de la Communication ») concernant le traitement automatisé de grandes masses de données non-structurées ainsi que la conception d'interfaces plus collaboratives entre l'humain et la machine. On peut également considérer que nos travaux tournés vers l'étude de dispositifs artificiels pouvant faciliter les processus d'apprentissage ou d'acquisition de connaissances, ou encore capables d'assister, des personnes âgées ou diminuées via des dispositifs idoines, répondent également à une forte demande sociale.

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 du 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.

B. Stratégie scientifique

La stratégie définie en 2013 s'inscrivait dans un contexte d'évolutions majeures au niveau du site, avec le renforcement des collaborations entre les différents établissements et organismes, le démarrage de deux LabEx (un en Sciences de l'Ingénieur et un en Sciences de l'Information) impliquant des laboratoires avec lesquels nous avons beaucoup à partager (LTCI-CNRS et TélécomParisTech, EM2C-CNRS et CentraleSupélec, LadhyX-CNRS et Ecole Polytechnique, Geeps, FAST, etc), la montée en puissance des activités de l'EquipEx DigiScope, enfin les perspectives intégratives aussi bien en enseignement et en recherche offertes par le projet d'IdEx Paris-Saclay. Forts de notre ancrage au sein de deux communautés (STIC et SPI), et de connexions multiples avec des équipes de SHS (en linguistique ou

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 traitement automatique des langues, un troisième indicateur de la qualité se déduit des résultats des nombreuses évaluations « compétitives »⁹ 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, où nous nous situons aux meilleures places. 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 comparative est un autre trait partagé par de nombreuses équipes de l'unité.

en sciences cognitives) et de Sciences de la Vie (dans les domaines des sciences du mouvement, de la psychologie cognitive, de la biologie et de la médecine) notre ambition était de jouer pleinement la carte de l'interdisciplinarité¹⁰ au sein de Paris-Saclay, en positionnant le laboratoire comme un des « hubs » scientifiques du nouveau paysage qui se dessinait alors. Comme on le verra plus loin, les personnels du laboratoire se sont engagés avec dynamisme et enthousiasme dans ces activités « d'excellence », au travers de projets pluridisciplinaires bi-laboratoires sur des thèmes très variés¹¹ ou au sein de groupes de travail, sachant s'adapter à un ensemble de dispositifs qui s'est élargi au cours des années du fait notamment de la grande créativité des décideurs du CGI.

⁹ *Mélange de compétition et de coopération.*

¹⁰ *Regrettons que cette ambition n'a pas toujours été facilitée par notre tutelle CNRS, qui a à plusieurs reprises exprimé ses réticences à voir s'engager des collaborations pourtant prometteuses (en particulier avec les SHS).*

¹¹ *Pour le domaine SPI : la MHD, la convection, la thermoacoustique, ou encore le transfert de chaleur à petite échelle.*

Pour le reste, le projet rédigé en 2013 s'engageait sur une stratégie prudente et relativement conservatrice, prenant acte notamment que (a) l'ambitieux programme de travaux envisagé allait d'une part peser sur notre capacité à investir, d'autre part limiter (physiquement) nos capacités d'accueils de nouveaux personnels, au moins pendant la période de déconstruction/reconstruction d'un bâtiment, enfin nécessiter de réduire nos ambitions en matière expérimentale, puisqu'il allait falloir démonter un certain nombre d'équipements expérimentaux. Il prenait également acte de perspectives limitées en matière de recrutement, du fait du maintien du statut d'UPR, des difficultés budgétaires de l'Université, ainsi que de la disparition de la CID 44, qui nous avait permis d'effectuer plusieurs recrutements CNRS dans la période antérieure.

Il prenait enfin acte du besoin de réorganiser en profondeur les activités de deux groupes du département CHM (AMI et CPU), une réorganisation rendue nécessaire à la fois par le départ à la retraite de plusieurs cadres de ces équipes, en essayant de tirer parti des opportunités offertes par l'arrivée de deux enseignants-chercheurs en provenance de l'IEF (en section 61), comme des perspectives offertes par l'arrivée de trois jeunes EC de la section 16 (dans l'équipe CPU). Sur ces deux points, notre stratégie a été couronnée de succès et a permis non seulement l'insertion harmonieuse de ces personnels, qui ont su progressivement développer des interactions scientifiques dans leurs équipes d'accueil et au-delà, mais également l'accueil de deux MdC supplémentaires en psychologie au cours de la période¹². Il nous semblait à *contrario* que nos activités en traitement des langues étaient historiquement bien positionnées, ayant opéré très tôt un virage vers les méthodes statistiques et neuronales, qui leur permettait de bénéficier pleinement de la vague émergente des « big data ».

► Suites données aux recommandations de l'évaluation de 2013

Dans cette section, nous passerons en revue un certain nombre de recommandations formulées lors de la précédente évaluation¹³, qui ont été autant d'éléments qui nous ont guidés dans notre réflexion stratégique et dans nos arbitrages¹⁴.

► R1 : « conduire une réflexion interne pour mettre en valeur et assurer une bonne lisibilité de la thématique « Interactions Humain-Machine »

Suite à l'évaluation de 2013, le groupe CPU a poursuivi son effort pour affirmer son positionnement scientifique autour de quatre axes, qui permet de faire collaborer efficacement les personnels de ce groupe très pluridisciplinaire. Parmi les indicateurs de succès de cette stratégie, on note un accroissement des co-encadrements interdisciplinaires, ainsi que de très bonnes publications dans des revues de psychologie à

Dernière évolution très tôt anticipée : la redéfinition des thèmes du groupe CORO « CONvection et ROTation », s'accompagnant d'un changement du nom qui devenait ETCM (pour « Ecoulements Transitionnels et Couplage Multi-physique) afin de mieux rendre compte de cette évolution. Parmi les autres évolutions que nous avons encouragées, mentionnons en particulier : la volonté de renforcer la thématique RV&A, dont l'effectif et les capacités d'encadrement restent sous-critiques ; de mieux ancrer l'activité en Audio-Acoustique dans UPSay, en jouant des évolutions des programmes de Master, avec également en ligne de mire l'amplification des collaborations avec le LTCI ; de diversifier nos travaux en traitement des langues en renforçant les liens avec la linguistique de corpus ; enfin de développer l'activité autour de la simulation numérique, de la quantification d'incertitude et du contrôle des écoulements. Si sur les trois premiers axes nos efforts n'ont pas été très bien récompensés, nous avons eu plus de succès sur le quatrième, puisqu'en particulier :

- l'activité en Quantification d'Incertitude (UQ) a bénéficié de l'arrivée de D. Lucor qui a permis de compléter le spectre des activités en UQ en rapprochant les méthodes développées vers les applications (au *biomédical engineering*, à l'énergie, etc) ;
- la thématique relative au contrôle a bénéficié de l'arrivée de B. Noack et du recrutement de O. Semeraro. Elle a été soutenue par notre dispositif d'Action Incitative / prime d'installation pour favoriser l'intégration des nouveaux arrivants. Cette activité a également été vivement encouragée à bénéficier de l'environnement de l'Université Paris-Saclay. Elle s'est ainsi rapprochée de la communauté de la « Science des données » et du contrôle et a su ainsi bénéficier de nouvelles collaborations et/ou sources de financement.

fort facteur d'impact. Le groupe AMI a également fait évoluer son organisation, afin de recentrer son activité autour de trois thèmes principaux : Multimodalité, Image, et Environnements Intelligents et Pervasifs.

► R2 : « il faut viser à renforcer la production d'articles dans des supports à forte visibilité internationale pour certaines thématiques du département « Communication Homme-Machine »

Pour ce qui concerne la thématique « Interaction », cet objectif a été largement atteint, avec une

¹² Les perspectives de recrutement du côté de la 61^e section ont été beaucoup moins favorables, U-PSud ne souhaitant pas reconnaître le LIMS comme un laboratoire susceptible d'accueillir de nouveaux EC de cette section. Cette situation regrettable n'a pas été étrangère à la décision des chercheurs du groupe AA de relocaliser leur activité dans un autre laboratoire.

¹³ Ces recommandations figurent à la page 7 du rapport de l'AERES produit à la suite de l'évaluation de 2013.

¹⁴ Nous ne traitons pas ici de la recommandation R11 : « il importe de préciser la contrepartie amenée par les entreprises dans les collaborations de recherche lorsque celle-ci n'est pas directement financière ».

progression du nombre de publications dans des revues internationales de très bon niveau (en plus des publications en psychologie, de nombreux articles sont publiés dans ACM ou IEEE Transactions et deux publications dans la revue « Presence » au compte de l'activité en RV&A). L'activité de publication au sein des groupes de traitement des langues est restée sur une très bonne dynamique, avec des communications régulières dans les grandes conférences du domaine (ACL, Interspeech, IEEE ICASSP).

- ▶ *R3 : « Il faut viser à renforcer l'activité contractuelle avec les entreprises au sein du département « Mécanique Énergétique » »*

Atteindre cet objectif, compte tenu du spectre très fondamental des activités du département ME n'était pas aisé. L'intensification des collaborations avec la DEN (Direction de l'Énergie Nucléaire) du CEA Saclay (3 thèses financées), le démarrage d'un travail avec EDF et le financement de plusieurs projets ANR (environ un par an depuis 2013), dont certains impliquent des industriels (Air Liquide, Solvay), ont permis de diversifier les ressources financières des groupes de ce département.

- ▶ *R4 : « il importe de poursuivre la mutualisation des appuis techniques et rééquilibrer les soutiens qui peuvent être apportés aux différentes équipes »*

Cette recommandation a été mise en œuvre dès 2015 avec la création d'une nouvelle unité de soutien à la recherche, le Pôle d'Ingénierie Informatique (P2I). P2I résulte de l'extension de CIGITA, cellule de soutien au calcul du département ME, à l'ensemble du laboratoire, par agrégation d'ingénieurs antérieurement répartis au sein des groupes de recherche. Cette réorganisation a permis 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, les salles expérimentales et d'assurer des développements de grande ampleur, pour le bénéfice de toute l'unité. Cette évolution a également profité aux personnels de P2I, qui ont pu accéder à des missions plus variées, s'impliquer dans un collectif dynamique et bénéficier d'un meilleur suivi au sein de leur famille métier.

P2I rassemble aujourd'hui trois compétences principales : en matière de calcul haute performance (gestion de plateformes, aide au développement de codes parallèles), en matière de gestion des plateformes expérimentales pour l'IHM (en particulier les équipements de RV&A), enfin en matière de développement d'applications et de consolidation de code. P2I gère également l'ensemble des matériels expérimentaux, les licences de logiciels pour la recherche, et a également des missions de documentation et de formation aux bonnes pratiques de développement. Notamment, P2I anime des séances de formation interne à l'utilisation d'outils ou de langages génériques (logiciels graphiques,

Python, OpenMP/MPI, etc.). P2I est enfin informé des recrutements d'ingénieurs sur contrat, afin d'anticiper sur la pérennisation des codes. L'ouverture des activités de CTEMO à tout le laboratoire, ou encore la redistribution des portefeuilles de contrats entre gestionnaires (en 2018) participe de la même logique.

- ▶ *R5 : « une réflexion d'opportunité sur la remise en œuvre des dispositifs expérimentaux dont le démontage est rendu nécessaire par le programme d'extension des locaux doit être menée »*

Des efforts financiers et une mobilisation des personnels de soutien à la recherche ont permis de remettre en fonctionnement les expériences en Thermoacoustique, en transfert de chaleur et en fluide en rotation. Le manque de soutien des acteurs industriels pour la thermoacoustique nous a conduits à mettre entre parenthèses cette activité expérimentale et à amorcer un virage pour orienter l'activité sur les fluides oscillants vers l'étude des écoulements vasculaires pulsés. Nous continuons néanmoins de soutenir les expérimentations en transfert de chaleur à basse température, en fluide tournant et en contrôle des écoulements. Ces études à caractère plus fondamental, sont financées par des projets Labex (LaSIPS) ou à travers des projets ANR.

- ▶ *R6 : « Il est recommandé de veiller à renouveler régulièrement les responsables d'équipes, par exemple en limitant cette responsabilité à deux périodes contractuelles »*

Cette recommandation a été inscrite dans le nouveau règlement intérieur de l'unité, adopté en 2015 (voir l'annexe 5). Sur la période, un seul groupe (TSF) a changé de responsable, S. Kouidri prenant la succession de M. Pons. D'autres évolutions sont prévues à l'horizon du prochain contrat.

- ▶ *R7 : « il faut maintenir le flux de doctorants au niveau atteint depuis 2012 »*

Un effort particulier a porté pour sensibiliser les équipes à cet objectif, qui a été globalement atteint puisque le flux annuel de nouveaux doctorants est resté relativement stable autour de 20 par an, et ce, en dépit de l'augmentation des contraintes administratives. On observe toutefois des variations entre équipes et un nombre de doctorants qui reste trop faible au vu de nos capacités d'encadrement au sein du département ME, qui n'a toutefois pas bénéficié des mêmes opportunités de financement que le département CHM.

- ▶ *R8 : « le suivi de thèse mis en place pour maîtriser la durée moyenne des thèses doit être poursuivi »*

Les écoles doctorales (ED) de Paris-Saclay mises en place au cours de la période ont renforcé les dispositifs de suivi de thèse, que ce soit l'ED STIC ou l'ED SMEMaG dont dépendent principalement les doctorants du laboratoire. La commission interne « doctorants » continue par ailleurs son travail de soutien quand les doctorants ou les encadrants en ressentent le besoin.

Malgré ces efforts, la durée moyenne des thèses est restée globalement stable autour de 42 mois.

- ▶ *R9 : « intégrer de nouvelles formations à l'offre de l'Université Paris-Saclay, adossées à des recherches d'excellence, notamment dans le domaine du Traitement Automatique des Langues »*

Cette recommandation a fait l'objet de réflexions internes et de plusieurs discussions avec le département Informatique de U-PSud. On peut considérer que la création d'un nouveau Master International, au sein de la piste « DataScience » du programme de Master de l'EIT Digital¹⁵ et focalisé sur le traitement des données massives et le traitement des langues, permettra d'offrir à partir de la rentrée 2019 une formation internationale de haut niveau adossée aux recherches du LIMSI en matière de science et technologies des langues.

- ▶ *R10 : « prendre l'initiative d'une réflexion avec les unités de recherche du campus Université Paris-Saclay, thématiquement proches, pour proposer des stratégies scientifiques visant à donner une excellente cohérence et complémentarité d'ensemble »*

La mise en œuvre de cette recommandation a été freinée par les diverses évolutions qu'a connues le projet d'IdEx Paris-Saclay, et par les tensions entre établissements, notamment au sein du département STIC. En conséquence, la définition d'une stratégie collective en 2016 au sein des départements n'a eu que des effets limités sur la cohérence d'ensemble. Ceci n'a toutefois pas freiné les collaborations scientifiques, facilitées par les divers instruments de l'IdEx, qui ont permis d'approfondir les partenariats avec les unités voisines, voire d'en développer de nouvelles. Le travail mené au printemps 2018 à la demande des tutelles pour réfléchir à un projet commun avec deux unités du département STIC (LRI et LSV) a relancé cette réflexion, qui devra s'élargir aux autres unités de l'UPSay, aussi bien au sein du département STIC que du département MEP.

- ▶ *R11 : « l'offre de séminaires internes ouverts aux doctorants pourrait être homogénéisée ».*

Cette recommandation a été difficile à mettre en place, du fait d'une part des différences d'organisation entre le département ME, qui profite d'un séminaire hebdomadaire partagé avec le laboratoire FAST, et le département CHM, dans lequel les séminaires s'organisent à l'échelle des groupes, avec des informations croisées. La mise en place de groupes de travail animant leurs propres séminaires, notamment au sein du LabEx DigiCosme, a conduit à démultiplier l'offre « locale » et à donner à tous l'occasion d'assister à des exposés de très grande qualité (par exemple via les « grands » séminaires du LabEx).

- ▶ *R12 : « il est important de mettre en place, avec le CNRS et l'Université de Paris-Sud, un comité pour suivre régulièrement les conséquences du désengagement de l'UPMC et pour étudier les réponses à apporter au cas par cas. »*

En dépit de demandes du LIMSI auprès des tutelles concernées, nous n'avons pas beaucoup progressé sur cette question. Ni les demandes de création d'un poste au niveau PR pour accueillir un EC UMPC, ni les demandes de faciliter les échanges de postes ou de service n'ont reçu le moindre écho de U-PSud, alors que le CNRS se désintéressait entièrement de la question. Les bonnes relations avec la gouvernance de l'UFR d'Ingénierie d'UPMC ont toutefois permis de trouver un *modus vivendi* raisonnable pour les EC d'UPMC, qui sera reconduit pour la période du prochain contrat quinquennal de Sorbonne Université. Cette solution ne concernera malheureusement pas l'agent IATS UPMC : en dépit de 3 dépôts successifs de demandes prioritaires auprès de La faculté des Sciences de U-PSud, cet agent devra réintégrer son université d'origine au 1^{er} janvier 2019, ce qui est à la fois très regrettable sur le plan humain et scientifiquement déplorable dans l'optique de la préservation de notre potentiel expérimental.

¹⁵ <https://masterschool.eitdigital.eu>

III - PRÉSENTATION DE L'ÉCOSYSTÈME DE RECHERCHE DE L'UNITÉ

Situé sur le plateau de Saclay, au cœur du Campus Universitaire de Paris-Sud, le LIMSI bénéficie d'un environnement scientifique exceptionnel et de la présence dans un proche voisinage d'un réseau de laboratoires couvrant tous les domaines scientifiques, ainsi que d'un riche vivier d'étudiants préparant des diplômes universitaires ou inscrits dans des écoles d'ingénieurs. La volonté politique de structurer ce grand site est ancienne ; les projets d'aménagement et de structuration scientifique, relancés dès 2008, ont connu une histoire chahutée lors de la période d'évaluation. Pour ce qui concerne l'aménagement, de premières réalisations sont sorties de terre, amenant sur le plateau de nouvelles implantations (EDF, ENSAE, CentraleSupélec) ; d'autres seront réalisées dans un avenir proche (ENS-Paris-Saclay, Institut Mines-Télécoms) ou sont encore à l'état de projet (AgroParisTech). Les infrastructures de transport en commun peinent à suivre, rendant le trajet vers le plateau difficile ; du fait de l'augmentation de la circulation et des nombreux chantiers de voirie, il n'est pas moins compliqué pour les véhicules personnels ; pour le reste (restauration, commerce, services, etc), il faudra encore patienter. Pour ce qui concerne la structuration institutionnelle, son histoire n'a pas été linéaire, consommant en chemin une énergie considérable, épuisant les meilleures volontés, pour un bénéfice qui reste encore incertain aujourd'hui. Le LIMSI et ses personnels ont été particulièrement actifs tout au long de cette période pour prendre leur part aux efforts de construction du site.

Le LIMSI (pour sa composante CHM) a tout d'abord fait partie des laboratoires fondateurs du réseau thématique de recherche avancée (RTRA) [Digiteo](#), qui a fédéré entre 2007 et 2016¹⁶ les activités de recherche en Sciences de l'Information des établissements du plateau de Saclay (ou destinés à s'y implanter). En plus des nombreuses collaborations scientifiques (projets collaboratifs, thèses co-encadrées sur deux laboratoires) impulsées par [Digiteo](#), le laboratoire a également bénéficié d'un très fort soutien en matière d'équipements de calcul pour le traitement automatique des langues. Avec la mise en place du Plan d'Investissement d'Avenir dans ses différentes évolutions, de nouveaux véhicules pour des projets collaboratifs à l'échelle du plateau sont progressivement apparus. Pour ceux qui concerne le laboratoire, signalons principalement l'[EquipEx DigiScope](#) (créé en 2011), les [LabEx LaSiPS](#) (en Sciences de l'Ingénieur) et [DigiCosme](#) (en Sciences de l'Information), tous deux labellisés en 2012, l'[IdEx Paris-Saclay](#), coordonnant un ensemble de projets scientifiques et de formations aux niveaux Master et Doctorat, l'[Institut pour la Société Numérique \(ISN\)](#), enfin plus récemment l'[Institut de Convergence I2Drive](#), opportunément rebaptisé [DataIA](#), qui débute ses travaux en 2018.

La période 2013-2018 a été particulièrement animée en ce qui concerne le projet d'IdEx Paris-Saclay. Labellisé en 2012, ce projet Paris-Saclay s'est instancié du point de vue institutionnel au travers de l'Université Paris-Saclay, créée en tant que « COMMunauté d'Universités et d'Établissements » (COMUE) en janvier 2015 qui rassemblait à sa création 19 membres, 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 organisation, 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 Doctorales. L'IdEx a ainsi pu progressivement concrétiser sa mise en place par trois actions très visibles : la définition d'un modèle de signature commun pour les publications scientifiques, la prise en charge de l'ensemble des diplômes de thèse (à partir d'octobre 2015), et enfin le démarrage d'un grand nombre de programmes de Masters labellisés Paris-Saclay (dès septembre 2015). Ces deux dernières actions ont demandé aux enseignants-chercheurs en charge de l'administration de filières doctorales (A. Vilnat pour un des quatre pôles de l'ED STIC) et des 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.

La mise en place des structures de coordination et d'animation de la recherche (les 10 « Départements Scientifiques ») et de l'enseignement (les 8 « Schools ») a progressé à une vitesse moindre et n'a en réalité jamais été conduite à son terme. 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 mieux positionner la recherche de l'UPSay sur un petit nombre de thèmes jugés prioritaires. Ce travail de réflexion stratégique a tout particulièrement mobilisé en 2015 F. Yvon (responsable au sein du GT STIC, puis au sein du département STIC, d'animer la réflexion sur la thématique « Interaction Homme-Machine ») et C. Tenaud (membre des bureaux exécutifs du GT MEP, puis du département MEP, en charge également de la réflexion transverse sur la simulation numérique et le calcul haute performance, également membre du bureau exécutif du GT « Simulation, Modélisation et Calcul Intensif »). Parmi les autres contributeurs importants du laboratoire à la gouvernance de

¹⁶ Les financements issus de [Digiteo](#) ne sont pas encore tout à fait taris et ne s'épuiseront qu'avec la disparition de la FCS, qui en assure le portage administratif et financier.

l'IdEx, citons O. Cappé, qui présida un temps aux destinées du département STIC, et P. Le Quéré, qui vient au printemps 2018 d'accepter la responsabilité (par intérim) du département MEP. Le tableau scientifique ne serait complet sans mention de la [MSH Paris-Saclay](#), qui a su identifier et soutenir certaines de nos activités en particulier autour de la linguistique de corpus. La [SATT Paris-Saclay](#), créée en 2014, est venue compléter le paysage, déjà fort riche, des structures de valorisation de la recherche du site.

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 second 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), n'a finalement été impliqué, à la marge, que dans deux IRS, qui prolongent les activités des anciens LIdEx¹⁷ « Center for Data Science » (CDS) et « Institute for Control and Decision » (ICoDe). Prenant acte de ces désaccords irréconciliables, la décision, actée à l'automne 2017, de réduire le périmètre de la future Université Paris-Saclay a permis de consolider son projet stratégique, un choix qui a été conforté par la décision du jury de prolonger l'IdEx pour une nouvelle (et dernière ?) période probatoire de 30 mois. Le chemin pour atteindre la cible en 2020 est étroit, et vallonné : pour l'immediat refonder les écoles doctorales et les programmes de Master, sans que les structures pour les coordonner (des « graduate schools » ?) aient été mises en place et redéfinir une stratégie scientifique, à très court terme initier le passage de l'Université Paris-Sud à l'Université Paris-Saclay, alors que le rythme des constructions immobilières et des déménagements (ENS Paris-Saclay, Faculté de Pharmacie au sein d'un pôle Biologie-Pharmacie-Santé) ne faiblit pas.

Les autres « instruments d'excellence », quoiqu'intégrés dans l'IdEx pour leur partie administrative, 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 DigiCosme et LaSIPS et de l'Equipex Digiscope mentionnés supra, chacun disposant d'une gouvernance et de ressources propres. Le LIMSI prend une part très active au pilotage de ces divers instruments : F. Yvon représente le CNRS au sein du Conseil des tutelles du DigiCosme ; P. Zweigenbaum, après avoir été responsable de thème au sein de l'axe « DataSense » de DigiCosme, a pris la responsa-

bilité 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. Au sein de DigiCosme, le LIMSI a été particulièrement actif, proposant et prenant en charge l'animation d'une dizaine de ces GT. Ainsi, A. Allauzen co-anime une activité très visible sur l'apprentissage profond ; M. Apidianaki a succédé à P. Zweigenbaum en tant que co-animatrice d'un GT sur le traitement multilingue des langues ; L. Devillers est responsable d'une activité autour de l'interaction humain-robot, qui prolonge celle qu'elle animait antérieurement au sein de l'ISN; B. Grau pilote également une action sur l'extraction de connaissances, qui s'étend aujourd'hui vers des applications à l'enseignement numérique sous la houlette de A.-L. Ligozat; C. Grouin vient enfin de démarrer une activité sur la sécurité des données et M. Ammi a pris la direction d'un GT sur l'e-santé. 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. 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 a atteint en 2016 un premier jalon, avec le démarrage des 9 grandes plates-formes de visualisation prévues par le projet, permettant de démultiplier les possibilités d'expérimentations et de valorisation des résultats de la recherche. Le tableau ne serait pas complet sans mentionner la Fédération de Recherche « Demeň-Vaucanson » (FeDeV), une structure légère portée par l'Université Paris-Sud pour soutenir des projets de recherche interdisciplinaires (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.

Au terme provisoire de cette brève histoire du site Paris-Saclay, il est indéniable que l'institution de structures de coordination et d'animation des communautés de recherche sur le site aura été une grande chance pour le laboratoire. Du point de vue politique, il a donné du poids aux deux communautés du LIMSI (les sciences de l'information et les sciences de l'ingénieur) historiquement sous-représentées au sein de Paris-Sud. Du point de vue scientifique, il aura permis de démarrer de multiples collaborations (projets de recherche, thèses en co-tutelles) avec des unités et des communautés voisines, dont certaines sont appelées à se renforcer dans le futur proche (par exemple sur toute la chaîne d'extraction et de structuration des connaissances à partir de textes). Le caractère pluridisciplinaire de nombreuses actions de l'IdEx a également été particulièrement bénéfique pour le

¹⁷ Durant la première période de structuration de l'Université Paris-Saclay, le terme « LIdEx » a désigné des Instituts (sans murs) internes, fédérant typiquement des équipes de plusieurs laboratoires. Durant la seconde période, ces instituts sont désignés sous le terme d'IRS (Initiative de Recherche Stratégique); certains instituts ont ainsi connu successivement les deux appellations.

laboratoire et a conforté notre positionnement stratégique comme un des vecteurs de la pluridisciplinarité sur le site, par le truchement duquel il est possible d'établir des passerelles entre des communautés diverses. Il a également permis des rapprochements scientifiquement très prometteurs entre la mécanique des fluides d'une part, et la science des données et le contrôle d'autre part ; ou bien entre mécanique des fluides et santé (bio-engineering), entre traitement des langues et biologie, etc. L'animation scientifique au sein en particulier des Groupes de Travail des LabEx a eu des retombées très positives, permettant d'identifier des masses critiques et d'organiser des séminaires de travail et des séminaires invités d'excellent niveau sur des sujets relativement minoritaires dans le paysage saclaysien (l'extraction de connaissances à partir de textes) ou en émergence (la e-santé, la robotique sociale). Les programmes d'invitations de chercheurs étrangers ont permis au laboratoire d'accueillir pour des séjours longs des scientifiques de premier plan (Hermann Ney, Charles Rich, Kevin B. Cohen, Marylin Walker et Steve Whittaker). Le LIMSI a également bénéficié des actions de maturation de la SATT Paris-Saclay, qui a accompagné trois projets portés par des chercheurs du laboratoire, dont l'un (PTronics) est en

passage de déboucher sur un projet de startup. Il ne faut pas enfin minimiser les retombées financières (financements de thèses, de projets et d'équipements), déjà évoquées ci-dessus, qui ont permis en particulier de maintenir un flux régulier de nouveaux doctorants et de post-doctorants au sein du laboratoire.

Ce bilan de l'IdEx et de ses produits dérivés a également un passif : la multiplication des guichets, des appels à projets et des structures de gouvernance œuvrant sans réelle concertation ni coordination, et souvent un grand désordre administratif, aura épuisé bien des énergies, qui font cruellement défaut à un moment où tout reste à réinventer ou à reconstruire (les filières d'enseignement, les LabEx, les structures de coordination, etc). Les choix de l'IdEx et des LabEx dans l'établissement de leur priorités et de leurs périmètres d'intervention n'ont pas toujours été bien avisés ou bien compris, laissant parfois au bord de la route des communautés de recherche qui auraient mérité d'être soutenues plus fortement – ce fut le cas au LIMSI des chercheurs en audio et acoustique qui n'ont jamais véritablement trouvé leur place dans les activités de la COMUE et qui ont fini par quitter le site, de guerre lasse.



IV - PRODUITS ET ACTIVITÉS DE RECHERCHE

A. Bilan scientifique

► Département Mécanique-Énergétique

Le LIMSI est reconnu pour ses compétences dans les développements méthodologiques liés à la simulation numérique et à la modélisation, thématiques qui restent indispensables au progrès scientifique dans les domaines 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. La parallélisation sur architecture hybride (avec accélérateurs GPU)¹⁸ et le développement de méthodes de décomposition de domaine, résilientes aux pannes silencieuses sur architecture exascale¹⁹, sont deux aspects sur lesquels nous avons fait porter notre attention. Des avancées notables ont également été réalisées dans le domaine des interactions fluide-structure, avec le développement d'une méthode de couplage conservative qui permet de prendre en compte la fragmentation de la structure. Les travaux sur les méthodes adaptatives en temps et en espace ont été poursuivies pour la simulation des écoulements compressibles et réactifs, notamment en se basant sur des analyses multirésolution et des estimations d'erreur *a posteriori*. Nos avancées sur les méthodes numériques pour la simulation haute performance, capitalisées dans les logiciels massivement parallèles (BLUE, CHORUS, MR_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 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 P21, 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 LIMSI accueille une des rares équipes de recherche en Europe dont l'activité est liée à la Quantification d'Incertitudes (UQ). Cette équipe de recherche de haut niveau a atteint une masse critique évidente, notamment avec l'arrivée de D. Lucor (DR, CNRS en mutation de IJLRA, UPMC). Cette activité jouit d'une grande visibilité avec de

nombreuses collaborations internationales ; elle a donc été affichée comme un thème du groupe AERO. D'importants efforts ont été consacrés pour développer des méthodologies non-intrusives avec une attention particulière pour le traitement de la grande dimension de l'espace des paramètres incertains. L'objectif est de concevoir des méthodes robustes, flexibles et précises, tout en optimisant le coût numérique de la propagation. Des techniques UQ ont naturellement été utilisées pour traiter des problèmes d'inférence et d'identification de modèles complexes. À partir des outils de simulation du département ME, l'objectif est d'effectuer des analyses de sensibilité (sources d'informations souvent incertaines) pour la prise de décisions dans une diversité d'applications (biomédicales, aérodynamiques ou géodynamiques). Les applications au domaine biomédical ont récemment trouvé une continuation dans une collaboration²⁰, initiée par un PEPS INSIS, concernant les écoulements (diphases) dans un réseau de microvaisseaux. Ces travaux se poursuivent dans le cadre du projet fédérateur BioMedical Engineering (Paris-Saclay) qui est soutenu par le labex LaSIPS et par plusieurs départements recherche de l'Université Paris-Saclay (MEP, SDV, EOE).

Il est également 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. L'originalité apportée par le LIMSI 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 contrôle²¹. 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 thermo-acoustique. De nouveaux thèmes ont émergé,

¹⁸ Thèse de Y. Wang (2015), « Solving incompressible Navier-Stokes equations on heterogeneous parallel architectures », collaboration LRI-LIMSI.

¹⁹ Collaborations avec Duke University et Sandia National Labs.

²⁰ avec S. Pître-Champagnat, IR4M, U-PSud.

²¹ étude soutenue par le projet ANR ETAE, pilotée par Laurent Martin-Witkowski.

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 aux 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 MagnétoHydroDynamique (MHD) qui est un sujet d'études très actif au LIMSI. Trouver des écoulements dynamogènes avec une perturbation optimale reste toujours un objectif d'étude. En outre, 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 composants. Dans ce cadre, des études sur les batteries à métaux liquides 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 transformateurs.

Par ailleurs, 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 chauffée. 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 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, soutenue par un projet LaSIPS, 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 physiques 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. Plus généralement, des techniques avancées de traitement du signal sont utilisées qui permettent d'extraire une description spatio-temporelle caractéristique des écoulements organisés. Ce travail a été effectué dans le cadre du LidEx CDS (Université Paris-Saclay).

Contrôler les écoulements et tendre vers la maîtrise de la turbulence constituent un défi majeur qui impacte un grand nombre d'applications dans les différents domaines des sciences de l'ingénieur. Le contrôle reste, par ailleurs, un des moyens de concevoir des systèmes énergétiques plus performants, en maîtrisant l'efficacité énergétique. Notre activité autour du contrôle des écoulements est une activité particulièrement forte et visible du laboratoire. Elle s'est intensifiée ces dernières années, notamment grâce à l'arrivée de B. Noack (DR, CNRS, en provenance de PPRIME, Poitiers) et plus récemment de O. Semeraro (CR, CNRS). 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 cavité²² et bruit de jet²³). 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 B. Noack. Des techniques d'Apprentissage Artificiel (notamment *Machine Learning*) ont été utilisées, fruit d'un travail collaboratif entre les deux départements (groupes AERO et TLP²⁴). Ceci permet d'aborder des aspects de contrôle non-linéaire qui se positionnent parfaitement dans le LidEx ICoDe.

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

²² Thèse de M.-Y. Rizi (juin 2015), en collaboration avec le SATIE, ENS-Paris-Saclay : « Commande performante et robuste d'un écoulement de cavité ».

²³ Projet ANR Cool-Jazz, LadHyX, PPRIME et LIMSI.

²⁴ Projet ANR FLOWCON, LIMSI, PRISME, PPRIME

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, Université verte, etc.).

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 jouaient 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 travaux²⁵ 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 parallélisme hybride. 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 photovoltaïque²⁶.

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. Un modèle dynamique d'une boucle de distribution de froid a été proposé²⁷, 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 capteur²⁸ 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.

²⁵ Thèse de L. Cadet (octobre 2015) : « Étude du couplage convection-rayonnement en cavité différentiellement chauffée à haut nombre de Rayleigh en ambiances habitables »

²⁶ en collaboration avec le GEEPs dans le cadre d'un projet LaSIPS.

²⁷ Projet ANR Crisalhyd, piloté par IRSTEA.

²⁸ Thèse d'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 ».

► Département Communication Homme-Machine

Deux axes principaux se dégagent dans les recherches menées sur les thématiques de la Communication Homme-Machine : les [interactions avec la machine](#), entendues dans un sens très large, à savoir les multiples moyens que ce soit sur le plan matériel ou logiciel qui peuvent être envisagés pour établir un lien entre un humain et un ordinateur (quelle que soit la forme que celui-ci revêt), et le [traitement automatique des langues](#) pour établir des liens 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 et une action transversale.

L'ensemble de ces recherches constitue un continuum au sein duquel les frontières sont parfois floues. 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) s'étend au-delà des frontières de Département, et réunit l'ensemble des chercheurs du laboratoire autour des travaux mêlant Sciences de l'ingénieur et création artistique contemporaine.

Le [traitement de la langue](#) est une thématique pour laquelle l'unité est reconnue depuis longtemps. Il constitue l'un des pôles majeurs de ce domaine en Europe et est un acteur bien positionné internationalement : projets américains, propositions et projets européens dans lesquels il est la composante française (T4Me, QT21, CEF-AT, Human Language Project) ou qu'il coordonne (Joker, MiRoR), fellows ISCA et AMIA, rôle dans les associations internationales, etc. Il était également fortement engagé dans l'Unité Mixte Internationale IMMI (Institut des Technologies Multilingues & Multimédias de l'Information) en collaboration avec deux partenaires allemands prestigieux : RWTH à Aix la Chapelle (autour d'Hermann Ney), et KIT à Karlsruhe (autour d'Alex Waibel). Cette unité a été fermée par le CNRS fin 2015, en dépit du fort intérêt manifesté par nos partenaires allemands pour sa prolongation et de l'avis favorable du Comité National. Le positionnement singulier des équipes du laboratoire, qui étudient toutes les modalités que la langue peut recouvrir, ont été précieuses pour aborder des données langagières hétérogènes (pouvant 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 inversement très peu dotées).

Le [développement de méthodes capables de s'accomoder de petits corpus d'apprentissage](#) a rassemblé de nombreux travaux portant aussi bien sur la recherche de mots-clés dans la parole, l'identification automatique de termes ou encore la traduction automatique. Ce scénario correspond

à de nombreuses situations pratiques. En particulier, la rareté des ressources disponibles 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 dites « bien dotées » pour créer des ressources pour des langues moins bien outillées (ANR/Restaure, ANR/BULB, DGA Rapid Papyrus). Ces recherches ont été l'occasion de poser des questions fondamentales tant sur les aspects linguistiques que sur les propriétés des modèles utilisés.

Autre axe transverse, la [variation dans les langues](#) est étudiée à plusieurs niveaux. Au niveau de la phonétique, des études ont porté 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 sur les accents (tant français que plus largement dans les langues romanes) s'est poursuivie dans le but de fournir des atlas dialectologiques. Au niveau sémantique, l'étude de la variation s'est attachée à l'étude de la paraphrase qui 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) ou pour caractériser la complexité textuelle sur le plan lexical ou discursif, ou encore pour post-éditer des résultats de traduction automatique.

L'activité sur [le thème de l'audio](#) a donné lieu à une production extrêmement riche, allant des études perceptives pour la génération d'audio 3D jusqu'à la synthèse de parole expressive et la synthèse de la voix chantée ; ces derniers travaux ayant eu un fort impact en particulier dans le domaine des arts numériques.

Le [reconnaissance d'entités, d'une part, et de relations sémantiques ou d'événements](#), d'autre part, reste une thématique forte dans le laboratoire, permettant d'explorer les masses de plus en plus importantes de textes ou de parole disponibles pour en tirer des informations pertinentes par rapport à un besoin exprimé par un utilisateur, que ces informations soient générales dans des textes journalistiques par exemple ou dans des domaines de spécialité, et plus particulièrement dans les 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 eux 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 sont conduites en lien avec les travaux en visualisation (en interaction homme-machine).

Plus récemment la thématique de la [reconnaissance des émotions](#) s'est développée dans plusieurs directions : la

reconnaissance des émotions 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 d'émotions dans des agents virtuels, la stimulation tactile en interaction haptique avec des robots ou encore dans 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, en relation avec le développement des agents artificiels et de la robotique sociale, qui posent la question des règles et valeurs dont ces compagnons d'un nouveau type sont dotés.

Les recherches sur la [modélisation du dialogue](#) illustrent une autre facette de l'activité du laboratoire, 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 de 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 des propriétés, vérifier des hypothèses, apprendre des représentations. Pour cette raison, le laboratoire a une longue tradition de [constitution de corpus](#), et (ce qui en fait la richesse) d'élaboration de schémas d'annotation. Ces ressources servent également à la mise en place de campagnes d'évaluation, où là encore nous avons été très présents au niveau international, aussi bien dans l'organisation que dans la participation.

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 sa 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 d'une part les travaux portant sur les agents virtuels et expressifs, ; d'autre part sur l'analyse d'activité dans les images pour identifier les mouvements.

Plus généralement, les recherches en [traitement d'image](#), principalement dirigées vers les applications de [Réalité Augmentée](#) basée sur la projection, ont été poursuivies, principalement au travers de nombreuses 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 les environnements quotidiens (comme régler la température des pièces en fonction des personnes qui y vivent), mais aussi les objets qui aident les personnes

âgées dans leur vie de tous les jours, en impliquant des industriels et plusieurs équipes du LIMSI et de laboratoires environnants, ainsi que des collaborations internationales. Ce projet couvre un large spectre allant des problématiques fondamentales sur les matériaux à des aspects plus technologiques, ou encore à des questions d'usage, en relation avec la SATT de 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 travaux portant sur des données de la bio-informatique ont permis de poursuivre des collaborations fructueuses avec l'IBPC 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, relatifs par exemple à la formation d'équipes médicales d'urgence (ANR/Victeams), ou de gestion du stress lors d'entretiens d'embauche (FP7/TARDIS), qui sont des terrains d'application des concepts fondamentaux sous-jacents.

Les caractéristiques communes à l'ensemble de ces recherches sont d'une part de présenter [un fort aspect interdisciplinaire](#), d'autre part de s'attacher à développer des travaux faisant une large place à l'expérimentation et à l'évaluation des recherches. L'interdisciplinarité se joue à la fois en interne et en externe. Quand les collaborations interdisciplinaires ne se font pas en interne, elles se font 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 nous rapprochent des roboticiens de l'ENSTA.

La qualité des recherches expérimentales menées au laboratoire s'appuie sur l'existence de [plusieurs plateformes de recherche](#). La plus importante d'entre elles est le grand 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'Equipex DigiScope au sein de Paris-Saclay. Des équipements permettant de tester des rendus audio-acoustiques variés, pour reconstituer une acoustique virtuelle (comme pour simuler le rendu sonore de lieux disparus), que ce soit 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. Un certain nombre de ces équipements ont été soutenus par le dispositif interne d'Actions Incitatives (AI) ou d'Actions sur Programme (ASP). 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. Pour la recherche en traitement des langues, l'activité expérimentale passe également aussi par la confrontation des performances au sein de campagnes d'évaluation nationales et internationales. Les besoins en matériel sont alors des moyens de calculs (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 travaux conduits au sein du département CHM répondent à une forte demande sociétale, c'est le cas par exemple des travaux menés autour du handicap. Cette thématique est abordée sous divers angles, à la fois celui des aides à l'interaction (pour les aveugles ou les personnes poly-handicapées), des agents virtuels pour apprendre à interagir (pour les personnes avec Trouble du Spectre de l'Autisme), des aides pour les personnes âgées (compagnons robots) ou encore l'étude de la Langue des Signes Française et le développement d'avatars signants.

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 en parallèle nos efforts pour renforcer les financements venant de projets européens, en dépit de la forte concurrence qui existe et de la raréfaction des appels sur nos thèmes de prédilection (par exemple en traitement des langues).

Les investissements d'avenir de l'IdEx Paris Saclay ont également 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).

Des invités prestigieux sont venus effectuer des séjours longs dans les différents groupes (H. Ney, K.-B. Cohen, C. Rich, J. MacDonald, plus récemment T. Miller, S. Whittaker et M. Walker), montrant l'attractivité de nos recherches sur le plan international.

La période a 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 partis faire des post-doctorats 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.

B. Éléments d'analyse des données chiffrées

► Éléments d'analyse ...

Un bilan quantitatif extrêmement détaillé de la production scientifique et de l'activité de l'unité est donné dans le *fichier excel joint* à ce rapport; une présentation plus qualitative de cette activité figure dans le bilan scientifique, ainsi que dans les annexes des chapitres consacrés à chacun des groupes de recherche. Nous nous contentons donc ici de livrer dans les paragraphes qui suivent quelques éléments d'analyse supplémentaires concernant les activités de l'unité, en l'observant sous quatre aspects : la production scientifique ; la participation aux actions de formation ; la recherche contractuelle et les activités de valorisation ; les relations internationales.

► Production scientifique

Une première observation est que la production scientifique se maintient globalement pour les principales catégories par rapport à la période antérieure, avec en particulier un accroissement de 4% de la production dans des journaux (414

contre 397), et de 13% du nombre de thèses soutenues (102 contre 88), le nombre de communications avec actes dans les congrès étant à l'inverse en retrait d'environ 10% (autour de 900). La seule catégorie en nette baisse concerne les chapitres d'ouvrages, qui diminuent de plus de 30% (88 contre 150). Lorsque l'on ramène ces chiffres au nombre de personne/an²⁹, chaque chercheur du laboratoire contribue ainsi à environ 1,3 articles de revue, et à près de 2,5 communications dans des actes de conférences. Ces bons chiffres sont également à apprécier au regard de la légère baisse des effectifs de la population d'enseignants-chercheurs évoquée supra.

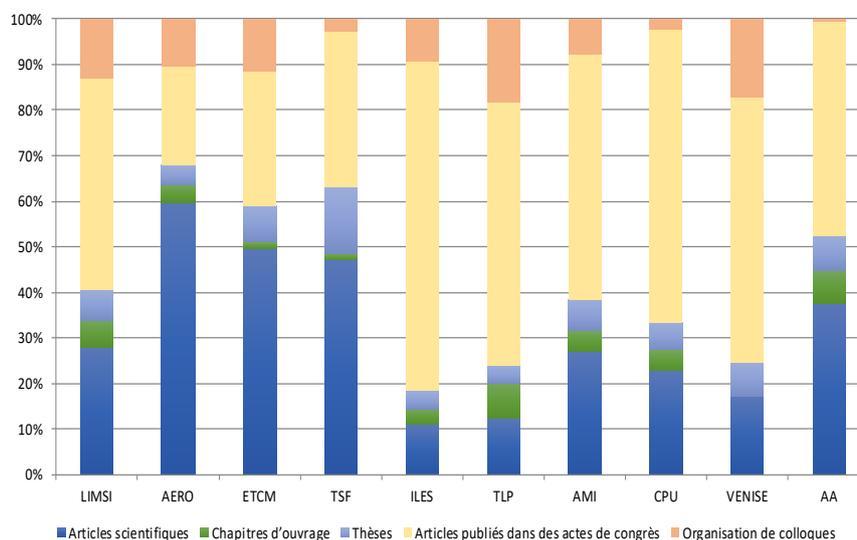
Au vu de la diversité des activités du laboratoire, il est difficile de donner une analyse d'ensemble globale des supports de publication (plus de 200 titres différents pour les journaux). Quelques supports sont toutefois privilégiés : *Journal of Fluid Mechanics* (30 articles), *Physical Review Fluids / Physics of Fluids* (17) ; *Journal of the Acoustical Society of America* (16) ; *Physical Review E* (14) *Traitement Automatique des*

²⁹ En comptant les enseignants-chercheurs pour 0,5 personne/an.

Langues (11); *Theoretical and Computational Fluid Dynamics* (9) ; *Experiments in Fluids* (9) ; *Language Resources and Evaluation* (8) ; ainsi que des publications *IEEE Transactions (on Affective Computing* (4) ; *on Speech, Audio and Language Processing* (4), *on Visualization and Computer graphics* (3), etc) et *ACM Transactions (on Applied Perception* (4), *on Interactive Intelligent Systems*). On observe, sans surprise, une majorité de supports de mécanique des fluides dans cette liste, reflétant le fait que le département ME constitue une communauté plus homogène que le département CHM, et de surcroît publie principalement dans des revues internationales : les trois groupes de ce département contribuent ainsi à près de la moitié des articles de revues. Pour ce qui concerne les conférences, la distribution est encore plus large, avec des interventions dans plus de 650 conférences ou workshops différents. Parmi les conférences les plus fréquentées, on retrouve sans surprise les grandes conférences des domaines du traitement automatique des langues (LREC - *Language, Resource and Evaluation* (65 communications) ; *InterSpeech* (48) ; *EMNLP - Empirical Methods in Natural Language Processing* (15) ; *ICASSP- International Conference on Acoustics, Speech, and Signal Processing* (11) ; *ACL- Annual Meeting of the Association for Computational Linguistics* (10) et son pendant nord américain *NAACL* (8), etc) ; et de l'interaction homme-machine (*ICACII- International Conference on Affective Computing and Intelligent Interaction* (12), *ICAAMS - International Conference on Autonomous Agents and Multiagent Systems* (6), *ACM Symposium on Virtual Reality Software and Technology* (4), *ACM SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems* (4), *IEEE Virtual Reality* (4), etc).

Ainsi donc, en première analyse, il apparaît que les deux départements ont des stratégies de publications très différentes, reflétant à la fois les usages de leurs communautés respectives, amplifiées sans doute, dans le cas de du département ME, par la faiblesse des budgets en ressources propres impactant les « missions » des différents groupes de ce département. Une vision plus fine se dégage du *graphique ci-dessous*, qui répartit groupe par groupe l'activité selon 5 grandes catégories³⁰ ; soulignons également que dans ce graphique, les productions sont ramenées à l'effectif permanent, de manière à lisser les différences de taille des groupes.

Il apparaît alors que si les trois groupes du département ME consacrent l'essentiel de leur activité à la publication dans des revues, ils se distinguent au niveau de l'encadrement de thèses, plus important dans le groupe TSF que dans le groupe AERO. Au sein du département CHM, tous les groupes ont une majorité d'activité consacrée aux communications, avec une part très significative de production d'articles de revues pour AA, qui décroît pour les trois groupes d'interaction homme-machine (AMI – CPU – VENISE) et est minimale (en proportion) pour ILES et TLP. AA, AMI et CPU se distinguent également par le nombre de thèses soutenues, au regard de leur modeste capacité d'encadrement doctoral. ILES et surtout TLP ont enfin une activité soutenue d'organisation d'évènements scientifiques, qui compte pour près de 20% de l'activité de ce dernier groupe.



³⁰ Nous avons retenu les catégories les plus importantes. Mentionnons également toutefois, pour le groupe TLP, une activité significative en matière de participation à des ouvrages, d'édition d'ouvrages et d'actes de colloques. Ce profil d'activité particulier étant certainement dû à la présence de chercheurs de la section 34 dans le groupe.

C. Activités de formations au niveau Master et Doctorat

► Implication dans les formations de niveau Master

Le LIMSI abrite une importante population d'enseignants-chercheurs (32), notamment de l'Université Paris-Sud, qui ont vocation à s'engager fortement dans l'enseignement et l'administration des filières de formation. Le spectre des formations couvert et des responsabilités assumées est particulièrement large, allant de l'enseignement de psychologie à l'IUT de Sceaux à des enseignements dans les filières d'informatique de l'IUT d'Orsay, de la faculté des Sciences et de Polytech Orsay, en passant par une forte contribution aux activités du département de Physique d'Orsay. On notera toutefois que la répartition de ces personnels dans les composantes de l'Université est très inégale, une petite moitié (majoritairement des mécaniciens) enseignent à l'UFR Sciences³¹, les autres enseignants-chercheurs se répartissant entre les IUT d'Orsay et de Sceaux et Polytech Paris-Sud.

Les enseignants-chercheurs du LIMSI sont très investis dans les composantes d'enseignement auxquelles ils participent : chef du département Informatique de l'IUT d'Orsay (J.-C. Martin) et de Vélizy (I. Robba), co-reponsable du département Informatique de Polytech (C. Barras). Pour ce qui concerne la Faculté des Sciences, ils se sont fortement impliqués dans le montage et l'élaboration de programmes de formation, tant au niveau des Licences (Paris-Sud) que des Masters (Paris-Saclay) pour créer de nouvelles maquettes (Licences de Mécanique (S. Pellerin, C.T. Pham) et d'Informatique (F. Vernier), Master « d'Ergonomie et de Facteurs Humains » de Paris-Sud (V. Boccara), Master de Mécanique de l'Université Paris-Saclay (C. Nore), Mentions de Master « Dynamique des Fluides et des Transferts » (C. Nore) et « Information, Apprentissage, Contenu » (A. Allauzen). L'élaboration, l'administration (et aujourd'hui le détricotage) d'enseignements au niveau Master portés par Paris-Saclay, et donc transverses à tous les établissements partenaires, était un objectif stratégique pour continuer de recruter au laboratoire de bons étudiants en stage, puis éventuellement en thèse. L'atteindre a toutefois engendré un surcroît important de la charge de travail des collègues les plus directement

impliqués dans ces formations. Un autre objectif stratégique est en passe d'être atteint, avec la création d'une mention de Master International avec une forte coloration en traitement automatique des langues. Au côté du master international en Interaction Homme-Machine déjà existant, et dans lequel le laboratoire intervient à parité avec nos collègues du LRI, le LIMSI pourra bénéficier de deux filières particulièrement attractives sur les thèmes de prédilection du département CHM. Le laboratoire a également activement participé aux discussions pour le montage d'une nouvelle maquette de Master « Calcul Haute-Performance » (HPC) de l'Université Paris-Saclay. Un grand regret toutefois, la concurrence ardue sur cette thématique entre les établissements, doublée d'un manque crucial d'enseignants de rang A en Mécanique ne nous a pas permis de parvenir à une maquette dans laquelle l'Université Paris-Sud soit présente. Nous devons continuer à travailler avec nos partenaires afin que les chercheurs du LIMSI et les enseignants-chercheurs de Paris-Sud puissent intégrer une telle formation qui est capitale pour la pérennité de nos activités en Mécanique des Fluides numérique.

Mentionnons enfin qu'un grand nombre de chercheurs du LIMSI participent à la formation pour combler le sous-encadrement chronique de certaines filières, notamment en Mécanique à l'Université Paris-Sud, mais également dans les filières d'Informatique de l'UFR et de Polytech Paris-Sud. Sont enfin à signaler d'une part notre implication dans les programmes de formation de l'IUT d'informatique d'Orsay, dans lequel plusieurs ingénieurs effectuent régulièrement des vacations ; d'autre part l'engagement de chercheurs du laboratoire dans des filières d'enseignement en traitement des langues dans d'autres établissements parisiens (en particulier à l'Université Denis Diderot et à l'Inalco), qui nous donnent accès à des étudiants ayant de très bonnes formations en sciences du langage. Pour réguler ces activités complémentaires des personnels CNRS, le conseil de laboratoire a adopté une position de principe concernant le nombre d'heures enseignées à l'extérieur.

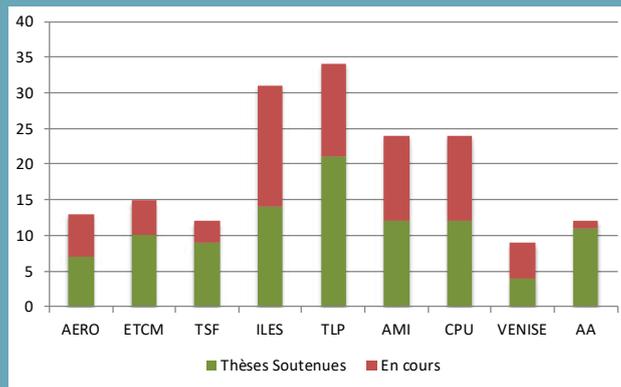
► Implication dans la formation doctorale

Fort de ses 47 HDR, le LIMSI participe activement aux programmes de formation doctorale des universités de rattachement, en premier lieu celui de l'Université Paris-Saclay, mais également celui de Sorbonne Université. 101 thèses ont été soutenues durant la période, et 73 sont encore en cours³², soit environ 1,3 doctorants par encadrant potentiel, ce chiffre moyen masquant de très fortes disparités entre les chercheurs concernés.

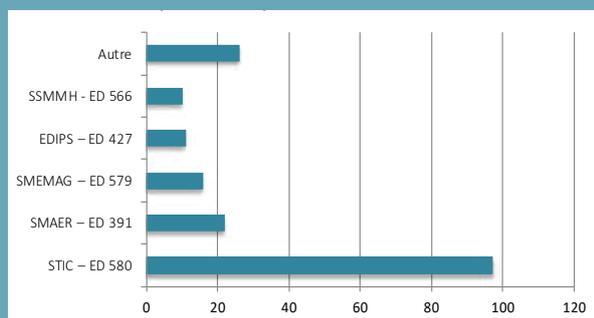
Les trois graphiques ci-après représentent la répartition de ces doctorants respectivement par groupe, par école doctorale, et par type de financement. Ces graphiques mettent de nouveau clairement en évidence la disparité des situations entre les deux départements, et au sein des départements, entre les groupes.

³¹ Sur les 4 enseignants de rang A affectés à l'UFR, deux étaient en détachement durant la période, et un troisième effectue ses enseignements principalement à CentraleSupélec.

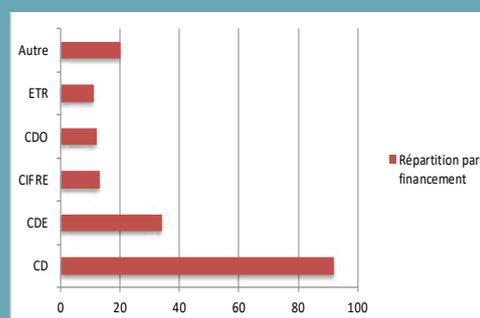
³² Les chiffres qui concernent les doctorants doivent être pris avec précaution : compte-tenu de la multiplicité des situations rencontrées en pratique, dans un contexte où les situations de co-encadrements inter-laboratoires se multiplient, il est difficile de définir de manière précise ce que recouvre le concept de « doctorant du LIMSI » et a fortiori de dénombrer les individus concernés avec la plus grande exactitude.



Nombre de thèses par équipe de recherche 2013–2018



Répartition par école doctorale



Répartition par financement

D. Valorisation et Partenariats

► Soutien à la recherche contractuelle

Le LIMSI a une longue tradition en matière de recherche contractuelle, que ce soit dans le cadre d'appels à projets publics nationaux ou internationaux, ou encore dans le cadre de collaborations partenariales avec des industriels. Les financements qui en découlent permettent d'une part de maintenir les effectifs des doctorants et des post-doctorants ; ils fournissent également, par le truchement d'une politique de mutualisation d'une partie des recettes de contrats³³, de financer des actions de recherche interne, de soutenir nos investissements, et de plus en plus de permettre le fonctionnement courant de l'unité. Dans un contexte de baisse des financements récurrents, l'importance de ces ressources est bien comprise et partagée par les personnels de l'unité, qui peuvent s'appuyer dans leurs démarches préparatoires sur l'administratrice du laboratoire, ainsi que sur le service de valorisation de la DR04 ; puis dans l'exécution des contrats sur un pool de gestionnaires expérimentées et efficaces.

Durant la période de référence, les opportunités de financements sur contrat se sont multipliées, en particulier du fait des actions de l'IdEx Paris-Saclay et des deux LabEx auxquels le laboratoire participe, et ont permis de soutenir de nombreux projets (plus d'une cinquantaine), toutefois pour des montants relativement modestes en moyenne³⁴. Par comparaison, l'accès à des financements nationaux (ANR) et européens s'est considérablement durci. En dépit d'efforts importants pour répondre à ces appels à projets, on peut considérer que nos résultats sont en demi-teinte : plutôt favorables du côté de l'ANR, avec plus d'une vingtaine de projets lauréats ; moins positifs pour ce qui concerne les financements européens puisque seuls quatre projets CHIST-ERA ont été financés, ainsi que deux projets H2020 sur la quarantaine de projets soumis aux différents programmes et instruments (ERC, Marie-Curie, ICT, etc). Parmi les autres sources de financements significatives, le laboratoire a également été soutenu par des programmes plus

³³ Le principe général est que 15% des montants des contrats (hors frais de personnels) revenant au laboratoire (c.-à-d. une fois prélevés les frais de gestion du CNRS), sont remis au pot commun, ce principe souffrant de multiples exceptions en fonction de la nature du contrat et des possibilités laissées par le financeur de mettre en œuvre de tels prélèvements.

³⁴ S'ils sont modestes en valeur absolue, on peut considérer que ces financements offrent un rendement très favorable en comparaison d'autres sources eu égard au fort taux de succès, et à des procédures de soumissions légères et rapides. Les financements issus du PIA sont toutefois difficiles à mutualiser au niveau du laboratoire.

orientés vers les recherches finalisées en partenariat avec le monde industriel (dispositif DGA/RAPID ; Fonds Unique Interministériel ; pôles de compétitivité).

Pour ce qui concerne enfin les collaborations bilatérales avec les industriels, leur nombre est resté relativement modeste, avec toutefois deux actions très significatives correspondant à la contractualisation de deux GIS. La montée en puissance des actions de l'Institut « Cognition » (lauréat de l'appel de l'ANR en 2016 dans la catégorie « Tremplin Carnot »), dont le LIMSI est membre fondateur, nous offre une visibilité accrue et un accès facilité auprès de « grands comptes », ce qui devrait nous permettre de développer ce type de collaborations.

Pour aider les chercheurs à suivre les appels à projets en cours, une page web les recensant est maintenue sur l'intranet du laboratoire, et des informations régulières sont diffusées par courriel. Concernant les appels à projets

► Valorisation

Les dispositifs relatifs à la valorisation sont également nombreux et offrent des opportunités importantes aux chercheurs du laboratoire. Nous avons ainsi bénéficié des dispositifs de pré-maturation de Digiteo, puis de l'IdEx, et surtout des financements de la SATT Paris-Saclay qui accompagnent ou ont accompagné deux projets de maturation, dont un devrait déboucher sur une création d'entreprise. Plusieurs brevets ont été déposés dans le cadre de ces actions, notamment par le groupe AMI qui a été très

► Relations Internationales

Durant la période, le LIMSI a été engagé dans plusieurs collaborations internationales de long terme. D'une part, le département Mécanique-Energétique s'est fortement impliqué dans le Laboratoire International Associé « Physique et Mécanique des Fluides » (LIA-PMF), associant plusieurs laboratoires français (FAST, LIMSI, PMMH, PPRIME, IPR de rennes et Laboratoire de physique de l'ENS de Lyon) dans un partenariat avec 5 équipes argentines menées par Laboratorio de Fluidodinámica (Facultad de Ingeniería, Univ. Buenos-Aires). Notre contribution a majoritairement concerné l'acoustique, l'analyse de la dynamique et le contrôle des écoulements, notamment dans le but d'améliorer la compréhension des écoulements glottiques pour la production vocale. Ces thématiques ont conjointement été supportées par des projets dans le programme de coopération scientifique STIC-AmSud du CNRS, animé en particulier par D. Sciamarella et ont donné lieu à plusieurs échanges croisés (visites au LIMSI de A. Camillieri, de A. Gronskis et de G. Artana ; séjours à Buenos Aires de C. d'Alessandro, de Y. Fraigneau, de L. Pastur, de F. Lusseyran et de D. Sciamarella). Les travaux dans le LIA ont également bénéficié du programme d'échanges postdoctoraux Bernardo Houssay et des financements de thèse en cotutelle. Le LIA PMF arrivant

européens, l'administratrice du laboratoire fait fonction de « correspondante Europe » et relaie les informations relatives aux programmes en cours.

La multiplicité des financements sur contrat et des sources de financement (et des contraintes imposées par les financeurs) a malheureusement un revers : elle exige d'une part des efforts dans la gestion des contrats qui sont allés en croissant durant la période, alors que (a) les effectifs et les compétences disponibles à la DR04 pour soutenir les actions du laboratoire ont décliné ; (b) le déploiement des outils et applicatifs de gestion a été parfois difficile, notamment au moment du passage à la GBCP. Pour mieux informer les chercheurs des contraintes réglementaires associées à l'exécution d'un projet³⁵ et anticiper au mieux les recrutements et dépenses afférentes, le principe d'une réunion de lancement interne associant les porteurs d'un projet, les gestionnaires et les services techniques a été institué dès 2014.

actif en ce domaine. De même, la valorisation des logiciels, codes de calculs et corpus du laboratoire a été soutenue, donnant lieu à un nombre significatif de dépôts.

En revanche nous n'avons été que marginalement associés aux actions de l'Institut de Recherche Technologique (IRT) SystemX (lancé en 2012), le CNRS n'adhérant pas aux conditions de participation des personnels de l'unité aux projets développés au sein de cet Institut.

à son terme en 2017, le LIMSI a activement participé à la rédaction d'un projet d'Unité Mixte Internationale (UMI) avec la volonté d'asseoir les activités en cours en collaboration avec le cône Amérique du Sud. Malheureusement, en ayant réorienté sa politique internationale, l'INSIS n'a pas souhaité retenir ce projet d'UMI. Nous continuons néanmoins de maintenir de forts liens avec l'Université de Buenos-Aires et avec l'UMI IFAECI à laquelle D. Sciamarella a été affectée au 1^{er} août 2017 (à travers le Projet STIC Math AmSud). D'autre part, les groupes ILES et TLP ont été partie prenante de l'UMI franco-allemande IMMI, qui a été soutenue par le CNRS de 2008 à fin 2015. Cette UMI a accompagné, en plus du programme Quaero, plusieurs collaborations avec les deux partenaires allemands de l'UMI, KIT (Karlsruhe) et RWTH (Aix-la-Chapelle) : QT21 (projet H2020) ; BULB et PLUMCOT (programme PCRI de l'ANR), ainsi que quelques visites de chercheurs (séjours de H. Ney et J. Niehues à Paris). En dépit de la fermeture de cette unité par l'INS2I, des liens forts avec ces deux laboratoires, ainsi que d'autres partenaires allemands (LMU Munich, DFKI Sarrebourg) ont été tissés et pourront continuer de se développer, par exemple dans le cadre des Instituts 3IA.

³⁵ Seuls les projets bénéficiant d'un financement suffisamment important font l'objet de cette procédure.

Par ailleurs, nous pouvons mentionner des collaborations internationales suivies, à l'initiative des chercheurs et enseignants-chercheurs du laboratoire, génératrices de séjours invités ou de missions de longue durée, notamment avec Univ. Montréal, Canada (A. Allauzen, F. Yvon), Univ. Athènes, Grèce, (M. Apidianaki), Univ. Pennsylvanie, USA (M. Apidianaki), KTH, Suède (Y. Duguet, D. Lucor), IST Vienne (Y. Duguet), Imperial College London, UK, (D. Juric), Kongik Univ., Corée (D. Juric), Duke University, USA (O. Le Maitre), KAUST, Arabie Saoudite (O. Le Maitre), Uni. Washington, USA (L. Mathelin), TU Braunschweig, Allemagne (B. Noack), TU Berlin, Allemagne (B. Noack), Univ. Osaka, Japon (Y. Duguet), Harbin Inst. of Technology, Chine (B. Noack), Poznan Inst. Tech., Pologne, Univ. Augsburg Allemagne, J.-C. Martin), Texas A&M University, USA (C. Nore), Univ. Fédérale de Rio de Janeiro, Brésil, (A. Rilliard). Un flux entrant régulier de visiteurs étrangers a également été assuré, notamment via des financements du LabEx DigisCosme et du programme de chaire d'Alembert de l'IdEx, qui se sont ajoutés aux financements de « mois invités » universitaires.

Depuis 2017, W. Herreman a été nommé correspondant « international » du laboratoire et relaie au sein du laboratoire les initiatives de l'Université Paris-Sud en matière de collaborations internationales.



V - FAITS MARQUANTS

► Le Cantor Digitalis

Le projet *Cantor Digitalis*, fruit d'une collaboration entre le groupe « Audio Acoustique » (AA) du LIMSI (C. d'Alessandro, O. Perrotin) et l'équipe « Lutheries - Acoustique - Musique » (B. Doval, L. Feugère) de l'Institut Jean le Rond d'Alembert (IJLRA, UPMC/CNRS), a remporté le 1er prix du « *Margaret Guthman Musical Competition* »³⁶ en 2015. Ce concours prestigieux récompense chaque année les meilleures innovations technologiques en matière musicale. *Cantor Digitalis* est issu des recherches sur le contrôle gestuel de la voix de synthèse initiées depuis 2005 par C. d'Alessandro, et prolonge un engagement historique du laboratoire autour de la synthèse de parole. *Cantor Digitalis*³⁷ est un synthétiseur paramétrique de voix chantée, qui se présente sous la forme d'une tablette graphique et offre une grande variété de voix, du quatuor vocal classique aux couleurs extrêmes de voix d'enfants, rauques, etc. Ce projet est emblématique des



Le Chorus Digitalis rassemblé à l'occasion du Festival CURIOSITas en 2015
©Angélique Gilson

travaux que l'unité souhaite promouvoir : une recherche interdisciplinaire, mobilisant des compétences en linguistique, en traitement du signal audio et en interaction humain-machine, qui a donné lieu à une production scientifique variée et d'excellente qualité, ainsi que la réalisation d'un logiciel diffusé sous licence libre ; une recherche qui a également largement diffusé vers la société au travers des concerts du *Chorus Digitalis*³⁸, le premier chœur au monde composé de voix de synthèse, qui s'est produit à plusieurs reprises entre 2014 et 2016 lors de diverses manifestations culturelles du site de Paris-Saclay et au-delà (Fête de la Science, Festival CURIOSITas...). Cette recherche s'est prolongée au sein du projet ANR/ChantER (2014-2017) autour de la synthèse de la voix expressive, pour s'achever avec le départ de son principal promoteur vers l'IJLRA en 2017 et la fin des activités du groupe AA.

► L'Atlas des langues de France

« L'Atlas sonore régional des langues de France » est un projet qui vise à documenter et à valoriser la diversité linguistique de la France, à travers plus d'une centaine d'enregistrements recueillis sur le terrain, transcrits orthographiquement, puis positionnés sur une carte interactive qui permet de visualiser les aires dialectales. Ce projet renouvelle une tradition d'études linguistiques fort anciennes en faisant appel à des techniques numériques modernes, aussi bien dans le recrutement des locuteurs, le traitement des données et les techniques de visualisation. Dans sa dimension patrimoniale, il résonne avec d'autres travaux contemporains du laboratoire en traitement automatique des langues autour de l'outillage des langues dites « peu dotées » en vue notamment de leur préservation (ANR/Restaura, ANR/BULB). Grâce à un amorçage initial du laboratoire via le soutien à des projets inter-équipes, puis une aide plus substantielle de la DGLFLF obtenue en 2016, le premier volet de l'étude a été complété en 2017 ;

un second volet, qui a étendu cette enquête aux territoires ultramarins a été réalisé en 2018. Cette recherche a très largement diffusé vers le grand public via le site web dédié³⁹ et a fait l'objet d'une importante couverture médiatique ; le travail d'analyse linguistique à proprement parler est encore en cours. Ce projet illustre une nouvelle fois la richesse des actions de recherche interdisciplinaires (alliant ici linguistique de corpus (groupes AA et TLP) et visualisation d'information (groupe AMI)) menées au sein du laboratoire, susceptibles d'avoir à la fois des retombées scientifiques et un fort impact sociétal. Il met également en exergue le rôle du programme interne « d'actions incitatives » et son rôle d'incubateur de projets collaboratifs, avec le soutien d'une action qui a rapidement débouché sur des projets de plus grande ampleur (via le programme « Langue et Numérique » de la DGLFLF, aujourd'hui via un projet ANR sur « Le Croissant Linguistique » (2017-2020)).

³⁶ Cet événement annuel récompense les meilleures idées en matière de conception, réalisation et utilisation de nouveaux instruments musicaux. Une vingtaine d'instruments sont invités à Georgia Tech pendant deux jours, pour la demi-finale puis la finale, sous forme de concert public. Un jury de professionnels de la musique, de l'industrie du disque et de la recherche musicale prime les trois meilleurs instruments. Voir <http://www.guthman.gatech.edu/>.

³⁷ <http://cantordigitalis.limsi.fr>

³⁸ La composition du Chorus Digitalis a varié au cours des années, impliquant au fil du temps y compris des chercheurs du laboratoire qui n'étaient pas directement partie prenante du projet scientifique.

³⁹ <http://atlas.limsi.fr/>

► **Traitement des langues en domaine de spécialité : le TAL biomédical**

Le traitement de la langue dans le domaine biomédical a pris une ampleur renouvelée dans le groupe ILES, qui y bénéficie sur ce thème d'une visibilité internationale concrétisée par une nomination de *Fellow de l'American College of Medical Informatics*, la création et direction d'un *Special Interest Group (SIG)* de l'*International Medical Informatics Association (AMIA)*, et l'obtention d'une chaire d'Alembert de l'Université Paris-Saclay, qui a permis d'inviter un chercheur de renom (K.-B. Cohen, U. Colorado) pendant un an. L'étude du TAL biomédical est présente dans une large variété de thématiques du groupe, qui incluent la conception de corpus, de schémas d'annotation, la détection et la normalisation d'entités et de relations, notamment temporelles, les problématiques de désidentification de textes, le dialogue personne-machine, la recherche de réponses à des questions dans des textes et des bases de connaissances, la détection de termes, le transfert multilingue et la traduction automatique. Le

groupe a organisé ou co-organisé dans ce domaine 10 campagnes d'évaluation internationales et participé à de nombreuses autres avec de bons résultats (notamment meilleurs résultats en extraction d'information temporelle à la conférence SemEval 2017) qui renforcent la notoriété de nos travaux. Il a obtenu durant la période 9 subventions de recherche⁴⁰. L'impact sociétal de ces travaux est fort avec des applications à la détection d'effets secondaires dans les réseaux sociaux pour l'Agence nationale de sécurité du médicament (ANSM), au codage des causes de décès pour le Centre d'épidémiologie des causes de décès (Inserm / CépiDc), à la formation des étudiants en médecine avec la société Sim4Health, à la détection des interactions aliment-médicament pour le Centre national hospitalier d'information sur le médicament (CNHIM) et la mise à disposition à cinq hôpitaux d'un logiciel de désidentification de textes contenant des données personnelles.

► **Faciliter la rénovation des bâtiments : facteurs technologiques et facteurs humains**

La collaboration avec la société RPE (Rénovation, Plaisir, Energie) a visé à mettre en place un écosystème d'outils pour l'aide à la rénovation du bâtiment. Ces outils s'adressent aux particuliers et doivent donc concilier contraintes de performance et simplicité d'usage. Porté principalement par M. Ammi, le projet a porté sur deux volets principaux correspondant aux thèses respectivement de A. Arnaud et J.-B. Corrége). Premièrement, l'utilisation de tablettes de nouvelle génération (dotées de capteurs de profondeur) pour la reconstruction 3D et la génération de maquettes numériques (BIM) de l'intérieur des bâtiments. Les contraintes des dispositifs mobiles (mémoire, puissance de calcul, etc.) nous ont conduits à étudier différentes approches (génération de mesh temps réel, segmentation 3D de mesh, etc.) pour aboutir à des algorithmes permettant de générer à la volée les plans intérieurs du bâtiment, puis à positionner et dimensionner les ouvrants. La plateforme⁴¹ permet aujourd'hui de reconstruire et de générer en quelques minutes la maquette numérique complète et fonctionnelle d'une pièce. Sur la base de cette maquette, une plateforme ludique⁴² a été élaborée, qui permet à un particulier d'évaluer la performance énergétique de son logement et d'en modifier virtuellement l'agencement afin d'évaluer dif-

férents scénarii de rénovation. Le deuxième volet du projet porte sur l'exploitation des technologies persuasives pour accompagner le particulier dans son projet de rénovation afin de le faire évoluer vers un comportement plus écoresponsable. Nos recherches ont montré que l'affichage de messages à des moments clés et avec une contextualisation adaptée aux traits de personnalité permettait de sensibiliser efficacement le particulier à la dépense énergétique. L'ensemble de ces travaux, qui impliquent les groupes AMI et CPU, a permis d'aboutir à plusieurs contributions scientifiques publiées dans des conférences et journaux important en interaction homme-machine (ACM VRST, ACM IHM, IEEE ACCESS, etc.), au dépôt d'un brevet (procédé d'évaluation de la performance énergétique) et la réalisation d'une série d'expérimentations terrains pour valider nos recherches. Ce partenariat est représentatif de nos actions de valorisation, impliquant plusieurs mécanismes pour collaborer avec des partenaires industriels : création

d'un groupement d'intérêt scientifique (GIS)⁴³, recours au mécanisme des thèses CIFRE⁴⁴, dépôt de brevets⁴⁵. L'activité de valorisation a également été soutenue par la SATT Paris-Saclay, au travers de trois projets de maturation⁴⁶, et par le Tremplin Carnot « Cognition », reconnu par l'ANR en 2016.



Capture PLAN 3D : génération de plans intérieurs 3D

⁴⁰ ANR Accordys, Cabernet, MIAM, CLEAR, ANR franco-allemand GoAsq, ANSM Vig4med, PHARES, FUI Patient Genesys, et SATT PVDial

⁴¹ Plan 3D Capture, Disponible sur Google Play.

⁴² Plan 3D Energy, disponible sur Google Play.

⁴³ Un second GIS a été créé pendant la période avec la société DAVI (N. Sabouret, CPU).

⁴⁴ 16 thèses CIFRE ont débuté pendant la période.

⁴⁵ 6 Brevets ont été déposés pendant la période.

⁴⁶ PVDIAL (groupe ILES); PTronics et TexSensor (groupe AMI).

► Mécanique des Fluides Computationnelle et Science des Données

La « révolution numérique » de la mécanique des fluides a pris un tour nouveau avec d'une part l'intégration d'approches probabilistes dans les simulations numériques pour la modélisation des incertitudes, et d'autre part la diffusion rapide de méthodes issues du domaine de l'apprentissage automatique qui offrent de nouvelles perspectives pour l'analyse, l'estimation et le contrôle des écoulements. Le groupe AERO a su tirer parti de ces acquis antérieurs, attirer de nouveaux chercheurs (D. Lucor, B. Noack), et profiter des dynamiques locales sur la « Science des données » (IRS CDS- *Center for Data Science*) et sur le contrôle (IRS ICoDe- *Institute for Control and Decision*), ainsi que des expertises dans le laboratoire pour se positionner sur ces différents axes. Concernant la Quantification d'Incertaineté, mentionnons en particulier une conférence plénière à la *SIAM Conference on Uncertainty Quantification* en 2014 ; une conférence invitée (Keynote) à l'*International Workshop on Uncertainty Quantification in Computational Fluid Dynamics* en 2014; un article sélectionné pour la *SIAM Review (SIREV)* en 2016; et un « *Editors' Choice paper* »

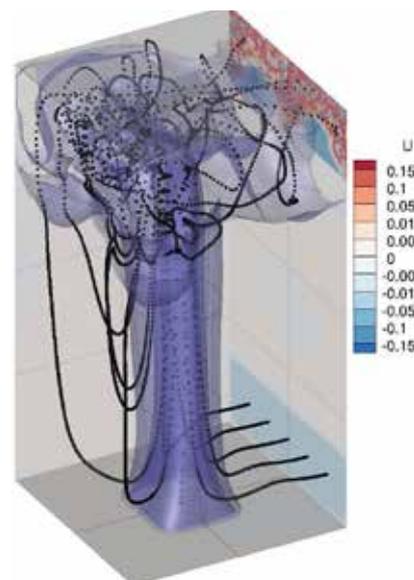
en 2017 dans le *ASME Journal of Biomedical Engineering*. L'activité sur traitement des données a été soutenue par le CDS de l'Université Paris-Saclay, à la fois dans le cadre d'un projet portant sur l'analyse de la turbulence de paroi, comme dans l'organisation, en 2017, d'un workshop sur le traitement statistique des données en Mécanique des Fluides (O. Le Maître, B. Podvin et D. Veynante (EM2C)). Le laboratoire a enfin acquis une forte visibilité par son activité en contrôle par apprentissage automatique : conférences plénières données à FSSIC-2017, *Symposium on Active Drag Reduction*, Prix du meilleur papier à FSSIC (en 2017) ; l'organisation d'un mini-symposium au GAMM en 2017 et des ateliers sur le contrôle par apprentissage en 2016 et 2017 (à IROS, Toulouse). Cette activité a permis de développer de nouvelles synergies au sein du laboratoire, avec le démarrage en 2017 du projet ANR FLOWCON (porté par L. Mathelin) qui réunit les groupes AERO et TLP autour de l'apprentissage automatique pour le contrôle, et l'accueil, en 2017, d'un jeune CR sur cette thématique (O. Semeraro).

► Thermo-hydraulique: un partenariat consolidé avec le CEA/DEN

Reconnaissant les compétences et le savoir-faire développés dans l'ensemble des groupes du département ME, notamment dans les domaines de la mécanique des fluides, de la modélisation des écoulements turbulents, des méthodes numériques relatives à la simulation intensive, de la modélisation et de la simulation des écoulements de fluides miscibles, la DEN (Direction de l'Energie Nucléaire) du CEA Saclay a souhaité intensifier ses collaborations avec le laboratoire pour étudier divers problèmes de thermo-hydraulique relevant des situations accidentelles dans le domaine de la production d'énergie nucléaire. Plusieurs thèses ont été financées dans la période d'évaluation avec pour thématiques :

- la modélisation et la simulation numérique directe (DNS) de la dispersion de panaches d'hydrogène dans des cavités ouvertes initialement remplies d'air, pour étudier les risques liés à la concentration d'hydrogène et à son évolution dans des enceintes ventilées (thèses de H.-L. Tran, E. Saikali et Y. Wang, dirigées par P. Le Quéré, A. Sergent et C. Tenaud) ;
- l'extension des fonctions de paroi en couche limite turbulente pour le traitement de la condensation en présence de composés incondensables, qui s'avère nécessaire à une évaluation précise de la pression dans l'enceinte de confinement d'un réacteur à eau pressurisée (REP) lors d'un accident grave (thèse de N. Jiang dirigée par B. Podvin) ;
- l'étude des phénomènes d'ébullition à pression modérée, principalement du flux critique transitoire, permettant de comprendre la physique des transferts thermiques entre combustible et modérateur durant une excursion exponentielle de puissance (accident d'insertion de réactivité) (thèse de R. Nopp dirigée par M.-C. Duluc).

L'ensemble de ces études, qui ont débouché sur une riche production scientifique, a été rendu possible grâce au partage et à la complémentarité des méthodologies et des modélisations au sein du département ME. Cette collaboration a également conduit les différentes parties prenantes (accompagnées du FAST (CNRS/Paris-Sud)) à porter ensemble un projet SESAME auprès de la région IDF en 2018, avec pour objectif de mettre en place un ensemble de plateformes expérimentales en thermo-hydraulique, projet très fortement soutenu par le département MEP de l'Université Paris-Saclay.



Simulation Numérique Directe d'un panache d'hélium dans une cavité ventilée, initialement remplie d'air : iso-surfaces de concentration d'hélium, trajectoires et intensité de vitesse normale en sortie de l'évent haut (thèse d'E. SAIKALI, LIMSI-CEA/DEN).

► Organisation de la conférence JEP – TALN – RECITAL en 2016

Depuis près de 50 ans, les « Journées d'Étude de la Parole » (JEP) rassemblent tous les deux ans une communauté de chercheurs de domaines variés (traitement automatique, phonétique, psycho-linguistique, etc) ; la conférence annuelle « Traitement Automatique des Langues Naturelles » (TALN), créée en 1994, en constitue le pendant pour le traitement automatique de la langue écrite. Depuis 2002 (à Nancy), ces deux événements sont régulièrement co-localisés afin d'encourager les interactions scientifiques entre ces deux communautés. L'édition 2016 a été organisée à Paris avec une très forte implication du LIMSI, puisqu'en particulier S. Rosset (groupe TLP) et T. Hamon (groupe ILES) en assuraient la coordination respectivement pour les JEP et TALN, et que le laboratoire a assumé le portage administratif et financier du projet. Cette conférence a été un succès remarquable, avec la participation de plus de 450

chercheurs réunis pour une semaine sur les nouveaux locaux de l'INALCO à Paris (13^{ème}). Cet événement illustre d'une part la très forte activité du laboratoire en matière d'organisation d'événements scientifiques, les chercheurs du laboratoire s'impliquant chaque année dans l'organisation de plusieurs dizaines de conférences ou ateliers. En plus de JEP-TALN 2016, citons notamment InterSpeech en 2013, ICSR en 2015, WACAI en 2017, ou LREC en 2014, 2016 et 2018, SemEval en 2017 et 2018, etc. Cette liste illustre également le très fort engagement du laboratoire au sein des sociétés savantes qui portent ces manifestations. L'Association Francophone pour la Communication Parlée (AFCP) et l'Association pour le Traitement Automatique des Langues (ATALA) présidée depuis 2014 par P. Paroubek (groupe ILES).

► Dissémination de la culture scientifique



Handiversité : un rendez-vous annuel, organisé par Hélène Maynard



*J. Chergui et B. Podevin
Village des sciences (2016)*



Forte présence de Laurence Devillers dans les médias sur le sujet de l'éthique en IA

Laboratoire interdisciplinaire, le LIMSI a naturellement vocation à s'investir dans des projets transverses, à l'échelle de l'Université Paris-Sud ou de l'Université Paris-Saclay: sur le thème du handicap, avec l'animation du Forum « Handiversité »⁴⁷ (H. Maynard); sur le thème des relations art-sciences, avec une forte implication dans la "Diagonale Paris-Saclay" (C. Jacquemin, N. Delprat); sur le thème de l'Éthique de la recherche en sciences du numérique, avec les actions de préfiguration du Comité d'Éthique pour la Recherche de Paris-Saclay (F. Yvon, E. Prigent); sur le thème des Énergies Renouvelables (V. Bourdin, E. Frenoux), etc. Pour faire connaître ces activités et les diffuser au-delà de la communauté universitaire, le laboratoire a renforcé sa politique de communication: en aménageant des espaces à destination de publics spécifiques sur le site web (par exemple sur le Handicap⁴⁸ ou le développement durable⁴⁹ ;

en soignant les informations présentées sur le laboratoire sur des sites institutionnels (Répertoire National des Structures de Recherche⁵⁰, HAL⁵¹); en développant une activité régulière sur les réseaux sociaux (twitter⁵², LinkedIn⁵³); en participant aux actions locales de dissémination de la culture scientifique (Fête de la Science); en intervenant régulièrement dans les publications « grand public » du CNRS. Cette stratégie nous a permis de rendre nos travaux visibles auprès du plus large public, comme en témoigne le très grand nombre d'interventions dans les médias spécialisés comme dans les médias généralistes réalisées par les chercheurs du laboratoire, avec une activité très importante durant les années 2017-2018 sur les thèmes relatifs à l'IA (N. Sabouret, L. Devillers).

⁴⁷ <https://www.universite-paris-saclay.fr/fr/handiversite2018>

⁴⁸ <https://www.limsi.fr/fr/actualites/519-la-recherche-liee-au-handicap>

⁴⁹ <https://www.limsi.fr/fr/actualites/621-ecologie>

⁵⁰ <https://scanr.enseignementsup-recherche.gouv.fr/structure/197217542U>

⁵¹ <https://hal.archives-ouvertes.fr/LIMSI>

⁵² <https://twitter.com/LimsiLab>

⁵³ <https://www.linkedin.com/company/limsi-cnrs>

► Investissements immobiliers

Un dernier fait marquant est la construction (en 2016-2017), puis l'aménagement d'un nouveau bâtiment (507) pour le LIMSI, qui établit une connexité entre le bâtiment historique (508, datant de 1962) et le bâtiment abritant la halle de réalité virtuelle (512, livré en 2009). L'achèvement de ce programme de construction, trop longtemps retardé du fait en particulier de la complexité administrative du projet et des attermolements des aménageurs publics de la ZAC du Moulon « Plateau de Saclay », a permis à la fin de l'année 2017 de réunir sous un même toit tous les personnels de l'unité, en réintégrant notamment la petite centaine de personnels hébergés dans des locaux loués à proximité depuis 2009. Ce nouveau bâtiment, qui occupe une surface de 2100m² (SHON) est destiné, d'une part à héberger l'ensemble des équipes de traitement automatique de la langue – libérant dans le bâtiment 508 des espaces de travail bienvenus pour les autres groupes ; d'autre part, à accueillir des espaces communs (cafétéria, salles de réunion) harmonieux et fonctionnels – et d'améliorer ainsi les conditions de vie au travail, qui ont été mises à mal par la longue période de chantier (au sein du LIMSI comme à ses abords). Comme exposé supra, la construction de ce bâtiment, comme son aménagement ont lourdement pesé

sur les finances du laboratoire. Cet investissement est la réalisation phare d'un ambitieux programme initié au début des années 2010 et qui a conduit à aménager une nouvelle salle machine (d'environ 100m², livrée en 2014), à rénover l'intégralité du réseau informatique (en 2014-2015), et qui s'achèvera en 2019 par la livraison d'un auditorium d'une centaine de places implanté dans le bâtiment 512, et dont la réalisation anticipée dès 2001, a été suspendue entre 2012 et 2018 ; ainsi que par la fin des réaménagements au sein du bâtiment 508 (poursuite d'opérations de désamiantage des sols, déménagement du centre de documentation et de pièces expérimentales). Concernant le centre de documentation et ses archives, un travail de grande ampleur a été initié dès 2015 pour d'une part numériser toutes les thèses du laboratoire ; d'autre part pour se séparer de collections de revues dont l'accès électronique est garanti par la politique IST du CNRS ; ces collections ont été données pour partie au centre de documentation de CentraleSupélec, pour partie au centre de documentation de Paris-Sud. Au terme de ce programme, le laboratoire disposera de locaux, de plateformes expérimentales et d'équipements informatiques modernisés et adaptés au développement de son programme scientifique.



VI - ORGANISATION ET VIE DE L'UNITÉ

► *Pilotage, animation, organisation de l'unité*

L'équipe de direction, composée du directeur, des deux directeurs adjoints et de l'administratrice, en place depuis la mi-2013, a été confirmée pour la durée du contrat quinquennal 2015-2020 ; la seule évolution notable de l'équipe a été l'arrivée de Maud Grenet en remplacement de Karine Bassoulet dans les fonctions d'administratrice du LIMSI à compter du 1^{er} janvier 2015. M. Grenet ayant à son tour quitté le laboratoire en avril 2018, cette fonction sera assurée par Monique Granon à partir de juillet 2018. L'équipe de direction se réunit chaque semaine. Elle s'appuie pour prendre ses décisions sur différents organes internes. Une réunion réduite au DU et à la cellule RH est également programmée chaque semaine afin de suivre les flux d'entrée / sortie au sein du laboratoire et, le cas échéant, de traiter les dossiers qui demandent une intervention particulière de la direction.

Le Conseil de Laboratoire, renouvelé au début de l'année 2015, se réunit tous les mois. Sa composition et son règlement intérieur ont légèrement évolué en 2015 et le nombre de conseillers a augmenté de deux unités, afin de réserver un siège à un représentant des personnels non-permanents du laboratoire (en plus du représentant élu des doctorants) : pour des raisons pratiques, il ou elle est nommé(e) par la direction. En plus des réunions ordinaires, les conseillers sont également consultés ou sollicités pour des actions ou des réflexions plus ponctuelles – par exemple pour élaborer la déclinaison au LIMSI des règles de la PSSI. Les conseillers sont également invités à participer à la réunion annuelle du Comité Hygiène et Sécurité du laboratoire, au côté des deux assistants de prévention (AP), des représentants de l'Université Paris-Sud, de la DR04 et du médecin de prévention.

Autre organe de direction, le *conseil des responsables de groupes* 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.

En complément, *plusieurs commissions ad-hoc* ont également été (ré)-installées pour travailler collectivement sur les locaux, sur les équipements informatiques et sur la communication du laboratoire. Elles rassemblent des représentants de tous les groupes, sous l'autorité d'un membre de la direction, et se réunissent autant que de besoin. Parmi les sujets traités par ces commissions mentionnons en particulier :

- Pour la commission « *Informatique* » : l'élaboration d'une solution de stockage pour les homedir de 6 des 9 groupes de recherche; une réflexion sur la définition et l'installation de nouveaux moyens de calcul partagés à l'échelle du laboratoire, ainsi que sur les solutions d'archivage à long terme ;
- Pour la commission « *Communication* » : 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 ; une réflexion sur la mise en place d'un compte twitter @LimsiLab.
- Pour la commission « *Locaux* » : la préparation de l'installation dans le nouveau bâtiment, et les réallocations de bureau afférents, la priorisation des travaux d'aménagement interne, etc.

La commission « *Doctorants* » fonctionne sur un schéma différent et comprend des enseignants-chercheurs et des doctorants, mais sans implication de la direction. Elle sert, en toute indépendance, de lieu de résolution des éventuels problèmes liés au déroulement de thèses 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. Une réflexion est en cours pour étendre son périmètre d'action et en faire également un lieu d'écoute et de conciliation pour les personnels en difficulté : dans cette perspective, les responsables de la commission ont accepté de suivre une formation de base sur les risques psycho-sociaux (RPS)⁵⁴, afin de

Composition du Conseil de laboratoire années 2015-2020

Claude BARRAS (CHM/TLP, MCF HDR, Nommé)	Cyril GROUIN (CHM/ILES IE, Élu)	Laurence ROSTAING (SAFT, T, Élu)
Rachel BAWDEN (CHM/TLP, Doctorante, 02/16 à 04/17)	François LUSSEYRAN (ME/AERO, DR, Élu)	Nicolas SABOURET (CHM/CPU, PR, Nommé)
Ismail BEN HASSAN SAÏDI (ME/AERO, Doctorant, Élu, depuis 05/17)	Aurélien NÉVÉOL (CHM/ILES, CR, Élu)	Marie TAHON (CHM/TLP/CDD), jusqu'à 06/15
Ivan DELBENDE (ME/ETCM, MCF HDR, Élu)	Marko PAVLOV (ME/TSF, Doctorant, Élu, jusqu'au)	Christian TENAUD (ME, Directeur Adjoint)
Emmanuelle FRENOUX (CHM/AMI, MCF, Nommée)	Olivier PERROTIN (CHM/AA/CDD, Nommé, 07/15 à 12/16)	Yacine TSALAMLAL (CHM/AMI/CDD, de 01/17 à 04/18)
Tom GIRAUD (CHM/AMI/CDD, depuis 04/18)	Bérengère PODVIN (ME/AERO, CR HDR, Nommée)	Jean-Marc VÉZIAN (CHM/Venise, IR, Élu)
Maud GRENET puis Monique GRANON (Administratrice, invitée)	Albert RILLIARD (CHM/AA, MCF HDR, Élu)	Anne VILNAT (CHM, Directrice Adjointe)
Nicolas GRENIER (ME/TSF, MCF, Élu)	Sophie ROSSET (CHM/TLP, DR, Nommée)	François YVON (Directeur)

⁵⁴ Le DU, le service RH, ainsi qu'un assistant de prévention ont également suivi cette formation.



Assemblée générale du 15 décembre 2017

pouvoir au mieux adapter leurs réponses et orienter les personnels vers les dispositifs idoines (médecine du travail, assistante sociale, etc).

Il existe enfin une commission des expérimentateurs qui se réunit bi-mensuellement pour définir les priorités et plannings en matière de réalisation de montages expérimentaux.

Le laboratoire se réunit chaque année en assemblée générale (AG) ordinaire ; compte-tenu des importantes évolutions en cours sur la dernière période (avancement du projet de construction d'un nouveau bâtiment ; projet de passage au statut UMR ; évolution du paysage institutionnel dont UPSay rédaction, sur commande exprès des tutelles, d'un « projet scientifique commun » associant le LIMSI, le LRI et le LSV), plusieurs assemblées générales ont également été réunies durant la période. Les tutelles CNRS et Paris-Sud ont été invitées à participer aux AG qui se sont tenues les 19 juin 2017 et le 22 juin 2018.

AG ordinaires : 26 février 2013 ; 28 novembre 2014 ; 11 septembre 2015 ; 28 novembre 2016 ; 15 décembre 2017

AG extraordinaires : 28 mars 2014 (ZRR) ; 2 février 2017 ; 19 juin 2017 (UMR-isation, en présence des tutelles Paris-Sud et DR04-CNRS) ; 15 mars 2018 (Projet commun à 3 laboratoires) ; 4 juin 2018 (Projet commun à 2 laboratoires) ; 11 juin 2018 ; 22 juin 2018 (Projet commun à deux laboratoires, en présences des tutelles Paris-Sud et CNRS).

► Politique RH

L'unité accueille un grand nombre de nouveaux personnels non-permanents (post-doctorants, doctorants et stagiaires), au rythme d'une centaine par an. Compte-tenu de la complexité de chaque recrutement, qui implique l'intervention de plusieurs services, à l'intérieur (infrastructure, informatique, etc), aussi bien qu'à l'extérieur, du laboratoire (DR04, HFDS, U-PSud pour les stagiaires et certains doctorants), nous avons travaillé à mieux organiser ces arrivées et départs (a) en développant une application interne qui permet d'informer les services et groupes

concernés des nouvelles arrivées de manière à préparer l'accueil des nouveaux entrants. Une visite de sécurité est organisée tous les deux mois sous l'égide des Assistants de Prévention; elle inclut une présentation des infrastructures de calcul et de la politique de sécurité du laboratoire. Enfin, une journée d'accueil des doctorants a été instituée en 2016, afin d'intégrer au mieux ces jeunes collègues et les faire rencontrer d'autres chercheurs du laboratoire.

► Intégrité scientifique

Depuis 2015, à l'initiative du CNRS, chaque nouveau chercheur arrivant au laboratoire se voit remettre la « Charte Nationale de Déontologie des Métiers de la Recherche » et doit en accepter les termes. Concernant plus particulièrement les doctorants, une information spécifique rappelant leurs obligations en matière de respect de l'intégrité scientifique est faite lors de la journée d'accueil ; conformément aux nouvelles dispositions de l'arrêté du les études doctorales, une journée de formation sur ce thème a été organisée au niveau de l'Université. Les doctorants sont également informés de la possibilité qui leur est offerte de saisir la commission « doctorant » du laboratoire s'ils se trouvaient confrontés à des agissements inappropriés de leurs encadrants. À ce jour, aucun cas de méconduite scientifique patente n'a été signalé à la direction du laboratoire.

Le LIMSI a également soutenu et accompagné la mise en place de structures relatives à l'éthique et l'intégrité scientifique dans Paris-Saclay, en la personne de F. Yvon, qui est un des animateurs du Polethis⁵⁵ (officiellement créé en juin 2018). Ce pôle organise d'une part les formations doctorales (obligatoires depuis 2018) en matière d'éthique ; coordonne le réseau des référents « Intégrité Scientifique » des établissements membres ; abrite également les activités du Comité d'Éthique de la Recherche de Paris-Saclay (CER-PS). L'institution de Polethis va, d'une part, clarifier les procédures d'identification et améliorer le traitement des cas d'inconduites scientifiques ; elle doit également permettre de renforcer la diffusion de bonnes pratiques au sein des unités, au travers des formations ouvertes aux doctorants ... et à leurs encadrants. La mise en

⁵⁵ <https://www.universite-paris-saclay.fr/fr/polethis>

place du CER-PS a été coordonnée entre 2016 et 2018 par F. Yvon avec un fort soutien de chercheurs du laboratoire (E. Prigent, C. Clavel, M. Filhol). Sur décision du Conseil de Laboratoire du LIMSI, à compter de la rentrée 2018, tous les protocoles de recherche impliquant des sujets humains et pilotés par des chercheurs du laboratoire devront avoir reçu un avis positif du CER-PS.

Au niveau individuel, des personnels du LIMSI se sont de longue date impliqués dans les instances nationales traitant des questions d'éthique : Joseph Mariani (de 2006 à 2011) au sein du COMETS du CNRS où il a coordonné le rapport conduisant à la création de la CERNA où il a ensuite siégé (de 2013 à 2015), où lui a succédé Laurence Devillers (depuis 2016); plus récemment Gilles Adda au sein du Comité Consultatif National d'Éthique, avec en ligne de mire la création d'un Comité National d'Éthique pour les Sciences du Numérique. Les questionnements relatifs à l'éthique ont de ce fait largement irrigué au sein du laboratoire et ont eu d'évidentes retombées en matière de recherche, conduisant à l'émergence de travaux (ateliers, rédaction de chartes, d'avis ou de recommandations, projets de recherche) autour de sujets à fort impact social tels que « Éthique et Big Data », « Éthique et Traitement Automatique des Langues » ou bien encore de « Éthique des Robots » et « Éthique de l'Apprentissage ». La place prise par ces travaux au sein du laboratoire justifie pleinement l'implication du LIMSI dans l'Institut de Convergence DataIA, dans la gouvernance duquel sont impliqués L. Devillers (membre du bureau) et F. Yvon (membre du comité des programmes).

► Protection et sécurité

La politique en matière de Sécurité des Systèmes d'Information (SSI) est déléguée dans les unités au DU. Il s'appuie sur l'expertise d'un Chargé de la Sécurité des Systèmes d'Information (CSSI) en la personne de J.-C. Barbet et d'un CSSI adjoint (O. Lassalle). Du fait de son ancien statut d'établissement à régime restrictif (ERR), le LIMSI a été enjoint dès 2014 de passer l'ensemble de ses activités et la quasi-totalité de ses locaux sous le régime de la ZRR (zone à régime restrictif), avec trois conséquences principales : (a) l'obligation de solliciter auprès des services du FSD une autorisation explicite au laboratoire d'accès pour tout chercheur à partir du niveau Master 2 ; (b) la mise en place d'un panneau délimitant les zones « publiques » des zones restrictives, ainsi que d'un journal des visites documentant toute entrée d'une personne non-habilitée dans la ZRR ; (c) l'application au niveau de sécurité maximum des règles de la SSI. La mise en place de la contrainte (a), qui concerne environ une centaine de personnes par an, s'est faite en bonne intelligence avec le service du HFDS qui a rapidement développé une procédure dématérialisée de gestion des accès, au prix d'une charge de travail accrue pour la cellule RH, ainsi que d'un allongement des procédures (l'autorisation d'accès pouvant prendre jusqu'à deux mois). Pour satisfaire la contrainte (b) nous avons mis en place une procédure dématérialisée pour garder la trace des visites, nécessitant une demande au CIL du CNRS pour valider ce nouveau traitement informatique de données

personnelles. Pour répondre à la question (c), une commission ad-hoc rassemblant les CSSI et des membres du conseil de laboratoire s'est réunie en 2015 et 2016 sur une durée de 18 mois afin de passer en revue et d'implanter les quelques 65 règles de sécurité qui s'appliquent aux unités en ZRR, depuis l'encryptage des PC portables jusqu'au cloisonnement des différents réseaux du laboratoire. Un document décrivant les principaux choix retenus à cet égard a été rédigé et transmis au CRSSI de la DR4.

Une politique de sécurité efficace repose sur l'information et l'adhésion des usagers : un rappel des principales règles de SSI a été inclus dans la charte informatique que signe tout nouvel entrant ; ces principes sont rappelés lors des visites de sécurité auxquelles sont invités tous les nouveaux entrants; un site web en accès interne rassemble des documents de référence et des présentations à destination des usagers.

Concernant la sécurité physique, l'ensemble du laboratoire fonctionne en principe avec un double niveau de contrôle : pendant les horaires de travail, l'accès aux ZRR est contrôlé par code ou par badge et les zones publiques sont d'accès libre; le reste du temps, l'accès au laboratoire demande d'être en possession d'un badge et d'un code. Ces grands principes n'ont été que partiellement mis en œuvre, du fait d'une part de la conformation des bâtiments existant en 2014, d'autre part à partir de 2015 du passage à des postures VIGIPIRATE de sécurité renforcée, voire d'alerte attentats, ce qui a conduit à maintenir fermés en permanence tous les accès physiques du laboratoire.

VII - ANALYSE SWOT DE L'UNITÉ

FORCES

- Excellence de la recherche (participation à deux LabEx, un EquipEx, etc)
- Visibilité des équipes dans leurs communautés respectives (Traitement des langues et de la parole, Interaction Humain-Machine, Instabilités, Turbulence, Contrôle des écoulements, HPC, ...)
- Thèmes porteurs et attractifs pour les étudiants (IA, simulation numérique), pour les relations avec les entreprises (énergie, e-santé, sécurité, etc.)
- Implication sur des thématiques à fort impact sociétal (Éthique, Handicap, Art et Science)
- Culture de la pluri-disciplinarité, qui facilite les collaborations entre équipes et attire au laboratoire des profils variés.
- Forte capacité d'encadrement doctoral
- Solide ancrage au sein de Paris-Saclay (Formations, EDs, actions transversales et interdisciplinaires, implication dans les départements)
- Moyens financiers, infrastructures, moyens de calculs et d'expérimentation (EVE, grappes de calcul, etc.) ; qualité des équipements et des bâtiments
- Moyens humains (équipes support expérimentées et professionnelles)
- Qualité de la vie au laboratoire, de l'organisation interne.

FAIBLESSES

- Manque structurel d'enseignants-chercheurs de rang A à Paris-Sud (dans les deux départements) ; trop faible présence à l'UFR Science de Paris-Sud.
- Impossibilité de recruter des enseignants-chercheurs en section CNU 61
- Faiblesse des recrutements, qui rend difficile de réorienter significativement les thèmes de recherche ; et en conséquence, vieillissement de la population des chercheurs du laboratoire. Ces difficultés exacerbées par la concurrence des entreprises privées sur certains thèmes (par exemple autour de l'IA).
- Les thématiques du LIMSI à l'interface des SHS (psychologie, ergonomie, science du langage) sont peu représentées dans UPSay ; difficulté de recruter des doctorants à ces interfaces.
- Affaiblissement de la composante « Parole » avec le départ des chercheurs du groupe « Audio et Acoustique »
- Faiblesse des ressources contractuelles en ME
- Faible flux de doctorants en ME avec une répartition peu homogène.
- Laboratoire atypique par la diversité des thèmes et des disciplines et composantes représentées, dilution du poids politique au sein de l'Université.
- Un contexte général qui encourage les collaborations « externes » plutôt qu'entre groupes d'un même laboratoire ;

OPPORTUNITÉS

- Adoption du statut d'UMR, accès des moyens supplémentaires de Paris-Sud, assouplissement de certaines règles de fonctionnement et de gestion ; développement de nouveaux partenariats (par exemple avec INRIA)
- Poursuite de la mise en place de l'UPSay :
- Renforcement de l'activité en Mécanique sur le plateau avec des collaborations renforcées avec nos nouveaux voisins (CentraleSupélec, ENS Paris-Saclay) au sein du Département MEP, du Master de Mécanique, du LabEx LaSiPS, de l'Ecole Doctorale SMEMaG)
- Renforcement des dispositifs de transfert technologique (IRT, IEED, SATT, etc.)
- Attention portée au sein de l'IdEx aux recherches interdisciplinaires (STIC+Santé, STIC+SHS, STIC+SPI)
- Nouveaux programmes d'enseignement plus ouverts sur les formations d'ingénieurs
- Proximité avec le pôle « Sciences Cognitives » (NeuroSpin, NeuroPsy).
- Augmentation de l'activité de valorisation (Institut Carnot) qui pourra bénéficier de l'implantation récente ou programmée de centres de recherche industriels (EDF, IBM, Fujitsu, etc.)

MENACES

- Incertitudes autour de la mise en place de l'Université Paris-Saclay, qui consomme une énergie considérable pour des bénéfices futurs incertains.
- Concurrence scientifique des GAFAM sur certains thèmes (traitement automatique des langues, IHM)
- Conséquences non-gérées de la désassociation de l'UPMC : devenir des personnels UPMC, pérennisation des thèmes qu'ils portent, fragilisation de certains groupes.
- Fragilité des recherches expérimentales en Mécanique-Energétique (manque de support à la recherche).
- Renforcement des logiques disciplinaires dans la gestion du laboratoire, avec le passage au statut d'UMR « d'informatique ».
- Amenuisement progressif des ressources financières du fait des investissements passés et des charges d'exploitation des nouvelles surfaces.
- Projet de regroupement à marche forcée avec des équipes du LRI au sein d'un laboratoire très centré sur l'informatique (27^e section), avec risque d'évaporation d'une partie du personnel chercheur, enseignant chercheur et ITA.

VIII - RÉFLEXIONS SUR LE PROJET SCIENTIFIQUE À CINQ ANS

A. Genèse du projet du LIMSI

Le projet du LIMSI a été préparé très en amont lors de réunions des conseils des départements CHM et ME, qui rassemblent l'ensemble des permanents titulaires d'une HDR ou responsables d'un thème scientifique. Ces réunions se sont tenues les :

- Conseil de département ME :
2 mars 2017 ; 10-11 janvier 2018
- Conseil de département CHM :
18 janvier 2016, 7 mars 2017, 16 et 19 janvier 2018

En parallèle, l'Unité a préparé en concertation avec l'INS2I et l'Université Paris-Sud sa transformation en UMR à l'horizon 2020. En particulier, une réunion de travail a réuni le 7 février 2017 W. Perruquetti (DAS/INS2I), E. Augé (VP Recherche Paris-Sud), J.-J. Guilleminot (Délégué Régional Adjoint Ile-de-France Sud) et la direction du laboratoire pour balayer les différents aspects de ce changement de statut. Une assemblée générale du laboratoire, organisée le lundi 19 juin 2017 en présence du Vice-Président

de recherche de l'Université Paris-Sud et du Délégué Régional Adjoint Ile-de-France Sud, a permis de rassurer les personnels sur les conséquences possibles de cette évolution, des engagements clairs étant pris par l'Université Paris-Sud concernant en particulier la préservation de l'unité sur son périmètre scientifique à l'horizon 2020. Le conseil du laboratoire du 21 décembre 2017 a renouvelé son soutien à la direction du laboratoire pour poursuivre le processus de transformation en UMR, au vu des engagements pris par l'Université Paris-Sud.

Le 17 décembre 2017, les directions de l'INS2I/CNRS, de l'ENS Paris-Saclay, et de l'Université Paris-Sud, agissant en tant que tutelles des trois laboratoires LRI (CNRS et U-Psud), LSV (CNRS et ENS Paris-Saclay) et LIMSI (CNRS), ont adressé aux directions des laboratoires le message suivant :

Chers Collègues,

Dans le cadre du projet d'Université Paris-Saclay en cours de construction, les tutelles du LSV, du LIMSI et du LRI souhaitent voir émerger un pôle fort et structuré en sciences de l'information et sont prêtes à l'accompagner.

Dans ces disciplines, la nouvelle université a le potentiel pour devenir l'un des principaux centres scientifiques français. Ses forces tiennent au nombre de ses (enseignants-)chercheurs, à la qualité de ses recherches mais aussi à son large spectre scientifique qui lui permet d'affronter les nombreux défis et les nouvelles questions que soulève la transformation numérique de la société et des pratiques scientifiques.

En revanche, l'organisation actuelle ne paraît plus optimale : il y a des recouvrements thématiques entre les trois unités de recherche, ce qui nuit à la visibilité des axes de recherche et la concurrence dans l'allocation des ressources ne permettra pas de développer une stratégie scientifique concertée.

Sans préjuger de la structure cible (pour être bien clair, une ou plusieurs unités de recherche à l'horizon 2020), l'Université Paris-Sud, l'ENS Paris-Saclay et l'INS2I-CNRS en tant que tutelles souhaitent que les « conseils scientifiques » des trois unités LSV, LIMSI et LRI travaillent à l'élaboration d'un projet scientifique global fort et cohérent faisant ressortir les thématiques phares, la manière dont elles s'articulent les unes aux autres et les axes de développement envisagés. Une fois ce projet scientifique élaboré, il conviendra de définir s'il doit être porté par une seule ou plusieurs unités de recherche. Les tutelles ne font à ce stade aucune recommandation à cet égard, si ce n'est que l'organisation actuelle doit nécessairement évoluer.

Les tutelles sont conscientes des différences de culture du LSV, du LRI et du LIMSI mais insistent sur l'importance de regrouper les forces de recherche autour d'un projet commun. L'évaluation par l'HCERES fixe une échéance : il faut que les bilans des unités et les grandes lignes du nouveau projet soient prêts à l'été 2018. Le nouveau projet devra se mettre en place en 2020 et se tourner résolument vers l'avenir. Pour l'évaluation, les tutelles demanderont qu'un seul comité soit chargé d'évaluer les trois unités. Chacune des trois unités impliquées dans cette réorganisation devra élaborer son propre bilan mais c'est une vision globale qui sera présentée avec une proposition concertée d'organisation.

Les tutelles sont prêtes à accompagner les unités de recherche dans l'élaboration de ce projet. Elles proposent de rencontrer les conseils scientifiques (ou les équipes de direction élargies aux responsables d'équipe) courant janvier pour faire un premier point d'avancement et échanger sur la manière dont cette réflexion collective se met en place.

Sylvie Retailleau, Présidente de l'Université Paris-Sud
Pierre-Paul Zaliou, Président de l'ENS Paris-Saclay
Michel Bidoit, Directeur de l'INS2I - CNRS

Pour répondre à cette demande, les directions et les conseils scientifiques des trois laboratoires ont engagé un dialogue et dessiné une cartographie des activités scientifiques identifiant 7 thèmes principaux, construits par agglomération des équipes existant dans les unités comme suit :

1. Mécanique des Fluides, Modélisation et Simulation Numérique Intensive (LIMSI/AERO, LIMSI/ETCM, LIMSI/TSF)
2. Traitement automatique des langues (LIMSI/ILES, LIMSI/TLP)
3. Interaction Humain-Machine (LIMSI/AMI, LIMSI/CPU, LIMSI/VENISE, LRI/HCC)
4. Algorithmic Intelligence: Learning, Optimization and Graphs (LRI/GALAK, LRI/TAU)
5. Big Data and IoT (LRI/LADHAK, LRI/ROCS)
6. Méthodes Formelles et Systèmes Biologiques (LSV, LRI/VALS, LRI/BIOINFO)
7. Parallel and Distributed Systems (LRI/PARSYS)

Un rapport présentant cette structuration des thématiques scientifiques a été transmis aux tutelles le 26 avril 2018.

Le 31 mai 2018, les directions de l'INS2I/CNRS, de l'ENS Paris-Saclay, et de l'Université Paris-Sud, agissant en tant que tutelles des trois laboratoires LRI (CNRS et U-Psud), LSV (ENRS et ENS Paris-Saclay) et LIMSI (CNRS), ont adressé aux directions des laboratoires le message suivant :

Message au LSV, LRI, LIMSI

Le 29 mai 2018, les tutelles, Université Paris-Sud, ENS Paris Saclay et CNRS/INS2I ont rencontré les équipes de direction du LSV, du LRI et du LIMSI pour leur faire une proposition de restructuration des 3 UMR sur la base du document "Eléments de réflexion pour un projet scientifique émanant des chercheurs des trois laboratoires".

Les tutelles ont pris connaissance de ce rapport et de la proposition d'organisation en sept pôles scientifiques. Elles saluent l'effort entrepris dans un délai très contraint. Cette proposition fait ressortir des thématiques importantes et prend en compte les recommandations des tutelles concernant les recouvrements thématiques. Les tutelles ont conscience que les différents projets des pôles n'ont pas le même niveau de maturité à ce stade, mais ces projets vont certainement se préciser dans les mois et années à venir.

Dans la perspective de la prochaine évaluation par l'Hcéres, il est à présent nécessaire de statuer sur la structuration des forces scientifiques des 3 UMR. Après examen des différentes options possibles, les trois tutelles ont pris acte que la constitution d'une seule UMR n'est pas envisageable à court terme et souhaitent donc une structuration à l'horizon 2020 en 2 UMR :

- une UMR CNRS/ENS PS/U-PSud centrée sur les méthodes formelles (LSV + équipe VALS du LRI),
- une UMR CNRS/U-PSud regroupant les autres thématiques (les autres équipes du LRI + LIMSI), structurée en thèmes ou pôles.

Dans cette perspective de restructuration en 2 UMR, il est rappelé que

les noms des UMR doivent évoluer pour refléter la reconfiguration scientifique en cours ;

l'organisation interne et les objectifs propres de chacun des pôles pourront être précisés progressivement ;

il n'est pas demandé à court terme aux équipes ou à leurs membres de déménager d'un bâtiment à l'autre (en dehors du LSV dont le déménagement à Paris-Saclay est prévu pour 2019) ;

un travail important sera à faire pour réorganiser les services de laboratoires et un accompagnement RH spécifique sera prévu à cette fin ;

les directeurs d'unités actuels sont responsables de présenter le bilan de leur unité et les nouveaux projets des deux futures UMR, en attendant la désignation des prochains directeurs d'unité.

Les DUs sont invités à partager ces recommandations avec les membres de leurs unités et les tutelles proposent d'échanger avec les membres des conseils de laboratoires qui le souhaitent.

Les tutelles réaffirment qu'elles vont accompagner les unités dans toutes les dimensions des évolutions à conduire, d'ici au 1er janvier 2020 puis durant toute la durée du quinquennal 2020-2024.

Sylvie Retailleau, Présidente de l'Université Paris-Sud

Pierre-Paul Zalio, Président de l'ENS Paris-Saclay

Michel Bidoit, Directeur de l'INS2I – CNRS

L'analyse des suites à donner à ce message a naturellement fait l'objet de plusieurs AG au sein du LIMSI, ainsi que d'un vote à bulletin secret qui a exprimé un rejet unanime de ce projet de fusion. Les résultats de ce vote et les motivations principales de ce rejet ont été portés à la connaissance de la direction générale du CNRS, ainsi qu'auprès de la gouvernance de l'Université Paris-Sud, sous la forme d'une motion du conseil de laboratoire, dont le contenu est rappelé ci-dessous :

Motion du conseil de laboratoire du LIMSI
15 juin 2018
adoptée à l'unanimité des présents

Les personnels du LIMSI ont été informés, par un e-mail daté du 31 mai 2018, du souhait de l'INS2I et de l'Université Paris-Sud de voir se constituer "une UMR CNRS/UPSUD regroupant les équipes du LRI (à l'exception de l'équipe VALS) et celles du LIMSI, structurée en thèmes ou pôles, à l'horizon 2020."

Cette demande a été discutée au sein des équipes du LIMSI, donnant lieu à un ensemble de prises de position exprimant une forte opposition au projet de regroupement dans le calendrier qui nous est imposé. Parmi les principales motivations avancées pour justifier ce rejet, dont la précipitation est unanimement dénoncée: (1) la crainte de voir à terme se dissoudre le caractère interdisciplinaire des recherches du LIMSI au sein d'un laboratoire qui serait composé très majoritairement d'informaticiens; (2) le risque de construire à contretemps une alliance de circonstance, qui devra être entièrement repensée lorsque le paysage saclaysien sera stabilisé, à l'horizon 2025; (3) la fragilisation du projet d'unité préparé pour l'évaluation HCERES, qu'il faudrait en urgence adapter à ce nouveau contexte, en renonçant à des évolutions internes muries de longue date; (4) les menaces sur les postes ITA au sein du laboratoire et la diminution du soutien à la recherche que cette fusion impliquerait.

Une consultation électronique à bulletin secret (voir ci-dessous) a été organisée auprès des personnels permanents, qui ont très majoritairement exprimé leur refus de ce projet, tout en réaffirmant cependant leur volonté de construire une association avec l'Université Paris-Sud sur le périmètre scientifique actuel de l'unité conformément à l'engagement pris par la gouvernance de Paris-Sud.

Compte-tenu de cette expression très claire du personnel, le Conseil de laboratoire, réuni le 14 juin 2018 considère que la fusion à marche forcée qui est imposée au LIMSI ne permettra pas de recueillir l'adhésion des personnels, qui est une condition indispensable à la réussite du projet, et qu'à défaut d'obtenir cette adhésion, le risque est grand de voir le laboratoire se disloquer. Il demande donc un moratoire sur ce projet de fusion, qui doit être découplé de l'évaluation HCERES, ainsi que l'abandon de la date butoir du 01/01/2020 pour le mener à bien. Il demande ensuite l'ouverture d'une réflexion approfondie sur l'opportunité de ce rapprochement et sur son périmètre scientifique, ainsi que sur la définition avec toutes les parties prenantes d'un calendrier raisonnable pour conduire cette réflexion.

Le conseil de laboratoire demande également au CNRS de clarifier ses intentions sur le caractère pluridisciplinaire de l'unité qu'il souhaite voir émerger, et souhaite que les différents instituts actuellement intéressés par les travaux du LIMSI s'engagent à maintenir leur soutien aux recherches qui y sont menées et fournissent des assurances concernant les moyens et les postes attribués en soutien de l'ensemble des recherches de l'unité.

Une rencontre entre le personnel du laboratoire et les tutelles (INS2I-CNRS et U-PSud) s'est tenue le 22 juin 2018 ; elle n'a pas permis de convaincre les personnels du laboratoire que ce projet aurait des retombées positives pour le LIMSI.

Compte-tenu du délai très court entre cette annonce et la date du dépôt du rapport d'auto-évaluation et de ses annexes, ainsi que des réserves exprimées au sein des deux laboratoires concernant la mise en œuvre des recommandations des tutelles, il n'a pas été possible d'engager des discussions approfondies avec la direction du LRI avant la date butoir de dépôt des dossiers. Toutefois, durant le mois de septembre 2018, suite à des discussions avec le CNRS et l'Université Paris-Sud, les responsables d'équipes et les directions des deux laboratoires ont conjointement rédigé un document décrivant l'état actuel des réflexions concernant un possible rapprochement des unités. Ce texte correspond à la section F ci-dessous ; il est complété par les résultats d'une enquête réalisée en octobre 2018 auprès des personnels du LIMSI concernant le processus mis en place pour approfondir cette réflexion.

Les paragraphes qui suivent reflètent donc essentiellement *les grandes lignes du projet organisationnel et scientifique souhaité par les personnels de l'unité*. Dans la mesure où le travail de réflexion sur une réorganisation possible du laboratoire n'a pas pu être conduit à son terme⁵⁶, chaque groupe du LIMSI a été invité à décliner son projet pour le prochain quinquennal, en faisant l'hypothèse que l'organisation en groupes resterait inchangée. En écrivant ces lignes, nous avons essayé de mettre en avant les éléments qui fondent l'identité du laboratoire, et que tout projet plus large qui impliquerait le laboratoire devra nécessairement prendre en considération.

La suite du document est organisée en quatre sections principales : la première présente les grandes lignes générales de notre organisation ainsi que les perspectives liées notamment aux évolutions en cours du plateau de Saclay ; les trois suivantes élaborent la prospective scientifique organisée en trois grandes thématiques⁵⁷ : « L'interaction humain-machine » ; le « traitement automatique des langues » ; « la mécanique des fluides et l'énergétique », sans que cette présentation ne présage nécessairement d'une réorganisation des activités en trois pôles.

B. Le LIMSI 2020, une UMR interdisciplinaire dans l'Université Paris-Saclay

Du point de vue des rattachements institutionnels, plusieurs changements majeurs sont en train de s'opérer simultanément, qui sont source de nombreuses incertitudes et de désordres, voire, pour certains, d'anxiété : en premier lieu la refondation de l'université Paris-Saclay ; en second lieu la transformation de l'Université Paris-Sud qui est amenée à se fondre au premier janvier 2020 dans l'Université Paris-Saclay, au moment même où elle deviendra co-tutelle de l'Unité au côté du CNRS, le LIMSI devant abandonner son statut d'unité propre pour adopter le statut d'UMR. De nombreuses autres transformations sont attendues, en particulier le redémarrage des Master et des écoles doctorales sur un nouveau périmètre.

► Le nouveau paysage du plateau de Saclay

Les années 2018-2020 vont marquer un nouveau départ de l'Université Paris-Saclay : la composition de l'ensemble étant enfin clarifiée, un travail de remise à plat de l'organisation et de la stratégie scientifique s'enclenche, en même temps que démarre un projet de transformation en profondeur sur l'administration du nouvel établissement, dans lequel doit se fondre l'Université Paris-Sud. Les relations avec le nouvel ensemble « NewUni⁵⁸ » ne sont pas pour autant rompues et continueront d'exister pendant quelques années au sein des LabEx, EquipEx, Instituts de

convergence, etc., ainsi probablement que dans certains programmes de formation.

Du point de vue de la recherche, cette nouvelle donne a le mérite d'identifier sans ambiguïté les laboratoires « du premier cercle », qui ont vocation à devenir nos partenaires privilégiés au sein de l'UPSay 2020 : les LRI, LSV et L2S⁵⁹ pour ce qui concerne le domaine des STIC ; EM2C, FAST, GeePS, LMT, LURPA et SATIE pour ce qui concerne le domaine des Sciences de l'Ingénieur. Les partenariats et collaborations avec ces laboratoires vont s'intensifier avec le déménagement de l'ENS Paris-Saclay avec, probablement à un horizon difficile à estimer, de possibles évolutions des contours et des tutelles des unités. Au-delà de ce périmètre, des incertitudes fortes subsistent concernant l'intégration des deux autres Universités (Evry Val d'Essonne et Versailles Saint-Quentin), dont dépendent plusieurs laboratoires importants dans les domaines des STIC et des Sciences de l'Ingénieur (IBISC et LMEE à l'UEVE ; David, LI-Parad et LISV à l'UVSQ), qui sont déjà des partenaires au sein des départements STIC et MEP.

Si les choses sont plus ou moins claires concernant le paysage des laboratoires, leur organisation dans la future Université est en plein chantier : l'évolution qui semble s'amorcer mettra fin à la dualité entre enseignement (les

⁵⁶ Il n'est toutefois pas impossible que cette réflexion progresse d'ici le premier janvier 2020.

⁵⁷ Ces présentations évitent donc délibérément de traiter les aspects organisationnels.

⁵⁸ « NewUni » (nom provisoire) regroupe les établissements n'ayant pas souhaité participer à un partenariat resserré au sein de l'Université Paris-Saclay : l'École Polytechnique, l'ENSTA ParisTech, Telecom ParisTech, Telecom SudParis, l'ENSAE ParisTech ; HEC n'ayant pour l'instant pas choisi de se rattacher à un des deux ensembles.

⁵⁹ Auquel on pourrait également adjoindre les autres « petits » laboratoires de CentraleSupélec (CVN, MICS, LGI), et quelques forces en STIC qui existent à AgroParisTech.

« Schools ») et recherche (les « départements »), en instituant, dans l'hypothèse la plus probable, des « Graduate Schools » au sein de « pôles ». Tout reste à écrire concernant le périmètre, les missions et la gouvernance de ces nouveaux regroupements, beaucoup d'incertitudes demeurant en particulier sur la place des STIC et des Sciences de l'Ingénieur. Quant à la manière dont les structures de l'UFR Sciences de Paris-Sud (organisée pour la recherche en départements de disciplines), qui constituent un autre de nos attachements, vont se réformer, nul ne le sait aujourd'hui, ni s'ils vont s'aligner sur le périmètre des départements actuels de l'Université Paris-Saclay, ni s'ils vont demeurer sur leur périmètre actuel, ni s'ils prendront une forme encore différente.

La période qui s'ouvre est donc riche en opportunités, du fait notamment du renforcement des collaborations avec CentraleSupélec et l'ENS Paris-Saclay ; elle est également pleine d'incertitudes, et suscite de nombreuses craintes liées aux changements importants qui se profilent dans l'organisation de l'Université Paris-Sud / Université Paris-Saclay ; au vu du flou qui persiste concernant le devenir des deux autres universités (UEVE et UVSQ), il est enfin probable que cette période de trouble se prolonge pendant encore au moins un quinquennal. Il n'est pas interdit de penser que les laboratoires constituent aujourd'hui un des rares points de stabilité du système et qu'il importera d'être prudent quant aux possibles évolutions de leur périmètre. Et ce d'autant plus que de nombreux personnels commencent à manifester une certaine lassitude vis-à-vis de ces évolutions à répétition au sein de l'Université Paris-Saclay.

► Le passage au statut d'UMR

Le passage au statut d'UMR est une évidence au regard d'une part, des évolutions sur la longue période des structures de recherche du CNRS, d'autre part de la composition actuelle du laboratoire, qui compte une majorité d'enseignants-chercheurs parmi ses effectifs permanents. Cette évolution, demande ancienne de l'université Paris-Sud, a été préparée de longue date et ne fait plus vraiment débat au sein du laboratoire⁶⁰ ; dans les faits, le LIMSIS est déjà considéré comme une UMR Paris-Sud : la gouvernance de Paris-Sud participe au dialogue annuel (approfondi) de gestion, comme la Direction du LIMSIS est invitée aux réunions des DU de l'Université ; plus largement, l'unité est engagée dans l'ensemble des activités de l'Université.

Cette évolution est une évidence, et *doit être appréciée positivement*, en dépit des interrogations légitimes qui s'expriment en particulier au sein de la population ITA (presqu'exclusivement composée d'agents CNRS). Le LIMSIS

y gagnera certainement un soutien renforcé de l'Université, aussi bien pour ce qui concerne sa dotation annuelle qu'en ce qui concerne les moyens humains affectés par la tutelle universitaire, ce dernier point valant en premier lieu pour les personnels d'appuis à la recherche, mais également pour les affectations d'enseignants-chercheurs, et pour le nécessaire rééquilibrage du ratio A / B parmi les enseignants-chercheurs. D'autres bénéficiaires sont à attendre également du côté de la gestion courante du laboratoire, la multiplication des tutelles s'accompagnant toujours d'un relâchement de certaines contraintes administratives : par exemple la possibilité d'accueillir des étudiants boursiers au laboratoire⁶¹, la simplification de l'accueil d'étudiants et de personnels étrangers, voire le réexamen des risques relatifs à la PSSI qui nous ont valu en 2014 le passage au statut de ZRR. Il est enfin concevable que le statut d'UMR permette d'associer au laboratoire des partenaires supplémentaires, en particulier Inria, avec lequel les discussions engagées dans les périodes antérieures n'ont pas abouti⁶².

Cette évolution n'est toutefois pas complètement anodine, et il faudra veiller en particulier que le CNRS maintienne son soutien aux activités de l'unité, et continue d'assurer l'essentiel de la tutelle administrative, aussi bien pour ce qui concerne la gestion du bâtiment, le recrutement des personnels non-permanents, ainsi que la gestion administrative et financière des contrats de recherche, à laquelle les agents en place sont aujourd'hui bien rôdés, ceci en particulier afin de garantir que le changement de statut, opération essentiellement administrative, se déroulera aussi sereinement que possible et ne viendra pas désorganiser le déroulement des activités scientifiques. Le point de vigilance le plus important concerne naturellement la préservation, voire le renforcement du caractère interdisciplinaire de l'unité, qui en constitue une des singularités marquantes dans le paysage Orséen, cette singularité étant sans doute à mettre en relation avec le statut d'Unité Propre CNRS, qui a pu se développer en restant à l'écart des logiques disciplinaires qui déterminent fortement l'organisation et le fonctionnement de l'UFR Sciences au sein de Paris-Sud.

► Le LIMSIS, une identité interdisciplinaire

Le LIMSIS est aujourd'hui une unité pluri-disciplinaire et interdisciplinaire, couvrant un large spectre scientifique et abritant des chercheurs de disciplines et de cultures différentes. Ce trait de l'unité n'est pas récent ; il se trouve présent dès la création du laboratoire, qui rassemblait alors des spécialistes de la mécanique des fluides, de l'acoustique et du traitement du signal de parole. La pluri-disciplinarité n'a fait que croître au fil des ans, le laboratoire s'ouvrant

⁶⁰ Cette évolution a été débattue dans plusieurs AG, et a fait l'objet d'un avis positif du Conseil de Laboratoire (en décembre 2017), avis confirmé par un vote des personnels permanents en juin 2018.

⁶¹ Le CNRS interdit explicitement cette possibilité et nous a plusieurs fois dans le passé empêché d'accueillir des étudiants boursiers, y compris lorsque ceux-ci faisaient officiellement partie d'un programme soutenu par Paris-Sud, comme le programme du « China Scholarship Council » (CSC).

⁶² Inria est très actif sur l'ensemble du périmètre de l'unité, aussi bien pour ce qui concerne les activités en IHM et en traitement des langues, mais également dans les domaines de la simulation numérique, du contrôle, du calcul haute-performance et des applications en mécanique des fluides numérique.

notamment à des recherches en thermique, en informatique, puis en linguistique, en philosophie, en sciences cognitives, en psychologie, en ergonomie, etc, autant que le nécessitaient les évolutions des sujets traités au laboratoire, dont la finalité implique souvent le croisement de regards multiples et l'utilisation de modèles et méthodes variés. De telles évolutions ne sont pas inhabituelles dans les domaines des sciences de l'ingénieur. Durant la période passée, cette ouverture à des thématiques variées nous a permis d'intégrer avec succès des enseignants-chercheurs des sections CNU 16 et 61 qui ont rapidement trouvé leur place dans le laboratoire.

Cette *pluridisciplinarité n'est aucunement vécue comme un problème au sein de l'unité*, et la coexistence de chercheurs ayant des centres d'intérêt, des objets de recherche et donc des pratiques de travail et des besoins matériels très divers ne pose dans les faits que peu de difficultés, pour autant que la gouvernance de l'unité reste attentive au bon équilibre des différentes communautés dans les différentes instances du laboratoire⁶³, ainsi qu'au partage équitable des ressources humaines, matérielles et financières de l'unité ; voire, lorsque les conditions en sont réunies, leur mutualisation. *Cette vigilance quant à l'expression des besoins des différentes communautés, ainsi qu'à leur bonne représentation dans la gouvernance, doit être maintenue.*

Souvent remise en cause ou questionnée à l'extérieur du laboratoire, l'interdisciplinarité est encouragée et entretenue à l'intérieur par des financements incitatifs, qui ont permis au fil des ans de développer de nombreuses collaborations entre équipes et d'inciter à des travaux communs des chercheurs qui ne l'auraient probablement pas fait dans d'autres circonstances. Plus fondamentalement, elle est au cœur d'un certain nombre d'activités de recherche, que ce soit dans les domaines du traitement automatique des langues, à l'interface entre traitement du signal, informatique et linguistique ou dans le domaine de l'interaction humain-machine, où nos travaux bénéficient de longue date des apports croisés de la psychologie et de l'informatique. Ces collaborations, sur des thèmes mobilisant par essence plusieurs disciplines, qu'elles se déroulent au sein d'équipes regroupant des chercheurs de plusieurs disciplines (CPU ILES et TLP) ou bien engagent plusieurs groupes (collab. VENISE/CPU, AMI/CPU, ILES/TLP, etc.), sont valorisées dans les différentes communautés de recherche concernées. Elle s'exprime également à l'interface entre la mécanique des milieux fluides, la physique et l'énergétique au travers des collaborations entre les trois groupes du département ME (AERO, ETCM et TSF), afin de d'étudier les phénomènes couplés (thermiques, diphasiques, magnétohydrodynamiques, ...) et leur dynamique. Elles ont naturellement vocation à continuer de se dévelop-

per, et les projets des différents groupes qui sont présentés dans ce document y font la part belle.

C'est parce que les chercheurs ont l'habitude de travailler quotidiennement avec des collègues de thématiques, voire de disciplines, différentes des leurs qu'ils sont capables de construire des collaborations, en interne comme en externe, sur des sujets fortement interdisciplinaires. Ainsi, d'autres collaborations internes, moins attendues, ont permis dans le passé d'obtenir des résultats très originaux : citons en particulier les travaux autour de la visualisation des écoulements des fluides en cavité (collab. AERO/VENISE), de la visualisation interactive d'écoulements sur GPU (AERO/AMI) ou autour de l'exploration de cartes interactives pour la linguistique de corpus (collab. TLP/AMI) ; des études autour de la modélisation du mouvement pour la langue des signes (ILES/AMI) ; l'interaction humain-machine par jet d'air à température variable (collab. AERO/AMI) ; la simulation pour la production de parole (collab. AERO/AA) ; l'utilisation d'algorithmes d'imagerie pour la mesure de déformée de surface libre (collab. AMI/ETCM)⁶⁴, etc.

C'est aujourd'hui autour de la simulation, du calcul intensif et de la science des données que les enjeux scientifiques de ces collaborations entre départements sont les plus forts pour le projet du laboratoire. Concernant la simulation numérique, plusieurs actions ont ainsi été engagées au sein du laboratoire concernant l'accélération des simulations en mécanique des fluides pour aller vers le temps réel, en profitant de l'arrivée des accélérateurs (GPU, notamment) sur les nouvelles architectures. L'exploitation et le traitement des données en mécanique des fluides sont également devenus des activités cruciales qui permettent d'accéder à la physique des phénomènes et à leur dynamique spatio-temporelle. Dans ce cadre, le LIMSIS s'est intéressé en particulier à l'analyse par techniques modales (POD, DMD, etc.) en décomposition de domaine pour extraire la dynamique et les interactions non linéaires en écoulements et en transferts de chaleur. Ces thématiques donnent lieu à d'évidents rapprochements avec certains travaux en traitement de corpus conduits dans les groupes ILES et TLP qui ont vocation à s'intensifier dans le futur. Le contrôle des écoulements et des transferts est une autre activité en plein essor pour contribuer aux économies d'énergie et à la maîtrise des sources de pollution. Elle implique des expertises multiples aux interfaces entre mécanique des fluides, énergétique, traitement du signal, apprentissage, et contrôle commande. Disposant en son sein d'une large palette de ces expertises, le LIMSIS a significativement renforcé son activité dans ce domaine et est ainsi devenu un des centres reconnus nationalement et internationalement sur cette question.

⁶³ Le laboratoire a ainsi compté au fil des ans dans sa gouvernance des mécaniciens des fluides, des traiteurs de signal, des informaticiens, un linguiste, un psychologue, la répartition des responsabilités principales entre des membres des deux départements garantissant un fonctionnement relativement pacifié du laboratoire.

⁶⁴ Cette action a été notamment valorisée au sein du projet ANR ETAE.

Ce dernier exemple met en évidence une autre retombée positive de cette culture interne de l'interdisciplinarité : elle facilite et accélère le tissage de liens avec des équipes d'autres laboratoires et n'est probablement pas pour rien dans la capacité du LIMSIS à construire des collaborations fructueuses, que ce soit avec les laboratoires proches au sein de l'Université Paris-Saclay, ou au-delà. On pourrait citer ici de nombreuses collaborations récentes, dont certaines sont fondamentales pour développer notre rayonnement scientifique.

Pour ce qui concerne les interactions entre le département ME et le domaine des STIC, nous avons déjà évoqué les travaux sur le contrôle des écoulements, qui bénéficient aussi d'un étroit partenariat avec les laboratoires voisins de la communauté STIC (L2S et SATIE), avec le soutien des outils de l'Université Paris-Saclay (LidEx CDS et ICODE). Autour de la simulation numérique, plusieurs actions ont été engagées concernant l'accélération des simulations en mécanique des fluides pour aller vers le temps réel : mentionnons la collaboration avec le LRI, sur la résolution sur GPU de grands systèmes linéaires creux qui est un des goulots d'étranglement principaux dans la simulation des écoulements incompressibles ; ainsi que les collaborations en cours avec la Maison de la Simulation. Le besoin de collaboration avec d'autres communautés de recherche (départements MEP, SPU ou EOE) du plateau n'est pas moins grand car la prise en compte de multi-physiques dans la modélisation des phénomènes est un autre enjeu important parmi nos activités futures en mécanique des fluides, dans la continuité des travaux sur les écoulements MHD (MagnétoHydroDynamiques) pour la géodynamique des planètes telluriques (collab. CEA/SPEC), en énergie pour les piles à métaux liquides et pour quelques problèmes industriels utilisant de forts champs magnétiques et pour la conception de fluides innovants (collaboration GeePS). La problématique est identique pour la simulation de phénomènes de combustion, qui doivent intégrer des phénomènes de cinétique chimique dans des fluides multi-composants (collab. CEA/DEN, EM2C CentraleSupélec et CMAP-X).

La situation est identique pour le département CHM, dont de nombreuses recherches s'inscrivent dans des collaborations de long terme avec d'autres laboratoires et disciplines : par exemple avec la communauté des Sciences du Mouvement, très bien représentée dans l'Université Paris-Saclay au travers notamment du CIAMS Paris-Sud, avec lequel de nombreux projets sont en cours; avec des équipes de recherche en Santé et en Sciences de la vie pour nos travaux autour de l'analyse des documents médicaux comme pour ceux qui concernent plus généralement la e-santé, qui sont amenés à se développer avec l'arrivée prochaine de O. Grynzpan sur un poste de professeur ; avec enfin des équipes de recherche en SHS, en premier lieu

en linguistique, mais également avec en économie et du droit, dans la continuation des projets autour de l'éthique des interactions humains-robots, initiés dans l'Institut pour la Société Numérique (ISN) avec les laboratoires de droit et d'économie de UFR. Jean Monnet (Sceaux), qui se prolongent aujourd'hui dans l'Institut de convergence DATA-IA. Comme expliqué supra, ces activités en linguistique ne bénéficient pas de partenaire de proximité et reposent essentiellement sur des partenariats hors de l'UPSay : dans la continuité des travaux en cours autour des langues régionales (collab. Univ. Strasbourg) ou non écrites (collab. LPP et LLACAN), ou des problématiques de traitement du langage pathologique (collab. Univ. Marseille).

En résumé, le caractère interdisciplinaire du laboratoire y sont très attachés. Il n'est pas interdit de penser que cette singularité a même permis d'attirer au LIMSIS des (enseignants-)chercheurs désireux d'élargir leur horizon scientifique. Le regroupement de disciplines qu'il héberge aujourd'hui en son sein est le résultat de son histoire : certains de ces regroupements présentent un caractère essentiel pour nos recherches, d'autres sont extrêmement originaux (par exemple à l'interface des sections 07 et 10) et importants pour nos travaux actuels, d'autres enfin sont plus circonstanciels et ne débouchent pas nécessairement sur des travaux communs. Le principal étant que cette pratique de l'interdisciplinarité au quotidien facilite aussi l'ouverture vers d'autres laboratoires et le développement de recherches aux interfaces et positionne le LIMSIS comme un « hub » important de la recherche dans UPSay. Il a permis au laboratoire d'être également en pointe sur des projets transdisciplinaires de l'Université, par exemple autour des projets art-sciences ou autour des actions liées au handicap. Le LIMSIS a enfin œuvré pour développer des enseignements pluri-disciplinaires originaux, l'exemple le plus récent étant le projet « Liquide, Transformation, Science », mené par F. Bimbard autour du brassage de la bière. Dans un contexte institutionnel où l'interdisciplinarité est souvent présentée comme une condition indispensable de la réussite (ainsi récemment dans le cadre de l'appel à manifestation d'intérêt pour les Instituts 3IA), nous pensons que cette particularité du LIMSIS est un atout pour l'Université et souhaitons qu'elle continue d'être soutenue dans le futur⁶⁵.

► Le rôle des tutelles

Nous avons déjà évoqué quelques-unes des conditions importantes pour faire cohabiter harmonieusement plusieurs communautés de recherche au sein du laboratoire. Un fonctionnement interne vertueux n'est naturellement pas suffisant et de forts soutiens institutionnels sont également indispensables. Il s'agit en particulier pour nos tutelles de reconnaître ce caractère interdisciplinaire de l'unité et de continuer d'y affecter les moyens idoines,

⁶⁵ Pour affirmer cette identité avec davantage de force, le laboratoire pourrait changer de nom pour devenir « Laboratoire Interdisciplinaire pour la Mécanique et les Sciences de l'Information », ce qui aurait l'avantage de conserver l'acronyme LIMSIS, et de continuer ainsi de bénéficier de sa notoriété dans les communautés scientifiques auxquelles il appartient.

qui prennent bien en compte la diversité des activités de l'unité : par exemple la préservation des activités expérimentales en mécanique des fluides, qui nécessitent à la fois des personnels de soutien et des équipements expérimentaux appropriés. La situation actuelle dans laquelle le LIMS I n'est rattaché qu'à un seul institut du CNRS (à titre principal) et n'est véritablement associé qu'aux activités d'un seul département d'enseignement de Paris-Sud (le département d'informatique) n'est à ce titre pas satisfaisante, et nous continuons de souhaiter⁶⁶ qu'elle évolue pour mieux prendre en compte la réalité des forces présentes au laboratoire et aller vers un bi-rattachement effectif (à INS2I et à INSIS, pour ce qui concerne le CNRS ; aux départements d'informatique et de physique pour ce qui concerne Paris-Sud⁶⁷), à l'instar de ce qui existe dans l'Université Paris-Saclay, où le LIMS I est bien reconnu à la fois par les départements MEP et STIC, et est également fortement associé aux actions de la MSH (Maison des Sciences de l'Homme) Paris-Saclay.

Une autre condition de la préservation de cette identité interdisciplinaire est la possibilité d'accueillir des chercheurs et enseignants-chercheurs aux profils variés, indépendamment des très faibles possibilités offertes par la publication de postes croisés au CNRS⁶⁸. Nous recevons aujourd'hui des bonnes candidatures aux concours et avons eu des succès récents en Section 07 et en Section 10 ; il est critique de continuer d'attirer des chercheurs

CNRS dans la Section 34, qui ne bénéficie aujourd'hui d'aucun recrutement universitaire, ainsi qu'en Section 26.

► Conclusion

Le projet scientifique développé dans les lignes qui suivent, s'il marque des inflexions notables pour prendre en compte les transformations des champs scientifiques dans lesquels le laboratoire évolue et souvent excelle, ainsi que les évolutions du paysage institutionnel, s'inscrit dans la prolongation des projets passés sur un aspect essentiel : le développement de recherches interdisciplinaires. Ces recherches sont par nature fragiles et demandent que les différentes parties prenantes se reconnaissent dans les activités du laboratoire, et que leurs activités y soient reconnues et soutenues à leur juste valeur, indépendamment des disciplines auxquelles les chercheurs sont rattachés. Si ces équilibres devaient être remis brutalement en cause, le risque est réel que le laboratoire se disloque, chacune des communautés qui sont aujourd'hui rassemblées dans l'unité allant chercher ailleurs la reconnaissance et le soutien qui leur sont dus, affaiblissant durablement l'Université Paris-Sud / Paris-Saclay sur les thématiques du laboratoire. A l'inverse, il nous semble que cette singularité du laboratoire doit être préservée, et que son développement soit encouragé et soutenu, le cas échéant en agrégeant d'autres équipes et personnels qui adhéreraient à ce projet original, permettant d'offrir un havre aux activités interdisciplinaires, encouragées par le CNRS, pour le bénéfice de l'Université Paris-Saclay.

C. Interaction Humain-Machine

► Introduction

L'interaction Humain-Machine se décline sous des formes de plus en plus variées au sein de toutes les activités humaines, que ce soit dans des contextes d'études scientifiques, de travail dans des conditions diverses, ou encore dans les gestes les plus quotidiens de la vie. Elle prend aussi des formes très diverses, allant de l'interaction immersive dans des équipements importants comme ceux construits pour la RV&A, ou de façon beaucoup plus diffuse dans les objets connectés de la vie quotidienne, ou encore pour permettre à certaines catégories d'utilisateurs d'accéder à des interfaces dites classiques qui leur sont rendues inaccessibles en raison de situations de handicap diverses. L'éventail de ces recherches permet aux groupes de recherche de développer des travaux qui sont à la fois très fondamentaux, en cherchant à modéliser les phénomènes qui sont en cours lors de ces interactions, et tournés vers des applications pour évaluer la pertinence de ces modèles et de certains dispositifs dans leur usage réel.

Par ailleurs, ces recherches se font en développant de nombreuses collaborations, que celles-ci aient lieu à l'intérieur d'un groupe entre disciplines différentes (informaticiens et psychologues dans CPU par exemple) ou entre groupes, que ce soit entre spécialistes de l'interaction, ou plus largement au sein du LIMS I avec des spécialistes du Traitement de la Langue, ou des Mécaniciens. Ces collaborations ont également lieu au sein de l'U-Psud, et de l'UPSay, aussi bien dans les liens forts qui existent au sein de l'Equipex Digiscope, ou de la Fédev pour les travaux sur le mouvement. Plusieurs chercheurs sont aussi très impliqués dans les recherches mêlant Arts et Sciences, en animant le groupe VIDA du LIMS I qui fait collaborer artistes et scientifiques.

Ce domaine est en constante mutation du fait des évolutions technologiques qui continuent à modifier le regard qu'on peut avoir sur une classique interaction avec un ordinateur, mais aussi en raison des nombreuses questions qui se posent aussi bien sur le rôle de l'utilisateur dans

⁶⁶ Une première demande en ce sens a déjà été formulée auprès du CNRS en 2015 à un moment où la Direction du CNRS semblait souhaiter ouvrir plus largement cette possibilité ; elle n'a malheureusement pas reçu un accueil favorable.

⁶⁷ Concernant Paris-Sud, se pose également la question des rattachements aux CCSU, en particulier pour ce qui concerne le LIMS I, la question de sa prise en compte dans la (sous)-CCSU 61^e section, qui est une demande ancienne et plusieurs fois répétée du laboratoire.

⁶⁸ Rappelons que, depuis 2013, aucun poste croisé n'a été proposé sur le thème de l'informatique linguistique – le dernier poste de ce type l'a été dans le cadre d'un échange INS2I et INSHS (affectation d'un chercheur S07 dans un laboratoire de l'INSHS) et le LIMS I n'était pas identifié comme des possibles laboratoire d'accueil.

cette boucle que sur celui du système au sens large. L'introduction dans la vie de tous les jours de ce qui n'apparaît pas toujours comme étant une machine, peut parfois être une aide très bénéfique (par exemple pour aider des patients à mieux se surveiller, ou pour inciter à la pratique du sport), tout en se révélant d'autres fois très (ou trop ?) omniprésent.

► Les forces humaines

Les groupes AMI, CPU et VENISE qui travaillent sur cette thématique ont connu des restructurations récentes, et ne comptent pas modifier fondamentalement leur organisation dans les années à venir. Les recherches vont donc se poursuivre dans la lignée des activités récentes. De nouveaux recrutements sont venus compenser des départs et renforcer AMI et CPU, et seront probablement à l'origine d'évolutions normales dans la vie d'un laboratoire. VENISE aurait besoin également de se renforcer pour répondre aux nombreux enjeux à venir.

Capitalisant sur les résultats de leurs recherches, ces groupes sont engagés dans une démarche d'innovation et valorisation (projets partenariaux, maturation, participation à la création d'entreprise, tremplin Carnot).

► Orientations scientifiques

Les activités en IHM vont se poursuivre en s'orientant sur des recherches fondamentales tournées vers la modélisation et la compréhension des différents concepts en jeu dans les interactions étudiées. Ces travaux seront ensuite évalués et validés dans le cadre de différents domaines applicatifs.

La modélisation de l'interaction immersive est au cœur des recherches du groupe VENISE qui poursuit ses recherches sur les modèles permettant de représenter les aspects génériques de cette interaction, et de la spécialiser ensuite dans le cadre d'applications. Il s'agit ici de rendre compte d'interactions qui peuvent être à la fois mono ou multi-utilisateurs, co-localisées ou distantes, pouvant faire collaborer des environnements ne présentant pas tous les mêmes caractéristiques (CAVE et mur d'images par exemple), mettant en jeu des données et des situations complexes. Ces recherches s'appuient bien sûr sur l'équipement EVE, mais vont continuer à s'instancier sur des technologies beaucoup plus légères telles que les casques immersifs de dernière génération, voire sur des casques visant des applications de réalité mixte (cf. see-through). Ces recherches s'appliquent en particulier pour le couplage RV-CAO mêlant des utilisateurs multiples, ou la conception virtuelle participative d'environnements architecturaux et urbains.

La modélisation des processus de théorie de l'esprit joue un rôle qui sera fondamental pour mieux comprendre les interactions sociales entre individus, et de ce fait l'utiliser pour concevoir des systèmes intelligents lors des interactions humain-machine. Ces recherches combinent des apports en psychologie, ergonomie et informatique au sein de CPU. La modélisation des activités humaines lors d'interactions constitue également un axe important. Ces recherches à

la frontière entre ergonomie et informatique concernent aussi bien la modélisation de l'évolution des usages liés à l'apport de nouvelles pratiques que la transformation de l'organisation du travail qu'elles induisent.

La conception de méthodes d'interaction « apprenantes » (permettant de s'adapter à l'utilisateur, s'appliquant dans un contexte ouvert) et « apprenables » (capables de justifier et d'expliquer des choix) devra permettre de tenir compte des mécanismes d'apprentissage réciproque entre humain et système. Ces recherches sont centrales dans le groupe AMI. L'analyse de la communication visuo-gestuelle constitue ainsi un axe en plein développement s'appuyant sur des méthodes d'apprentissage automatique également utilisées pour l'analyse de vidéos, et plus largement d'activités humaines.

► Les « grandes » applications

Les recherches menées en Interaction Humain-Machine sont évaluées par le biais d'applications permettant de valider les approches envisagées. Ces applications continueront à se situer dans deux grands domaines, à savoir la santé et le handicap d'une part, l'apprentissage humain à toutes les étapes de la vie d'autre part.

Santé et Handicap

Interagir pour venir en aide à des personnes se trouvant dans diverses situations de handicap constitue un domaine d'applications majeur des recherches au LIMSI, et tout particulièrement en IHM où elles continueront à se développer, en collaboration avec des spécialistes de différents domaines de la santé. Ces recherches peuvent concerner des utilisateurs très différents, et revêtir des formes variées.

Sans exhaustivité, certaines applications importantes en relation avec le handicap sont présentées dans la suite de ce texte.

Ainsi des techniques neuronales ont été mises en œuvre pour tenter d'expliquer les mécanismes mis en œuvre pour expliquer les troubles du comportement des enfants présentant un [Trouble du Spectre de l'Autisme](#) (TSA) en relation avec des biologistes (groupe AMI) et ouvrent des voies originales pour de futurs traitements. Par ailleurs, les travaux menés en traitement des signaux sociaux sont utilisés pour aider à développer les interactions sociales de patients atteints de ces troubles par CPU dans le cadre de la FIRAH (Fondation Internationale de Recherche Appliquée sur le Handicap).

Les travaux menés en [Langue des Signes](#) font l'objet de collaboration entre les recherches menées en TAL, pour les aspects linguistiques (ILES), et celles menées à la fois en analyse du mouvement du corps entier (AMI), et en compréhension des processus cognitifs mis en œuvre pour interpréter ces différents mouvements (CPU). Ces travaux originaux mettent en jeu des compétences réunies au sein du LIMSI, lui faisant jouer un rôle internationalement reconnu dans ce domaine (comme en témoignent les col-

laborations internationales, et les projets qui soutiennent cette activité).

L'adaptation de l'interaction pour tenir compte de l'évolution des capacités d'un individu atteint de **myopathie** permet de mettre en œuvre à la fois l'adaptation interpersonnelle, et pour un même individu son évolution au cours du temps (à la fois en fonction du contexte et de l'évolution de sa maladie). Ces recherches ont lieu en collaboration avec des électroniciens et des organismes d'accueil spécialisés pour valider les approches envisagées.

D'autres applications concernent la santé et le bien-être des personnes. Ainsi le développement des objets connectés permet de suivre à distance le comportement de personnes qui ont subi des troubles graves tels que les AVC. Développer des outils qui vont permettre de suivre les mouvements du patient en utilisant des technologies non intrusives constitue un domaine de recherche en plein essor. Les travaux menés sur les textiles connectés, par exemple, entrent pleinement dans ce champ nouveau de recherches mené dans le groupe AMI, en collaboration avec CPU.

Apprentissage humain

Permettre de mieux apprendre, d'entraîner ou d'apprendre autrement constitue un autre cadre d'application très riche et offrant de nombreuses pistes de développement, quel que soit le cadre (officiel ou plus ludique, pour l'éducation des enfants ou des professionnels) de cet apprentissage.

Ainsi la possibilité de manipuler, et de visualiser des données complexes et massives de la biologie dans des interactions immersives, constitue des recherches menées conjointement entre les biologistes et le groupe VENISE, aussi bien pour des données intéressantes les chercheurs que pour la formation d'étudiants. Le développement de jeux sérieux, là encore en interaction immersive, permet de créer un cadre pour étudier les effets de ces interac-

tions, et de faire comprendre « autrement » en lien avec des pédagogues.

Apprendre à interagir avec d'autres personnes dans des situations nouvelles, et souvent stressantes est au cœur du projet ANR VICTEAMS, et sera poursuivi dans le futur par CPU.

Pour que l'utilisateur « apprenne » à utiliser un environnement de conception immersive, il faut également l'intégrer très tôt dans sa conception, c'est le but des recherches actuelles dans VENISE dans le domaine de la conception virtuelle participative

Les technologies persuasives pour le changement de comportement se développent de plus en plus dans le domaine du développement durable ou de la santé (ce qui fait le lien avec le paragraphe précédent). Elles nécessitent des recherches pluridisciplinaires et représentent un enjeu sociétal important. Elles seront appliquées dans le cadre d'un coach sportif par CPU, pour inciter les utilisateurs à modifier leurs habitudes. Cette application permet de se poser, et de proposer de répondre à de nombreuses questions fondamentales en IHM, faisant intervenir informatique, psychologie et ergonomie, par exemple sur les différences interindividuelles en termes de motivation et de représentation du soi.

► Positionnement du thème dans Paris-Saclay

Les recherches menées en IHM se font via des collaborations internes nombreuses entre les groupes de ce thème, ainsi qu'avec d'autres chercheurs du LIMSI. Au-delà de ce périmètre local, les relations avec les équipes IHM du LRI et les autres équipes impliquées dans Digiscope, et au-delà avec des équipes de spécialistes d'autres disciplines, comme le CIAMS sont aussi nombreuses. Elles sont aussi largement ouvertes à d'autres chercheurs tant au niveau national qu'international, comme en témoignent les invités étrangers nombreux qui viennent séjourner dans ces groupes.

D. Traitement automatique des langues

► Introduction

La langue est un vecteur essentiel pour la communication humaine, l'enregistrement et la transmission d'informations et de connaissances. Sa modélisation et son traitement informatique sont des enjeux majeurs pour l'avancée des connaissances et des technologies dans un domaine à fort impact sociétal. Ainsi dans les défis scientifiques majeurs pointés par le rapport de la mission Villani sur l'Intelligence Artificielle, la compréhension de la langue naturelle figure en bonne place. Améliorer la reconnaissance de la parole, les systèmes de recherche et d'analyse de documents, d'extraction automatique d'information, d'acquisition de connaissances, de traduction automatique, d'aide à la décision, sont des questions qui sont, de longue date, au cœur des activités des équipes de ce

thème. Ces activités doivent continuer à se développer, car au-delà des annonces souvent triomphales des géants de l'Internet, qui pourraient laisser croire que ces problèmes sont résolus, il reste beaucoup à accomplir. En partant des couches les plus basses de la perception, nous nous positionnerons sur les enjeux majeurs suivants.

On est d'abord loin d'avoir compris, ni même de pouvoir simuler les performances humaines en matière de compréhension de la parole dans le bruit, ou d'interprétation à partir d'informations fragmentaires. Les progrès de l'apprentissage profond nous permettent certes d'imiter avec une qualité extraordinaire les couches « basses » de la perception, repérant par exemple dans la parole des variations qui nous sont inaudibles. Mais pour aller au-delà, il faudra

comprendre et modéliser la manière dont des perceptions diverses s'agrègent et se renforcent, et comment ce décodage s'intègre chez l'humain sans discontinuité avec les mécanismes de compréhension et de raisonnement « de haut niveau ». Concevoir des systèmes de compréhension allant du signal au sens, capables d'exploiter les multiples sources de connaissances conscientes et inconscientes - sur la langue, sur la culture, sur la société, sur le monde physique et social - voici un premier axe de recherche à conduire en partenariat notamment avec les sciences humaines et sociales comme avec les neurosciences.

Progresser dans la voie de la compréhension automatique aidera à imaginer de nouveaux systèmes de dialogue humain-machine plus naturels, plus spontanés, plus émotifs, mieux articulés également avec les autres modalités de la langue, l'interaction, par le regard, le geste ou le toucher ; la proximité avec des équipes d'Interaction Humain-Machine est un atout considérable pour amplifier les recherches autour de l'interaction multimodale, dans la parole et dans le mouvement, mais également autour de la langue des signes, et progresser dans la compréhension de la communication verbale et non-verbale. Cohabiter, collaborer, co-crée avec des machines douées de langage pose également des défis éthiques considérables : quelles valeurs intégrer à ces compagnons artificiels ? comment concevoir des machines qui ne mentiront pas, ne manipuleront pas nos émotions, ne travestiront pas des informations, ne biaiseront pas les traductions, n'usurperont pas les identités, toutes ces questions constituent un autre enjeu majeur sur lequel nos efforts doivent s'intensifier.

La recherche sur les technologies des langues est enfin nécessaire pour faire avancer les connaissances sur les langues humaines, et en particulier sur le français et les langues de France ; nos activités sur le traitement de corpus continueront d'y contribuer. Voici un autre enjeu sociétal de première importance : dans nos mondes numériques, une langue sans outil est une langue en danger. Il importe donc d'accélérer le développement d'outils pour le français mais également pour toutes les langues avec lesquelles il coexiste, les langues régionales comme les autres langues de l'espace francophone, européen et mondial. Face à l'hégémonie de l'anglais, il importe de rappeler que le multilinguisme est partout la norme. Ceci constitue donc un autre axe de notre projet, tourné vers la découverte, l'analyse et l'exploitation d'universaux linguistiques qui permettront de transférer des ressources et des connaissances entre langues, mais également d'accélérer la documentation des nombreuses langues en voie d'extinction.

► Les forces humaines

Le thème « Langue » a pour ambition de contribuer au progrès des sciences et technologies de la langue. Fort de 80 personnes dont 30 CEC permanents, il constitue l'un des pôles majeurs de ce domaine en Europe et est un acteur reconnu à l'international : projets américains, projets européens (T4Me, QT21, MiRoR, ...), fellows ISCA et AMIA, rôle dans les associations internationales, etc.

Ce thème se caractérise par la considération de toutes les modalités : langue parlée, écrite et signée. Les thématiques sont abordées de manière pluridisciplinaire, du traitement du signal à la sémantique : chercheurs en informatique (CNRS 07) et en linguistique (CNRS 34), collaborations avec les sciences du mouvement (CNRS 22) etc.

Capitalisant sur les résultats de ses recherches et sur les compétences de ses chercheurs, il est également engagé dans une démarche d'innovation et valorisation (projets partenariaux, maturation, participation à la création d'entreprise, tremplin Carnot). Ses activités sont concentrées dans les groupes ILES et TLP du LIMSI.

► Orientations scientifiques

Le domaine du traitement des langues connaît des évolutions rapides, du fait notamment de la diffusion aujourd'hui extrêmement rapide des outils d'apprentissage automatique exploitant de larges corpus annotés, qui permettent de bâtir des composants de traitement ou des applications de plus en plus performantes, au moins pour les cas d'usages les plus standards. En parallèle, les corpus comme les ressources structurées (ontologies, terminologies, graphes de connaissance, réseaux sémantiques) se multiplient et changent d'échelle. Ces évolutions du domaine nous invitent à approfondir nos travaux sur trois axes, d'une part en réinvestissant plus fortement le champ des études linguistiques sur corpus ; d'autre part en poursuivant nos efforts pour mieux analyser et comprendre les mécanismes d'apprentissage (machine aussi bien qu'humains) exploitant des données langagières ; enfin en maintenant à l'état de l'art un certain nombre de systèmes de traitement, qui sont autant de bancs d'essai en vraie grandeur des développements plus méthodologiques.

Linguistique informatique et Linguistique outillée

Ce premier axe concerne des travaux de nature linguistique, s'inscrivant dans les domaines de la phonétique, de la phonologie, de la dialectologie, etc. Ces recherches visent à approfondir la connaissance des langues par une approche quantitative de la description linguistique, validée par des expérimentations perceptives éventuellement outillées (resynthèse, manipulation du signal) ainsi que par l'exploitation statistique de corpus de parole, que ces corpus soient obtenus de manière opportuniste à partir d'enregistrements réalisés pour d'autres fins ou bien collectés de manière méthodique. Le traitement automatique est ici vu comme un instrument qui permet d'accéder à et d'exploiter ces grands corpus annotés ; cet outillage apparaît en particulier déterminant pour aider à documenter efficacement des langues non-écrites, ou en voie de disparition.

Les travaux en langue des signes française (LSF) imposent d'étudier sur corpus tous les niveaux linguistiques classiques, afin de parvenir à une description plus fine de cette langue encore peu étudiée (sinon du point de vue du lexique) : documenter la morphologie, la syntaxe, etc sont des préalables à la mise en œuvre d'outils de traitement

automatique (synthèse de signeurs virtuels, traduction LSF / français écrit).

Un volet important des travaux conduits dans ce premier axe vise donc à faciliter le recueil, la constitution, l'annotation et l'étude de corpus, et nous demande donc de nous attaquer aux questions d'outillage méthodologique et informatique que ces traitements automatiques soulèvent, à chaque fois renouvelés par la prise en compte de nouveaux domaines, de nouveaux registres, de nouveaux genres, etc. Au côté de ces réflexions sur l'enrichissement de corpus, le développement de plateformes d'annotation, telles que la plateforme open-source Camomile, dédiée à l'annotation de documents multimédia (vidéo, audio, image), doit ainsi se poursuivre. Ce projet, comme celui qui vise à annoter des vidéos en LSF par traitement d'images, bénéficie de fortes synergies avec le thème « Interactions ». Des interactions fortes avec d'autres disciplines sont également nécessaires, en particulier le traitement du signal audio, pour l'identification des langues et la description des scènes acoustiques, le traitement des images ou encore les sciences du mouvement pour élaborer de nouvelles connaissances sur le fonctionnement de la LSF.

Nos travaux sur l'annotation (semi-)automatique de très grands corpus textuels doivent également se poursuivre pour enrichir la palette des instruments offerts aux linguistes, que ce soit pour étudier la variabilité lexicale, la créativité morphologique, ou encore pour compléter les descriptions syntaxiques et les ressources sémantiques qui sont de plus en plus disponibles à large échelle. Sur cette dernière question, nous nous intéressons à la construction de représentations sémantiques continues et à leur combinaison avec des connaissances a priori (ontologies, graphes de connaissances). Ces travaux se fondent sur la combinaison d'architectures neuronales avec des approches à base de connaissances pour une analyse sémantique profonde. Nous étudions également dans ce contexte les problématiques liées à l'analyse de la langue dans un domaine de spécialité, notamment les phénomènes de sous-langage et le lien aux terminologies et ontologies du domaine.

De l'apprentissage machine à l'apprentissage humain

Un second axe important de nos travaux, d'orientation plus informatique, vise à améliorer les mécanismes de construction de modèles linguistiques et d'extraction de connaissances à partir de corpus langagiers, qui sont encore extrêmement peu robustes, opaques au diagnostic et gourmands en ressources (données, connaissances et calcul), trois dimensions sur lesquelles de nombreux progrès restent à accomplir.

Le retour en force des méthodes d'apprentissage neuronales sur des grands corpus annotés a permis des améliorations importantes des systèmes de traitement de « bas niveau ». Cependant, ces méthodes restent insatisfaisantes à la fois du point de vue opérationnel, puisque leurs résultats se dégradent dès que l'on sort des conditions idéales d'utilisation, comme du point de vue linguistique, puisqu'elles n'exploitent aucunement le caractère linguis-

tique des exemples, ni ne fournissent aucune connaissance directement exploitable sur la langue. Pour améliorer les algorithmes d'apprentissage, les rendre plus robustes aux variabilités linguistiques et aux changements de domaines, plusieurs pistes sont ouvertes : exploiter de formes de supervision « faible »: (apprentissage multitâche, trans-domaine ou translingue), ou indirectes (apprentissage antagoniste, apprentissage profond par renforcement) ; considérer de nouvelles formes d'intégration de connaissances et de contraintes générales sur les langues (fonctionnement des langues comme systèmes, formes des distributions d'occurrence, apprentissage par transfert exploitant les proximités typologiques entre langues, etc).

L'arrivée à maturité d'instruments d'analyse des textes et de la parole ouvre en retour des perspectives de collaborations renouvelées avec les sciences sociales (sociologie, psychologie) comme avec les sciences cognitives. L'acquisition de la lecture dans sa langue maternelle (L1) (et ses liens évidents avec la compréhension) en offre un exemple éclairant. D'un point de vue du traitement automatique des langues, étudier l'acquisition de la lecture pose des questions relatives à l'évaluation du niveau de lecture, à la génération automatique d'exercices de lecture adaptées, à la recommandation, voire à la production de textes adaptés (simplification de textes). L'extension logique est de se placer dans le contexte multilingue de l'acquisition d'une langue étrangère (L2). Un enjeu scientifique sous-jacent est d'apprendre automatiquement une métrique afin de comparer les prononciations, voire la prosodie (pour les aspects parole), et de vérifier les apprentissages (pour les aspects écrits). Dans une perspective pédagogique, cette notion de métrique sera plus pertinente si elle s'adapte à l'apprenant et à sa progression.

Une autre évolution notable du domaine est la diffusion rapide d'agents virtuels prenant des formes diverses, capables d'engager des utilisateurs dans des interactions naturelles et affectives. Pour s'intéresser aux dimensions affectives et sociales des interactions vocales, à la reconnaissance des émotions dans les interactions, il faut aussi se poser la question des frontières morales et éthiques à apporter dans le développement d'artefacts « affectifs », à la formalisation des dimensions éthiques des interactions affectives, des interactions avec l'environnement et au développement d'outils de mesure adaptés. Il s'agit là d'un champ de recherches relativement ancien qui, au vu des implications sociales, est amené à prendre une importance croissante dans nos réflexions.

Les « grandes » applications

Cet axe rassemble les travaux qui se font aussi bien sur du matériau enregistré qu'en interaction, qu'il s'agisse de parole, de texte ou de signes. Il s'agit ici de poursuivre nos efforts pour améliorer la qualité générale des grandes applications du TAL, en exploitant au mieux les briques logicielles et les nouvelles ressources, en particulier sémantiques, qui sont aujourd'hui disponibles.

La reconnaissance de la parole constitue un de nos axes forts et anciens, dans lequel nous poursuivons nos travaux dans le but d'augmenter la précision et la robustesse de nos modèles, tout en réduisant les besoins en annotation manuelle des très grands corpus utilisés par nos algorithmes d'apprentissage. L'objectif est d'atteindre voire dépasser les performances humaines. Nous nous intéressons à la parole conversationnelle pour laquelle les modèles linguistiques de la langue écrite ne sont pas pertinents et travaillons à l'extension des résultats obtenus sur des langues très étudiées aux langues peu dotées.

Au-delà de la parole ou du texte pris isolément, nous nous intéressons à des contextes multi-media, et dans ce cadre, à la caractérisation du locuteur. Là encore nous combinons les approches non-supervisées ou faiblement supervisées et les approches multimodales (voix/transcription/visage). Ces recherches s'appuient sur l'analyse et la structuration de collections de documents multimédia (par opposition aux documents isolés).

Le traitement automatique de la langue des signes suppose de reconnaître et de générer des signes. La reconnaissance de signes dans des vidéos de langue des signes s'appuie sur des corpus mixtes mêlant vidéo et capture de mouvement, qui permettent de reconstruire des données tridimensionnelles par des techniques d'apprentissage profond. La synthèse de vidéos de langue des signes se fonde sur un langage de description que nous avons conçu et qui permet de piloter des plateformes d'animations de signeurs virtuels (ou avatars signants) dans le cadre de collaborations nationale et internationale, ou encore par rejou et combinaison d'animations réalisées par capture de mouvement.

Pour permettre d'exploiter pleinement les immenses quantités de données qui sont maintenant disponibles (que ce soit de la parole transcrite, du texte ou des vidéos), nous travaillons sur plusieurs domaines : l'identification et l'extraction d'entités et de relations, la détection d'opinions et de sentiments, la similarité sémantique pour reconnaître des variantes, l'implication textuelle, en particulier pour la recherche de réponses indirectes à des questions. Tous ces domaines font l'objet d'applications, notamment dans le domaine médical, et de nombreuses évaluations tant nationales qu'internationales.

En dépit d'avancées tangibles, qui rendent la traduction automatique utile dans une large gamme d'applications, de nombreux progrès restent à accomplir en commençant par l'amélioration des modèles statistiques et linguistiques sous-jacents aux systèmes de l'état de l'art ; en étudiant la traduction dans toutes ses modalités (textes standard ou bruités, chats, parole, conversations, signes, etc), dans la traduction en interaction avec un humain (traducteur, linguiste de terrain, utilisateur, ou apprenant), en profitant aussi de collaborations avec les équipes d'IHM.

En continuant vers des applications de plus en plus interactives, nous poursuivons nos recherches sur le

dialogue humain-machine (quelle que soit sa forme, agent humanoïde ou simple « ligne de commande »). Deux grandes directions sont suivies. La première vise à remédier au relatif manque de données disponibles pour entraîner des systèmes de dialogue : nous nous intéresserons à la génération automatique d'exemples à partir de peu de données (par opposition aux travaux sur la simulation d'utilisateurs), mais également aux architectures hybrides. La deuxième direction s'intéresse à l'apprentissage de nouvelles connaissances par l'interaction avec l'utilisateur.

► Positionnement du thème dans Paris-Saclay

Le thème « Traitement des Langues » est unique dans l'environnement de Paris-Saclay, dans le sens où ce domaine n'est une thématique majeure d'aucun autre laboratoire de cet environnement. Il intéresse néanmoins quelques équipes du périmètre avec lesquelles les groupes du thème entretiennent des collaborations ponctuelles ou plus durables (CEA LIST, INRA MaIAGE, LTCl, etc).

Les principales autres collaborations dans ce périmètre mettent en jeu des compétences complémentaires à celles représentées dans le thème :

- langue, interaction, mouvement et visualisation, en particulier avec les équipes du thème « Interaction » du LIMSI (groupes : CPU, AMI, et VENISE) ; ces collaborations sont nombreuses et établies, sur plusieurs thématiques, que ce soit pour la langue des signes, pour la visualisation (atlas des langues), pour l'interaction avec des agents virtuels, les agents virtuels émotifs, etc.
- langue et connaissances (LRI LaDHAK, GT DigiCosme D2K) ;
- langue et apprentissage (GT DigiCosme sur les Réseaux profonds) ;
- langue et médecine (IGR, Inserm, AP-HP, GT DigiCosme e-Santé) ;
- langue et sciences humaines (MSH Paris-Saclay) ;
- langue et e-éducation (GTs DigiCosme ERVEN et Interactions), etc.

De nombreuses collaborations sont également menées au niveau national et international.

► Conclusion

Le thème « Traitement des langues » étudie des questions fondamentales relatives aux systèmes linguistiques, en exploitant de larges corpus collectés, annotés et enrichis de manière automatique et semi-automatique. L'exploitation de ces corpus par les outils d'apprentissage statistique demande de nouveaux développements méthodologiques pour les adapter au matériau linguistique ; elle permet en retour d'étudier l'apprentissage des langues par les humains. Un troisième axe de recherche concerne les grandes applications du traitement des langues : reconnaissance vocale, recherche d'information, agents conversationnels, qui portent des enjeux sociétaux (sauvegarde des langues en danger, outillage de personnes en situation de handicap) et éthiques de plus en plus importants. Le thème langue couvre ainsi un large spectre, des recherches les plus fondamentales aux plus appliquées, dans toutes les modalités (écrit, parole et signe), et sur une grande

variété de supports, certains mêlant d'ailleurs ces différentes modalités.

Ces recherches ont un caractère fortement pluridisciplinaire et elles rassemblent des communautés diverses au sein du LIMSIS, qui ont en commun la pratique de

l'exploitation de corpus et la culture de l'évaluation quantitative, deux marqueurs forts de l'activité du thème. Elles impliquent également des collaborations multiples, aussi bien au sein du périmètre Paris-Saclay ou plus largement en France, en Europe et dans le monde.

E. Mécanique des fluides et Energétique : modélisation, simulation numérique intensive et HPC

Nos activités de recherche se concentrent autour de deux grandes disciplines : « la mécanique des fluides » et « les transferts et l'énergétique ». Notre objectif commun est de développer conjointement et de partager des méthodes spécifiques, à la fois numériques et expérimentales. Nos recherches se situent sur deux plans, d'une part à un niveau méthodologique, dans lequel nous contribuons au développement de méthodes de pointe aussi bien numériques, pour accroître les performances des outils de simulation, qu'expérimentales pour faire progresser les techniques d'analyse et mieux appréhender la dynamique des écoulements et des transferts. Nos travaux s'inscrivent, d'autre part, à un niveau phénoménologique afin de progresser dans la connaissance des phénomènes de base intervenant dans les systèmes fluidiques.

► Contextes applicatifs

La mécanique des fluides et le transfert de chaleur et de masse sont des disciplines scientifiques clés pour aborder les problèmes rencontrés dans de nombreux défis sociétaux relevant des domaines de l'énergie, du transport, de l'environnement et de la santé. Nous menons des recherches avec un positionnement majoritairement amont qui visent à consolider les théories dans ces domaines, à améliorer la compréhension des phénomènes physiques, à mieux les modéliser, à rendre les simulations numériques plus performantes, à perfectionner les processus en les optimisant et en les contrôlant. Notre recherche suit une double stratégie, procédant selon un processus déductif, chaque sujet de recherche progressant selon ses propres logiques, ou selon un processus inductif, s'appuyant sur des situations ou des configurations concrètes soulevées par les contextes applicatifs. Nous souhaitons maintenir un équilibre entre ces deux approches afin de concilier les deux objectifs de contribuer à l'avancement des connaissances tout en mettant nos compétences au service de la société, principale spécificité des sciences de l'ingénieur.

► Positionnement

Historiquement, nos travaux suivent une approche en mécanique des milieux continus classique, basée sur de solides connaissances en mathématiques appliquées. Cette composante a été renforcée, dans les dernières décennies, par une approche issue de la physique non-linéaire. La synergie entre ces deux communautés est réelle et apporte un dynamisme dans nos échanges.

Bien intégré dans le paysage des laboratoires de mécanique des fluides français, notre laboratoire est également reconnu internationalement pour ses compétences en méthodes numériques et en simulations intensives, en

maîtrise des écoulements (instabilités, transition, turbulence, contrôle), en transferts de masse et de chaleur (convection, diphasique) et en couplages multi-physiques (magnéto-hydrodynamique, MHD). Une des originalités du LIMSIS réside dans le fait qu'une bonne part des configurations est conjointement étudiée au travers de dispositifs expérimentaux et grâce à des simulations numériques ; la complémentarité des deux approches en termes de résolutions spatiale et temporelle, conduit à grandement consolider l'analyse des phénomènes physiques.

► Contenu des activités

Simulations numériques avancées

Notre laboratoire est reconnu pour ses compétences dans les développements méthodologiques liés à la simulation numérique et à la modélisation qui restent des enjeux en mécanique des fluides et en énergétique. Notre objectif est ici de concevoir des méthodologies numériques originales 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 (HPC), capitalisées dans les logiciels massivement parallèles (BLUE, CHORUS, MR-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.

Nos efforts porteront plus spécifiquement sur :

- les méthodes multi-résolution (temps/espace) : capture d'interfaces (onde de choc, front de flamme, interface liquide/gaz, ...)
- l'accélération de flamme en mélange non-uniforme ;
- les méthodes « faible Mach » pour les écoulements avec changement de phase : couplage de méthodes et transferts à l'interface ;
- l'interaction fluide-structure pour des écoulements complexes : couplage de modèles et dynamique rapide ;
- le problème de conditions aux limites dans le cas d'entrées/sorties multiples, notamment dans le cas des écoulements à masse volumique variable ;
- l'hémodynamique : reconstruction de pression à partir d'images IRM.

Instabilités, ondes et turbulence

Tendre vers la maîtrise de la turbulence constitue un défi majeur qui impacte un grand nombre d'applications dans les domaines des sciences de l'ingénieur. Il est crucial de comprendre les mécanismes de naissance et de croissance des instabilités ainsi que le déclenchement et le dévelop-

pement de la turbulence. Outre l'influence du cisaillement ou de la rotation, les instabilités sont également étudiées dans des situations où le moteur est lié aux gradients de température (convection) ou de masse (fluides miscibles, multiphasique) et à des couplages multi-physiques (magnétohydrodynamique (MHD)), menant à des compétitions entre phénomènes. Enfin, 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, ...) et la compréhension des phénomènes.

Nos efforts porteront plus spécifiquement sur :

- La dynamique linéarisée, dynamique non linéaire :
 - vortex hélicoïdaux : instabilités de courte longueur d'onde, prise en compte d'un cœur gazeux (tourbillons cavitants), éoliennes urbaines silencieuses ;
 - écoulements à interface en rotation : mesures temps réel, instabilités polygonales, quantification du bruit, contrôle ;
 - caléfaction : dynamique des ondes à l'interface ;
- La turbulence : transition, structures cohérentes et modélisations :
 - transition vers la turbulence : théorie approfondie et interprétation, complexité croissante liée à l'augmentation des paramètres de similitude ;
 - structures cohérentes : séparation d'échelles, brisure de symétrie, couplages non-linéaires ;
 - modélisation de la turbulence : décompositions modales, modèles réduits et modèles de paroi ;
 - écoulements compressibles : interaction onde de choc/couche limite turbulente et modélisation ;
- La convection :
 - effet de rugosités en convection Rayleigh-Bénard, manipulation des flux de chaleur ;
 - effet du rayonnement sur le développement de la turbulence ;
 - entraînement et dilution dans les panaches turbulents, effet de la stratification ;
- Les écoulements oscillants, écoulements pulsés :
 - thermo-acoustique : effet de l'acoustique non linéaire sur le streaming, transition entre régimes et effet de la thermique ;
 - écoulements pulsés incompressibles pour des applications en génie biomédical (Bio-medical Engineering) et en Bio-énergie ;
 - particules actives en écoulements pulsés : micro-nageurs pour des applications aux biocarburants ;
- La magnétohydrodynamique (MHD) :
 - écoulements « optimaux » pour la dynamo, structures dissipatives et singularités ;
 - effets de l'augmentation des nombres de similitude et de la géométrie dans l'expérience Von-Karman Sodium ;
 - diversification vers les applications en diphasique (ferro-fluides, batteries à métaux liquides) ;
 - instabilités à petites échelles et dissipation.

Traitement des données, optimisation et contrôle des écoulements

Le contrôle des écoulements 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 est notamment 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. L'autre partie s'intéresse aux techniques de contrôle non-linéaire en boucle fermée basées sur des méthodes sans modèle ou du contrôle par renforcement.

En parallèle de ces activités, nous développons notre savoir faire en matière de traitement des données issues des simulations numériques et des expériences en mécanique des fluides et des transferts. Ces développements sont, d'une part, utiles pour accroître notre compréhension des phénomènes physiques (décomposition modale, échantillonnage creux d'opérateur de dimension infinie) et, d'autre part, nécessaires pour le développement de représentations ou de modélisations de plus en plus fiables (inférence, assimilation, représentation creuse), notamment pour l'application au contrôle (apprentissage artificiel, en particulier). Nous travaillons également sur le développement de techniques de Quantification d'Incertitudes (UQ) qui viennent utilement compléter le paysage des techniques pour analyser la sensibilité paramétrique, notamment pour traiter les problèmes d'inférence et d'identification de modèles complexes. Au-delà des développements méthodologiques, la dissémination des techniques UQ devra s'intensifier vers plus d'applications (génie biomédical, Géosciences, Aérodynamique, ...).

Nos efforts porteront plus spécifiquement sur :

- Le contrôle des écoulements :
 - contrôle par renforcement ;
 - contrôle sans modèle ;
 - mise en place de démonstrateurs expérimentaux ;
- La quantification d'incertitudes (UQ) :
 - développements méthodologiques efficaces ;
 - transfert vers les applications ;
- Le traitement des données en mécanique des fluides :
 - apprentissage de dictionnaire, apprentissage de variété ;
 - échantillonnage creux d'opérateurs de dimension infinie (Koopman) ;
 - approximation tensorielle par train de fonction ;
 - projection aléatoire pour la réduction de modèles ;
 - assimilation de données et optimisation.

Efficacité énergétique, transferts, énergies solaires et renouvelables

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, ...).

Nos efforts porteront plus spécifiquement sur :

- Les phénomènes de changement de phase : crise d'ébullition à pression modérée ;
- Les échanges de chaleur à l'interface solide/superfluide : micro et nano-thermique, application à la conductance des membranes cristallines, effet de rugosité dans l'interface $^4\text{He}/\text{Silicium}$;
- Les systèmes de réfrigération secondaire : analyse des systèmes à coulis d'hydrates ;
- L'efficacité des panneaux photo-voltaïques (PV) : modélisation 3D couplée aérodynamique/thermique ;
- La cogénération et récupération de chaleur dans les bâtiments ;
- La modélisation du confort thermique dans les bâtiments intelligents au sein du projet RENOBIM .

► Collaborations

Dans le domaine des écoulements incompressibles et « faible-Mach », la simulation repose sur la résolution de grands systèmes linéaires creux, souvent mal conditionnés, qui est le goulot d'étranglement pour accéder à la simulation temps réel. Le passage aux architectures exascale impose d'utiliser des modèles de programmation adaptés aux architectures hétérogènes et/ou de revisiter, d'adapter les algorithmes existants. Le groupe AERO du LIMSIS et l'équipe PARSYS du LRI ont déjà collaboré pour le développement d'un solveur parallèle sur architecture CPU/GPU hybride, dans le cadre du projet CALIFHA, financé par le RTRA Digitéo (thèse codirigée par O. Le Maître et M. Baboulin, de Yushan Wang). Notre volonté d'accroître la capacité prédictive de nos logiciels de simulation nous oblige à continuellement faire porter nos efforts sur ces travaux et nous souhaitons intensifier nos compétences en résolution de grands systèmes linéaires sur architectures hybrides distribuées.

Autour de la simulation intensive, nous collaborons avec la Maison de la Simulation (MdLS) et le CMAP-X, sur des projets de simulation d'écoulements multi-phases, à travers le développement d'une plateforme commune de simulation basée sur des techniques multi-échelles, dans laquelle nous intégrons l'ensemble de nos développements méthodologiques. Dans ce cadre, une thèse co-encadrée par le LIMSIS et la MdLS est en cours. Nous collaborons

également avec ces deux unités sur des problèmes d'écoulements à masse volumique variable, d'une part avec la MdLS, sur des modèles de turbulence de paroi en écoulements compressibles (thèse en cours) et, d'autre part avec EM2C, CentraleSupélec et CMAP, Ecole Polytechnique, sur le développement de méthodes multi-résolution adaptatives pour les problèmes de combustion (projet cofinancé par les Labex LMJH et LaSIPS).

La simulation numérique des phénomènes couplés reste également un enjeu, notamment en magnétohydrodynamique. Ces travaux sont menés, en particulier, en collaboration avec le Geeps, CentraleSupélec, avec le soutien du Labex LaSIPS.

Nos activités de simulation, liées aux problématiques thermo-hydrauliques rencontrées dans les réacteurs nucléaires à eau pressurisée (notamment sur le risque hydrogène), sont fortement soutenues par le CEA Paris-Saclay.

En complément des simulations intensives, pour atteindre le temps réel, interagir avec les données instationnaires, massives, 3D, pouvoir les visualiser et les analyser sont des enjeux également cruciaux en mécanique des fluides. L'interopérabilité avec les simulations menées notamment sur des cœurs GPGPU est indispensable pour pouvoir assurer un rendu temps réel des résultats. Nous devons tendre vers la visualisation temps réel des données (expérimentales et numériques) en mécanique des fluides soit pour anticiper la réalisation d'un projet d'ambition qu'est « la soufflerie numérique », soit plus raisonnablement pour interagir avec les données dans une approche de contrôle (objectifs cibles donnés par des images, par exemple). Cette problématique, déjà abordée au sein du LIMSIS (groupe AERO) avec la composante IHM (groupe VENISE), devra s'intensifier pour apporter des briques de base à la simulation numérique de demain.

Par ailleurs, pour analyser les données, qu'elles soient issues de simulations numériques ou d'expérimentations, nous avons recours à des traitements de données basés sur des méthodes statistiques, des décompositions modales, des représentations creuses, des approches par systèmes dynamiques. Outre la compréhension des phénomènes, la maîtrise et le contrôle des écoulements et des transferts reposent également sur des processus d'optimisation et des techniques d'apprentissage artificiel. Un travail collaboratif sur l'utilisation d'outils communs avec le thème « traitement des langues » du LIMSIS est effectif dans un projet ANR-DGA Astrid 2017, projet Flowcon. Les différents travaux que nous menons sur le traitement des données sont soutenus par l'IRS CDS-2. Nos travaux sur le contrôle robuste se positionnent parfaitement dans le Lidex ICODE, Université Paris-Saclay.

Sur les thématiques de l'hydrodynamique et des transferts (de masse et de chaleur), nous entretenons depuis longtemps des relations scientifiques avec le FAST (UMR 7608). Nos approches sont complémentaires, plus axées

sur la mécanique des milieux continus et la simulation numérique au LIMSIS avec des expériences académiques qui viennent en support aux simulations, alors qu'elles sont plus centrées sur le développement d'expériences pour mieux appréhender la physique des milieux fluides et dispersés au FAST. Nos points de convergence concernent les modélisations de phénomènes et les aspects de métrologie expérimentale qui sont développés. Un projet ANR PRCE (Air-Liquide, FAST, LIMSIS) est en cours sur les transferts de masse et de chaleur à l'interface liquide/gaz d'un film ruisselant soumis à un contre courant de gaz. Une thèse sur les fluides tournants à interface liquide/gaz est également en codirection. Par ailleurs, le FAST et le LIMSIS animent conjointement le séminaire de Mécanique d'Orsay.

Nos activités liées à la compréhension des mécanismes de transfert de la chaleur aux échelles micro et nano sont effectuées dans un fort partenariat avec l'IPNO, UPSud, et en collaboration avec EM2C, CentraleSupélec, soutenues par des projets du Labex LaSIPS.

Enfin, les activités de recherche liées aux systèmes à énergie solaire et renouvelable sont menées, d'une part sur l'optimisation des panneaux photovoltaïques, en collaboration avec le Geeps (CentraSupélec) et le LMD (Ecole Polytechnique et Sorbonne-Universités) à travers la plateforme expérimentale du SIRTA (Ecole polytechnique) et, d'autre part, sur la réfrigération secondaire en collaboration avec l'Irstea d'Antony.

Au niveau de la contextualisation de nos activités de recherche, nous souhaitons aborder le sujet du confort thermique des individus au sein d'un bâtiment qui est un problème multidisciplinaire qui allie une bonne connaissance de la mécanique des fluides et des transferts énergétiques, des dispositifs d'interaction humain-machine performants et la prise en compte de la perception de l'utilisateur. Dans cette optique, des outils dédiés à la

mécanique des fluides et des transferts devront être développés pour donner les moyens de disposer d'applications propres à la thermique du bâtiment pour l'amélioration du confort des usagers dans la perspective de la définition de bâtiments intelligents. Un projet à construire serait de s'intégrer dans la problématique du BIM (Building Information Modeling), notamment pour la rénovation de bâtiments existants. Des interactions sont ainsi à construire entre les groupes actuels AERO, ETCM et TSF, d'une part et le thème IHM, en particulier les groupes actuels AMI et CPU du LIMSIS.

► Conclusions

Notre thématique a une visibilité reconnue internationalement sur nos compétences en développement de méthodes numériques (approximations d'ordre élevé, UQ), en simulations intensives (HPC), en maîtrise des écoulements (instabilités, transition à la turbulence, modélisation de la turbulence et contrôle), en transferts de masse et de chaleur (convection, diphasique) et en couplages multi-physiques (MHD). Une des originalités du LIMSIS réside dans le fait que nous menons conjointement des recherches théoriques, expérimentales et numériques. Ceci requiert la mise en place de différentes plateformes : d'une part, des plateformes expérimentales académiques instrumentées avec de la métrologie de pointe et, d'autre part, des plateformes logicielles et des moyens de calcul pour capitaliser notre savoir et savoir-faire en matière de simulation intensive. Dans le contexte actuel de la décroissance des moyens (humains, matériels et financiers), le maintien des compétences et de l'environnement de recherche en mécanique des fluides et en transferts de chaleur et de masse est une préoccupation constante. Ce maintien est pourtant particulièrement stratégique dans le domaine de la simulation intensive que ce soit au niveau de la recherche elle-même, de la formation pour préparer l'avenir ou vis-à-vis de nos partenariats avec les EPIC et le tissu industriel, notamment dans le contexte de Paris-Saclay.

F. État de la réflexion concernant le rapprochement du LRI et du LIMSIS

Durant le mois de septembre 2018, les discussions entre les tutelles et les laboratoires ont permis d'aboutir à la rédaction du texte suivant qui reflète en date du 10 octobre l'état de la réflexion sur le rapprochement des unités :

Comme indiqué dans les rapports scientifiques des deux laboratoires, le CNRS, l'Université Paris-Sud et l'ENS Paris-Saclay ont demandé, par un courrier daté du 17 décembre 2017, que les "trois unités LSV, LIMSIS et LRI travaillent à l'élaboration d'un projet scientifique global fort et cohérent faisant ressortir les thématiques phares, la manière dont elles s'articulent les unes aux autres et les axes de développement envisagés. Une fois ce projet scientifique élaboré, il conviendra de définir s'il doit être porté par une seule ou plusieurs unités de recherche. Les tutelles ne font à ce stade aucune recommandation à cet égard, si ce n'est que l'organisation actuelle doit nécessairement évoluer."

Les trois unités ont produit un rapport qui a été transmis aux tutelles le 26 avril 2018, présentant une cartographie

des activités scientifiques en sept thématiques. Le 31 mai 2018, les tutelles ont informé les trois unités qu'elles souhaitaient désormais "une structuration à l'horizon 2020 en 2 UMR :

- une UMR CNRS/ENS PS/U-PSud centrée sur les méthodes formelles (LSV + équipe VALS du LRI),
- une UMR CNRS/U-PSud regroupant les autres thématiques (les autres équipes du LRI + LIMSIS), structurée en thèmes ou pôles."

La création d'une unité rassemblant le LRI sans VALS et le LIMSIS serait une opération complexe compte-tenu de la taille des laboratoires, de leurs spécificités et de leur histoire. Les personnels doivent s'approprier un projet dont ils ne comprennent pas toujours la justification, la portée

ou la pertinence. Réfléchir sur la structure organisationnelle, les modes de fonctionnement, l'organisation de la vie d'une telle unité demande un travail de fond qui est incompatible avec une mise en œuvre au 1er janvier 2020. Les incertitudes qui subsistent concernant les évolutions de l'Université Paris-Saclay (périmètres des Graduate Schools, EUR) sont un autre frein à une recomposition pérenne des unités de recherche. Aussi les deux laboratoires souhaitent se donner le temps pour mener la réflexion sur l'opportunité et les modalités de la création éventuelle d'une telle unité, sans écarter l'hypothèse d'un constat d'échec qui rendrait cette opération inopportune, ou l'émergence de propositions alternatives.

Les directions et conseils scientifiques des deux laboratoires LRI et LIMSI, après échanges avec les tutelles, ont convenu de mettre en place 4 groupes de travail qui commenceront à se réunir à partir du mois d'octobre 2018, avec l'objectif de rendre leur analyse et leurs propositions dans le courant de l'année 2019. Ces groupes de travail et leurs objectifs sont décrits à la fin de ce document. Toutefois, pour coordonner la réflexion des laboratoires autour de cette possible refondation des unités, l'identification rapide d'un chef de projet apparaît comme un préalable indispensable.

A ce stade de la réflexion, les équipes actuelles du LRI (sans VALS) et du LIMSI sont conservées et leurs projets scientifiques, décrits dans leurs rapports respectifs, restent d'actualité. Le reste de ce document reprend les thématiques

► **Etat courant des thématiques scientifiques**

Lethème **“Algorithmic Intelligence: Learning, Optimization and Graphs”** (AI-Log) regroupe principalement les équipes GALAC (“Graphes, ALgorithmes et Combinatoire”) et A&O (“Apprentissage et Optimisation”) du LRI, dans le but d'allier les compétences en mathématiques et informatique des deux équipes pour attaquer les défis de l'Intelligence Artificielle et de l'Algorithmique. L'optimisation, l'algorithmique et l'apprentissage sont de plus en plus entrelacés : l'optimisation et l'algorithmique portent principalement sur la qualité, l'efficacité et la robustesse des calculs, tandis que l'apprentissage se concentre sur l'efficacité via des formulations simples sur le plan informatique et évolutives pour une classe bien définie d'instances. L'apprentissage développe de nouvelles approches en combinant un large éventail de formulations issues non seulement de l'optimisation, mais aussi des statistiques et des probabilités, de la physique théorique et du génie électrique. L'expertise établie de GALAC en mathématiques discrètes, en combinatoire algébrique et en optimisation discrète, continue et stochastique contribuera à renforcer encore l'expertise d'A&O dans les algorithmes dédiés aux formulations d'apprentissage. La nécessité d'une approche fondamentale et pluridisciplinaire est soulignée, en s'appuyant sur les liens existants avec les équipes des Laboratoires de Maths (LMO), de Physique (LAL), du Traitement de Signal (L2S) et avec les équipes du LIX et du CMAP.

identifiées dans le document du mois d'avril, ajustées pour prendre en compte le projet parallèle d'unité LSV+VALS, ainsi que d'autres évolutions intervenues depuis à la faveur des réflexions des équipes. Ces thématiques peuvent évoluer et ne préjugent pas d'une possible réorganisation en “pôles” ou “départements”, laquelle reste à définir.

En capitalisant sur les acquis et la reconnaissance internationale des deux unités dans leurs domaines respectifs, l'évolution envisagée vise à aboutir à un centre de recherche interdisciplinaire d'envergure, qui aura vocation à terme à agréger d'autres équipes ou unités dans son périmètre thématique. Ce centre couvre un large spectre de recherches fondamentales et appliquées dans les domaines des Sciences de l'Information et des Sciences de l'Ingénieur. Il inclut à la fois les domaines cœurs de l'informatique (algorithmes, données, connaissances, systèmes, réseaux, ...) et de la mécanique des fluides et de l'énergétique, et des domaines aux dimensions interdisciplinaires comme l'intelligence artificielle, l'interaction humain-machine, le traitement automatique des langues ou la bioinformatique. Il rassemble donc des chercheurs et enseignants-chercheurs de cultures et d'horizons divers, relevant des Sciences de l'Information et des Sciences de l'Ingénieur, mais aussi des Sciences Humaines et Sociales, et entretient des liens étroits avec les autres disciplines de son environnement proche (mathématiques, physique, biologie).

Le thème **“Big Data et IoT”** concerne principalement les équipes ROCS (“Réseaux et Optimisation Combinatoire et Stochastique”) et LaDHAK (“Données et connaissances massives et hétérogènes”) du LRI. Sur les aspects *données massives et connaissances*, en s'appuyant sur les compétences en bases de données et en IA de l'équipe LaHDAK, les recherches de ce thème porteront sur la découverte de connaissances, la représentation des données/connaissances, l'optimisation en Big Data, le requêtage, le raisonnement, la fouille et l'analyse de données, la qualité et la confidentialité des données. Sur les aspects *réseaux de nouvelle génération*, l'équipe ROCS s'intéressera en particulier au développement de nouvelles solutions intégrant la programmation mathématique (non linéaire) en variables mixtes déterministe et incertaine et des algorithmes et protocoles optimisés pour les futurs réseaux (5G, LPWAN, Edge Cloud Computing, etc.), tout en concentrant l'effort sur l'adaptation des modèles et approches mathématiques aux spécificités pratiques des systèmes réseaux de nouvelle génération. Les deux équipes regroupées dans ce thème sont aussi animées par des objectifs communs, liés aux problématiques de communication, stockage et traitement des données issues de l'IoT, dont notamment : le développement de mécanismes optimisés de communication afin d'offrir une connectivité ciblée et adaptée aux différentes spécificités et contraintes des applications IoT ; la gestion des différentes étapes du processus “KDD” pour des données massives et complexes (données incom-

plètes, incertaines, sémantiques, évolutives, en streaming, séries temporelles) issues de domaines variés (dont bien sûr l'IoT, mais aussi en santé, environnement, transports, smart cities, finance, etc) ; et la recherche de solutions efficaces en termes de communication, gestion de données et de connaissances pour la mise en œuvre d'applications à forte valeur ajoutée dans le domaine de l'IoT.

Le thème **“Interaction Humain-Machine”** agrège un ensemble homogène, complémentaire et cohérent de chercheurs et enseignants-chercheurs actuellement répartis au LIMSI (groupes AMI, CPU et VENISE) et au LRI (HCC, constitué des équipes-projets communes Paris-Sud–CNRS–Inria EX-SITU et ILDA), auxquels pourrait s'ajouter l'équipe-projet propre Inria AVIZ présente sur le site et qui souhaite devenir équipe-projet commune. Cet ensemble constituerait l'un des principaux pôles européens sur ces thématiques. Les équipes de ce thème explorent de multiples formes d'interaction, telles que l'interaction visuelle et non visuelle, la visualisation interactive d'information et l'analyse d'image pour l'interaction, l'interaction tangible, l'interaction gestuelle, l'interaction immersive multi-sensorimotrice (visuelle, audio, haptique...) dans des mondes virtuels ou augmentés, ou encore l'interaction multimodale (i.e. la gestion “intelligente” de différents modes d'interaction) et les interactions affectives et sociales, avec un focus particulier sur les questions soulevées par l'interaction collaborative tant co-localisée que distante. Ces équipes disposent pour ce faire d'un réseau d'équipements exceptionnel, développé notamment au travers de l'Equipex Digiscope. Au-delà de leurs activités de recherche complémentaires, elles contribuent ensemble à l'animation de deux Masters d'audience internationale dans leur domaine d'expertise.

Le thème **“Mécanique des Fluides, Energétique”** recouvre exactement le périmètre actuel du département de “Mécanique Energétique” du LIMSI, agrégeant les forces des trois équipes AERO, ETCM et TSF. Notre objectif est de développer conjointement et de partager des méthodes spécifiques, à la fois numériques et expérimentales. Nos recherches se situent sur deux plans, d'une part à un niveau méthodologique, dans lequel nous contribuons au développement de méthodes de pointe aussi bien numériques, pour accroître les performances des outils de simulation, qu'expérimentales pour faire progresser les techniques d'analyse et mieux appréhender la dynamique des écoulements et des transferts. Nos travaux s'inscrivent, d'autre part, à un niveau phénoménologique afin de progresser dans la connaissance des phénomènes de base intervenant dans les systèmes fluidiques.

► Description des Groupes de Travail

L'objectif des groupes de travail est de faire un état des lieux des pratiques, en identifiant ce qui fonctionne bien ou pas dans chaque laboratoire et en notant les souhaits d'évolution. Une fois identifiés et analysés les verrous

Le thème **“Bioinformatique”** regroupe les chercheurs de l'équipe Bioinfo du LRI. L'objectif de ce thème est de concevoir et de développer de nouvelles approches informatiques pour répondre à de véritables questions biologiques et bioinformatiques. Les membres de ce thème s'appuient sur leur forte culture pluridisciplinaire pour non seulement comprendre les problèmes posés par l'étude des systèmes biologiques depuis l'échelle moléculaire jusqu'à celle des cellules et des populations, mais aussi concevoir des solutions impliquant des compétences issues de domaines très variés : algorithmique, combinatoire, bases de données, représentation des connaissances, analyse de données (statistiques) et apprentissage automatique, méthodes formelles et simulation.

Le thème **“Parallel and Distributed Systems”** regroupe l'équipe ParSys du LRI et quelques enseignants-chercheurs de CentraleSupélec. Il regroupe des activités autour de la conception et l'amélioration d'algorithmes parallèles et distribués ainsi que la programmation et les systèmes d'exécutions pour les architectures massivement parallèles les plus récentes. Parmi les objectifs communs partagés par les chercheurs impliqués dans ce thème se trouvent la performance des algorithmes et leur passage à l'échelle, la tolérance aux défaillances, et la minimisation de l'énergie. Les principaux domaines de recherche sont le calcul haute-performance (HPC) pour le calcul scientifique et le big data, les algorithmes distribués (protocoles de population, algorithmes de la nature et circuits biologiques...) et les algorithmes pour les futurs ordinateurs quantiques. Il est important de noter que les domaines étudiés dans ce thème se trouvent à la croisée de plusieurs disciplines (informatique, mathématiques appliquées, physique quantique, microbiologie, par exemple).

Le thème **“Traitement Automatique des Langues”** s'inscrit dans la continuité des activités développées de longue date au sein des groupes ILES et TLP du LIMSI. Ces équipes s'appuient sur une forte culture interdisciplinaire, ainsi que sur une longue expertise en matière d'annotation et d'exploitation de corpus linguistiques. Prenant acte des rapides évolutions du domaine de la linguistique informatique, dont les principales applications diffusent rapidement et massivement auprès du grand public, ce thème propose un programme de travail s'articulant autour de trois axes : outiller la linguistique de corpus pour mieux traiter toutes les langues, de France ou du monde ; progresser dans la compréhension de l'apprentissage des langues (par des humains comme par des machines) ; poursuivre les travaux sur la compréhension de la langue, des couches basses de la perception du signal jusqu'au sens, pour s'attaquer aux verrous qui sous-tendent les applications fondées sur la langue ou l'utilisant comme moyen de communication.

éventuels à la construction d'une future unité, chaque GT s'emploiera à étudier si et comment ils pourraient être levés. Enfin chaque GT fera des propositions d'organisation et des mesures d'accompagnement jugées nécessaires, et

proposera un calendrier de mise en œuvre. Les GTs devront travailler en étroite collaboration afin que les propositions finales affichent une cohérence d'ensemble propre à satisfaire les personnels et garantir un bon fonctionnement d'ensemble.

Le **GT Science** est en charge du volet scientifique et a pour mission d'identifier les atouts scientifiques de l'ensemble formé par les deux laboratoires (compétences, lignes de force, nouvelles synergies), d'imaginer une organisation en « pôles », « thèmes », axes transverses et/ou autres, et de définir une possible identité scientifique à partir de ces lignes de forces.

Le **GT Valeurs et Vie de Laboratoire** est en charge d'échanger sur les valeurs essentielles auxquelles sont attachés les personnels des deux laboratoires (solidarité entre équipes, collégialité, respect, inclusion, convivialité) et leurs implications en terme d'organisation.

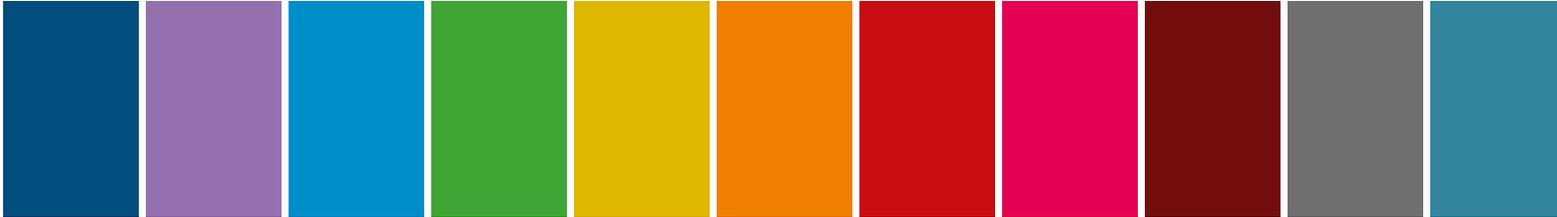
Le **GT Gouvernance et Moyens pour la Recherche** est en charge de croiser les pratiques en terme de gestion des moyens pour la recherche et de proposer des modes de gouvernance en mesure de préserver la cohérence, la transparence de l'accès à ces moyens, en particulier :

- gestion des plateformes ;
- répartition des crédits récurrents/contrats ;
- actions de recherche portées par le centre ;

- fonctionnement des services de soutien à la recherche ;
- organisation géographique ;
- structure de gouvernance et modalités de prise de décision (profils de postes, etc.).

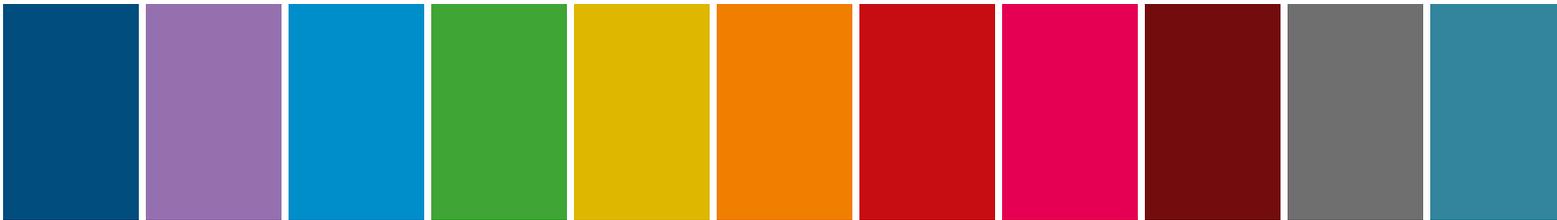
Le **GT Organisation des Services** est en charge de faire un état des lieux des pratiques des services des deux laboratoires (il pourra travailler en deux sous-groupes, pour les aspects administratifs et techniques), d'identifier les points communs et les différences. Il devra ensuite travailler en lien étroit avec le GT Moyens afin d'identifier les évolutions de service à imaginer et proposer des scénarios d'organisation. Il pourra bénéficier d'un accompagnement par les services RH des établissements.

Une consultation a été organisée auprès des personnels permanents du LIMSI pour évaluer leur adhésion aux orientations générales et à la démarche qui sont décrites dans ce texte. Si la majorité des avis exprimés sur le contenu du document rédigé par les conseils scientifiques des laboratoires sont positifs (45 sur 72 soit 62%), en revanche, le rejet d'un projet de fusion des unités reste toujours très majoritaire puisque cette perspective ne recueille l'adhésion que de 17% (12 sur 72) des personnels du laboratoire. Autrement dit, si dans leur majorité, les personnels du LIMSI souhaitent conserver, voire renforcer, leurs collaborations avec leurs collègues du LRI, ils ne souhaitent voir modifier la structure des laboratoires.



Annexes

- ▶ Équipements et plateformes
- ▶ Corpus
- ▶ Organigramme et effectifs
- ▶ Documents internes
- ▶ Glossaire



L'UNITÉ

AERO

ETCM

TSF

ILES

TLP

AMI

CPU

VENISE

AA

VIDA

I - Équipements et plateformes

A. Plateformes expérimentales

► Plateforme EVE (N. Ladevèze)

La salle EVE (Evolutive Virtual Environnement) est un espace mettant à disposition des chercheurs les moyens de développer et d'utiliser le domaine de la réalité virtuelle (RV). Elle offre d'une part, un environnement privilégié pour le développement et l'étude des interactions humain-machine dans le domaine de la réalité virtuelle ainsi que, d'autre part, une mise à disposition des différentes fonctionnalités développées au bénéfice d'autres domaines de recherche. Cette salle permet, avec l'appui de l'équipe P2I, une utilisation modulaire de différentes interfaces visuelles, audio et haptique répondant aux besoins spécifiques des projets de recherche conduits par les équipes du LIMSI et par les collaborateurs extérieurs.

Interfaces sensorielles visuelles et audio

Le rendu visuel immersif est réalisé grâce à un système projectif modulaire de type CAVE constitué de 4 écrans de rétroprojection (une dalle de 13 m² au sol entourée de 3 écrans d'une hauteur de 4.7 m) couverts par 7 blocs projectifs offrant une géométrie de projection reconfigurable. Ces blocs de vidéo projection sont connectés à 2 clusters de rendu graphique constitués chacun de 8 machines (1 maître de simulation et 7 esclaves de rendu graphique haute performance) via une matrice d'aiguillage vidéo offrant une grande modularité pour une meilleure résilience aux pannes éventuelles ainsi que la possibilité de

basculement rapide entre clusters minimisant les temps de chargement. Ce système de rendu visuel peut être utilisée selon 2 modes matériels principaux :

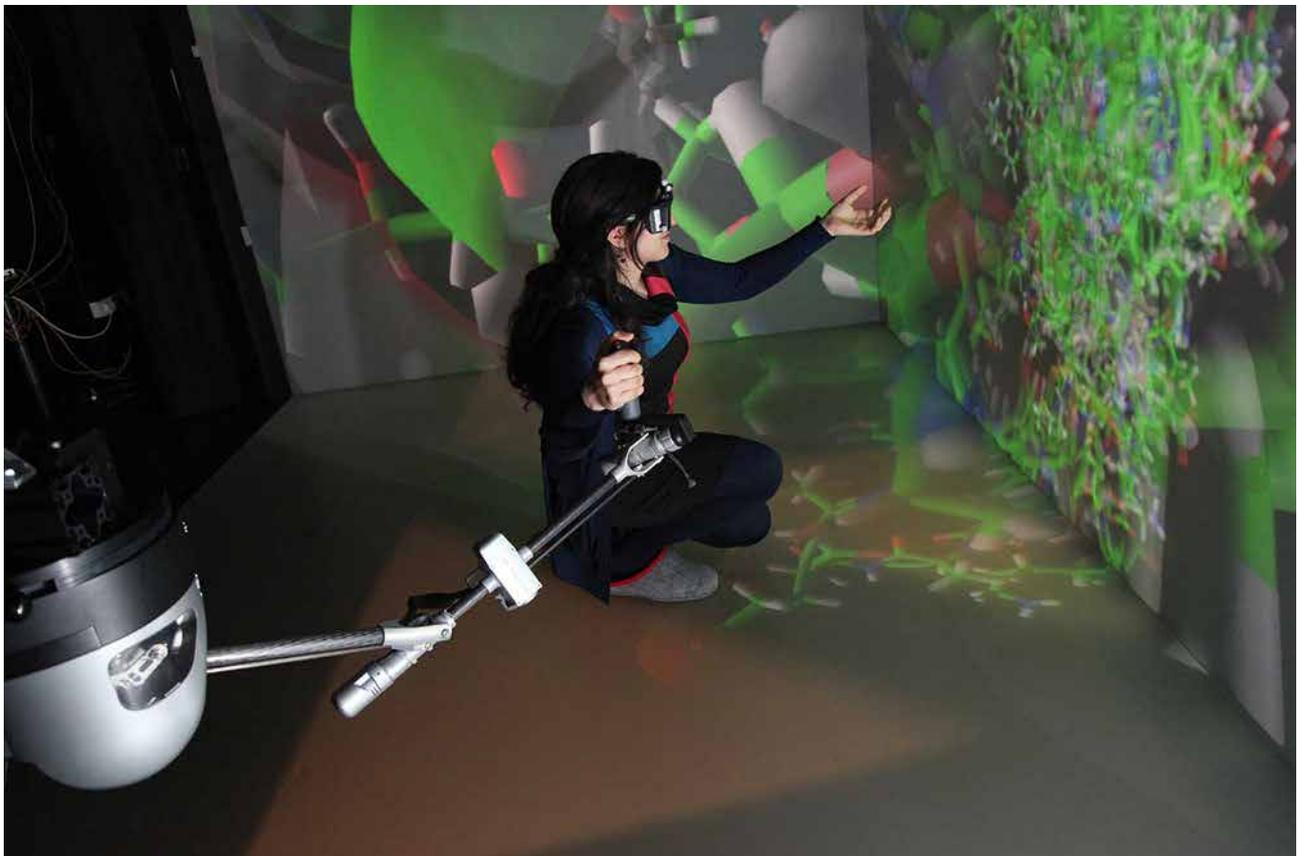
- Le mode "Mode Immersif" : Ce mode permet d'offrir à un utilisateur unique un retour visuel utilisant un large champ de vision de part une projection contigüe issue des 7 nœuds de rendu graphique répartissant une stéréoscopie active sur la totalité de la surface offerte par les écrans.

Le mode "Double stéréoscopique" : Dans ce mode, les modules de projection supérieurs sont déplacés afin de doubler l'affichage stéréoscopique sur les surfaces projectives basses (hauteur d'image de 2.7 m) et de produire un double rendu visuel stéréoscopique pour 2 utilisateurs distincts partageant un espace de travail commun.

Le rendu sonore 3D spatialisé est réalisé via un système dédié utilisant MAX/MSP, pouvant émettre en ambisonie basée sur 16 haut-parleurs ou en binaural sur plusieurs casques stéréo pour des applications collaboratives multi-utilisateurs.

Interfaces motrices et sensori-motrices

Un système de capture de mouvement ARTrack de 9 caméras permet la captation temps réel à une précision submillimétrique d'éléments marqués : allant de paires



EVE : Projection arrière sur les 4 faces de 5m de haut et le sol en verre de 13 m²
Système ART 3D à 9 caméras , Son spatialisé, Bras haptique Haption Scale-1

de lunette pour le calcul de l'adaptation du rendu visuel, jusqu'à la représentation complète du corps d'un utilisateur (ART Human) pour le pilotage d'avatars. L'adjonction d'un système de suivi des doigts (FingerTracking) permet la réalisation d'interactions fines de pointage et de préhensions d'objets virtuels sans retour d'effort. De petits périphériques de type wiimote et Joypad peuvent également être directement utilisés ou ajoutés suivant les besoins expérimentaux. Un grand dispositif haptique de type Virtuouse6D ScaleOne offre la possibilité d'appliquer un retour d'effort sur une main de l'utilisateur dans la totalité du volume du CAVE. Enfin, des captations sonores sont possibles par l'utilisation de microphones sans fil.

Ces différentes interfaces sont accessibles et combinables par les chercheurs via l'utilisation des logiciels MiddleVR et Unity sous Windows ou BlenderVR sous linux. Ces équipements sont adaptés par l'équipe P2I aux évolutions techniques rapides du domaine de la réalité virtuelle grâce à la conception modulaire permettant l'intégration régulière de nouveaux équipements. L'environnement de travail résultant est à la fois hautement configurable pour les besoins de la recherche en Réalité Virtuelle et simplifié pour les utilisateurs néophytes dans ce domaine.

► *Plateforme MEMAVE (N. Ladevèze)*

La salle Memave offre différents types de retours visuels via l'utilisation de 3 dispositifs : un système projectif monoscopique utilisant un vidéoprojecteur grand angle permettant la projection directe sur 3 écrans souples d'une surface totale de 15 m², un grand écran de 189 cm de diagonale ou enfin sur un visiocasque Oculus DK2.

La capture de mouvements est réalisée par un système Optitrack (18 caméras) pour capturer le squelette complet d'un utilisateur muni d'une combinaison intégrale ou des

marqueurs individuels en 6 degrés de liberté. Un PC dédié exécutant le logiciel Motive permet à la fois la capture et l'enregistrement des mouvements captés par les caméras en vue d'une utilisation postérieure des données, ou leur diffusion en temps réel pour des applications de réalité virtuelle.

Le rendu audio spatialisé est généré sur un autre PC dédié par l'utilisation du logiciel MAX/MSP avec le plug-in de spatialisation sonore IRCAM SPAT pour une diffusion possible sur un système ambisonique de 32 haut-parleurs ou sur un casque stéréo grâce à un rendu binaural.

La salle peut être préparée par l'équipe P2I selon deux configurations standard :

- CAVE monoscopique qui permet de combiner la capture de mouvements temps réel, l'un des deux types de rendu audio disponibles et un rendu visuel en monoscopie adaptative en favorisant la qualité du rendu sonore par rapport à la qualité du rendu visuel. Cette configuration est notamment utilisée dans le cadre d'étude de la bi-modalité audio-visuelle comparée entre dispositifs de réalité virtuelle offrant des rendus visuels et sonores qualitativement différents (Brian FG Katz, David Thery).
- Enregistrement de mouvements qui permet l'enregistrement du corps complet d'un utilisateur dans le volume total (25 m² x 2.8 m de hauteur) de la salle sans restriction de mouvements pour la création de corpus vidéo. Cette configuration est notamment utilisée pour la constitution de corpus de mouvement pour l'étude de la langue des signes française (Annelies Braffort, Cyril Verrecchia).

B. Plateformes de calcul

Afin de mener à bien ses activités de recherche reposant en grande partie sur le développement logiciel, le laboratoire s'est doté de moyens de calcul mutualisés. Ces moyens permettent l'élaboration d'outils numériques performants, répondant aux besoins de la recherche et en adéquation avec l'évolution des architectures des machines. Ils sont également une étape nécessaire dans le développement et l'optimisation de codes de calcul avant une exploitation de type HPC sur les super-calculateurs des centres de calcul nationaux.

La mutualisation des moyens de calcul présente deux aspects. Le premier aspect concerne la mise en place de clusters internes au laboratoire, conjointement administrés par P2I, en collaboration avec AMIC. Depuis 2016, une politique de renouvellement des moyens de calcul a été opérée, d'une part afin de remplacer les clusters vieillissant du département de Mécanique-Energétique, d'autre part afin de permettre à l'ensemble du laboratoire d'utiliser des ressources informatiques communes. Les caractéristiques principales des moyens de calcul disponibles au laboratoire sont les suivants :

- ▶ *Cluster « Prandtl », département Mécanique-Energétique, administrateur J. Chergui (P2I)*
 - 4 processeurs Intel Xeon X7542 – Hexa cores, 2,7 GHz (frontale)
 - 12 processeurs Intel Xeon X5675 – Hexa cores, 3,0 GHz
 - Capacité disque 66 To
- ▶ *Cluster « Faraday », département Mécanique-Energétique, administrateur J. Chergui (P2I)*
 - 2 processeurs AMD Opteron 6320, Octo cores, 2,8 GHz (frontale)
 - 12 processeurs AMD Opteron 4240, Hexa cores, 3,4 GHz
 - 8 processeurs AMD Opteron 2222SE, dual cores, 3,0 GHz
 - 14 processeurs AMD Opteron 2379, Quad cores, 2,4 GHz
 - 8 processeurs AMD Opteron 4130, Quad cores, 2,6 GHz
 - Capacité disque 72 To

Remarque : Ces 2 clusters seront bientôt mis hors service du fait leur ancienneté et ne sont actuellement plus maintenus.

- ▶ *Cluster « Grappe », destiné à l'ensemble du laboratoire, administrateur L. Pointal (P2I):*
 - 1 nœud Quad cores Intel Xeon E5-2623, 3.5 GHz, RAM 128Go (frontale)
 - 4 nœuds de 2 Hexa cores Intel Xeon E5-2643, 3.4GHz à 3.7 GHz, RAM 256Go
 - Capacité disque 60 To

- ▶ *Un cluster « M107 », utilisé par le groupe TLP, administrateur E. Bilinski (P2I):*
 - 32 nœuds de 2 Quad cores Intel Xeon L5430, 2.66GHz, RAM 16Gb
 - 32 nœuds de 2 Hexa cores Intel Xeon L5640, 2.27GHz, RAM 48 Gb
 - 8 nœuds de 2 Hexa cores Intel Xeon L5640, 2.27GHz, RAM 192 Gb
 - Capacité disque 36 To

- ▶ *Serveurs de sauvegarde du laboratoire, administrateur J.C. Barbet (AMIC)*

Le second aspect concerne l'élaboration d'une plateforme de calcul qui a initialement vu le jour dans le cadre du Center for Data Science de l'Université Paris-Saclay. Il s'agit d'une plateforme inter-laboratoires impliquant principalement le LIMSIS, le LRI et le L2S. Le comité de pilotage est aujourd'hui constitué de F. Yvon et A. Allauzen pour le LIMSIS, G. Charpiat pour le LRI et N. Gac pour le L2S. La mise en opération et la maintenance sont prises en charge par E. Bilinski (LIMSIS/P2I), J.C. Barbet (AMIC/LIMSIS) et Laurent Darre (LRI). L'hébergement et la mise en réseau du système est assurée par l'IDRIS (G. Gallot).

Cette plateforme de calcul, mise en service en mars 2018, est entièrement composée d'une architecture GP-GPU, principalement dédiée au domaine de l'IA. Ces principales caractéristiques sont :

- une machine de service Dell R630
- une frontale Dell R630
- 5 nœuds de 2 GPU Tesla K80 + 2 CPU Xeon E5-2620v4, RAM 128Go

Remarque : Une évolution massive de cette plateforme est prévue dans le courant de l'année 2018 dans le cadre d'un projet SESAME co-financé par la région IDF, qui devrait augmenter le nombre de nœuds de calcul d'un facteur 5 ou 6. Cette évolution permettra d'ouvrir la plateforme à un réseau sensiblement plus large d'utilisateurs.

C. Plateformes logicielles

► Codes de simulation numériques (Département Mécanique/Energétique)

Code BLUE (D. Juric, J. Chergui)

BLUE est un code de simulation numérique massivement parallèle, basée sur l'implémentation MPI, pour les écoulements 3D instationnaires de fluides multiphasiques incompressibles développé au LIMSIS en collaboration avec l'Université de Hongik à Séoul, Corée du Sud. Il intègre un modèle de contact fluide-solide immergé statique ou mobile, un modèle de coalescence d'interfaces, ainsi qu'un modèle de changement de phase à pression constante. Il peut néanmoins être utilisé pour la simulation d'écoulement de fluides mono-phases.

La dynamique des deux phases est régie par les équations de Navier-Stokes. Celles-ci sont résolues en variables primitives (vitesse, pression) par une méthode de projection sur un maillage uniforme décalé en considérant les deux phases comme un fluide unique mais séparées par une interface où les propriétés physiques, telles que la densité et la viscosité sont discontinues. La dynamique de cette interface est résolue par une méthode de suivi d'interface (Front-Tracking) dont le principe repose sur un maillage surfacique Lagrangien adaptatif ainsi que sur un champ de vitesse issu de la résolution des équations de quantité de mouvement. Ces deux éléments permettent de calculer le déplacement ainsi que la courbure de l'interface et d'en déduire *a fortiori* la force de tension superficielle dont la prise en compte dans les équations de quantité de mouvement permet de calculer un nouveau champ de vitesse et de pression au pas de temps suivant.

Ce code donne lieu à une intense collaboration dans la modélisation numérique d'écoulements micro-fluidiques et de films tombants plans et annulaires avec l'Université Imperial College de Londres. Cette collaboration a permis en particulier l'extension du code aux écoulements de fluides non-newtoniens, à la modélisation de la diffusion de surfactant sur l'interface ainsi qu'à l'implantation d'une méthode semi-lagrangienne pour l'approximation du terme d'advection du champ de vitesse ce qui a permis de lever la contrainte CFL sur le pas de temps. Ce code a aussi permis de compléter et de valider de nombreuses études théoriques dans des domaines tels que les instabilités de Faraday avec l'Université du Chili à Santiago et le Laboratoire PMMH à Paris.

Code CHORUS (V. Daru, C. Tenaud, Y. Fraigneau)

Le code CHORUS a été développé au LIMSIS pour la simulation d'écoulements instationnaires 3D compressibles, en régimes subsonique et supersonique. La résolution des équations de Navier-Stokes est réalisée à partir d'un schéma numérique original conçu au LIMSIS par V. Daru & C. Tenaud (Groupe "AERO"), le schéma OSMPx (x étant l'ordre de précision compris entre 3 et 11). Ce schéma de haute précision, couplé espace-temps, présente de très bonnes propriétés spectrales. De plus, il permet d'obtenir une excellente représentation des discontinuités de contact

et des ondes de chocs grâce à ses propriétés TVD (Total Variation Diminishing) tout en minimisant l'impact de la diffusion numérique sur les extrema des parties régulières de la solution, grâce à une relaxation des critères TVD basée sur la préservation de la monotonie des flux (Monotony Preserving).

Ce code est parallélisé suivant une approche de décomposition de domaine en utilisant la norme de programmation MPI. CHORUS est exploité dans le cadre de simulations d'écoulements aérodynamiques en régime transitionnel ou turbulent, pouvant présenter des ondes de chocs ou encore dans le cadre d'études sur les phénomènes de couplage aérodynamique-acoustique comme ce fut le cas dans le cadre de l'ANR DIB. Il a fait l'objet d'un dépôt APP et est régulièrement utilisé hors du laboratoire dans le cadre de collaborations universitaires (avec le LMEE ou le SATIE par exemple). Il a également donné lieu à une convention d'exploitation avec le CEA-DAM.

Code SUNFLUIDH (Y. Fraigneau)

Le code SUNFLUIDH a été développé au LIMSIS pour la simulation d'écoulements instationnaires 2D/3D, incompressibles ou dilatables (hypothèse de faible nombre de Mach). La résolution des équations de Navier-Stokes s'appuie sur une méthode usuelle de projection basée sur une formulation vitesse-pression. Les équations de conservation sont discrétisées suivant une méthode volumes finis, d'ordre 2 en temps et en espace. Une extension à l'ordre 4 basée sur les schémas compacts est également disponible. SUNFLUIDH est utilisé pour la simulation numérique d'une large gamme d'écoulements, qui se limite à des régimes de vitesse modérée (nombre de Mach $Ma < 0.1$) et des fluides newtoniens. Il est capable de traiter des écoulements avec transfert de chaleur, multi-espèces et réactifs, présentant des interfaces libres en régimes transitoire ou turbulents.

Dans le cadre de la turbulence, une série de modèles de type LES (Large Eddy Simulation) est disponible (modèles de type Smagorinsky, des modèles d'échelle mixtes et dynamiques).

Un modèle de pénalisation a récemment été implémenté afin d'être en mesure de traiter des problèmes impliquant des corps immergés mobiles (interaction fluide-structures).

Le code peut être exploité sur une large gamme de machines, allant du simple PC jusqu'aux calculateurs massivement parallèles.

La parallélisation du code a été réalisée suivant deux modes de programmation : une méthode de décomposition de domaine basée sur l'implémentation MPI (Message Passing Interface) et le multi-threading s'appuyant sur l'interface de programmation OpenMP, suivant une approche "coarse grain". Ces deux modes de parallélisation peuvent

être utilisées séparément ou simultanément (parallélisation hybride) en fonction des besoins et des plateformes de calcul à disposition.

SUNFLUIDH est régulièrement utilisé dans le cadre d'études menées dans le département de Mécanique-Energétique, principalement dans les groupes "AERO" et "ETCM". Il est

également exploité dans le cadre de projets et de partenariats nationaux et internationaux ainsi que dans une filière d'enseignement de M2 à Sorbonne-Université (module 5AF32).

D. La production de corpus au LIMSI

La production de corpus est un sujet primordial pour les approches empiriques qui sont au cœur de beaucoup de travaux effectués au LIMSI. A ce titre, le LIMSI produit ou participe à la production de corpus depuis de nombreuses années, pour alimenter les études dans différents domaines (linguistiques, comportementaux, etc.), pour entraîner et évaluer les systèmes fondés sur des approches d'apprentissage automatique, ou encore à des fins patrimoniales. Dans le cadre d'un groupe de travail constitué d'au moins un représentant par groupe⁶⁹, nous avons entrepris de répertorier les corpus produits principalement au LIMSI, dans un premier temps pour objectiver l'importance de cette activité au sein du laboratoire, et dans un deuxième temps, pour engager une réflexion sur le devenir de ces corpus et des corpus à venir. Nous avons considéré tous les ensembles cohérents de données utilisés pour mener des études ou des campagnes d'évaluation. Il s'agit principalement de corpus langagiers mais pas uniquement. Ce recensement, listant des corpus créés depuis les années 2000, s'est fait sur la base du volontariat et peut ne pas être exhaustif.

A ce jour, nous avons répertorié 79 corpus. Nous estimons qu'ils ont été réalisés par une trentaine de permanents ainsi que des doctorants et post-doctorants. Environ un tiers des corpus a été réalisé par des membres du groupe ILES, un autre tiers par des membres du groupe TLP, et le dernier tiers par des membres des autres groupes du département CHM.

Dans la suite, nous présentons quelques éléments de comparaison de ces corpus. Cette analyse permet de mettre en évidence la grande diversité, tant en terme de modalité des données primaires, que de langues traitées, des thématiques du contenu et des objectifs de création de ces corpus.

Nous avons aussi initié une action en vue de documenter et diffuser ces corpus autant que possible, action qui va s'intensifier dans les années à venir.

► Corpus par modalité

Les données primaires désignent les données brutes telles qu'elles ont été recueillies (audio, vidéo, signaux physio-

logiques ou comportementaux, etc.), par opposition aux données secondaires (transcription, annotation, signal résultant d'un traitement) qui en dérivent.

La très grande majorité des corpus contient des données langagières (74). On note que certains corpus sont composés de données combinant plusieurs modalités : texte + audio, texte + images, audio + EGG70, vidéo + texte, vidéo + capture de mouvement, etc. Les données non langagières sont de nature très variée : images, données haptiques, données recueillies par collaborat, données en mécanique des fluides, bases de données.

Nous avons distingué quatre modalités selon la nature des données primaires. Les données textuelles constituent la plus grosse part de nos corpus (39), suivi des données audio (21 corpus) et vidéo (14 corpus). D'autres corpus (5) ne sont pas constitués de données langagières mais peuvent être considérés comme corpus dans la mesure où ils constituent un ensemble cohérent de données qui sont annotées, analysées ou qui servent de base de comparaison pour des traitements automatiques. Un exemple de corpus composé de plusieurs modalités est donné *figure 1*. Il s'agit du corpus Atlas, qui est un atlas sonore, textuel, visuel des langues régionales en France, avec une modalité vidéo pour la version en Langue des Signes Française.

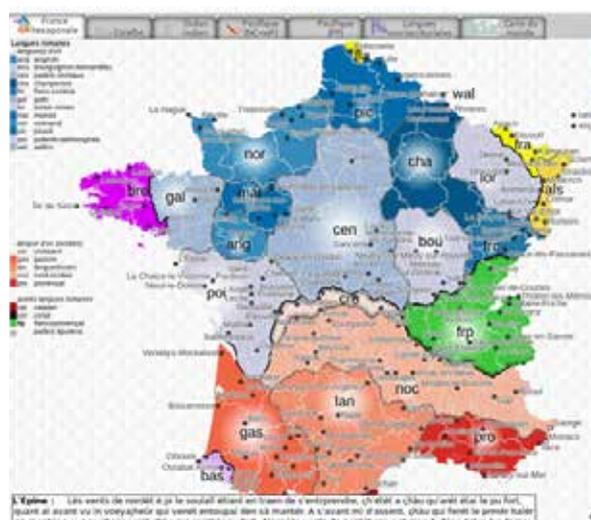


Figure 1 : Atlas des langues régionales de France
<https://atlas.limsi.fr>

⁶⁹ G. Adda (TLP), A. Braffort (ILES) coordinateurs, Y. Bellik (AMI), N. Ferey (VENISE), C. Grouin (ILES), JC Martin (CPU), P. Paroubek (ILES), A. Rilliard (TLP)

⁷⁰ Electroglottographe

La figure 2 montre un exemple de corpus non langagier (figure 2). Il s'agit d'une étude comportementale portant sur la perception de formes géométriques sur une matrice tactile. Le but est de déterminer quelle est la façon de présenter les formes qui permette l'identification la plus rapide et sans erreur. Le corpus vidéo sert entre autres à étudier les stratégies d'exploration.

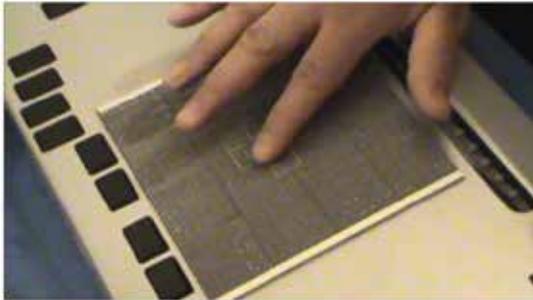


Figure 2 : Étude de l'interaction d'un utilisateur avec une matrice tactile

► Langues des corpus langagiers

Les corpus langagiers, composent l'essentiel de nos corpus (74). Nous avons distingué trois catégories selon la langue enregistrée.

Le français représente plus de la moitié de nos corpus langagiers (38), mais on note aussi une forte proportion de corpus multilingues (24), comportant au moins 2 langues. Les autres corpus (14) sont monolingues et spécifiquement dédiés à l'anglais, à la langue des signes française, au roumain ou à l'allemand.

► Thématiques du contenu

Concernant le contenu des corpus, nous avons identifié trois grandes thématiques. Les domaines de spécialités (transport, médical, textes parlementaires, etc.), les médias au sens large (séries TV, tweets, réseaux sociaux), ainsi que l'apprentissage des langues.

► Objectifs des corpus

Enfin, nous avons identifié les objectifs ayant amené à la constitution des corpus. La plupart (56) sont dédiés à des projets de recherche portant sur des études linguistiques, des études sur le comportement ou des traitements automatiques. Les autres (21), constituent le matériau de base dans des campagnes d'évaluation et ont été distribués pour chacun à un nombre d'équipes compris entre une et deux dizaines d'équipes; ce nombre important de corpus produits au LIMSI pour les besoins d'évaluation démontre l'implication du LIMSI dans la mise en place du paradigme de l'évaluation, que ce soit au niveau national ou international. La figure 3 donne un exemple de corpus utilisé dans le cadre de la campagne d'évaluation DEFT 2018, portant sur l'analyse de sentiments dans des tweets sur la thématique des transports en Ile-de-France.

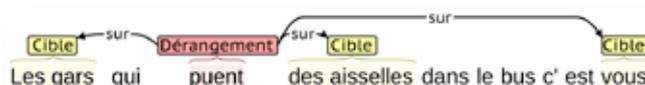


Figure 3 : Corpus annoté en entités et relations entre entités pour l'analyse de sentiments

► Distribution des corpus

Indépendamment de leur valeur intrinsèque, ces corpus ont besoin pour être pleinement valorisés d'être accessibles (impliquant l'établissement des conditions de leur mise à disposition sur le plan légal), mais également répertoriés et connus au moyen d'identifiants uniques et pérennes, nécessitant pour ce faire le développement de normes et de systèmes d'attribution d'identifiant unique au niveau international.

A l'heure actuelle plus de la moitié de nos corpus (42) sont distribuables. Une forte proportion le sont directement par le LIMSI, soit par téléchargement direct ou par demande au responsable, soit au travers des projets au sein desquels ils ont été constitués. Une autre partie des corpus a été déposée auprès d'organismes ou plateformes qui se chargent de gérer la distribution (ELDA, Humanum).

Certains corpus sont non distribuables (11) car ils appartiennent à des entreprises privées ou à des journaux, ou encore parce qu'il s'agit de données sensibles, à l'image des textes cliniques.

Enfin, on note que pour un nombre important de corpus (25), que les conditions de leur mise à disposition ne sont pas connues, soit parce que cet aspect n'a pas été prévu lors de sa constitution, soit parce que le statut juridique du corpus est inconnu.

► Actions en cours et à venir

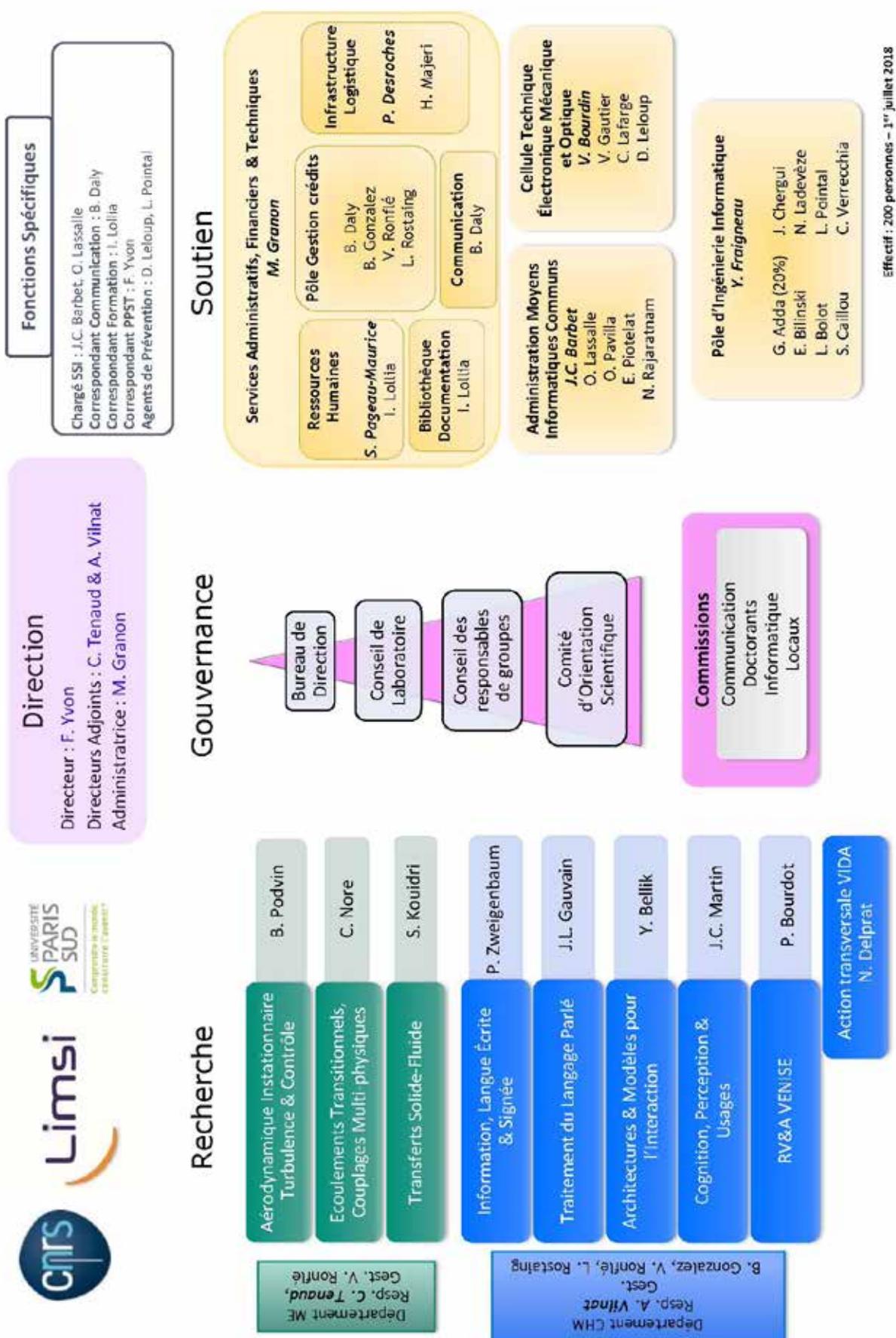
Ce dernier aspect montre qu'un travail doit être mené sur la mise en valeur et la distribution des corpus du LIMSI. Nous avons commencé une action afin de répertorier les pratiques et identifier les différentes solutions existantes. Nous allons mener une campagne de sensibilisation aux problématiques de corpus auprès du personnel du LIMSI durant l'automne 2018.

La première étape sera d'inciter les responsables de corpus à créer un identifiant pérenne pour leurs corpus, afin que ceux-ci puissent être identifiés et listés par les moteurs de recherche dédiés. Deux systèmes cohabitent à l'heure actuelle pour les ressources langagières, selon que l'on s'adresse à la communauté Sciences du langage (OASIS) ou Traitement Automatique des Langues (ISRLN). Ce dernier système, très léger et très rapide, permet d'obtenir un identifiant sans pour autant obliger à déposer les corpus sur une plateforme de données et sera privilégié dans un premier temps.

La deuxième étape consistera à créer un outil qui permette de pouvoir facilement lister et interroger une base de données des corpus du LIMSI.

Enfin, nous mènerons des actions visant à inciter le personnel à déposer les corpus sur des plateformes dédiées à leur distribution.

ORGANIGRAMMES FONCTIONNELS





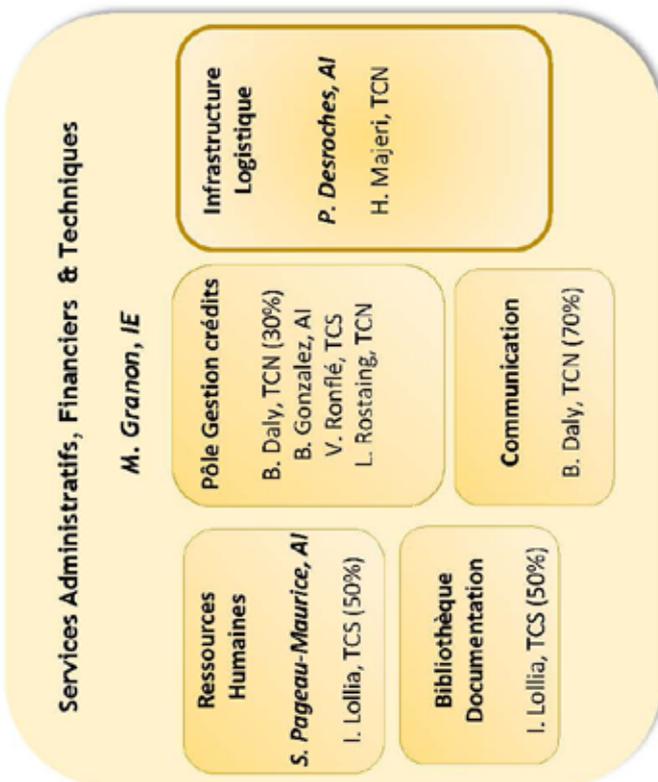
Direction

Directeur : F. Yvon
Directeurs Adjoints : C. Tenaud & A. Vilnat
Administratrice : M. Granon

Fonctions Spécifiques

Chargé SSI : J.C. Barbet, IR1, O. Lassalle, AI
Correspondant Communication : B. Daly, TCN
Correspondant Formation : I. Lollia, TCS
Correspondant PPST : F. Yvon
Agents de Prévention : D. Leloup, AI, L. Pointal, IE1C

Soutien à la recherche



Administration Moyens Informatiques Communs

J.C. Barbet, IR1

O. Lassalle, AI
O. Pavilla, AI
E. Piotelat, IE1C
N. Rajaratnam, AI

Cellule Technique Électronique Mécanique et Optique

V. Bourdin, IR1

V. Gautier, TCN
C. Lafarge AT (Univ. Paris-Sud)
D. Leloup, AI

Pôle d'Ingénierie Informatique

Y. Fraigneau, IR1

G. Adda, IRHC (20%)
E. Bilinski, IE1C
L. Bolot, IE1C
S. Caillou, IE2
J. Chergui, IR1
N. Ladevèze, IR2
L. Pointal, IE1C
C. Verrecchia, AI

Soutien à la recherche : liste des permanents

Liste des permanents des équipes de soutien à la recherche au 30/06/2018

Nom	Prénom	Position	Employeur	Groupe	Arrivée	Départ
Barbet	Jean-Claude	IR	CNRS	AMIC	01/07/2009	
Lassalle	Olivier	AI	CNRS	AMIC	01/05/2012	
Pavilla	Olivier	AI	CNRS	AMIC	01/01/2016	
Piotelat	Elisabeth	IE	CNRS	AMIC	02/01/2002	
Rajaratnam	Nicolas	AI	CNRS	AMIC	01/12/2006	
Bourdin	Vincent	IR	CNRS	CTEMO	06/02/1998	
Gautier	Vincent	TCH	U Paris 6	CTEMO	01/12/2007	
Lafarge	Christophe	AJT	U Paris 11	CTEMO	01/10/2016	
Leloup- Caqueret	Dorine	AI	CNRS	CTEMO	01/01/2011	
Maire	Yves	TCH	U Paris 11	CTEMO	03/09/2007	30/09/2016
Bilinski	Eric	IE	CNRS	P2I	01/12/2003	
Bolot	Laurence	IE	CNRS	P2I	01/05/2000	
Caillou	Sylvain	IE	CNRS	P2I	01/12/2008	
Chergui	Jalel	IR	CNRS	P2I	01/01/2005	
Fraigneau	Yann	IR	CNRS	P2I	01/06/1999	
Ladeveze	Nicolas	IR	CNRS	P2I	01/12/2016	
Pointal	Laurent	IE	CNRS	P2I	02/10/2003	
Verrecchia	Cyril	AI	CNRS	P2I	01/12/2006	
Bassoulet	Karine	IR	CNRS	SAFT	01/11/2004	31/12/2014
Bélizon	Guy	TCH	CNRS	SAFT	01/05/2013	30/09/2016
Brilhac-Roserat	Magali	AI	CNRS	SAFT	01/09/2002	14/05/2014
Daly	Bénédicte	TCH	CNRS	SAFT	01/12/2012	
Depauw	Annie	TCH	CNRS	SAFT	01/07/2001	30/04/2015
Desroches	Pascal	AI	CNRS	SAFT	01/10/2000	
Durand	Pierre	TCH	CNRS	SAFT	01/04/1994	30/04/2013
Gonzalez	Blanche	AI	CNRS	SAFT	01/04/2018	
Grenet	Maud	IE	CNRS	SAFT	03/11/2014	31/03/2018
Hoint	Carole	AI	CNRS	SAFT	14/03/2011	
Lollia	Isabelle	TCH	CNRS	SAFT	12/02/2001	
Pageau-Maurice	Sophie	AI	CNRS	SAFT	01/01/1993	
Pain	Nadine	TCH	CNRS	SAFT	01/05/1991	30/04/2013
Rostaing	Laurence	TCH	CNRS	SAFT	01/12/2008	
Séné-Ronflé	Valérie	TCH	CNRS	SAFT	12/11/2002	

DOCUMENTS INTERNES

► Règlement intérieur

Règlement intérieur du LIMSI

PRÉAMBULE

Le LIMSI est une Unité Propre de Recherche du CNRS. À ce titre, les textes généraux concernant les structures opérationnelles de recherche du CNRS s'appliquent à lui, et notamment les décisions :

- 920520SOSI du 24 juillet 1992 modifiée portant organisation et fonctionnement des structures opérationnelles de recherche,
- 920368SOSI du 28 octobre 1992 modifiée, relative à la constitution, la composition, la compétence et au fonctionnement des « conseils de laboratoire » des structures opérationnelles de recherche du CNRS,
- 998786DCAJ du 18 juin 1999 relative à la composition et au fonctionnement des comités d'évaluation des structures opérationnelles de recherche.

Le présent règlement intérieur a été soumis à l'avis du Conseil de laboratoire, réuni le 11 juillet 2014. Il a pour objet de préciser notamment l'application dans l'Unité :

- de sa structure scientifique
- de son organisation générale,
- des règles générales et permanentes relatives au temps de travail (horaires, congés...), à l'utilisation des locaux et du matériel,
- de la réglementation en matière de santé et de sécurité au travail, de la réglementation en matière de sécurité de l'information et des systèmes d'information,
- des dispositions relatives à la protection du potentiel scientifique et technique (PPST)

Il s'applique à l'ensemble du personnel affecté à l'Unité, y compris les agents non titulaires et les stagiaires.

Toute évolution de la réglementation applicable dans les établissements tutelles de l'Unité s'applique de fait à l'Unité, même si le présent règlement intérieur n'en fait pas état.

1.2. Les actions transversales du laboratoire

Des actions transversales à l'ensemble du laboratoire, de nature à promouvoir l'interdisciplinarité au sein du laboratoire, peuvent être créées par le Directeur, après avis du Conseil de Laboratoire. Le responsable d'une action transversale est désigné par le Directeur, après avis du Conseil de Laboratoire. Il doit mettre en place une structure représentative d'animation et de concertation.

1.3. Les groupes de département

Chaque groupe est placé sous l'autorité d'un responsable de groupe. Le responsable de groupe est désigné par le Directeur, sur proposition du responsable de département. En principe, cette responsabilité s'exerce pour une durée correspondant au plus à deux contrats quinquennaux. Un responsable de groupe doit être un membre permanent du laboratoire.

En accord avec le responsable du département et le Directeur, le responsable de groupe définit, oriente et met en oeuvre la politique scientifique du groupe, veille à la cohérence de la politique contractuelle. Il est informé des projets de publication et coordonne la diffusion de la production scientifique du groupe. Il est responsable de la répartition du soutien recherche affecté par la direction et veille à la répartition du budget global du groupe, en relation avec les responsables des ressources propres.

Le responsable de groupe met en place et anime, à l'intérieur du groupe, une structure de concertation représentative qui favorise la diffusion de l'information au sein du groupe, qui aide le responsable à définir la politique scientifique et la répartition des moyens du groupe. Cette structure doit en particulier permettre l'évolution des thèmes de recherche et l'émergence de nouveaux thèmes.

1.4. Les thèmes de recherche

Chaque thème de recherche est rattaché à un groupe et est animé par un responsable qui dispose d'une autonomie scientifique et technique dans le cadre de la politique de recherche définie au niveau du département et du groupe. Un chercheur peut participer à plusieurs thèmes de recherche. Tout nouveau thème de recherche cohérent avec la politique scientifique du groupe, peut être créé, avec l'accord du responsable de groupe, après validation par le responsable de département et le Directeur.

1.5. Les actions thématiques

De manière exceptionnelle, un thème de recherche qui ne trouverait pas sa place, à un instant donné, dans un groupe de recherche peut donner lieu à la création d'une action thématique. Une action thématique est rattachée à l'un des deux départements et placée sous l'autorité du responsable de ce département. Une action thématique est créée par le Directeur pour une période initiale de 2 ans, sur proposition du responsable de département concerné, après avis du Conseil de

3

TITRE I

1. STRUCTURE SCIENTIFIQUE DU LIMSI

La structure scientifique du LIMSI s'organise en départements et en actions transversales. Les deux départements sont :

- le département Communication Homme-Machine,
- le département Mécanique-Énergétique.

Chaque département est composé de groupes, d'actions transversales et éventuellement d'actions thématiques, auxquels les chercheurs sont affectés. Chaque groupe comprend plusieurs thèmes de recherche.

Le Directeur est notamment responsable :

- de la politique scientifique, contractuelle et de valorisation du laboratoire,
- de la diffusion de l'information scientifique,
- et de la formation par la recherche.

Le Directeur met en place la structure scientifique du laboratoire, après avis du Conseil de Laboratoire. La structure scientifique du laboratoire est reconsidérée périodiquement et en particulier à l'occasion du renouvellement du laboratoire.

1.1. Les départements

Le responsable de département est désigné par le Directeur du laboratoire, après avis du Conseil de Laboratoire. Il a autorité sur les responsables de groupe, sur les responsables des actions transversales et actions thématiques du département. Il prend, en concertation avec le Directeur du laboratoire et les responsables de groupe, les décisions de politique scientifique, contractuelle et de valorisation du département. Il assure la répartition du budget du département en accord avec le Directeur et met en place, à l'intérieur du département, une structure de concertation représentative qui aide à définir la politique scientifique et la répartition des moyens du département. Il doit également veiller à permettre la pluridisciplinarité des recherches.

Des actions transversales d'ordre scientifique faisant participer des membres de plusieurs groupes peuvent être mises en place par le responsable de département, en concertation avec le Directeur et les responsables de groupe. Des cellules transversales, de nature logistique, peuvent également être mises en place pour assurer un soutien mutualisé aux travaux de recherche du département.

2

Laboratoire. Une action thématique n'a pas vocation à pérennité. Elle est dotée d'un responsable désigné par le Directeur parmi les chercheurs qui y sont affectés.

1.6. La Commission des Orientations Scientifiques COS

La commission des orientations scientifiques a pour rôle de réfléchir à la stratégie scientifique du laboratoire. Elle est composée du Directeur, du ou des Directeurs adjoints éventuels, des membres du Conseil de Laboratoire, des responsables de groupe et de département, des membres du laboratoire siégeant dans des instances nationales de la Recherche (Comité National, CNU, Conseil Scientifique du CNRS, Conseil Scientifique de département scientifique...), des directeurs de recherche, professeurs et ingénieurs de recherche de 1ère classe en poste au laboratoire, des personnels titulaires d'une HDR et de toute personne du laboratoire désignée par le Directeur. Elle se réunit à l'initiative du Directeur au moins une fois tous les deux ans, ou sur demande d'au moins la moitié de ses membres de droit.

TITRE II

2. STRUCTURE ADMINISTRATIVE

2.1. Direction

Le Directeur du LIMSI, unité propre du CNRS, est nommé par le Président du CNRS. Cette nomination a lieu après avis des instances compétentes du Comité National de la recherche scientifique et du Comité d'évaluation de l'unité. Est également recueilli l'avis du Conseil de Laboratoire. Le Directeur peut proposer la nomination de Directeurs adjoints à la Direction générale du CNRS. L'administrateur du laboratoire fait également partie de l'Équipe de Direction.

2.2. Responsabilités

Le Directeur est seul responsable des personnels affectés au laboratoire. Le Directeur, le ou les Directeur(s) adjoint(s) et l'Administrateur partagent la responsabilité de la gestion des crédits attribués à l'unité. Ils peuvent confier aux responsables de département et de groupe la gestion d'une partie du budget du laboratoire. Les responsables scientifiques de ressources propres proposent l'utilisation de ces ressources à la Direction, dans le respect des engagements contractuels et des nécessités de fonctionnement de l'unité.

2.3. Le Conseil de Laboratoire

Le Conseil de Laboratoire du LIMSI, est régi par la décision 920368SOSI du 28 octobre 1992. Il est composé de 18 membres, dont 9 élus et 9 nommés ou membres de droit. C'est un organe

4

Les jours de congés sont accordés par le Directeur, après avis du responsable de groupe ou à défaut de département, sous réserve des nécessités de service.

Le report des jours de congés annuels ainsi que les jours RTT non utilisés, est autorisé jusqu'au 28 février de l'année suivante. Les jours qui n'auront pas été utilisés à cette date seront définitivement perdus, sauf si ces jours ont été déclarés dans un Compte Epargne Temps (CET).

Fermeture de l'Unité

Des jours de fermeture peuvent être décidés en début de chaque année civile par le Directeur après avis du conseil de laboratoire. Ces jours sont décomptés des congés.

Durée des absences de service pour congés

L'absence de service ne peut excéder 31 jours consécutifs (la durée des congés est calculée du premier au dernier jour sans déduction des samedis, dimanches et jours fériés) à l'exception des personnels originaires des DOM-TOM qui bénéficient sous certaines conditions du « congé bonifié ».

Suivi des congés

Afin de pouvoir adapter l'organisation du travail, chacun doit effectuer ses demandes de congé avec un délai de prévenance de 8 jours.

Le suivi des congés (annuels et RTT) est réalisé au LIMSIS sous la responsabilité du Directeur, et, pour les agents CNRS, transmis à la délégation (notamment pour la mise en oeuvre du CET) en utilisant les outils prévus à cet effet.

ABSENCES

Absence pour raison médicale

Toute indisponibilité consécutive à la maladie doit, sauf cas de force majeure, être justifiée et signalée au Directeur dans les 24 heures. Sous les 48 heures qui suivent l'arrêt de travail l'agent doit adresser au secrétariat de Direction un certificat médical indiquant la durée prévisible de l'indisponibilité.

Missions

Tout agent se déplaçant pour l'exercice de ses fonctions doit être en possession d'un ordre de mission. Cet ordre de mission doit avoir été établi préalablement au déroulement de la mission, dans un délai conforme aux dispositions en vigueur. Ce document est obligatoire du point de vue administratif et juridique ; il assure la couverture de l'agent au regard de la réglementation sur les accidents de service.

9

COURRIER

Le courrier est affranchi chaque jour, sauf pendant les périodes de vacances pendant lesquelles ce service est assuré au moins trois fois par semaine. Tout courrier déposé pour affranchissement doit comporter en haut à gauche de l'enveloppe, les initiales de l'expéditeur. Il est interdit de déposer du courrier personnel à l'affranchissement. Il est également interdit de faire domicilier son courrier personnel au LIMSIS.

ACCES AUX EQUIPEMENTS COMMUNS

Systèmes d'information (SI)

Les conditions d'accès aux SI de l'Unité, y compris les SI sensibles relevant de secteurs scientifiques protégés, et de restitution des moyens d'accès aux SI sont définies de façon détaillée par la PSSI opérationnelle applicable. En tout état de cause les personnes non concernées par les activités de l'Unité ne peuvent avoir accès aux systèmes d'information de l'Unité sans l'autorisation du Directeur d'Unité.

Charte pour l'usage des ressources informatiques et de service Internet

Tout utilisateur des moyens informatiques du LIMSIS doit avoir pris connaissance et signé la « charte pour l'usage des ressources informatiques et de service Internet » annexée au présent règlement (annexe 3).

Cette charte a pour objet de préciser la responsabilité des utilisateurs au regard de la législation.

Courrier électronique

Une adresse électronique est attribuée à chaque membre du personnel. La définition du login, l'attribution d'une adresse électronique et sa suppression lors du départ de la personne concernée, sont du ressort de l'équipe AMIC, après avis du Directeur. Le courrier électronique est réservé à un usage strictement professionnel, et doit également respecter les règles de déontologie définies dans la charte mentionnée ci-dessus.

Équipements informatiques communs

Tout utilisateur d'un équipement informatique non individuel ou en libre-service doit veiller à :

- ne pas encombrer ces machines par ses fichiers ;
- ne modifier en aucun cas la configuration de la machine utilisée ;
- informer l'équipe AMIC dès qu'un problème apparaît ;
- ne faire aucune installation personnelle de logiciel.

11

3.5.Fonctionnement du laboratoire

PERMANENCES

Des permanences sont organisées pendant les périodes de vacances pour assurer, dans la mesure du possible, la continuité des tâches de secrétariat, de documentation, de maintenance d'infrastructure et des équipements communs, d'hygiène et sécurité, et de responsabilité administrative. Ces permanences prennent en compte les nécessités de service et les droits aux congés des personnels. Pour mettre en œuvre ces permanences, un système de titulaires et de suppléants est défini pour toutes ces tâches d'intérêt collectif. Les permanences sont organisées par les agents et validées par le Directeur.

CONDITIONS DE TRAVAIL

La direction du laboratoire veille à la qualité générale des conditions de travail. Le responsable de groupe veille en particulier à ce que tout personnel qu'il accueille dans son groupe dispose de moyens suffisants pour travailler dans de bonnes conditions. En outre, l'accueil des stagiaires doit être planifié en tenant compte des capacités des locaux et des moyens logistiques du groupe.

ACCES AU LABORATOIRE

En dehors des heures d'ouverture du laboratoire, ne peuvent se trouver dans l'enceinte du laboratoire que les personnels permanents ou assimilés, et ceux à qui une autorisation a été accordée par le Directeur, sur proposition du responsable de groupe.

Toute personne quittant l'Unité (démission, mutation, départ à la retraite, fin de stage, fin de contrat, ...) doit libérer les locaux et restituer l'ensemble des moyens d'accès à ceux-ci (clé, badge...).

ACCES AUX ZONES A RÉGIME RESTRICTIF (ZRR) DU LABORATOIRE

Le fonctionnement des ZRR est défini par la circulaire interministérielle de mise en œuvre du dispositif de protection du potentiel scientifique et technique de la nation du 7 novembre 2012.

Pour les personnes qui participent directement aux activités scientifiques et techniques de l'Unité (personnels permanents, stagiaires, doctorants, personnes participant à une activité de recherche, en formation, effectuant une prestation de service), l'accès à une ZRR est soumis à l'autorisation du Directeur d'Unité après avis favorable du Ministère en charge de l'enseignement supérieur et de la recherche.

Pour les autres visiteurs, dont la présence dans les locaux ZRR est par nature temporaire et sans participation directe aux activités scientifiques et techniques de l'Unité, l'accès aux locaux est soumis à l'autorisation du Directeur. Ce dernier doit alerter le FSD compétent de tout projet de visite jugé sensible. Les visites ne peuvent avoir lieu que pendant les heures ouvrables.

Le Directeur d'Unité doit veiller à la mise à jour du répertoire des visites.

10

Téléphone

Un numéro de poste est attribué à chaque membre du personnel. Le téléphone et la télécopie sont réservés à un usage strictement professionnel, respectant les règles de la bienséance, en particulier dans l'utilisation des listes d'envoi. L'accès au réseau téléphonique international est donné aux responsables de groupes, de départements, aux secrétariats et, après autorisation du Directeur, à toute personne dont l'activité le justifie.

Photocopieurs

L'usage des photocopieurs est réservé aux besoins des recherches effectuées au LIMSIS. Si une personne non répertoriée au laboratoire a un besoin spécifique et ponctuel de réaliser des photocopies, elle doit en demander l'autorisation à la Direction. Il est interdit de copier ou de diffuser à l'extérieur les ouvrages (protégés par un droit d'auteur) acquis par le laboratoire ou édités au LIMSIS.

Voitures

L'autorisation de conduire un véhicule de service du laboratoire est délivrée par le directeur d'unité aux personnels placés sous son autorité et titulaires d'un permis de plus de 2 ans.

Les véhicules sont utilisés exclusivement pour les besoins du service. L'usage à des fins personnelles est strictement interdit.

Tout utilisateur (conducteur ou passager) de ces véhicules doit être muni d'un ordre de mission de son organisme de rattachement.

3.6.Hygiène et Sécurité

Il incombe au Directeur de veiller à la sécurité et à la protection des personnels et d'assurer la sauvegarde des biens du LIMSIS. Toutefois, chacun doit se préoccuper de sa propre sécurité et de celle des autres. Les occupants d'un bureau doivent en particulier veiller à fermer celui-ci lorsqu'ils sont absents, à verrouiller les postes téléphoniques et à préserver l'accès aux dossiers confidentiels aussi bien physiques qu'en mémoire sur leur poste de travail.

L'AP (Assistant de Prévention) assiste et conseille le Directeur. Il informe et sensibilise les personnels du LIMSIS pour la mise en œuvre des consignes d'hygiène et sécurité.

Une commission d'hygiène et de sécurité et des conditions de travail est mise en place au LIMSIS. Elle est composée :

- des responsables « hygiène et sécurité » de la délégation régionale et de l'Université Paris Sud ;
- de la Direction du LIMSIS ;

12

- de représentants du personnel ;
- de l'AP ;
- du médecin de prévention chargé du suivi médical des agents de la commission d'hygiène et de sécurité et des conditions de travail.

L'identité de l'AP et la composition nominale du comité d'hygiène et sécurité sont affichées dans les panneaux prévus à cet effet.

Les dispositions à prendre en cas d'accident et d'incendie font l'objet d'un document spécifique et sont affichées dans les parties communes et remises individuellement à toute personne accueillie au LIMSI.

Tout accident de travail survenant dans le cadre de l'activité professionnelle doit être immédiatement déclaré auprès du Directeur.

Le registre de santé et de sécurité au travail dans lequel les personnels peuvent consigner leurs observations et suggestions relatives à la prévention des risques et à l'amélioration des conditions de travail est disponible dans la case courrier « sécurité ».

L'AP fournit aux personnels, à leur arrivée, au cours de la visite obligatoire des lieux, les informations nécessaires à l'accomplissement de leur travail et au respect des consignes générales de sécurité. Il veille à leur formation en matière d'hygiène et de sécurité.

Il est interdit de fumer à l'intérieur du laboratoire. Des cendriers sont disponibles pour les fumeurs à l'extérieur des portes d'accès.

Tous les locaux présentant un risque particulier (chimique, rayonnement laser...) font l'objet d'une signalétique adaptée. Leur accès est réglementé. Le règlement est affiché à proximité des lieux concernés. L'utilisation des équipements dangereux fait l'objet au préalable d'une autorisation du Directeur, d'une formation adaptée et, le cas échéant, d'une visite médicale.

Les personnels sont tenus de se rendre à la convocation du médecin de prévention dont ils relèvent.

3.7.Publications

Les publications des personnels de l'Unité font apparaître explicitement le LIMSI et le CNRS ; elles font également, le cas échéant, mention du ou des établissements employeurs des auteurs de la publication, dans le respect des préconisations de ces établissements.

3.8.Formation

Le plan de formation du LIMSI est établi à l'occasion du renouvellement du laboratoire et est actualisé périodiquement. Il est soumis, pour avis, au Conseil de Laboratoire.

Le « correspondant formation » du LIMSI informe et conseille les personnels pour leurs besoins et demandes de formation. Il partage, auprès du Directeur, à l'élaboration du plan de formation du LIMSI.

Le présent règlement intérieur a été soumis à l'avis du Conseil de Laboratoire du LIMSI le 11 juillet 2014 et approuvé à l'unanimité des présents.

Pour le CNRS, *le 15 juillet 2014*
U

Véronique DUBESSONOP, déléguée régionale Ile-de-France Sud

François YVON,
Directeur du LIMSI
La Directeur
F. YVON

Annexe 1 : Accord de confidentialité
Annexe 2 : Accord de confidentialité pour les stagiaires
Annexe 3 : charte pour l'usage des ressources informatiques et de service internet

► **Accord de confidentialité**

ACCORD DE CONFIDENTIALITE

entre

Le **Centre National de la Recherche Scientifique**, établissement public national à caractère scientifique et technologique, dont le siège est situé à Paris 16^{ème} – 3 rue Michel Ange, représenté par son Directeur Général, ci-après désigné par le "CNRS"
D'une part,
Et
M.
Adresse personnelle :

Statut au LIMSI :
d'autre part,
est conclu

l'engagement de confidentialité

ci-dessous :

Article I – Objet

Le présent engagement a pour objet de définir les conditions de confidentialité dans lesquelles

M.
Ci-après désigné par le Bénéficiaire est accueilli (e) par le CNRS, au Laboratoire d'Informatique pour la Mécanique et les Sciences de l'Ingénieur – LIMSI, Ci-après désigné par le Laboratoire.

Article II – Programme de travail et responsable scientifique

Pendant son séjour au Laboratoire, le bénéficiaire effectuera des travaux dans le cadre d'une **étude intitulée** :

M. responsable scientifique de l'Etude, suivra les travaux du Bénéficiaire au sein du Laboratoire.

Article III – Secret – Publications

Le Bénéficiaire est tenu au secret professionnel à l'égard des tiers, non seulement sur les activités du Laboratoire touchant au domaine de l'Etude, mais encore du CNRS dont il aurait pu avoir connaissance, notamment à l'occasion de visites d'autres unités de recherche.

Le Bénéficiaire ne pourra faire de publications ou de communications, écrites ou orales, relatives à l'Etude, qu'après autorisation écrite du CNRS, pendant la durée de l'engagement. Cette autorisation ne pourra être refusée que pour des raisons graves et dûment justifiées. En tout état de cause, le délai d'attente d'autorisation de publier ne pourra excéder trois mois, sauf dans le cas où les résultats seraient susceptibles de conduire au dépôt d'un brevet : le délai serait alors maintenu jusqu'à la date du dépôt du brevet et au maximum pendant 18 mois.

Les publications et communications du Bénéficiaire devront explicitement mentionner le nom du Laboratoire et le cadre dans lequel a été réalisée l'Etude.

Article IV – Propriété des résultats

Le Bénéficiaire reconnaît que les résultats de l'Etude, brevetables ou non, y compris les logiciels, sont la propriété pleine et entière du CNRS, qui pourra déposer des brevets en son nom et à sa charge, pendant ou à la suite des travaux, dans le cadre du présent accord, pour protéger les inventions éventuelles.

Le CNRS s'engage à ce que le nom du Bénéficiaire soit mentionné (à moins que le Bénéficiaire ne s'y oppose) en accord avec les dispositions légales en vigueur. Le Bénéficiaire prêter, en toutes circonstances, son plus entier concours au CNRS pour la demande et le maintien en vigueur des dits brevets, ainsi que leur exploitation tant en France qu'à l'étranger.

Article V – Durée

Les dispositions prises dans le présent engagement s'appliquent de plein droit dès la signature du présent engagement et se prolongent pendant une période de cinq ans à compter de la fin de l'Etude.

Fait à Orsay, le

Le Bénéficiaire
(Apposer la mention "lu et approuvé", le nom et la signature)

Le directeur du LIMSI UPR 3251

► *Charte pour l'usage des ressources informatiques et de services internet*

**CHARTE POUR L'USAGE
DES RESSOURCES INFORMATIQUES
ET DE SERVICES INTERNET**

Ce texte est associé au Règlement intérieur du Laboratoire. C'est avant tout un code de bonne conduite. Il a pour objet de préciser la responsabilité des utilisateurs en accord avec la législation afin d'instaurer un usage correct des ressources informatiques et des services Internet, avec des règles minimales de courtoisie et de respect d'autrui.

1. Définitions

« Ressources informatiques » : désigne les moyens informatiques de calcul et de gestion, ainsi que ceux auxquels il est possible d'accéder à distance, directement ou en cascade à partir du réseau administré par le LIMSIS.

« Services Internet » : désigne la mise à disposition par des serveurs locaux ou distants de moyens d'échanges et d'informations diverses : Web, messagerie, forum...

« utilisateur » : désigne les personnes ayant accès ou utilisant les ressources informatiques et services Internet.

2. Accès aux ressources informatiques et services Internet

L'utilisation des ressources informatiques et l'usage des services Internet ainsi que du réseau pour y accéder ne sont autorisés que dans le cadre exclusif de l'activité professionnelle des utilisateurs, conformément à la législation en vigueur.

L'activité professionnelle est celle prévue par les statuts du GIP RENATER auquel est lié le CNRS, à savoir : les activités de recherche, d'enseignement, de développement technique, de transferts de technologie, de diffusion d'informations scientifiques, techniques et culturelles, d'expérimentations de nouveaux services présentant un caractère d'innovation technique, mais également toute activité administrative et de gestion découlant ou accompagnant ces activités.

L'utilisation des ressources partagées du LIMSIS et la connexion d'un équipement sur le réseau sont soumises à autorisation accordée par le Directeur du LIMSIS, sur proposition du responsable de Groupe. Ces autorisations sont strictement personnelles et ne peuvent en aucun cas être cédées, même temporairement, à un tiers. Ces autorisations peuvent être retirées à tout moment. Toute autorisation prend fin lors de la cessation, même provisoire, de l'activité professionnelle qui l'a justifiée.

5. Respect de la législation concernant les logiciels

Il est strictement interdit d'effectuer des copies de logiciels commerciaux pour quelque usage que ce soit, hormis une copie de sauvegarde dans les conditions prévues par le code de la propriété intellectuelle. Ces dernières ne peuvent être effectuées que par la personne habilitée à cette fin par le Directeur du LIMSIS.

Par ailleurs, l'utilisateur ne doit pas installer de logiciels à caractère ludique, ni contourner les restrictions d'utilisation d'un logiciel.

6. Préservation de l'intégrité des systèmes informatiques

L'utilisateur s'engage à ne pas apporter volontairement des perturbations au bon fonctionnement des systèmes informatiques et des réseaux, que ce soit par des manipulations anormales du matériel, ou par l'introduction de logiciels parasites connus sous le nom générique de virus, chevaux de Troie, bombes logiques... Tout travail de recherche ou autre, risquant de conduire à la violation de la règle définie dans le paragraphe précédent, ne pourra être accompli qu'avec l'autorisation du Directeur du LIMSIS et dans le strict respect des règles qui auront alors été définies.

7. Usage des services Internet (Web, messagerie, forum...)

L'utilisateur doit faire usage des services Internet dans le cadre exclusif de ses activités professionnelles. L'utilisateur doit respecter les principes généraux et les règles propres aux divers sites qui proposent des services — et se conformer à la législation en vigueur.

En particulier, l'utilisateur :

- ne doit pas se connecter ou essayer de se connecter sur un serveur autrement que par les dispositions prévues par ce serveur ou sans y être autorisé par les responsables habilités ;
- ne doit pas se livrer à des actions mettant sciemment en péril la sécurité ou le bon fonctionnement des serveurs auxquels il accède ;
- ne doit pas usurper l'identité d'une autre personne et ne doit pas intercepter de communications entre tiers ;
- ne doit pas utiliser ces services pour proposer ou rendre accessible aux tiers des données et informations confidentielles ou contraires à la législation en vigueur ;
- ne doit pas déposer des documents sur un serveur sauf si celui-ci le permet ou sans y être autorisé au préalable par les responsables habilités ;
- doit faire preuve de la plus grande correction à l'égard de ses interlocuteurs dans les échanges électroniques par courrier, forums de discussions... en respectant les règles propres au LIMSIS sur l'utilisation des différents alias ;
- n'émettra pas d'opinions personnelles étrangères à son activité professionnelle susceptibles de porter préjudice au CNRS ;
- doit s'imposer le respect des lois et notamment celles relatives aux publications à caractère injurieux, raciste, pornographique, diffamatoire.

3. Règles d'utilisation, de sécurité et de bon usage

Tout utilisateur est responsable de l'usage des ressources informatiques et du réseau auxquels il a accès. Il a aussi en charge, à son niveau, de contribuer à la sécurité générale et aussi à celle de son entité.

L'utilisation des ressources doit être rationnelle et loyale afin d'en éviter la saturation ou leur détournement à des fins personnelles.

En particulier, l'utilisateur :

- doit appliquer les recommandations de sécurité du LIMSIS ;
- doit assurer la protection de ses informations, est responsable des droits qu'il donne aux autres utilisateurs, et doit protéger ses données en utilisant les différents moyens de sauvegarde (individuels ou collectifs) du LIMSIS ;
- doit signaler au responsable « sécurité informatique » du LIMSIS toute tentative de violation de son compte et, de façon générale, toute anomalie ;
- doit suivre les règles en vigueur au sein du LIMSIS pour toute installation de logiciel ;
- choisit des mots de passe sûrs, gardés secrets et ne les communique en aucun cas à des tiers ; il modifie (ou fait modifier) régulièrement ses mots de passe ;
- s'engage à ne pas mettre à la disposition d'utilisateurs non autorisés un accès aux systèmes ou aux réseaux, à travers des matériels dont il a l'usage ;
- ne doit pas utiliser ou tenter d'utiliser des comptes autres que le sien, ne doit pas masquer sa véritable identité ;
- ne doit pas tenter de lire, modifier, copier ou détruire des données autres que celles qui lui appartiennent en propre, directement ou indirectement. En particulier, il ne doit pas modifier le ou les fichiers contenant des informations comptables ou d'identification ;
- ne doit pas quitter son poste de travail ni ceux en libre-service sans se déconnecter, en laissant des ressources ou des services accessibles.

4. Conditions de confidentialité

L'accès par les utilisateurs aux informations et documents conservés sur les systèmes informatiques doit être limité à ceux qui leur sont propres, et ceux qui sont publics ou partagés. En particulier, il est interdit de prendre connaissance d'informations détenues par d'autres utilisateurs, quand bien même ceux-ci ne les auraient pas explicitement protégées. Cette règle s'applique également aux conversations privées de type courrier électronique dont l'utilisateur n'est destinataire ni directement, ni en copie. Si, dans l'accomplissement de son travail, l'utilisateur est amené à constituer des fichiers tombant sous le coup de la loi « Informatique et Libertés », il devra auparavant — en concertations avec le Directeur du LIMSIS — en avoir fait la demande à la CNIL, en s'adressant à la Direction des Contrats et des Affaires Juridiques du CNRS (DCAJ), et en avoir reçu l'autorisation. Il est rappelé que cette autorisation n'est valable que pour le traitement défini dans la demande et pas pour le fichier lui-même.

Le LIMSIS ne pourra être tenu pour responsable des délériorations d'informations ou des infractions commises par un utilisateur qui ne se sera pas conformé à ces règles.

8. Analyse et contrôle de l'utilisation des ressources

Pour des nécessités de maintenance et des gestion technique, l'utilisation des ressources matérielles et logicielles ainsi que les échanges via le réseau peuvent être analysés et contrôlés dans le respect de la législation applicable et notamment la loi sur l'informatique et les Libertés.

9. Rappel des principales lois françaises

Il est rappelé que toute personne sur le sol français doit respecter la législation française. Le domaine informatique est régi par les textes suivants :

- La charte informatique du CNRS : www.cnr.fr/CNRS/inf/Charte331.pdf
<http://www.cnr.fr/inf/Charte331.html>
- Loi du 6 janvier 1978 dite « Informatique et Libertés » (<http://www.cnil.fr>)
- Législation relative à la fraude informatique : articles 323-5 à 323-7 du Code pénal (http://www.legifrance.gouv.fr/html/codes_lois_regit/codes_lois1.htm)
- Législation relative à la propriété intellectuelle (cf http://www.legifrance.gouv.fr/html/codes_lois_regit/codes_lois1.htm)
- Loi du 4 août 1994 relative à l'emploi de la langue française (cf. <http://www.culture.fr/vulture/9404>)
- Législation applicable en matière de cryptologie.

10. Application

La présente charte s'applique à l'ensemble des personnels, tous statuts confondus, permanents ou temporaires, utilisant les moyens informatiques du LIMSIS ainsi que les moyens auxquels il est possible d'accéder à distance directement ou en cascade à partir du réseau administré par le LIMSIS.

Cette charte sera annexée au règlement intérieur du Laboratoire, et signée par toute personne accueillie au LIMSIS et ayant accès au dit système.

Date :
Nom et prénom de l'utilisateur :
Signature :

Faire précéder de la mention manuscrite : lu et approuvé

GLOSSAIRE

Universités, écoles d'ingénieurs, organismes de recherche, organismes de financement

- ADEME : Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Énergie
- ALLISTENE : Alliance des Sciences et Technologies du Numérique
- ANCRE : Alliance Nationale pour la Coordination des Recherches en Énergie
- ANDRA : Agence Nationale pour la gestion des déchets radioactifs
- ANR : Agence Nationale de la Recherche
- CEA : Commissariat à l'Énergie Atomique et aux Énergies Alternatives
- CHIST-ERA : Réseau européen d'agences de financement
- CNAM : Conservatoire National des Arts et Métiers
- COMUE : Communauté d'Universités et Établissements
- CNRS : Centre National de la Recherche Scientifique
- CNES : Centre National d'Études Spatiales
- CS, CentraleSupélec: Etablissement résultant de la fusion de l'École Centrale de Paris et de l'École Supérieure d'Électricité, Gif-sur-Yvette
- DFG : Deutsche Forschungsgemeinschaft
- DGA : Délégation Générale pour l'Armement
- DIGITEO : Réseau Thématique de Recherche Avancée en Sciences et Technologies de l'Information et la Communication (Orsay)
- DR : Direction Régionale (CNRS), le LIMSI dépend de la DR04
- Duke University : Université Nord-Américaine située en Caroline du Nord
- ECM : École Centrale de Marseille
- ECN : École Centrale de Nantes
- ECP : École Centrale de Paris, Châtenay-Malabry
- ENPC : École National des Ponts et Chaussées, Marne-la-Vallée
- ENS : École Normale Supérieure, implantée à Paris (ENS Ulm), à Lyon (ENS Lyon), à Rennes (ENS Rennes) et à Cachan (ENS Paris-Saclay)
- ENSAM : École Nationale Supérieure des Arts et Métiers
- ENSCI les Ateliers : Ecole Nationale Supérieure de Création Industrielle
- ENSIIE : École Nationale Supérieure d'Informatique pour l'Industrie et l'Entreprise
- ENSMA : École Nationale Supérieure de Mécanique et d'Aérotechnique, Poitiers
- ENSTA : École Nationale des Techniques Avancées
- ETH-Z : École polytechnique fédérale de Zurich
- FCS : Fédération de Coopération Scientifique du plateau de Saclay
- FP7 : 7^e Programme Cadre de l'Union Européenne
- FUBA : Federacion Universitaria Buenos Aires
- FUI : Fonds Universel d'Investissement
- GdR : Groupement de Recherche CNRS
- H2020 : Horizon 2020, Programme Cadre de l'Union Européenne pour la période 2015-2020
- ERC : European Research Council, soutien d'une partie du programme H2020
- FET : Future and Emerging Technologies, du programme H2020
- RIA : Research and Innovation Action, du programme H2020
- RTN : Research Training Network, du programme H2020
- IBPC : Institut de Biologie Physico-Chimique
- ICM : Institut du Cerveau et de la Moelle Epinière
- IFSTTAR : Institut Français des Sciences et Technologies des Transports, de l'Aménagement et des Réseaux
- INP : Institut National Polytechnique, à Grenoble (INPG), à Toulouse (INPT), en Lorraine (INPL)
- INRA : Institut National de Recherche en Agronomie
- INRIA : Institut National de Recherche en Informatique et en Automatique
- INS2I : Institut des Sciences de l'Information et de leurs Interfaces (CNRS)
- INSB : Institut des Sciences Biologiques (CNRS)
- INSERM : Institut National de la Santé et de la Recherche Médicale
- INSHS : Institut des Sciences Humaines et Sociales (CNRS)
- INSIS : Institut des Sciences de l'Ingénierie et des Systèmes (CNRS)
- IRD : Institut de Recherche pour le Développement
- IRSN : Institut de Radioprotection et de Sûreté Nucléaire

- IRSTEA : Institut National de Recherche en Sciences et Technologies pour l'Environnement et l'Agriculture
- KIT : Karlsruhe Institut für Technologie, Karlsruhe
- KTH : Kungliga Tekniska Högskolan, Royal Institute of Technology, Stockholm
- ONERA : Office National d'Etudes et de Recherches Aérospatiales
- OSEO : Organisme de financement et de développement des Petites et Moyennes Entreprises
- Polytech : Réseau d'écoles d'ingénieur universitaires, implantée à U-PSud et à UPMC
- RTRA : Réseau Thématique de Recherche Avancée
- RWTH : Rheinisch-Westfaelische Technische Hochschule, Aachen
- SU : Sorbonne Université
- TAMU : Texas A&M (Agricultural and Mechanical) University
- TU-Berlin : Technische Universität de Berlin
- TU-BS : Technische Universität de Braunschweig
- UCBN : Université de Caen Basse Normandie
- UCP : Université de Cergy-Pontoise
- UEVE : Université d'Évry-Val d'Essonne
- UJF : Université Joseph Fourier (Grenoble)
- UPDD : Université Paris Denis Diderot (Paris Diderot)
- UPEMLV : Université Paris-Est Marne-la-Vallée
- UPMC : Université Pierre & Marie Curie, fusionnée en 2018 dans « Sorbonne Université »
- UPS : Université Paul Sabatier Toulouse
- UPSay : Université Paris-Saclay (voir IdEx)
- U-PSud : Université Paris-Sud
- UPVD : Université de Perpignan Via Domini
- UVSQ : Université de Versailles Saint-Quentin
- X : Ecole Polytechnique

Écoles doctorales

- EDIPS : ED427, Ecole Doctorale en Informatique de Paris-Sud (U-PSud)
- ED-STIC : ED580, Sciences et technologies de l'information et de la communication (UPSay)
- EDX : ED447, École Doctorale de l'Ecole Polytechnique
- MIPEGE : ED534, Modélisation et Instrumentation en Physique, Energies, Géosciences et Environnement (U-PSud)
- SMAER : ED391, Sciences Mécanique, Acoustique, Electronique et Robotique (UPMC)
- INTERFACES : ED 573 (UPSay)
- SMEMaG : ED579, Sciences mécaniques et énergétiques, matériaux et géosciences (UPSay)
- SSMMH, ED456, Sciences du Sport, Motricité et du Mouvement Humain (U-PSud), puis ED466, (UPSAY)
- STITS: ED422, Sciences et Technologies de l'Information, des Télécommunications et des Systèmes, (U-PSud, Supelec)

Les Investissements d'avenir

- EquipEX : Equipement d'Excellence
- Data-IA : Institut de Convergence spécialisé en sciences des données, intelligence artificielle et société (UPSay)
- DigiCosme : LabEx en Sciences du Numérique (UPSay)
- DigiScope : EquipEx, réseau de plateformes pour la visualisation (UPSay)
- IdEx : Institut d'Excellence
- IEED : Institut d'Excellence pour les Energies Décarbonnées
- IRT : Institut pour la Recherche Technologique
- ISN : Institut pour la Société Numérique, Lidex UPSay
- LabEx : Laboratoire d'Excellence
- LaSiPS : LabEx Système et Ingénierie de Paris-Saclay (UPSay)
- Lidex : projet soutenu par l'IdEx Paris-Saclay
- MEP : Mécanique, Énergétique et Procédé, département de recherche de UPSay
- MSH : Maison des Sciences de l'Homme (UPSay)
- Conseil pour l'éthique de la recherche et l'intégrité scientifique de l'Université Paris-Saclay
- STIC : Sciences et Technologies de l'Information et de la Communication, département de recherche de UPSay
- SATT (Paris-Saclay) : Société d'accélération du Transfert Technologique (UPSay)

Instances d'évaluations locales ou nationales

- CCSU: Commission Consultative de Spécialistes de l'Université
- CoNRS: Comité National du CNRS
- HCERES: Haut Conseil de l'Evaluation de la Recherche et de l'Enseignement Supérieur
- CNU: Conseil National des Universités

Emplois et Positions

- BIATSS, IATS : Bibliothécaires, ingénieurs, administratifs, techniciens, personnels sociaux et de santé
- CR : Chargé de Recherche CNRS
- DR : Directeur de Recherche CNRS
- EC : Enseignant-Chercheur
- HDR : Habilitation à Diriger des recherches, Habilité à Diriger des Recherches
- ITA : Ingénieur, Technicien ou personnel administratif CNRS
- MCF : Maître de Conférence
- PR : Professeur
- PU : Professeur d'Université
- CDD : Contrat à Durée Déterminée (Il existe au CNRS 3 types de CDD: CDD doctorants, CDD chercheurs, CDD support)
- CDI : Contrat à Durée Indéterminée

Laboratoires avec lesquels le LIMSI collabore

- ALPAGE : Analyse Linguistique Profonde A Grande Echelle, UMR INRIA-Univ. Paris Diderot
- APC : AstroParticule et Cosmologie; UMR 7164 CNRS-CEA-Observatoire de Paris-Collège de France-Univ. Paris Diderot
- CEA/DAM : Division des applications militaires du CEA
- CEA/DEN : Division de l'Energie Nucléaire du CEA
- CEA/DSM/IRFU : Institut de Recherche sur les lois Fondamentales de l'Univers
- CEA/DRT/LIST : Laboratoire d'Intégration des Systèmes et des Technologies
- CERFACS : Centre Européen de Recherche et de Formation Avancée en Calcul Scientifique, Toulouse
- CERMICS : Centre d'Enseignement et de Recherche en Mathématiques et Calcul Scientifique, ENPC-INRIA-UPPEMLV
- CETHIL : Centre de Thermique de Lyon; UMR 5008 CNRS-INSA Lyon-Univ. Claude Bernard
- CreA : Centre de Recherche de l'Armée de l'Air
- DynFluid : Laboratoire de Dynamique des Fluides, EA92 Arts&Métiers ParisTech-CNAM
- EM2C : Energétique moléculaire et macroscopique, Combustion, UPR CNRS 288, CentraleSupélec
- ER-TIM : Equipe de Recherche « Textes, Informatique et Multilinguisme », EA 2520, INALCO
- ETIS : Equipes Traitement de l'Information et Système, UMR8051 CNRS-ENSEA-Univ. Cergy-Pontoise
- FAST : Fluides, Automatique, Systèmes Thermiques; UMR 7608 CNRS-UPMC-U-PSud
- G2Elab : Grenoble Génie Electrique, UMR 5269 CNRS UJF
- GEM : Institut de Recherche en Génie Civil et Mécanique, UMR6183 CNRS-ECN-Univ. Nantes
- GEEPS : Génie électrique et électronique de Paris, UMR 8507 CNRS-Supelec-U-PSud-UPMC
- GIPSA-LAB : Grenoble Images Parole Signal Automatique, UMR 5216 CNRS-Univ. de Grenoble
- GREYC : Groupe de Recherche en Informatique, Image, Automatique et Instrumentation de Caen, UMR 6072, CNRS-UCBN-ENSICAEN
- IBISC : Laboratoire d'Informatique, Biologie Intégrative et Systèmes Complexes; EA 4526, UEVE ENSIIE
- ICJ : Institut Camille Jordan, UMR5208 CNRS-Univ. Claude Bernard
- IEF : Institut Electronique Fondamentale, UMR 8622 CNRS- U-PSud
- IJLRA : Institut Jean Le Rond d'Alembert; UMR 7190 CNRS- UPMC
- IMFT : Institut Mécanique des Fluides de Toulouse; UMR 5502 CNRS-INPT-UPS
- IPAL : Image & Pervasive Access Lab UMI 2955 CNRS – IMT – UPMC- UJF – National University of Singapore
- IPNO: Institut Physique Nucléaire d'Orsay, UMR CNRS – U-PSud
- IR4M : Imagerie par Résonance Magnétique Médicale et Multi-Modalités, UMR 8081 CNRS-U-PSud
- IRBA : Institut de Recherche Biomédicale des Armées (Brétigny sur Orge)
- IRCAM: Institut de Recherche et Coordination Acoustique/Musique
- IRISA: Institut Recherche en Informatique et Systèmes Aléatoires, UMR 6074 CNRS-Univ. Rennes-INSA-INRIA
- IRIT: Institut de Recherche en Informatique de Toulouse, UMR 5505 CNRS-UPS-INPT
- IRPHE : Institut de Recherche sur les Phénomènes Hors Equilibre, UMR 7342 CNRS-Univ. Aix-Marseille, ECMarseille
- ISTerre : Institut des Sciences de la Terre UMR 5275 CNRS-UJF-UdS-IRD-IFSTTAR
- LadHyX : Laboratoire d'Hydrodynamique de l'Ecole Polytechnique, UMR 7646 CNRS-X
- LAC : Laboratoire Aimé Cotton, UMR 9188 CNRS-U-PSud
- LAUM : Laboratoire d'Acoustique de l'Université du Maine, UMR6613 CNRS-Univ. du Maine
- LaSIE : Laboratoire des Sciences de l'Ingénieur pour l'Environnement, UMR7356 CNRS-Université de La Rochelle
- LBT : Laboratoire de Biochimie Théorique, UPR CNRS 9080
- LEMTA : Laboratoire d'Energétique et de Mécanique Théorique et Appliquée; UMR 7563 CNRS-Univ. Lorraine
- LGEP : Laboratoire de Génie Electrique de Paris ; UMR 8507 CNRS-Supelec-U-PSud-UPMC (devenue GEEPS en 2015)
- LGPM : Laboratoire de Génie des Procédés et Matériaux EA4038, CentraleSupélec

- LIF : Laboratoire d'Informatique Fondamentale de Marseille UMR 7279 CNRS-Univ. de la Méditerranée-Univ. de Provence (fondu dans le LIS en 2018)
- LIFO : Laboratoire d'Informatique Fondamentale d'Orléans, EA 4022 Univ.Orléans-ENSI de Bourges
- LIG : Laboratoire d'Informatique de Grenoble ; UMR 5217 CNRS-UJF-INPG
- LIM : Laboratoire d'Informatique Médicale, Univ. Rennes
- LIMMS : Laboratory of Intergrated Micro Mecatronic Systems, Unité Mixte Internationale CNRS-Université de Tokyo
- LINA : Laboratoire d'Informatique de Nantes Atlantique, UMR 6241 CNRS-Univ. Nantes (fondu dans le LS2N en 2017)
- LIP6 : Laboratoire d'Informatique de l'UPMC, UMR 7606 CNRS-UPMC
- LIPN : Laboratoire d'Informatique de Paris- Nord, UMR 7030 CNRS-Univ. Paris Nord
- LIS : Laboratoire d'Informatique et des Systèmes; UMR 7020, CNRS- Aix-Marseille Université- Univ. Toulon
- LISV : Laboratoire d'Ingénierie des Systèmes de Versailles; EA 4048, UVSQ
- LIUM : Laboratoire d'Informatique de l'Université du Maine, EA 4023
- LIX : Laboratoire d'Informatique de l'X; UMR 7161, CNRS Ecole Polytechnique
- LJAD : Laboratoire Jean-Alexandre Dieudonné, UMR 7351 CNRS-Univ. Nice Sophia-Antipolis
- LML: Laboratoire de Mécanique de Lille, UMR 8107, CNRS-Univ. Lille-ECL
- LMEE : Laboratoire de Mécanique et d'Energétique d'Evry, EA 3332 UEVE
- LMO : Laboratoire de Mathématiques d'Orsay UMR 8628 CNRS-U-PSud
- LORIA : Laboratoire Lorrain de Recherche en Informatique et ses Applications, UMR 7503 CNRS-Univ. de Lorraine-INRIA
- LPED : Laboratoire Population Environnement Développement, UMR 151 IRD-Univ Aix-Marseille
- LPGP : Laboratoire de Physique des Gaz et des Plasmas, UMR 8578, CNRS-U-PSud, Supelec
- LPICM : Laboratoire de Physique des Interfaces et des Couches Minces, UMR 7647 CNRS-X
- LPL : Laboratoire Parole et Langage, UMR 7309 CNRS-Univ. de Provence
- LPNCog : Laboratoire de Psychologie et Neuropsychologie Cognitives, FRE 3292 CNRS-Univ. Paris Descartes
- LPP : Laboratoire de Phonétique et de Phonologie, UMR 7018, CNRS-Univ. Sorbonne Nouvelle
- LPS : Laboratoire de Physique des Solides, UMR 8502 CNRS-U-PSud
- LRI : Laboratoire de Recherche en Informatique; UMR 8623 CNRS-U-PSud
- LSPM : Laboratoire des Sciences des Procédés et des Matériaux; UMR 3407 CNRS, Univ. Paris-Nord
- LS2N : Laboratoire des Sciences du Numérique de Nantes; UMR 6004 CNRS- Univ. de Nantes
- LSV : Laboratoire Spécification et Vérification; UMR8643, CNRS-ENS Paris-Saclay
- LTCI: Laboratoire Traitement et Communication de l'Information, UMR 5141 CNRS-Telecom ParisTech (jusqu'en 2016).
- LUTH : Laboratoire Univers et Théories, Observatoire de Paris, UMR8102 CNRS-Univ. Paris Diderot
- L2S : Laboratoire des Signaux et Systèmes, UMR 8506, CNRS-CS-U-PSud
- MAP : Modèles et simulations pour l'Architecture et le Patrimoine UMR 3495 CNRS-MCC
- MIG : Mathématique, Informatique et Génome, Unité INRA
- M2P2 : Laboratoire de Mécanique, Modélisation et Procédés Propres, UMR6181 CNRS-Univ. Aix Marseille
- MODYCO : Modèles, Dynamiques, Corpus, UMR 7114 CNRS-Univ. Paris Ouest
- MSC : Matière et Systèmes Complexes, UMR 7057 CNRS-UPDD
- MSME : Laboratoire de Modélisation et Simulation Multi-Echelles, UMR 8208 CNRS-Univ. Marne la Vallée
- PIMENT : Laboratoire de Physique et d'Ingénierie Mathématique pour l'Energie et l'Environnement, Univ. La Réunion
- PMMH : Physique et Mécanique des Milieux Hétérogènes, UMR 7636, CNRS-ESPCI-UPMC-UPDD
- PMF : Physique et Mécanique des Fluides, LIA franco-argentin
- PPRIME : Pôle Poitevin de Recherche et Ingénierie en Mécanique et Energétique; UPR CNRS 3346, ENSMA, Univ de Poitiers
- PRISME : Laboratoire Pluridisciplinaire de Recherche Ingénierie des Systèmes, Mécanique et Energétique, EA 4229 Université d'Orléans et INSA Centre Val de Loire
- PROMES : Laboratoire Procédés, Matériaux et Energie Solaire: UPR CNRS 8521, UPVD
- SAMOVAR : Services répartis, Architectures, MODélisation, Validation, Administration des Réseaux; UMR5157 CNRS-TELECOM SudParis
- SATIE : Systèmes et Applications des Technologies de l'Information et de l'Energie ; UMR 8029 CNRS-ENS Paris Saclay-CNAM Paris-UCP
- SFL : Structures Formelles du Langage UMR 7023, CNRS-U Paris8

Miscellanées

- AP : Assistant de Prévention
- CCNE : Comité National Consultatif d'Ethique
- CERNA : Commission de réflexion sur l'Éthique de la Recherche en sciences et technologies du • Numérique d'Allistene
- CIL : Correspondant « Informatique et Liberté »

- CNIL : Commission Nationale de l'Informatique et des Libertés
- COMETS : Comité d'Ethique du CNRS
- CSSI : Chargé de la Sécurité des Systèmes d'Information
- ERR : Etablissement à Régime Restrictif
- FSD : Fonctionnaire Sécurité et Défense (CNRS)
- HFDS : Haut Fonctionnaire de Défense et de Sécurité (Ministère)
- PEPS : Projets Exploratoires Premier Soutien (CNRS)
- PSSI : Politique de Sécurité des Systèmes d'Information
- ZRR : Zone à Régime Restrictif



ÉQUIPE 1 : AERO

AÉRODYNAMIQUE, TURBULENCE ET CONTRÔLE

Responsable : Bérengère Podvin

I - Présentation de l'équipe

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.

Au cours de la période 2013-2018, 1 CR (D.Sciamarella → UMI) et 1 MCF (L. Pastur, en détachement à l'IMSIA depuis le 1^{er} septembre 2017) ont quitté l'équipe. 2 DR (D. Lucor et B. Noack) et 1 CR (O. Semeraro) l'ont rejointe.

Effectifs : Permanents

Nom	Prénom	Position	HDR	Organisme	Arrivée	Départ
Daru	Virginie	MCFHC		ENSAM	09/03/2001	
Le Maitre	Olivier	DR2	x	CNRS	10/01/2007	
Lucor	Didier	DR2	x	CNRS	10/01/2015	
Lusseyran	François	DR2	x	CNRS	04/03/2000	
Mathelin	Lionel	CR1		CNRS	10/01/2003	
Noack	Bernd	DR2	x	CNRS	01/01/2016	
Pastur	Luc	MCF	x	U-Paris-Sud	09/01/2004	01/09/2017
Pellerin	Stéphanie	MCF		U-Paris-Sud	10/01/1997	
Podvin	Bérengère	CR1	x	CNRS	10/01/1998	
Sciamarella	Denisse	CR1		CNRS	10/01/2002	01/08/2017
Semeraro	Onofrio	CR		CNRS	01/12/2017	
Tenaud	Christian	DR2	x	CNRS	15/09/1992	

Non-permanents (doctorants et CDD)

Nom	Prénom	Statut	Début de thèse	Fin de thèse
Acharya Neelavara	Shreyas	Doctorant	01/10/2013	18/01/2017
Ben Hassan Saidi	Ismail	Doctorant	01/11/2016	
Cheng	Sibo	Doctorant	01/01/2018	
Cornejo Maceda	Guy Yoslan	Doctorant	01/10/2017	
Douay	Christelle	Doctorant	01/10/2010	04/06/2014
Gueniat	Florimond	Doctorant	01/10/2010	06/12/2013
Hong	Ye	Doctorant	01/10/2016	
Jiang	Nan	Doctorant	22/05/2018	
Kasper	Kévin	Doctorant	01/11/2013	12/10/2016
N'Guessan	Marc-Arthur	Doctorant	01/12/2016	
Puscas	Maria Adela	Doctorant	13/10/2011	09/10/2014
Rizi	Mohamed-Yazid	Doctorant	01/09/2011	19/06/2015
Tuerke	Florian	Doctorant	10/12/2012	07/04/2017
Nom	Prénom	Statut	Arrivée	Départ
Basley	Jérémy	Post-Doc	09/12	08/13
Bucci	Michele Alessandro	Post-Doc	04/18	09/19
Derebail Muralidhar	Srikanth	CDD	06/17	05/17
Reyt	Ida	Post-Doc	11/12	09/13
Rouillon	Thomas	Post-Doc	02/13	07/13

II - Bilan scientifique

Les activités de recherche du groupe Aérodynamique instationnaire s'organisent autour de quatre axes : (i) les méthodes numériques avancées et le calcul haute performance pour la simulation précise et efficace, (ii) la quantification d'incertitudes, qui permet d'évaluer de manière objective la sensibilité de l'écoulement aux incertitudes paramétriques (iii) la 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 et (iv) le contrôle, avec une approche qui va de la conception de nouveaux outils mathématiques jusqu'à la mise en œuvre d'un démonstrateur expérimental réaliste.

(i) En ce qui concerne les 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.

(ii) En ce qui concerne les quantification d'incertitude, 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.

(iii) En ce qui concerne l'analyse de la dynamique, des méthodes de caractérisation avancées 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, l'aérodynamique du jet glottique et le canal plan turbulent.

(iv) En ce qui concerne le 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, avec des applications comme la génération de conditions aux limites synthétiques ou le contrôle des écoulements décollés.

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 (KAUST, University of Washington, TU_Braunschweig, TU-Berlin, Florida State University, Harbin Institute of Technology, Poznan Institute of Technology), et s'est aussi investi dans le LIA franco-argentin PMF qui a pris fin en 2017.

Thème 1 - Méthodes Numériques Avancées et Calcul Haute Performance

V. Daru, Y. Fraigneau (P2I), O. Le Maître, D. Lucor, F. Lusseyran, L. Mathelin, Bernd Noack, L. Pastur, **C. Tenaud**

► Méthodes numériques

La simulation des écoulements nécessite des outils dédiés et le groupe AERO a une longue tradition de développement de méthodes spécialement conçues et adaptées à des applications spécifiques.

- **Problèmes d'interaction fluide-structure (V. Daru, C. Tenaud et A. Pusca)**

En collaboration avec le CEA-DAM et le CERMICS-ENPC, nous avons développé un nouveau schéma de couplage pour l'interaction fluide-structure de corps déformables dans un écoulement compressible (thèse de A. Puscas). L'objectif est de simuler des dynamiques rapides, transitoires, telles que l'impact d'ondes de chocs sur une structure, avec éventuellement une fracturation de la structure conduisant à sa destruction. Pour traiter les situations d'impact ou de fracturation des domaines solides, nous avons développé une méthode reposant sur des domaines fictifs : le fluide est résolu sur un maillage eulérien fixe, auquel se superpose un domaine solide avec une description Lagrangienne. En utilisant une méthode de frontières immergées, nous avons établi un nouvel algorithme de couplage entre un fluide parfait en écoulement compressible et une structure tridimensionnelle en mouvement, capable de se fracturer (*voir illustration 1*). Pour les solveurs physiques, nous utilisons une méthode de volumes finis dans le fluide et une méthode d'éléments discrets pour le domaine solide. Une attention particulière a été accordée au traitement géométrique afin d'assurer la consistance et la conservation des méthodes numériques. La combinaison de la méthode de frontières immergées pour le domaine fluide fictif et la stratégie de couplage assure ainsi la conservation de la masse, de la quantité de mouvement et de l'énergie du système solide-fluide. La méthode présente également des propriétés de consistance, telle que l'absence de rugosité numérique sur les parois rigides. Des cas tests bien documentés ont été utilisés pour mettre en évidence l'efficacité et la robustesse de la méthode [Puscas et al. J. Comp. Phys 296, (2015)] [Puscas et al. IJNME, 103 (2015)].



Illustration 1 : Explosion au sein d'un cylindre : champ de densité dans le fluide et distribution de la contrainte normale dans le cylindre discrétisé avec 50 particules. État initial (à gauche) et après 24.4 ms (à droite) montrant le système d'ondes complexe et la fracturation du cylindre. Travail en collaboration entre le CEA-DAM, le CERMICS-ENPC et le LIMSI-CNRS.

- Analyse Multi-Résolution (C. Tenaud)

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. En associant une technique MRA à un schéma de haute précision couplé temps/espace, nous avons montré que nous pouvions représenter avec fidélité les mécanismes fondamentaux en Mécanique des Fluides tout en obtenant des gains significatifs en temps et en mémoire (Illustration 2) [C. Tenaud et al. Computers & Fluids, 120 (2015)]. Un logiciel nommé MR_CHORUS (sous licence déposée DI 03760-01), basé sur la technique MRA couplée aux schémas OSMP développés au LIMSI, a été écrit pour effectuer des DNS d'écoulements compressibles instationnaires. Ce logiciel a commencé à diffuser dans la communauté CFD et a permis de prolonger le travail initial pour s'intéresser aux écoulements réactifs dans lesquels les fronts de flamme sont bien localisés dans l'espace (projet MUSE, RTRA DIGITEO). En associant la MRA à une adaptation temporelle basée sur une estimation d'erreur grâce à une séparation (splitting) d'opérateurs, nous avons pu résoudre des modèles complets (convection, réaction, diffusion) incluant toutes les échelles de temps et d'espace dans une précision prescrite, en considérant de grands domaines de simulation avec des ressources informatiques conventionnelles, sans que le pas de temps soit restreint par les échelles les plus rapides du terme source ou par les contraintes de stabilité des étapes diffusives mais seulement par la physique du phénomène.

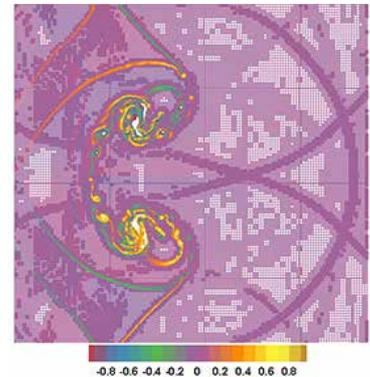


Illustration 2 – Interaction entre une onde de choc à Mach=2 et une bulle de haute densité à un temps sans dimension $t = 0.8$: Contours de vorticité (couleurs) superposés au maillage adapté à la solution. Le maillage est raffiné au voisinage des ondes et dans les régions de haute vorticité.

Néanmoins, pour mieux rendre compte des phénomènes rencontrés en combustion et en écoulements diphasiques (transferts aux interfaces, interfaces réactives, ...), il est nécessaire d'étendre les méthodes MRA aux régimes « faible Mach ». En particulier, l'application à la combustion et aux plasmas est actuellement traitée dans le projet LaSIPS/LMH NEMESYS, en collaboration avec EM2C/Centrale-Supélec et CMAP/X. 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 co-localisés, non-conformes, évoluant dynamiquement en temps et en espace (Thèse de Marc-Arthur N'Guessan, CMAP-X). En suivant une procédure d'Uzawa et en articulant correctement la résolution des équations avec la procédure MRA, nous avons montré le très bon comportement de l'algorithme complet sur des cas tests représentatifs de la physique recherchée [M-A N'Guessan et al, 44^{ème} CANUM (2018)].

- Hémodynamique (D. Lucor)

Les modèles numériques personnalisés pour la biologie et le domaine biomédical doivent répondre à la double demande d'une précision et d'une robustesse accrues tout en étant suffisamment réactifs et faciles à calibrer. Dans ce cadre, un solveur hémodynamique approché pour la propagation dynamique d'ondes de pouls dans un réseau artériel distribué 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 h/p, avec une discrétisation temporelle explicite du second ordre. Cela assure de faibles erreurs numériques et un temps de calcul raisonnable pour un réseau d'une centaine d'artères. L'implémentation propose un choix varié de conditions aux limites en entrée/sortie du réseau, en particulier pour la modélisation des tissus artériels fins distaux. Le code est implémenté pour mener des études paramétriques en parallèle, notamment pour la quantification des incertitudes.

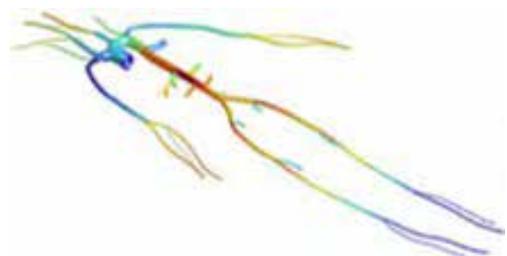


Illustration 3
Pression totale dans le réseau à un moment du cycle cardiaque.

► 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 des dernières années le groupe a notamment produit des bibliothèques numériques :

- **Dynamical Modes Decomposition (L. Mathelin et F. Guéniat)**

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) est proposée librement sous licence CeCILL.

- **Bibliothèques pour le contrôle des écoulements (B. Noack)**

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 LIMSIS 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.

- **Extraction de structures cohérentes (F. Lusseyran, L. Pastur, and F. Guéniat)**

La détection et le suivi des structures cohérentes lagrangiennes demande de fortes capacités de calcul. En appliquant la technique des exposants à temps fini de Lyapunov (FTLE), les taux d'expansion et de contraction des trajectoires ont été déterminés au cours de la thèse de F. Guéniat. La détection et le suivi de ces structures est une tâche intensive en calcul, qui requiert le traitement de données massives. Un algorithme optimisé, s'appuyant sur une configuration hybride CPU/GPU, a été mise en oeuvre pour le calcul FTLE de champs de vitesse 2D et 3D. L'optimisation a été mise en oeuvre en deux étapes : (i) une étape de vectorisation en suivant le modèle SIMD qui a conduit à une réduction du temps de calcul d'un facteur 1000 (*voir illustration 4 a*) (ii) le déport du calcul des mps sur une unité GPU qui a conduit à une amélioration d'un facteur 10 (*illustration 4b*). Les calculs sont effectués sur un portable et les performances sont encore améliorées par l'utilisation d'un software dédié.

► Calcul Haute Performance

L'évolution constante des architectures de calcul nécessite une recherche constante pour optimiser les outils de simulation et explorer de nouveaux algorithmes adaptés aux contraintes des futures machines.

- **Calcul parallèle sur architecture hybride (O. Le Maître, Y. Fraigneau-P2I)**

L'émergence de plateformes avec des architecture hybrides GPU/CPU requiert une adaptation des codes de simulation afin d'exploiter de manière optimale les nouvelles ressources de calcul disponibles. En collaboration avec Marc Baboulin du LRI (Orsay), la parallélisation sur des architectures hybrides du code SUNFLUIDH, qui résout les équations de Navier-Stokes faiblement compressibles sur des maillages structurés, a été réalisée. La parallélisation s'appuie sur une approche classique de décomposition de domaine, avec distribution sur de multiples noeuds GPU, et une résolution locale multi-thread avec une accélération GPU. La parallélisation des modules principaux du code a conduit à une amélioration significative des performances, notamment grâce au GPU. Le projet a bénéficié du soutien de Digiteo grâce à un contrat doctoral (Y. Wan, 2012-2015, co-directeurs M. Baboulin (LRI) and O. Le Maître).

- **Résilience et calcul *exascale* (O. Le Maître)**

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 (*voir illustration 4*). Ils ont été implémentés et testés sur des machines avec plus de cent mille cœurs de calcul [Rizzi et al. Parallel Comp., (2017)]. L'algorithme a été ensuite étendu au cas des équations elliptiques stochastiques [Mycek et al. Comp. Phys. Comm., (2017)].



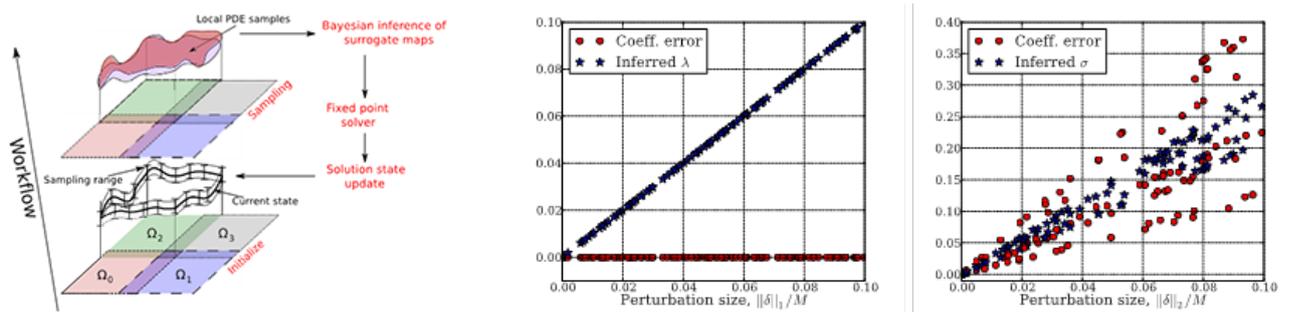


Illustration 4

Principe de la décomposition de domaine (à gauche), identifications robuste (au centre) et non-robuste (à droite) de données erronées.

- **Décomposition de domaine pour les problèmes stochastiques (O. Le Maître)**

En collaboration avec Duke University, la King Abdullah University of Science and Technology et Sandia, 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 4). L'approche utilise des approximations locales par polynômes de chaos des opérateurs de Dirichlet sur chaque sous-domaine. La convergence numérique de la méthode et son passage à l'échelle ont été étudiés et démontrés pour une utilisation de plusieurs centaines de processeurs [Contreras et al. J. Scient. Comp., (2018)].

Thème 2 : Quantification des incertitudes

O. Le Maître, D. Lucor, et L. Mathelin

La quantification des incertitudes, thème nouvellement apparu au sein du groupe AERO, concerne principalement les problématiques de propagation et de mise à jour ou de réduction.

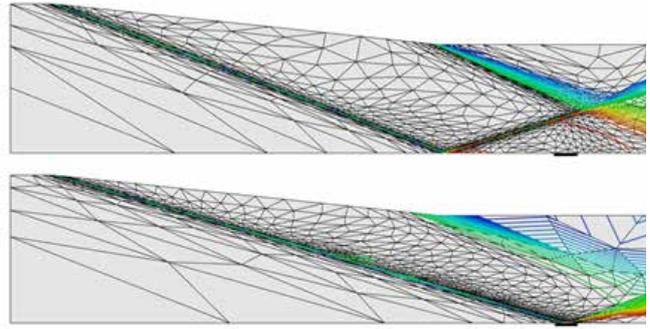
► Propagation d'incertitudes

Sur la problématique de propagation, où on s'intéresse à l'incertitude de prédiction induite par des incertitudes sur les données (paramètres) de la simulation, nous avons développé des approches méthodologiques originales, principalement dans le cadre des méthodes dites non-intrusives, c'est-à-dire basées sur l'emploi de codes en boîte noire. Nos travaux ont particulièrement visé les modèles présentant un comportement fortement non-linéaire vis-à-vis des paramètres incertains et la propagation en haute dimension avec de nombreux paramètres incertains. L'objectif est de concevoir des méthodes robustes, flexibles et précises, tout en optimisant le coût numérique de la propagation.

Concernant les aspects d'efficacité numérique, nous avons notamment exploré les techniques d'adaptation dans l'espace stochastique [Le Maître and Knio, Handbook of Uncertainty Quantification, (2016)]. Le contrôle de la précision du solveur déterministe a aussi été considéré en lien avec l'approximation paramétrique. De nouvelles techniques de projection régularisées et pénalisées ont été proposées pour le cas de simulations bruitées ou/et erronées, en s'appuyant sur le couplage de techniques d'apprentissage automatique-via des validations croisées- et des techniques de représentations parcimonieuses [Van Langenhove et al., Int. J. Unc. Quant, (2015)]. On retiendra également le développement d'une stratégie novatrice d'adaptation du contrôle d'erreur pour les équations aux dérivées partielles stochastiques, qui équilibre les erreurs de discrétisation déterministe et stochastique (paramétrique). Un indicateur d'erreur, basé sur le problème adjoint, est utilisé dans l'espace physique alors que, dans l'espace paramétrique, un indicateur d'erreur explicite est employé. Dans le cadre d'une discrétisation continue basée sur la métrique de Riemann, les discrétisations optimales sont recherchées à la fois dans les espaces physique et paramétrique, de sorte que les statistiques de la quantité d'intérêt sont obtenues plus efficacement [Van Langenhove et al., JCP, (2018)], cf. Illustration 5. Toujours pour l'efficacité numérique, on retiendra aussi la construction adaptative de formules de quadrature creuses [Winokur et al., J. Sci. Comp, 68 (2015)], pour la haute dimension paramétrique, et une technique de collocation stochastique sur grille creuse, utilisant un schéma d'adaptation basé sur l'analyse de sensibilité globale de la quantité d'intérêt [Resmini et al., Int. J. Num. Meth. Eng, (2016)].

Illustration 5

Contrôle de l'erreur d'approximation la pression intégrée sur le segment noir à la paroi inférieure, dans un écoulement d'Euler à l'entrée d'un scramjet en présence d'incertitudes opérationnelles et géométriques : différentes adaptations de maillage pour deux réalisations des paramètres incertains (e.g. nombre de Mach amont 3.5 (haut) et 5.5 (bas)). L'adaptation anisotrope est automatiquement optimisée en fonction de la quantité d'intérêt et permet de diminuer le coût de calcul global en s'appuyant sur des discrétisations déterministes à faible nombre de mailles en équilibrant l'erreur de calcul.



Concernant les modèles présentant de grandes non-linéarités vis-à-vis des paramètres incertains, on notera les approximations stochastiques par polynômes itérés [Poëtte et al., SIAM J. Num. Ana, (2015)], développées pour les discontinuités liées aux systèmes de lois de conservation. Ces travaux se poursuivent avec notamment les approximations polynomiales de systèmes d'hydraulique fluviale et des écoulements en eaux peu profondes, en contexte incertain, afin d'améliorer la qualité des prévisions de hauteur d'eau pour la gestion des ressources et des risques d'inondation [El Moçayd et al., Environmental Modeling & Assessment (2017)]. Plus généralement, les méthodes de pré-conditionnement stochastiques [Alexanderian et al., J. Sci. Comp. (2014)] ont été étendues, avec récemment l'introduction de projections pré-conditionnées par level-set et l'apprentissage de dictionnaire de fonctions stochastiques pour la sélection parcimonieuse de la base de projection.

Des développements ont aussi concerné les méthodologies de type intrusives. Par exemple, une approche de pré-conditionnement en temps a été appliquée dans le cadre des projections de Galerkin, pour la résolution d'écoulements incertains périodiques [Schick et al., SIAM Review 58, (2016)]. L'utilisation d'approximation de faible rang a aussi été étudiée pour les équations de Navier-Stokes incertaines, en étendant les idées des décompositions propres généralisées (PGD) pour la prise en compte de la contrainte d'incompressibilité [Tamellini et al., SISC, (2014)].

► Analyses de sensibilité.

Un des objectifs principaux de la propagation des incertitudes est de réaliser des analyses de sensibilité qui servent la prise de décision. Les outils développés au laboratoire ont été utilisés pour mener diverses analyses de sensibilité en collaboration avec des partenaires proposant des applications différentes. On mentionnera entre autres des études de sensibilité dans les réseaux artériels [Dumas et al., J. Biomech. Eng, (2017)], [Brault et al., Int. J. Num. Meth. Biomed. Eng., (2017)], dans l'étude de la coagulation sanguine et thrombose, 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)] (cf. Illustration 6) et dans la propagation acoustique d'infrasons dans une atmosphère incertaine (soumise à des phénomènes aléatoires tels que les ondes de gravité).

Pour la caractérisation de la sensibilité, les principales avancées de ces 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'incertitudes paramétriques [Le Maître et al., Rel. Eng. Sys. Saf, 135, (2015)]. Ces idées ont été étendues pour proposer une approche originale de la décomposition de la variance adaptée aux simulateurs stochastiques ayant des dynamiques intrinsèquement aléatoires [Navarro Jimenez et al., J. Chem. Phys., 145, (2017)].

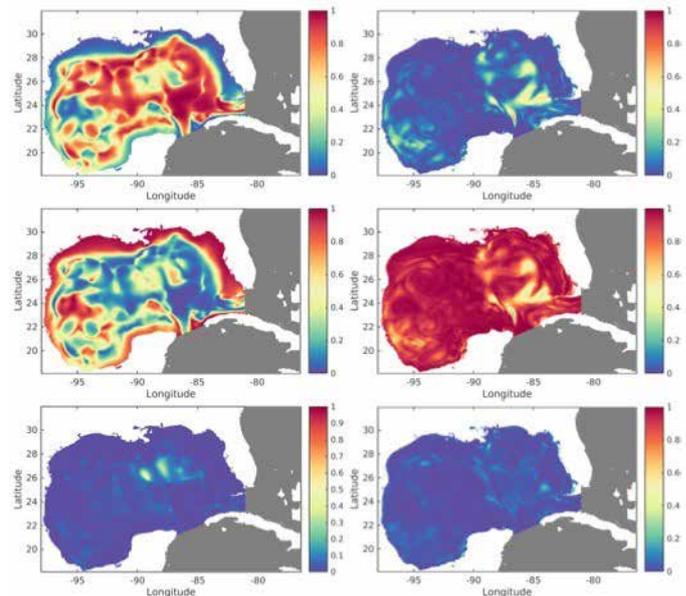


Illustration 6 - Indices de sensibilité caractérisant les incertitudes sur la hauteur de la surface de l'océan (gauche) et l'épaisseur de couche de mélange (droite), de la circulation océanique dans le Golfe du Mexique. De haut en bas: fraction de variance dues à l'incertitude des données initiales, aux forçages du vent et aux effets combinés des deux sources.

► Inférence et assimilation

Les approches d'inférence et d'assimilation, qui sont naturellement liées à la propagation des incertitudes, ont fortement émergé au cours de ces dernières années. L'objectif de ces approches est d'intégrer toutes les informations disponibles et provenant de différentes sources (expérimentale, numérique, expertise, ...), souvent imparfaites et bruitées, pour réduire les incertitudes de prédiction. En assimilation de données, le but est de caractériser l'état d'un système complexe et de prédire son évolution. L'inférence bayésienne concerne plus spécifiquement l'inférence (ou calibration) des paramètres incertains des modèles.

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 a été ici de capitaliser le savoir-faire développé au cours des dernières années en techniques de quantification d'incertitudes pour traiter efficacement et plus finement des problèmes d'inférence et d'identification dans des modèles complexes et numériquement coûteux. Concrètement, on notera la construction de méta-modèles, remplaçant le solveur direct et séquentiellement adaptés à la distribution postérieure des paramètres [D. Lucor et al., SIAM Conf. Unc. Quant., (2016)], [Lucor et Le Maître, ESAIM: Proc.(2018)], le traitement efficace d'hyper-paramètres [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.

La réduction des incertitudes par assimilation des données, en particulier via des algorithmes de type filtrage pour l'estimation dynamique des paramètres et état d'un système, a été proposée pour des problèmes dont les quantités d'intérêt sont associées à des incertitudes morphologiques et topologiques, par exemple des fronts (e.g. dans le cas de modèle de réaction-diffusion, équation eikonale, ...). La stratégie d'estimation proposée s'inspire des techniques de traitement d'images pour la segmentation automatique d'objets (cf. terme d'ajustement de données de Chan-Vese conduisant à un problème de minimisation). L'idée est de formuler une mesure de distance entre prédiction et observation, sous forme d'un filtre de Luenberger qui stabilise l'erreur entre les fronts observés et simulés. L'opérateur d'observation apparaît alors sous la forme d'un terme de correction/contrôle supplémentaire dans l'équation. Cette mesure est ensuite incorporée dans un cadre d'assimilation de données qui a été testé avec succès [Rochoux et al. ESAIM: Proceedings and Surveys, (2018)].

Concernant les domaines d'application de ces travaux en assimilation et inférence, ils se concentrent sur la modélisation et simulation multi-physiques du vivant et la prédiction et la gestion des écoulements environnementaux. Par exemple, nos travaux ont porté sur des problèmes d'inférence et d'assimilation de données pour la simulation des feux de forêts [Rochoux et al. ESAIM: Proceedings and Surveys, (2018)], la personnalisation de la modélisation hémodynamique d'un patient [Dumas et al., J. Biomech. Eng, (2016)], l'incertitude de forme en aéroélasticité [Nitschke et al. J. of Fluids and Structures, (2017)], des problèmes d'élasticité en biomécanique [Dutta et al., PMB, (2015)], [Contreras et al., PEM, (2016)] et en modélisation océanique [Siripatan et al., Ocean Dyn., (2017)].

Thème 3 – Analyse de la Dynamique

F. Lusseyran, L. Pastur, S. Pellerin, B. Podvin, D. Sciamarella, C. Tenaud en collaboration avec N. Delprat (AA), A. Sergent (ETCM), Y. Fraigneau (P2I)

Doctorants et chercheurs post-doctorants : C. Douay, F. Tuerke, O. Semeraro, S. Derebail Muralidhar

Ce thème transversal associe des compétences du groupe AERO, en simulation numérique, en expérimentation et en traitement du signal permettant d'aborder la description des instationnarités spatio-temporelles caractéristiques des écoulements. L'étude de l'impact des conditions aux limites sur les caractéristiques des écoulements présente un grand intérêt pour les applications. Nous résumons ci-dessous les résultats principaux obtenus ainsi que les développements méthodologiques ayant permis la caractérisation.

► Décomposition spatio-temporelle de l'écoulement turbulent dans un canal plan (B. Podvin, L. Mathelin, S. Derebail Muralidhar)

Nous avons analysé une base de données de simulations du canal plan résolue en temps et en espace et extrait les caractéristiques spatio-temporelles du signal avec un nouveau type de décomposition. Les modes les plus énergétiques ont été comparés aux modes obtenus avec une décomposition classique. Un temps caractéristique associé à la régénération des structures cohérentes a été mis en évidence. Les budgets d'énergie turbulente ont été étudiés dans le contexte de la nouvelle décomposition. Ce travail a été réalisé dans le cadre d'un projet CDS (Center for Data Science) par S. Derebail Muralidhar (Post-Doc). Un article a été soumis.



- PinBall fluide: Evolution de la dynamique du sillage par bifurcations successives (F. Lusseyran, B. Noack, L. Pastur)

Sous la dénomination «PinBall fluide», on entend la configuration générée par 3 cylindres placés au sommet d'un triangle équilatéral dans un écoulement uniforme. Sur la route conduisant le sillage de l'état stationnaire au chaos, le système transite d'abord via une bifurcation de Hopf vers un régime oscillant de lâchers tourbillonnaires, puis selon une bifurcation fourche qui brise la symétrie du champ moyen. Nous avons proposé un modèle d'ordre réduit à 3 degrés de liberté dans le régime oscillant qui reproduit de façon satisfaisante les dynamiques transitoire et finale (*Illustration 7*), et sommes sur le point de proposer un modèle réduit à 5 degrés de liberté dans le régime secondaire oscillant asymétrique.

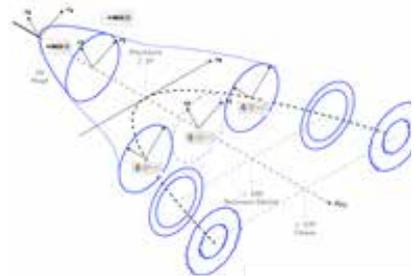


Illustration 7 - Diagramme des bifurcations successives de la dynamique du sillage

- Écoulement sanguin tridimensionnel et instationnaire dans le ventricule gauche du cœur (D. Lucor)

L'amélioration du modèle de la valve mitrale utilisée dans les modèles numériques passe par la définition d'une condition aux limites (d'entrée) du domaine cardiaque qui prend en compte la dynamique d'ouverture et de fermeture de la valve mitrale, qui n'est pas représentée par un simple orifice circulaire mais a une forme et une surface physiologiquement plus proche de la réalité.

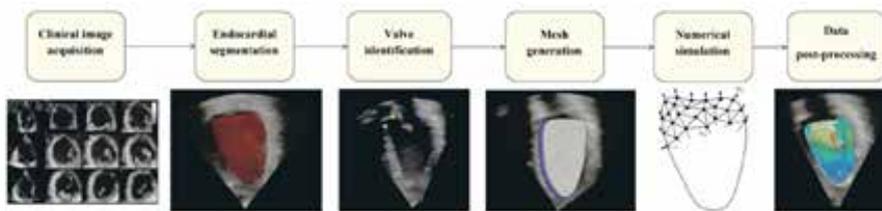


Illustration 8

Différentes étapes de la simulation depuis l'acquisition par imagerie médicale echo-doppler, la segmentation jusqu'à la simulation du calcul Navier-Stokes 3D ALE instationnaire.

- Dynamique d'un jet turbulent transsonique (O. Semeraro, L. Pastur, F. Lusseyran)

Nous avons mené une étude de la dynamique nonlinéaire d'un jet transsonique en collaboration avec P. Jordan de l'Institut PPRIME dans le cadre d'un projet ANR- 12-BS09-0024 CoolJazz clos en décembre 2016. Le but a été l'identification d'une dynamique réduite et sa modélisation en vue d'un contrôle des paquets d'ondes responsables de l'émission acoustique. Malgré la très forte turbulence à Mach=0.6, nous avons montré que la dynamique nonlinéaire du mode azimutal axisymétrique peut s'inscrire dans un espace de plongement de dimension 13. Des modèles NARMAX représentant les principaux éléments du squelette de la dynamique locale ont été identifiés. L'identification d'un modèle NARMAX, ayant pour entrée le signal en amont, a montré que ce modèle dégénéré en une simple fonction de transfert, ouvrant la perspective d'un contrôle linéaire des paquets d'ondes responsables de l'émission acoustique, suivant un schéma 'feedforward' [Phys. Review Fluids 2, 2017] (*illustration 9*).

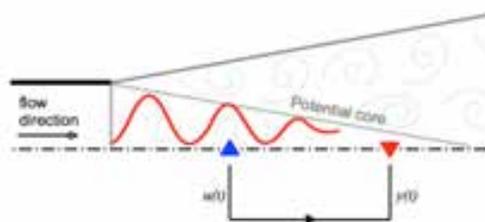


Illustration 9

Prédiction du modèle NARMAX d'entrée $u(t)$
(points rouges : le modèle ; ligne noire le signal original).

► **Brisures de symétrie dans les sillages de corps à culot droit** (S. Pellerin, L. Pastur, B. Podvin)

Le projet LaSIPS TurbFork a initié une collaboration entre l'ENSTA, l'ONERA, le SATIE et le LIMSI sur l'étude et le contrôle des brisures de symétrie dans les sillages de corps à culot droit (D-shape, Ahmed body). 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 plusieurs stages (W. Daussin 2014 M1, S. Taouza 2015 M2, K. Ramarosaona L3 2016, Wang 2017 M1). Les résultats ont été présentés dans des conférences [3AF 2015, ICAA 2016, Aerovehicles 2 2016, GDR CDD 2017] et font l'objet d'un papier en cours de révision.

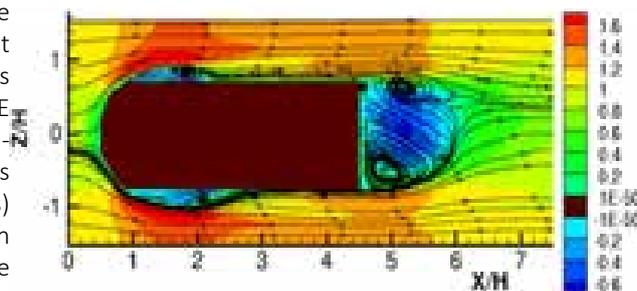


Illustration 10

Écoulement autour du corps d'Ahmed. (gauche) vue de côté de la composante transverse du tourbillon avec une garde au sol de 30%H, (droite) vue par le haut du champ de vitesse longitudinale moyenne.

► **Interaction onde de choc / couche limite (IOCC)** (C. Tenaud, I. Ben-Hassan Saïdi, en collaboration avec G. Fournier (LMEE, UEVE))

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 trainée, 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.



Illustration 11

IOCC laminaire instationnaire : coupe instantanée du schlieren numérique (calcul 3D code CHORUS).

► **Instabilités transversales en cavité ouverte : (F. Lusseyran, L. Pastur)**

Après les études de l'écoulement incompressible dans une cavité ouverte en régime d'oscillations auto-entretenues [Phys. of Fluids, 2013, vol 25, n° 6, J. of Fluid Mechanics, 2014, vol 759], accompagnées par un développement méthodologiques (en particulier DMD, LCS-FTLE) [Theoretical and Computational Fluid Dynamics, 2013, vol. 27, n°6 Phys. of Fluids, 2014, vol. 26], nous avons approfondi la route de développement des instabilités centrifuges intra-cavitaires. 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. Ce travail a permis de confirmer certains des résultats issus des analyses de stabilité linéaire réalisées numériquement à partir de 2011 sur l'écoulement de base stationnaire [Fluid Dyn. Res., 2016, J. of Fluid Mechanics, 2016]. Cette démarche de comparaison entre résultats numériques et expérimentaux a été prolongée par une collaboration intense avec le laboratoire DynFluid, collaboration qui a permis de réaliser la comparaison entre les modes de stabilité 3D obtenus pour la première fois sur un état de base 3D avec les scénarios de bifurcation issu de l'expérience (Illustration 12, [J. of Fluid Mechanics, vol. 844, 2018]).

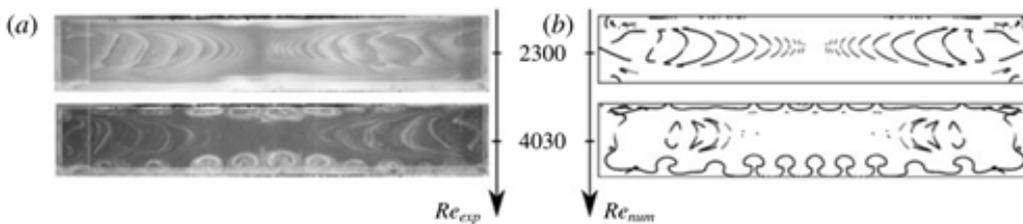


Illustration 12 - (a) Expérience (lignes d'émissions, LIMSI) et (b) DNS (lignes de courants, DynFluid) pour 2 valeurs du nombre de Re .

► **Interactions entre deux cavités en regard (D. Sciamarella, F. Lusseyran, L. Pastur en collaboration avec G. Artana)**

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 LSD (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], la mise en évidence à partir des DNS 2D, d'une route vers le chaos rappelant le scénario de Curry & Yorke (1978) [J. of Fluid Mechanics, vol 813, 2017] (Illustration 13). 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 [Exp. in Fluids, 58, 2017]. Enfin, nous proposons un modèle non-linéaire de rétroaction à 2 retards permettant de prédire l'essentiel des composantes du spectre de l'écoulement incompressible en cavité ouverte (article en cours de rédaction).

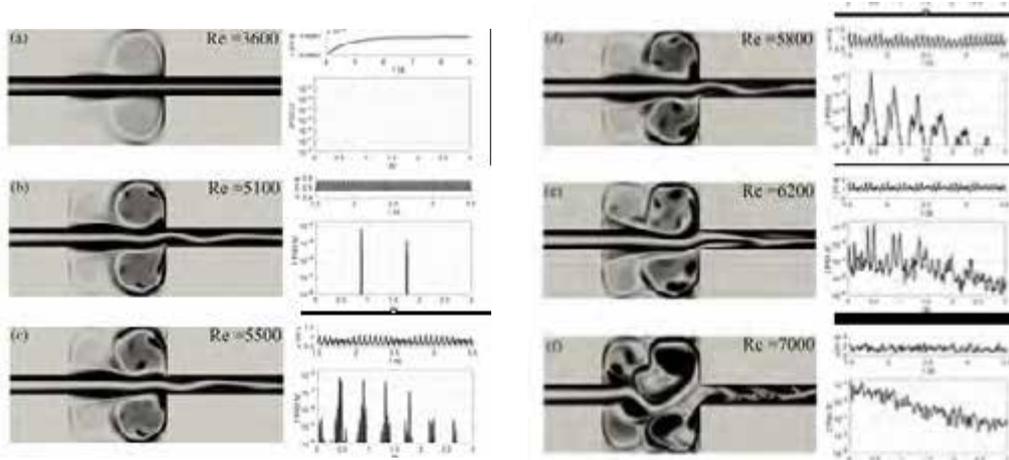


Illustration 13
Instantanés des structures d'écoulement d'une double cavité à nombre de Reynolds croissant et spectres associés.

► Aérodynamique du jet glottique (D. Sciamarella, I. Delbende)

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 14). 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.

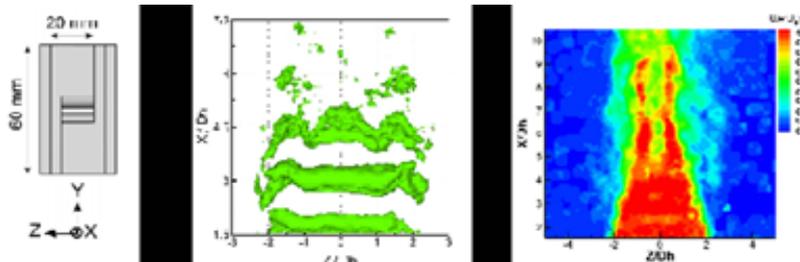


Illustration 14

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

Thème 4 : Contrôle

F. Lusseyran, **L. Mathelin**, B. R. Noack, L. Pastur, S. Pellerin, B. Podvin, O. Semeraro.

Doctorants: G.Y. Cornejo, C. Douay

► Manipulation de l'écoulement instationnaire autour de véhicules (S. Pellerin, B. Podvin)

L'objectif de l'étude est la mise en œuvre d'un contrôle réactif en vue d'une réduction de traînée dans des applications aérodynamiques (automobile). L'idée est d'utiliser des actionneurs en amont pour modifier la dynamique tourbillonnaire dans la région de recirculation. Ceci demande une compréhension fine de la physique de la séparation et de la traînée induite, ainsi que de l'effet des actionneurs. Dans ce but nous avons développé un outil de simulation numérique en formulation vitesse-tourbillon pour les écoulements incompressibles, qui nous permet (i) de simuler efficacement la configuration (ii) de manipuler directement l'écoulement en agissant sur la vorticité aux frontières du domaine. Nous utilisons une formulation LES avec une méthode de pénalisation. La première configuration correspond à l'écoulement sur une plaque avec une rampe (avec des angles 25  et 42 ), qui constitue un cas de référence pour le GDR « Contrôle des décollement ». Les simulations sont effectuées pour $Re=8.4 \times 10^4$ ($U_\infty = 25.2 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$). Un bon accord avec l'expérience est obtenu pour le coefficient de pression.

La deuxième configuration est le corps d'Ahmed avec un culot droit. Pour cette configuration, nous nous intéressons à l'influence de la garde au sol sur la déviation du sillage derrière le corps. Les simulations sont effectuées pour $Re=9.6 \times 10^4$ ($U_\infty = 20 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$). Un bon accord avec l'expérience est obtenu pour le coefficient de pression.

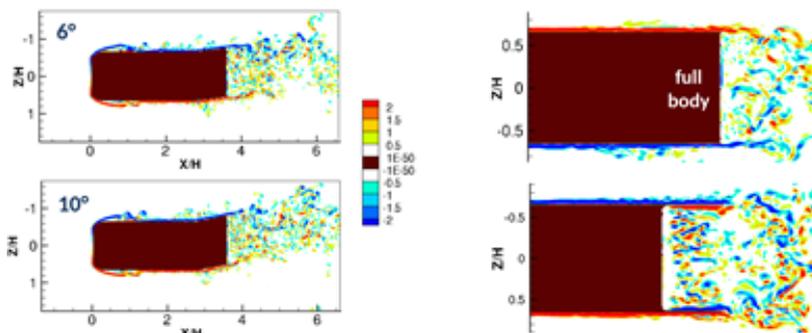


Illustration 15

(gauche) Coefficient de pression à la paroi sur une rampe ;
(droite) Influence du contrôle passif (volets) sur l'écoulement autour du corps d'Ahmed   culot droit en vue de dessus.
Haut : sans contrôle ; Bas : avec contrôle.

- Conditions aux limites synthétiques pour la simulation de la turbulence de paroi (B. Podvin avec Y. Fraigneau (P2I))

La simulation des écoulements en turbulence de paroi requiert une résolution élevée près de la paroi afin de pouvoir capturer les mécanismes petite échelle qui sont impliqués dans la génération de la turbulence. Ceci nécessite des calculs coûteux qui limitent la gamme de nombres de Reynolds qui peut être explorée avec la simulation numérique directe. Nous avons mené des simulations dans un canal réduit en remplaçant la zone de paroi par une condition de Dirichlet instationnaire à une certaine hauteur dans le canal. La condition sur ce plan est reconstruite à partir de modes POD qui sont supposés connus au préalable. Les coefficients temporels sont estimés à partir de la simulation dans le domaine réduit. 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 met en évidence des caractéristiques auto-similaires des fonctions propres, ce qui montre la robustesse de l'approche. Ces résultats ont fait l'objet d'un article (Podvin et al., Physics of Fluids, 2017).

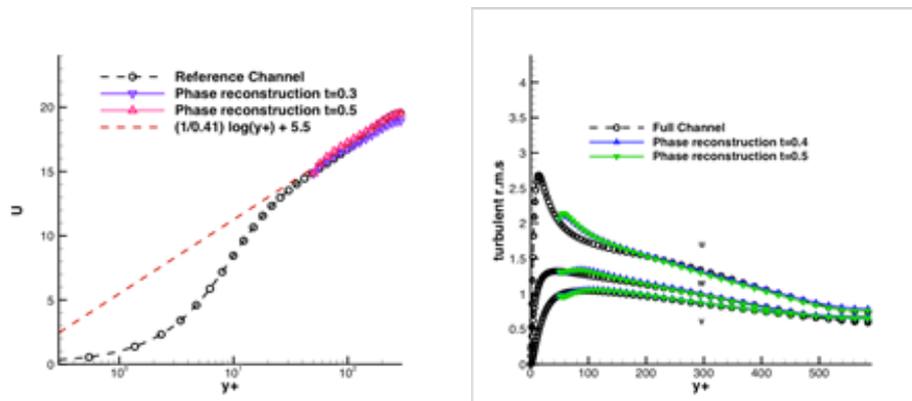


Illustration 16

Comparaison des statistiques turbulentes dans le canal de référence et dans le canal réduit $y^+ > 100$; à gauche : vitesse moyenne ; à droite : intensité turbulente

- Observateur à partir de mesures éparées à la paroi (L. Mathelin, B. Podvin)

Un effort pour construire des observateurs efficaces a été initié avec la thèse de K. Kasper. L'objectif est de déterminer des observateurs, i.e. estimer le vecteur d'état, pour les systèmes physiques à partir d'une information limitée. Cette situation correspond aux configurations rencontrées en pratique et permet d'appliquer la méthodologie à des situations où des techniques sophistiquées de visualisation en temps réel ne sont pas disponibles. L'approche consiste à déterminer une base d'approximation pour le système qui soit observable par les capteurs. Cette méthode d'apprentissage de dictionnaires, avec des contraintes de parcimonie et d'observabilité, est illustrée dans le cas de l'écoulement de cavité ouverte. La supériorité de l'approche, notamment vis-à-vis de la méthode POD, est établie.

Plus récemment, nous avons commencé à étendre ce travail aux situations où le lien entre mesures et vecteur d'état est très non-linéaire. Cela nécessite des outils différents (apprentissage de noyaux, approximation sur variétés non-linéaires, etc.). Le travail est réalisé dans le cadre du post-doctorat de S. Derebail-Muralidhar financé par le Center for Data Science (CDS).

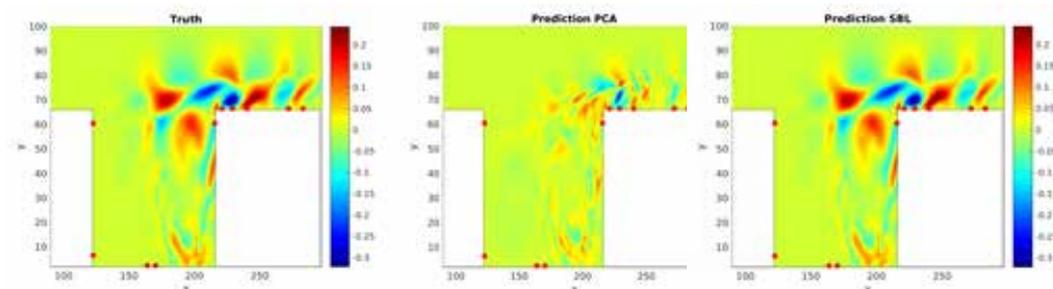


Illustration 17

Reconstruction du champ de vitesse à partir de quelques mesures en paroi (points rouges). Gauche : exact ; Milieu : POD ; Droite : notre approche.

► Contrôle expérimental en boucle fermée d'un écoulement de cavité ouverte (F. Lusseyran, L. Pastur)

Nous appliquons des techniques de contrôle en boucle ouverte et fermée aux oscillations auto-entretenues d'un écoulement de cavité ouverte. Les actionneurs plasma DBD ont été mis en œuvre dans la configuration expérimentale au bord amont de la cavité. Comme prévu, au-delà d'une amplitude critique de forçage, et pour des fréquences proches des fréquences naturelles dominantes, l'oscillation de la couche de mélange entre en phase avec la fréquence de forçage. Plus précisément, le forçage de la couche de cisaillement modifie l'organisation de l'écoulement intracavitaire et modifie les propriétés dynamiques des instabilités transverses.

Dans le cadre du projet DIGITEO COPERSFI.2, en collaboration avec le SATIE et la thèse de Y. Rizi, un contrôleur optimal a été synthétisé pour supprimer les oscillations d'un écoulement de cavité ouverte. 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. 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 d'environ 15% du nombre de Reynolds.

Dans le cadre de l'ANR CoolJazz : Evaluation de la dynamique non-linéaire 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. 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. Un autre projet LaSIPS avec le L2S (CentraleSupélec) a porté sur la détermination d'un contrôleur linéaire pour l'écoulement de cavité autour d'un état donné.

► Contrôle en boucle fermée (F. Lusseyran, L. Mathelin, B.R. Noack, L. Pastur, O. Semeraro)

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 par exemple 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 et pour la réduction du décollement. La méthode et les résultats marquants sont décrits dans un ouvrage Springer par Duriez, Brunton & Noack et plusieurs articles de journaux. Récemment, la technique MLC a été étendue pour permettre des lois de contrôle plus générales et une meilleure visualisation du processus d'apprentissage. Les nouvelles applications du MLC vont de la simulation numérique directe d'un « pin-ball » fluide 2-D à l'optimisation du mélange de jets par actionneurs spatialement distribués (expérimental). Par ailleurs, des modèles de variétés avec motifs (*features*) ont été développés spécifiquement pour les configurations expérimentales et améliorant les problèmes de robustesse des autres approches (Loiseau et al., J. Fluid Mech., 2018). Enfin, un nouveau cadre, peu coûteux en calcul, a été développé pour la détermination de la réponse non-linéaire des actionneurs (Morzynski et al., 2018). Nos travaux ont été récompensés par des financements ANR (FLOWCON), Paris-Saclay et DFG pour 3 doctorants sur le contrôle de la turbulence (Cornejo-Maceda (LIMSI), Daniel Fernex, Ostwald (TU-BS)), ainsi qu'une reconnaissance académique (meilleur article, séminaires invités et conférences plénières). Nous avons diffusé nos résultats à travers l'organisation de mini-sessions dans les conférences et d'un workshop que nous avons organisé.

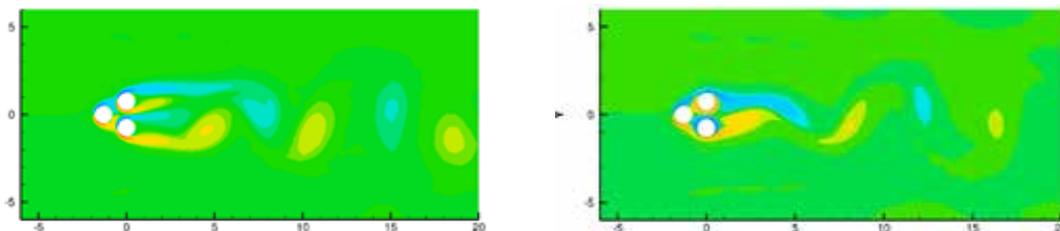


Illustration 18
Sillage en aval des 3 cylindres : à gauche écoulement naturel, à droite après mise en action du contrôle par MLC.
Le gain d'énergie est de 43%.

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. Les développements ont été initiés dans le cadre du post-doctorat de F. Guéniat et se sont poursuivis

avec la thèse de C. Pivot. D'une manière générale, nous développons activement des outils s'appuyant sur l'apprentissage statistique pour l'identification de systèmes, l'analyse de données temporelles et le contrôle.

III - Faits marquants et SWOT

Faits marquants

Thème Méthodes numériques :

- Le thème est caractérisé par des nouveaux développements, tels que la prédiction d'écoulements de combustion en les couplant avec des stratégies nouvellement développées de « splitting » d'opérateur et d'adaptation de pas de temps ainsi que la prédiction, grâce à une nouvelle méthode conservative de couplage, de phénomènes transitoires dans les interactions entre des ondes de choc avec des structures solides avec fracturation, qui se font dans le cadre de collaborations (EM2C, CEA, CERMICS).
- C. Tenaud a organisé une Session Thématique sur les écoulements compressibles dans le cadre de l'ICTAM en 2016.

Thème Quantification d'Incertitudes

- L'émergence de ce nouveau thème est caractérisée par un rayonnement international fort :
O. Le Maître a donné une conférence plénière à la SIAM conference on Uncertainty Quantification en 2014 et un de ses papiers a été sélectionné pour la SIAM Review (SIREV) en 2016.
D. Lucor a donné une keynote conference à l'International Workshop on Uncertainty Quantification in Computational Fluid Dynamics en 2014 et un de ses papiers est un des Editors' Choice papers for 2017 dans le ASME Journal of Biomedical Engineering.

Thème Analyse de la Dynamique

- Les développements du thème analyse sont reliés fortement aux avancées faites dans le contrôle actif des écoulements.
- F. Lusseyran a donné une conférence invitée (Symposium Experiments in Fluid Mechanics) sur l'identification des structures cohérentes en 2013.
- L.Pastur a organisé l'école d'été du Non-linéaire à Peyresq en 2015.
- O. Le Maître et B. Podvin avec D. Veynante (EM2C) ont organisé en 2017 un nouveau workshop sur le traitement statistique des données en Mécanique des Fluides (échelle nationale).

Thème Contrôle

- L'ANR FLOWCON, portée par L. Mathelin, a débuté en 2017. Elle fédère les deux départements du LIMSIS autour de l'apprentissage automatique pour le contrôle.
- Le contrôle par apprentissage automatique a rayonné dans la communauté internationale (conférences plénières de B. Noack à FSSIC-2017, Symposium on Active Drag Reduction, Best Paper Award for FSSIC). B. Noack a organisé un minisymposium dans le cadre du GAMM en 2017 et des workshops sur le contrôle par apprentissage en 2016 et 2017.

FORCES

- L'équipe renforce des thèmes déjà bien visibles internationalement comme le contrôle ou la quantification d'incertitudes grâce notamment à l'arrivée de nouveaux chercheurs.
- L'équipe s'appuie sur la complémentarité des thématiques (expérimental/numérique, simulation/quantification d'incertitudes) qui lui permettent de s'insérer dans des projets. interdisciplinaires.

FAIBLESSES

- L'absence d'enseignant de rang A spécialiste de la simulation numérique dans un contexte HPC qui pourrait renforcer l'attractivité de l'équipe vis-à-vis des formations du plateau.
- Les différents thèmes dépendent d'un très petit nombre de permanents.

OPPORTUNITÉS

- L'IdEx Paris-Saclay devrait permettre de renforcer les collaborations existantes et d'en apporter de nouvelles notamment à travers le développement d'un département d'ingénierie.
- La proximité de certaines de nos thématiques avec le département CHM devrait conduire à des approches innovantes en Mécanique des Fluides dans un contexte de données massives.

MENACES

- La simulation numérique et les expériences requièrent des environnements de support spécifiques et des moyens humains qui nécessitent un engagement cohérent des tutelles.
- L'équipe et plus largement le département de Mécanique est soumise aux aléas des évolutions du plateau de Saclay et de la politique menée par les institutions. Le groupe AERO est particulièrement bien inséré dans le laboratoire avec des collaborations cruciales et en plein essor avec divers groupes du Département CHM. Une possible restructuration et notamment une séparation entre les deux départements menacerait significativement l'attractivité et la stratégie de développement de l'équipe.

IV - Projet scientifique

Nos travaux continueront à être organisés autour des quatre thèmes

- ▶ Méthodes numériques performantes
- ▶ Quantifications d'incertitudes
- ▶ Analyse de la Dynamique
- ▶ Contrôle des écoulements

Nous souhaitons renforcer nos collaborations à l'intérieur du Département de Mécanique, notamment autour de la simulation d'écoulements turbulents et des techniques d'analyse de la dynamique, mais également en renforçant nos interactions avec le Département Communication Homme Machine, à travers la mise en œuvre de méthodes d'apprentissage automatique pour l'estimation et le contrôle.

▶ Méthodes numériques performantes

Les travaux sur l'Analyse Multi-Résolution seront poursuivis dans le cadre de différentes collaborations (EM2C, CEA, Maison de la Simulation) et divers contextes (interaction fluide/structure, capture de choc, accélération de flamme, conditions aux limites en présence d'entrées/sorties multiples). Les études sur les écoulements biologiques sont également continuées, avec notamment comme objectif la reconstruction de la pression à partir d'images IRM.

L'action sur les logiciels numériques sera poursuivie, avec un effort pour mutualiser les développements entre les différents groupes. Un intérêt pour le calcul Haute Performance est maintenu, notamment avec l'arrivée de la grappe CPU à l'IDRIS, qui devrait permettre de tester et d'améliorer la performance des algorithmes développés dans le groupe.

▶ Quantification d'Incertitudes

La recherche sur l'inférence et l'assimilation, qui s'inscrivent dans des projets multidisciplinaires, va se poursuivre, à la fois sur les aspects méthodologiques fondamentaux (notamment sur l'assimilation de données) et sur les applications. Ce thème est marqué par des collaborations très fortes aussi bien en géosciences qu'en ingénierie bio-médicale qui ont vocation à s'intensifier et à se diversifier.

Par ailleurs, à la suite du workshop organisé fin 2017 sur le traitement des Données en Mécanique des Fluides, qui a permis de faire émerger des problématiques de Science des Données spécifiques à la Mécanique des Fluides, nous avons prévu d'organiser une école en 2019 sur l'utilisation des méthodes statistiques issues de l'inférence et de l'assimilation, ainsi que de l'apprentissage.

▶ Analyse de la Dynamique

En ce qui concerne ce thème, nous chercherons d'une part à développer de nouvelles méthodes d'identification de structures, notamment en renforçant nos interactions avec le département CHM et le groupe TLP dans le cadre d'un projet CDS (IRS Paris-Saclay), et d'autre part à affiner la description de la dynamique d'écoulements dans une perspective de contrôle.

Les études sur l'écoulement cavitaire seront poursuivies. L'écoulement modèle du pinball fluide sera soumis à différents types d'analyse en vue de la manipulation de de l'écoulement. Par ailleurs, une étude numérique approfondie de l'écoulement autour du corps d'Ahmed sera effectuée.

▶ Contrôle

Des stratégies de contrôle réalistes seront testées pour les différents types d'écoulements mentionnés ci-dessus. La mise en œuvre de démonstrateurs expérimentaux représente un objectif à moyen terme. Le contrôle expérimental en boucle fermée du Pinball fluide et la mise en œuvre de stratégies par apprentissage automatique seront étudiés. De plus, différents types de contrôle seront appliqués dans la simulation de l'écoulement autour du corps d'Ahmed, en lien avec des études expérimentales. Des stratégies numériques d'estimation de l'écoulement (conditions aux limites synthétiques) seront également mises en œuvre.

Par ailleurs, des développements méthodologiques sur le contrôle non-linéaire en boucle fermée seront étendus en s'appuyant sur des approches sans modèle ou du contrôle par renforcement (machine learning). Ces développements seront soutenus par un travail collaboratif sur l'utilisation d'outils communs avec le thème « traitement des langues » du LIMSIS correspondant au projet ANR-DGA Astrid FLOWCON, qui a commencé en 2017.

ANNEXE 4 : AERO – Sélection des produits et activités de la recherche

I - PRODUCTION DE CONNAISSANCES ET ACTIVITÉS CONCOURANT AU RAYONNEMENT ET À L'ATTRACTIVITÉ SCIENTIFIQUE

1°) Journaux / Revues

Articles scientifiques

1. M. Duarte, S. Descombes, **C. Tenaud**, S. Candel, and M. Massot. "Time-space adaptive numerical methods for the simulation of combustion fronts". *Combustion and Flame* 160.6 (2013), pp. 1083–1101.
2. **M.A. Puscas**, 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". In: *Journal of Computational Physics* 296 (2015), pp. 241–262.
3. Dumas, L., El Bouti, T., and **Lucor D.**. "A Robust and Subject-Specific Hemodynamic Model of the Lower Limb Based on Noninvasive Arterial Measurements". In: *Journal of Biomechanical Engineering* 139.1 (2016), 11p.
4. **O.P. Le Maître**, O. Knio and A. Moraes, Variance decomposition in stochastic simulators, *J. Chemical Physics*, 142, pp. 244115, (2015).
5. M. Schick, V. Heuveline and **O.P. Le Maître**, A Newton-Galerkin Method for Fluid Flow Exhibiting Uncertain Dynamics, *SIAM Review*, 58:1, pp. 119-140, (2016).
6. Sraj, **O.P. Le Maître**, I. Hoteit and O. Knio, 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*, 298, pp. 205-228,(2016).
7. A. Brault, L. Dumas, and **D. Lucor**. "Uncertainty quantification of inflow boundary condition and proximal arterial stiffness coupled effect on pulse wave propagation in a vascular network". In: *International Journal for Numerical Methods in Biomedical Engineering* 33.10 (2017), pp. 1–23
8. M. Sacher, F. Hauville, R. Duvinneau, **O.P. Le Maître**, N. Aubin and M. Durand, Efficient Optimization Procedure in Non-Linear Fluid-Structure Interaction Problem: Application to Mainsail Trimming in Upwind Conditions, *J. Fluids and Structures*, 60, pp.209-231 (2017).
9. P. Mycek, A. Contreras, **O.P. Le Maître**, K. Sargsyan, F. Rizzi, K. Morris, C. Safta, B. Debusschere and O. Knio, A resilient domain decomposition polynomial chaos solver for uncertain elliptic PDEs, *Computer Physics Communications*, 216, pp. 18-34, (2017).
10. **L. Mathelin**, "Quantification of uncertainty from high-dimensional scattered data" In: *International Journal for Uncertainty Quantification* 4.3 (2014), pp.243–271.
11. L. Giraldi, **O.P. Le Maître**, I. Hoteit and O. Knio, Optimal projection of observations in a Bayesian Setting, *Computational Statistics and Data Analysis*, 124, pp. 252-276, (2018).
12. **J. Basley**, **L. Pastur**, **F. Lusseyran**, J. Soria, **N. Delprat**, On the modulating effect of three-dimensional instabilities in open cavity flows, *Journal of Fluid Mechanics*, 2014, vol. 759, 546-578, URL : <http://dx.doi.org/10.1017/jfm.2014.576>, DOI : 10.1017/jfm.2014.576
13. **F. Tuerke**, **F.D. Sciamarella**, **L. Pastur**, **F. Lusseyran**, and G. Artana. "Frequency-selection mechanism in incompressible open-cavity flows via reflected instability waves". In: *Physical Review E* 91 (2015), 013005:1–10.
14. **C. Tenaud**, **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". In: *International Journal of Heat and Fluid Flow* 61 (2016), pp. 730–748.
15. **B. Noack**, M. Morzynski, and P. J. Schmid. "Recursive dynamic mode decomposition of transient and post-transient wake flows". In: *Journal of Fluid Mechanics* 809 (2016), pp. 843–872.
16. **B. Podvin** and **Y. Fraigneau**, "A few thoughts on Proper Orthogonal Decomposition in turbulence". In: *Physics of Fluids* 29.020709 (2017), 8p.
17. **O. Semeraro**, **F. Lusseyran**, **L. Pastur**, P. Jordan, Qualitative dynamics of wavepackets in turbulent jets, *Physical Review Fluids*, 2017, vol. 2, 30p, DOI : 10.1103/PhysRevFluids.2.094605
18. **S. Acharya Neelavara**, **Y. Duguet**, **F. Lusseyran**, State space analysis of minimal channel flow, *Fluid Dynamics Research*, 2017, vol. 49, 15p, URL : <https://doi.org/10.1088/1873-7005/aa6790>
19. **L. Mathelin**, K. Kasper, and H. Abou-Kandil. "Observable dictionary learning for high-dimensional statistical inference". In: *Archives of Computational Methods in Engineering* 25.1 (2017), pp.103–120.
20. F. Picella, J.-C. Loiseau, **F. Lusseyran**, J. Robinet, S. Cherubini, **L. Pastur**, Successive bifurcations in a fully three-dimensional open cavity flow, *Journal of Fluid Mechanics*, 2018, vol. 844, 855-877, URL : <https://doi.org/10.1017/jfm.2018.16>
21. J.C. Loiseau, **B. Noack**, and S. L. Brunton. "Sparse reduced-order modeling: Sensor-based dynamics to full-state estimation". In: *Journal of Fluid Mechanics* in print (2018), pp. 1–31.

22. R. Li, D. Barros, J. Boree, O. Cadot, and **B. Noack**. "Feedback control of bi-modal wake dynamics". In: *Experiments in Fluids* 57.158 (2016), pp. 1–6.
23. D. Barros, J. Boree, **B. Noack**, A. Spohn, and T. Ruiz. "Bluff body drag manipulation using pulsed jets and Coanda effect". In: *Journal of Fluid Mechanics* 805 (2016), pp. 442–459.

2°) Ouvrages

Ouvrages

- Duriez, T., S. L. Brunton, and **B. Noack**, Machine Learning Control- Taming Non-linear Dynamics and Turbulence, First. Springer, 2016, 211p. ISBN: <http://www.springer.com/gp/book/978331>

Chapitres d'ouvrage

- **Pastur, L.** "Eulerian and Lagrangian coherent structures identification in fluid flows". In: Advanced post-processing of experimental data. von Karman Institute, 2013, pp. 1–21. ISBN: 0377-8312
- **Mathelin, L.** "Some strategies for uncertainty quantification in high-dimensional spaces". In: Von Karman Lecture Series – Uncertainty Quantification in Computational Fluid Dynamics- STO-AVT-235. Gianluca Iaccarino, Catherine Gorlé and Thierry Magin, 2014, 33p. ISBN: N/A yet.
- **Le Maître, O.** and O. M. Knio. "Multi resolution Analysis for Uncertainty Quantification". In: Handbook of Uncertainty Quantification. Springer, 2016, pp. 1– 36. ISBN: 10.1007/978-3-319-11259-618 – 1.

3°) Colloques / congrès, séminaires de recherche

Articles publiés dans des actes de colloques / congrès

1. **Tenaud, C., M. A. Puscas, V. Daru, A. Ern, C. Mariotti, and L. Monasse.** "3D conservative coupling method between a compressible flow and a deformable structure". In: *International Conference on Coupled Problems in Science and Engineering, An Ecomas Thematic Conference*. Ibiza- ES, 2013, pp. 1–11
2. Spantini, A., **L. Mathelin**, and Y. Marzouk. "Rank reduction of parameterized time-dependent PDEs". In: *SIAM Conference on Uncertainty Quantification*. Savannah- US, 2014
3. **Pellerin, S.** and **B. Podvin.** "A study of the ground influence on the wake of the Ahmed body profile". In: *Symposium on Applied Aerodynamics*. Toulouse- FR, 2015, 4p.
4. M. Sacher, F. Hauville, R. Duvigneau, **O. Le Maître**, N. Aubin, M. Durand, Experimental and numerical trimming optimizations for a mainsail in upwind conditions, *22nd Chesapeake Sailing Yacht Conference (CSYC 2016)*, 13 pages, Annapolis, Maryland, 18-19/03/16.
5. **O. Semeraro, F. Lusseyran, P. Jordan, L. Pastur,** Nonlinear temporal dynamics of axisymmetric wavepackets in subsonic jets, *24th International Congress of Theoretical and Applied Mechanics (ICTAM 2016)*, Montréal, Canada, 21/08 au 26/08, 2016, (2)
6. **V. Daru, H. Bailliet, C. Weisman, D. Baltean, and I. Reyt.** "Evolution of Rayleigh streaming flow velocity components in a resonant waveguide at high acoustic levels". In: *Meeting of the Acoustical Society of America*. Boston- US, 2017
7. **D. Lucor.** "Adaptive cardiovascular model selection by bayesian inference". In: *International Conference on Computational Mathematical Biomedical Engineering*. Pittsburgh- US, 2017
8. Pivot, C., L. Cordier, **L. Mathelin, F. Guéniat, and B. Noack.** "A continuous reinforcement learning strategy for closed-loop control in fluid dynamics". In: *Applied Aerodynamics Conference*. Denver- US, 2018

4°) Organisation de colloques / congrès

- Organisation de l'école de Printemps de Mécanique des Fluides Numérique 2013, Porquerolles consacrée aux Outils et Méthodes Multi-Echelles. O. Le Maître, B. Podvin et C. Tenaud
- Organisation de l'école de Printemps de Mécanique des Fluides Numérique 2015 à Porquerolles, consacrée aux Écoulements multiphasiques et multiespèces. L. Mathelin, B. Podvin et C. Tenaud
- Organisation de la Journée de Dynamique des Fluides du Plateau, F. Lusseyran, 2013-2018
- Organisation du Workshop Traitement des Données Massives en Mécanique des Fluides, B. Podvin, O. Le Maître, D. Veynante, Novembre 2017.
- Organisation d'une Session Thématique sur les écoulements compressibles, C. Tenaud, ICTAM 2016.
- Organisation d'un workshop sur le contrôle par apprentissage automatique B. Noack, Valenciennes 2017.

5°) Produits et outils informatiques

Logiciels

- SUNFLUIDH
- CHORUS
- MR-CHORUS



6°) Activités éditoriales

Participation à des comités éditoriaux (journaux scientifiques, revues, collections, etc)

- O. Le Maître fait partie du comité éditorial du SIAM SISC (SIAM Journal of Scientific Computing) ainsi que du IJUQ (International Journal for Uncertainty Quantification).
- D. Lucor a été co-éditeur de Uncertainty Quantification in Computational Fluid D du EORCynamics, vol. de Lectures Notes in Computational Science and Engineering, Springer-Verlag, 2013 ainsi que du ERCOFTAC Bulletin Special theme on Uncertainty, Quantification, issue of March 2017 (110).
- B. Noack a fait partie du comité scientifique 2017 TSFP-10 (Adv Comm) ainsi que du comité pour le Joint EuroMech-IUTAM Workshop en 2017.

7°) Activités d'évaluation

Évaluation d'articles et d'ouvrages scientifiques (relecture d'articles / reviewing)

- Journal of Fluid Mechanics, Physical Review Fluids, Physics of Fluids,...
- Congrès SFT, ICTAM

Évaluation de projets de recherche

- LaSIPS, AMN-ENS (monitorats pour les ENS)
- ANR, CIFRE
- Deutsch FG, DOE, Swiss NF, DFG, DAAD, Einstein foundation, Center of Advanced Studies UIUC, Chech NSF, Polish NSF.

Évaluation de laboratoires (type Hcéres)

- DMFN, ONERA

Responsabilités au sein d'instances d'évaluation

- O. Le Maître est au comité de pilotage du LaSIPS
- C. Tenaud fait partie du Comité Scientifique du LaSIPS
- S.Pellerin est membre du CNU depuis 2013 et élue du Conseil de Perfectionnement de la Licence de Physique d'Orsay depuis janvier 2016
- V. Daru est membre expert de l'ANR.
- C. Tenaud est membre du Comité Technique CT2a "Fluides non-réactifs" de GENCI jusqu'en 2016.



8°) Contrats de recherche financés par des institutions publiques ou caritatives

	Acronyme	Financeur/ Partenaire	Programme/ Instrument	Coordinateur	Responsable LIMSI	Début	Fin	Part LIMSI
ANR	TYCHE	ANR	Blanc	O	Le Maître Olivier	01/12/2010	30/11/2013	65 936
	Cool Jazz	ANR	Blanc	N	Lusseyran François	01/01/2013	31/12/2015	73 417
	FLOWCON	ANR	ASTRID	O	Mathelin Lionel	01/10/2017	28/02/2021	237 909
Collaborations de recherche	LIA	CNRS		N	Sciamarella Denisse	01/01/2010	31/12/2013	5 850
	COPERSFI	Digitéo		O	Mathelin Lionel	01/09/2011	31/10/2014	0
	Truyères	Université d'Evry Val d'Essonne		O	Tenaud Christian	29/11/2011	28/11/2013	0
	Large Scale- Smart Grids	Investissements d'avenir	LidEx ICoDe	N	Mathelin Lionel et Pastur Luc	12/06/2014	30/06/2016	5 000
	Large Scale- Smart Grids	Investissements d'avenir	LidEx ICoDe	N	Mathelin Lionel et Pastur Luc	12/06/2014	30/06/2016	6 000
	FLOCON	Investissements d'avenir	Labex Lasips	N	Mathelin Lionel	26/08/2014	30/06/2016	22 000
	Turbfork	Investissements d'avenir	Labex Lasips	N	Pastur Luc	13/11/2014	30/06/2016	7 500
	Large Scale- Smart Grids	Investissements d'avenir	LidEx ICoDe	N	Pastur Luc	14/04/2015	30/06/2016	2 700
	Journée dynamique des fluides	Investissements d'avenir	Labex Lasips	N	Lusseyran François	20/05/2015	30/06/2016	1000
	Financement de mois de stage	Investissements d'avenir	IRS ICoDe	N	Mathelin Lionel et Pastur Luc	01/01/2017	31/12/2017	1 110
	Financement de CDD post-doctoral + colloque MFN	Investissements d'avenir	IRS CDS2.0	N	Bérengère Podvin	01/01/2017	30/06/2018	53 000
Financement stage + fct dans le cadre du projet 2MV	Investissements d'avenir	Labex Lasips	N	Lucor Didier	01/08/2017	30/06/2018	4 000	

9°) Post-doctorants et chercheurs seniors accueillis

Post-doctorants

- 1 Post-Doc de 12 mois a été financé par le CDS.

10°) Indices de reconnaissance

Distinctions

- **B. Noack**: 2017 Honorary Professor TU Berlin; 2017 Visiting Professor Harbin Institute of Technology; 2014-2017 PES CNRS

Responsabilités dans des sociétés savantes

- **C. Tenaud** fait partie du comité Français de Mécanique de l'AFM.

Invitations à des colloques / congrès à l'étranger

- **Lusseyran, F.** "Coherent structures identification inside self organized and pulsating 3D flow". In: *Symposium Experiments in Fluid Mechanics*. Varsovie- PL, 2013.
- **Le Maître, O.** and O. M. Knio. "Variance Decomposition Techniques for Sensitivity Analysis in Stochastic / Noisy Models with Uncertain Parameters". In: *International Conference on Uncertainty Quantification in Computational Sciences and Engineering*. Crete- GR, 2015.
- **Tenaud, C.** "Development of High resolution numerical methods for high speed flows". In: *Franco-Australian Symposium on Hypersonics and High Enthalpy Flows*. Châtenay-Malabry- FR, 2016, 43p.
- **Lucor, D.** "Anisotropic mesh adaptations for UQ of CFD problems". In: *European Turbomachinery Conference*. Stockholm- SE, 2017.
- **Noack, B.** "Closed-loop turbulence control using machine and human learning". In: *DFG Active Drag Reduction Symposium*. 2018.

- **Sergent, A., A. A. Castillo Castellanos, B. Podvin**, and M. Rossi. "Large scale reversals in turbulent Rayleigh-Bénard convection". In: *International Conference on Turbulence and Interaction*. Trois Ilets (Martinique)- FR, 2018

Séjours dans des laboratoires étrangers

- O. Le Maître a effectué des séjours à l'Université de Duke (2 ans) ainsi qu'à KAUST (20 mois)
- L. Mathelin a effectué un séjour à l'Université de Washington (18 mois).
- V. Daru a effectué un séjour à l'Académie des Sciences Bulgare.
- D. Lucor a effectué un séjour au KTH en 2017.
- B. Noack effectue des séjours réguliers au Technische Universität Berlin, Technische Universität Braunschweig et au Harbin Institute of Technology, China.
- L. Pastur et F. Lusseyran ont effectué des séjours au FUBA (Argentine).

II - INTERACTION AVEC L'ENVIRONNEMENT, IMPACTS SUR L'ÉCONOMIE, LA SOCIÉTÉ, LA CULTURE, LA SANTÉ

1°) Brevets, licences et déclarations d'invention

Dépôts APP	Auteur LIMSI	Co auteurs	Date
SUNFLUIDH Logiciel de simulation d'écoulements instationnaires incompressibles ou dilatables (hypothèse de faible nombre de Mach), 3D, adapté aux milieux multi-espèces passifs ou réactifs.	Fraigneau Yann	-	05/2015
Licence	Resp. LIMSI	Licencié	Date
CHORUS compressible high order unsteady simulation	Fraigneau Yann	CEA	11/2010

2°) Contrats sur financement privé

	Acronyme	Financier/ Partenaire	Coordinateur	Responsable LIMSI	Début	Fin	Part LIMSI
Collaboration de recherche	Advection chaotique	EADS	Duguet Yann	Duguet Yann	15/12/2011	31/12/2015	132 000
		EDF R&D Paris-Saclay	Lucor Didier	Lucor Didier	20/11/2017	19/11/2020	45 000
Encadrement de thèse		CEA		Tenaud Christian	01/01/2015	31/12/2017	45 000

3°) Produits destinés au grand public

Émissions radio, TV, presse écrite

- Participation de L. Pastur à l'émission "On n'est pas des cobayes", sur France 5

Produits de médiation scientifique

- Participation de l'équipe à la Fête de la Science avec un pilotage de F. Lusseyran.

III - IMPLICATION DANS LA FORMATION PAR LA RECHERCHE

1°) Liste exhaustive des thèses et HDR

Thèses

1. **Guéniat, F.** "Détection de Structures Cohérentes dans des Écoulements Fluides et Interfaces Homme-Machine pour l'Exploration et la Visualisation Interactive de Données Scientifiques." Orsay, 2013, 199p.

2. **Douay, C.** "Etude expérimentale paramétrique des propriétés et transitions de l'écoulement intra-cavitaire en cavité ouverte et contrôle de l'écoulement". Orsay, 2014' 230p.
3. **Puscas, M. A.** "Méthode de couplage conservatif entre un fluide compressible non- visqueux et une structure tridimensionnelle déformable pouvant se fracturer." CERMICS, ENPC, 2014, 141p.
4. **Rizi, M.-Y.** "Commande performante et robuste d'un écoulement de cavité". Cachan, 2015.
5. **Kasper, K.** "Apprentissage d'estimateurs sans modèle avec peu de mesures- Application à la mécanique des fluides". Cachan, France, 2016, 187p.
6. **Tuerke, F. A.** "Flow in a channel with two facing cavities". Buenos Aires, Argentine, 2017, 252p.
7. **Acharya Neelavara, S.** "Numerical study of transition to turbulence in plane Poiseuille flow in physical space and state space". Orsay, France, 2018, 123p.
8. **C. Pivot,** Contrôle d'écoulements en boucle fermée par des méthodes d'apprentissages par renforcement, Université de Poitiers. Université de Poitiers, 2017-11-28, 159p

HDR

- **L. Pastur,** Instabilités, contrôle et mélange en écoulements de cavités, HDR Université Paris-Saclay, 2017

2°) Productions scientifiques (articles, ouvrages, etc.) issues des thèses

Revue internationale

1. **F. Tuerke, L. Pastur, Y. Fraigneau, D. Sciamarella, F. Lusseyran,** G. Artana, Nonlinear dynamics and hydrodynamic feedback in two dimensional double cavity flow, *Journal of Fluid Mechanics*, 2017, vol. 813, 1-22.
2. **S. Acharya Neelavara,** Y. Duguet, **F. Lusseyran,** State space analysis of minimal channel flow, *Fluid Dynamics Research*, 2017, vol. 49, 15p
3. **F. Tuerke, L. Pastur, D. Sciamarella, F. Lusseyran,** G. Artana, Experimental study of double-cavity flow, *Experiments in Fluids*, 2017, vol. 58, n°76, 15.
4. **L. Mathelin, K. Kasper,** H. Abou-Kandil, Observable dictionary learning for high-dimensional statistical inference, *Archives of Computational Methods in Engineering*, 2017, vol. 25, n°1, 103-120
5. **C. Douay, L. Pastur, F. Lusseyran,** Centrifugal instabilities in an experimental open cavity flow, *Journal of Fluid Mechanics*, 2016, vol. 788, 670-694
6. **C. Douay, F. Lusseyran, L. Pastur,** At the onset of centrifugal instability in an open cavity flow, *Fluid Dynamics Research*, 2016, vol. 48, n°6, 061410:1-9
7. **P. Audier, D. Sciamarella,** G. Artana, Pre-switching bifurcation of a slender jet, *Physics of Fluids*, 2016, vol. 28, 14.
8. **F. Gueniat, L. Mathelin,** M. Hussaini, A statistical learning strategy for closed-loop control of fluid flows, *Theoretical and Computational Fluid Dynamics*, 2016, vol. 30, 1-14
9. **F. Tuerke, D. Sciamarella, L. Pastur, F. Lusseyran,** G. Artana, Frequency-selection mechanism in incompressible open-cavity flows via reflected instability waves, *Physical Review E*, 2015, vol. 91, 013005:1-10
10. **M. Puscas,** A. Ern, C. Mariotti, L. Monasse, **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, vol. 103, n°13, 970-995
11. **M. Puscas,** L. Monasse, A. Ern, **C. Tenaud,** C. Mariotti, **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, vol. 296, 241-262.
12. **M.-Y. Rizi, L. Pastur,** M. Abbas-Turki, Y. Fraigneau, H. Abou-Kandil, Closed-Loop Analysis and Control of Cavity Shear Layer Oscillations, *International Journal of Flow Control*, 2015, vol. 6, n°4, 19
13. **F. Gueniat,** L. Mathelin, L. Pastur, A Dynamic Mode Decomposition approach for large and arbitrarily sampled systems, *Physics of Fluids*, 2015, vol. 27, n°2, 025113:1-19
14. **F. Gueniat, L. Pastur, F. Lusseyran,** Investigating mode competition and three-dimensional features from two-dimensional velocity fields in an open cavity flow by modal decompositions, *Physics of Fluids*, 2014, vol. 26, 085101
15. A. Cammilleri, **F. Gueniat,** J. Carlier, **L. Pastur,** E. Memin, **F. Lusseyran,** G. Artana, POD-spectral decomposition for fluid flow analysis and model reduction, *Theoretical and Computational Fluid Dynamics*, 2013, vol. 27, n°6, 787-815
16. **C. Douay,** T. Faure, **F. Lusseyran,** Stereoscopic PIV using optical flow: application to a cavity recirculation, *Experiments in Fluids*, 2013, n°54, 15

Conférences internationales avec actes

1. **C. Pivot,** L. Cordier, **L. Mathelin, F. Gueniat, B. Noack,** A continuous reinforcement learning strategy for closed-loop control in fluid dynamics, *35th Applied Aerodynamics Conference (AIAA 2018)*, Denver, United States, du 05/06 au 09/06, 2018

2. **E. Saikali**, G. Bernard-Michel, A. Sergent, **C. Tenaud**, R. Salem, Highly resolved large eddy simulations of a transitional air-helium buoyant jet in a two vented enclosure: validation against particle image velocimetry experiments, *International Conference on Hydrogen Safety (ICHS 2017)*, Hamburg, Germany, du 11/09 au 13/09, 2017, 21p
3. **Y. Wang**, M. Baboulin, K. Rupp, **O. Le Maitre**, Y. Fraigneau, Solving 3D incompressible Navier-Stokes equations on hybrid CPU/GPU systems, *22nd High Performance Computing Symposium (HPC 2014)*, Tampa, Florida, 13/04 au 16/04, 2014, 8p. Paru dans Proceedings of HPC'14
4. **M. Puscas**, **V. Daru**, A. Ern, C. Mariotti, **C. Tenaud**, L. Monasse, 3D conservative coupling method between a compressible flow and a deformable structure, *5th International Conference on Coupled Problems in Science and Engineering, An Eccomas Thematic Conference (COUPLED 2013)*, Ibiza, Spain, 17/06 au 19/06, 2013, 1-11.
5. **Y. Wang**, M. Baboulin, J. Dongarra, J. Falcou, Y. Fraigneau, **O. Le Maitre**, A parallel solver for incompressible fluid flows, *International Conference on Computational Science (ICCS 2013)*, Barcelona, Spain, 05/06 au 07/06, 2013, 439-448. Paru dans Procedia Computer Science

Conférences nationales avec actes

1. **E. Saikali**, A. Sergent, G. Bernard-Michel, **C. Tenaud**, Large eddy simulations of an air-helium buoyant jet in a two vented enclosure: influence of the outlet boundary condition, *23^e Congrès Français de Mécanique (CFM 2017)*, Lille, France, du 28/08 au 01/09, 2017, 15p
2. **F. Lusseyran**, J. Basley, **F. Gueniat**, **L. Pastur**, Pertinence des champs bidimensionnels dans l'analyse des phénomènes instationnaires tridimensionnels, *21^e Congrès Français de Mécanique (CFM 2013)*, Bordeaux, France, 26/08 au 30/08, 2013, 1-6
3. **F. Gueniat**, M. Delorme, **L. Pastur**, **F. Lusseyran**, Décomposition en modes dynamiques économique pour l'identification de structures cohérentes dans des écoulements 3D, *16^e Rencontre du Non-Linéaire (RNL 2013)*, Paris, 25/03 au 27/03, 2013, 37-42
4. **M-A. N'Guessan**, M. Massot, **C. Tenaud**, L. Series, Équations de Navier-Stokes incompressibles et multirésolution spatiale adaptative: sur la question des modes parasites en maillage collocalisé, *8^e Congrès de la SMAI (SMAI 2017)*, Ronce-les-Bains, La Tremblade, France, du 05/06 au 09/06, 2017. Paru dans Biennale Française des Mathématiques Appliquées et Industrielles

3°) Efficacité de l'accompagnement des étudiants et qualité de leur encadrement (financement, durée des thèses, taux d'abandon)

- Le taux d'abandon des thèses est 0%.
- La durée moyenne des thèses est environ de 3 ans et quelques mois.
- Les thèses sont financées par des contrats doctoraux (majoritairement de l'ED SMEMaG, mais également de l'ED SMAER, du CEA, de la DGA, SMEMaG).

4°) Suivi des doctorants en liaison avec les écoles doctorales et attention portée à l'insertion professionnelle des docteurs

- La formation des docteurs intègre plusieurs modules professionnalisants.

5°) Accompagnement des séminaires de doctorants par des chercheurs ; degré de participation des doctorants à la vie de l'entité de recherche

- Les doctorants participent aux réunions de groupe, aux séminaires du département. Une journée spécifique est consacrée aux doctorants chaque année pour qu'ils puissent présenter leur sujet de thèse. Une commission des doctorants interdisciplinaires s'assure du bon déroulement des thèses dans le laboratoire, indépendamment des pratiques des écoles doctorales.





L'UNITÉ

AERO

ETCM

TSF

ILES

TLP

AMI

CPU

VENISE

AA

VIDA

ÉQUIPE 2 : ETCM

ÉCOULEMENTS TRANSITIONNELS, COUPLAGES MULTI-PHYSIQUES

Responsable : Caroline Nore

I - Présentation de l'équipe

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 de ces écoulements ou à leurs régimes turbulents. Les sources d'instabilité incluent les gradients de masse ou de température, la friction pariétale, la tension superficielle, la force de Lorentz, le couplage de la thermique et de l'acoustique, les changements de phase, la convection thermo-magnétique, la déformation des parois, etc. Afin

d'approfondir la compréhension physique des mécanismes de déstabilisation, nous combinons plusieurs approches : nous nous appuyons sur des méthodes analytiques, nous développons des codes numériques originaux et nous nous engageons depuis quelques années dans une activité expérimentale soutenue par l'ANR. Cette combinaison permet de valider les méthodes utilisées, les modèles physiques et les choix de modélisation numérique et analytique en interne ou par le biais de collaborations nationales ou internationales.

Effectifs de l'équipe ETCM

Permanents

Nom	Prénom	Position	HDR	Organisme	Arrivée	Départ
Baltean	Diana	MCF		Sorbonne U	09/02	
Dang Vu	Claudine	PREM	x	U Paris-Sud	10/92	09/15
Delbende	Ivan	MCFHC	x	Sorbonne U	10/98	
Duguet	Yohann	CR1		CNRS	10/09	
Herreman	Wietze	MCF		U Paris-Sud	09/10	
Le Quéré	Patrick	DREX	x	CNRS	01/87	
Martin Witkowski	Laurent	MCF	x	Sorbonne U	09/01	
Nore	Caroline	PREX	x	U Paris-Sud	09/96	
Pham	Chi-Tuong	MCF		U Paris-Sud	09/08	
Sergent	Anne	MCFHC	x	Sorbonne U	09/04	
Weisman	Catherine	MCFHC		Sorbonne U	10/95	

Non-permanents (doctorants et CDD)

Nom	Prénom	Statut	Début de thèse	Fin de thèse
Belkadi	Mebarek	Doctorant	01/10/2016	
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	13/09/2017
Commonge	Julien	Doctorant	01/10/2015	Abandon
Faugaret	Antoine	Doctorant	01/12/2016	
Gao	Zhenlan	Doctorant	01/12/2010	18/11/2013
Garnier	Charles	Doctorant	01/09/2011	03/12/2014
Ma	Lin	Doctorant	01/09/2011	03/12/2014
Oteski	Ludomir	Doctorant	01/10/2011	30/06/2015
Saikali	Elie	Doctorant	24/11/2014	08/03/2018
Selçuk	Can	Doctorant	01/01/2013	09/05/2016
Tran	Huong-Lan	Doctorant	07/12/2009	30/09/2013
Wang	Yanshu	Doctorant	01/11/2017	
Yang	Wen	Doctorant	01/10/2015	
Zanella	Raphaël	Doctorant	01/10/2015	

Nom	Prénom	Statut	Arrivée	Départ
Cadet	Laurent	Post-Doc	10/16	12/16
Castillo Castellanos	Andres Alonso	Ch contractuel	10/16	10/18
Limone	Angelo	Doctorant	01/13	02/13
Luddens	Francky	Post-Doc	12/12	12/13
Nehar Belaid	Kheira	Doctorant	10/12	01/13
Nehar Belaid	Kheira	Doctorant	09/13	10/13
Roussel	Olivier	Ch contractuel	06/13	05/14
Tran	Huong-Lan	Post-Doc	01/13	12/13
Varela Rodriguez	Jacobo	Post-Doc	09/14	07/15
Zaïdi	Houda	Post-Doc	01/13	02/14

II - Bilan scientifique

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

- le thème 1 concerne la Magnétohydrodynamique (MHD), qui décrit le mouvement d'un fluide conducteur de l'électricité dans lequel les champs de vitesse et d'induction magnétique sont couplés par la force de Lorentz et la loi d'Ohm,
- le thème 2 s'intéresse à la Convection, qui apparaît dans les écoulements en présence de gradients de température ou de masse ou de changements de phase,
- le thème 3 concerne les Instabilités, transition à la turbulence, qui apparaissent dans des écoulements dans lesquels les effets de rotation ou de cisaillement sont prépondérants,
- le thème 4 s'intéresse aux ondes et à la thermique, qui apparaissent dans les systèmes comportant un couplage entre thermique et acoustique ou dans les systèmes à surface libre par caléfaction.

Thème 1 : Magnétohydrodynamique

C. Nore, W. Herreman, L. Cappanera, J. Commenge, F. Luddens, 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 LIMSI couplés à des modèles analytiques innovants, nous développons ce sujet suivant trois axes principaux :

- Les écoulements dans les batteries à métaux liquides (instabilité de Taylor, metal pad roll) ;
- La génération d'un champ magnétique par le mouvement d'un fluide conducteur (dynamo Von Kármán Sodium, optimisation de la dynamo) ;
- Le transfert thermique par un ferrofluide dans les transformateurs électriques (convection thermo-magnétique dans les ferrofluides).

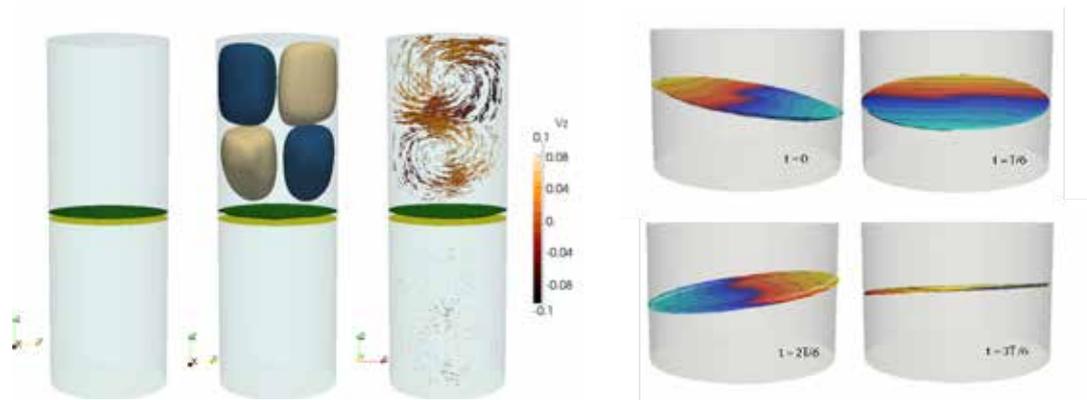


Figure 1 : Gauche) Instabilité de Taylor dans les batteries à métaux liquides [Herreman et al., JFM (2015)].
 (Droite) Instabilité de Metal Pad Roll dans une cellule d'électrolyse [Cappanera et al., Int. J. Num. Methods in Fluids, (2017)].

► Écoulements multi-phasiques dans les batteries à métaux liquides

Les énergies éolienne et solaire sont prometteuses pour notre avenir mais sont générées de façon intermittente. Pour optimiser leur usage, il est important de développer des technologies de stockage massif d'énergie. Pour répondre à ce besoin, le groupe de D. Sadoway (MIT Boston) propose d'utiliser des batteries à métaux liquides de grande taille. Comme dans une cellule galvanique, l'énergie électrique est stockée sous forme électro-chimique, à l'aide d'un triplet anode-électrolyte-cathode constitué de métaux liquides et d'électrolyte de différentes densités massiques qui, dans le champ de gravité, s'organisent en couches. Cependant, des instabilités MHD peuvent se déclencher dans les métaux liquides pendant les phases de charge-décharge mais aussi aux interfaces et provoquer des mouvements pouvant induire des courts-circuits. Dans la période 2014-15, 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 LIMSI. Ce travail a permis de définir des régimes sûrs de fonctionnement d'une batterie à métaux liquides, vis à vis de l'instabilité de Taylor (voir figure 1 à gauche). Par la suite, nous avons montré l'importance de l'instabilité du Metal Pad Roll qui génère une onde tournante à l'interface entre deux métaux liquides. Un exemple d'une simulation directe de cette instabilité dans une cellule d'électrolyse est montré dans la figure 1 à droite. Ce travail bénéficie de la 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 (VKS)

L'expérience Von Kármán Sodium étudie la génération de champ magnétique par un écoulement turbulent de sodium liquide entraîné par deux turbines (disques et pales) contra-rotatives. 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 turbines en fer correspondant à une variation azimutale de la perméabilité magnétique mais aussi les grands nombres de Reynolds cinétiques de l'expérience (10^7). La méthode utilisée 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 (ex-LGEP) 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 pu réaliser les premières simulations tridimensionnelles réalistes de VKS (*voir figure 2*).

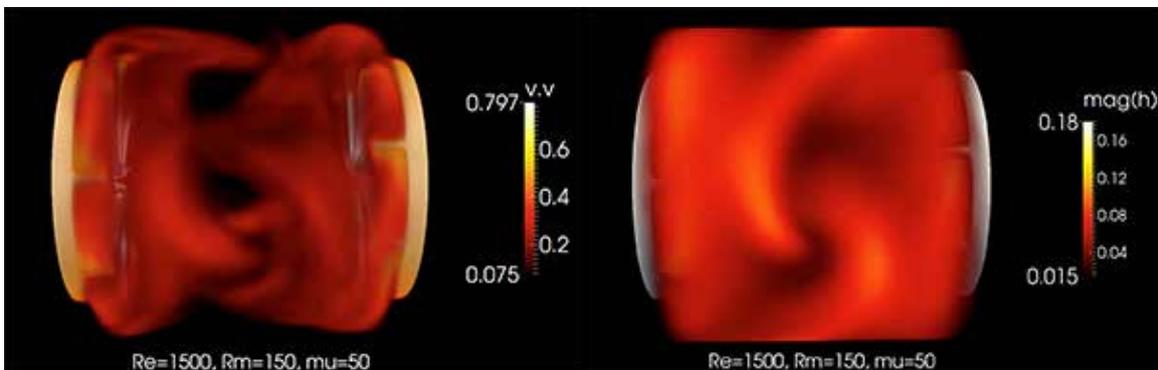


Figure 2 : Champs de vitesse (gauche) et magnétique (droite) pour une simulation numérique directe de l'effet dynamo dans l'expérience de von Kármán Sodium [Nore et al., *Europhysics Letters*, (2016)].

► Optimisation de la dynamo

Compte tenu de la difficulté de produire l'effet dynamo expérimentalement, étudier comment abaisser au maximum le seuil en nombre de Reynolds magnétique est primordial. Des études d'optimisation ont donc toujours accompagné les campagnes expérimentales, mais ces optimisations portent toujours 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). Cette méthode a été adaptée au LIMSIS pour étudier plusieurs nouvelles configurations. Pendant sa thèse (2013-2018) à l'ETH Zurich, L. Chen (co-supervisée par W. Herreman) a trouvé les dynamos les plus efficaces dans des cas où le fluide est confiné à l'intérieur d'un cube (JFM 2015), puis dans une sphère (JFM 2018). La *figure 3 à gauche* montre un cliché issu de ces simulations en géométrie sphérique. Le même type de méthode permet d'étudier la fragilité des théorèmes anti-dynamo. On sait par exemple qu'un écoulement de cisaillement pur ne pourra jamais être dynamogène et que, pour déclencher la dynamo, il faut des perturbations de vitesse d'amplitude finie. À l'aide de la méthode variationnelle, nous avons mesuré quelle perturbation de vitesse est nécessaire pour déclencher une dynamo dans l'écoulement de Kolmogorov (JFM Rapids, 2016). Dans la *figure 3 à droite*, on montre des lignes du champ de vitesse \mathbf{u} de la perturbation minimale ainsi que le mode magnétique déstabilisé \mathbf{B} .

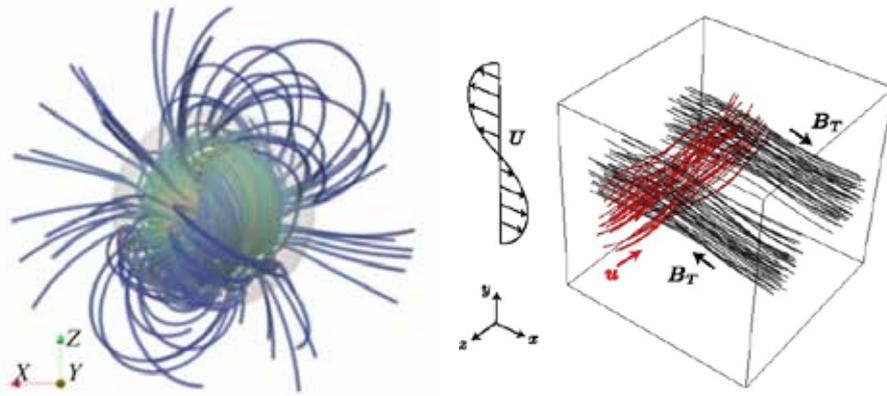


Figure 3 :
 (Gauche) Champ magnétique déstabilisé par la dynamo optimale dans une sphère [Chen et al., JFM (2018)].
 (Droite) Perturbations minimales de vitesse u qui déclenchent une dynamo (B) dans l'écoulement de Kolmogorov [Herreman, JFM Rapids (2016)].

► Modélisation électro-magnéto-thermique de suspensions ferrofluides

Nous étudions la modélisation et la simulation de fluides magnétiques dans un contexte de transferts thermiques (thèse de R. Zanella en co-tutelle avec le GeePs, ED SMEMaG, financée par le Labex LaSIPS). En particulier, on s'intéresse au refroidissement par convection thermo-magnétique 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 des termes faisant apparaître le champ magnétique dans la conservation de l'énergie (chauffage Joule et terme pyromagnétique). La variation en température des propriétés physiques du ferrofluide a une forte influence. Ces développements ont été implémentés dans le code SFEMaNS (collab. J.-L. Guermond, TAMU, Texas). L'étude numérique se base sur différents modèles de transformateur, allant d'un modèle simplifié (un solénoïde plongé dans une cuve remplie de ferrofluide, voir figure 4) à des circuits primaire et secondaire de géométries variées. Un cœur ferromagnétique et laminé peut être rajouté afin de se rapprocher d'un transformateur réel et d'augmenter le champ magnétique dans le fluide. Le modèle simplifié, étudié expérimentalement au GeePs, permet de valider l'approche numérique dans le cas d'une huile végétale. La même configuration avec ferrofluide sera étudiée dans l'avenir.

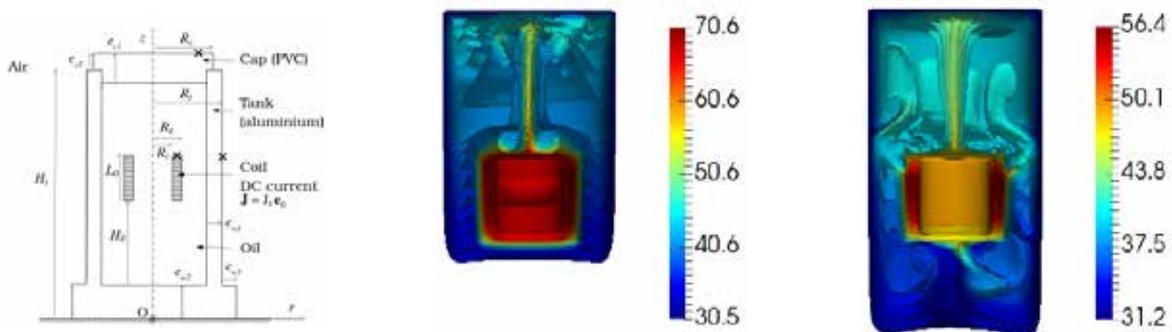


Figure 4 : Schéma du modèle simplifié utilisé en expérience au GeePs (gauche) et iso-surfaces de température en degrés Celsius calculées avec SFEMaNS (milieu : huile végétale ; droite : ferrofluide). Avec du ferrofluide, des cellules de convection thermo-magnétique apparaissent près des parois latérales et sous le solénoïde, réduisant l'écart de température par augmentation des échanges thermiques [thèse de R. Zanella en co-tutelle avec le GeePs, ED SMEMaG, financée par le Labex LaSIPS].

Thème 2 : Convection naturelle

A. Sergent, Y. Duguet, P. Le Quéré, Y. Fraigneau (P2I), L. Pastur (AERO), B. Podvin (AERO), C. Tenaud (AERO),
 M. Belkadi, L. Cadet, A. Castillo, Z. Gao, C. Garnier, L. Oteski, E. Saikali, H.-L. Tran, Ya. Wang, Yi. Wang

Nous étudions des écoulements dont le mouvement est dû à des gradients de température ou de masse. À l'aide de simulations numériques directes (DNS), simulations des grandes échelles (Large Eddy Simulation, LES) ou encore d'approches (semi-) analytiques, nous abordons les problématiques du suivi de bifurcations et route vers le chaos, du mélange, des écoulements turbulents ou encore de la modélisation d'interfaces en milieu semi-ouvert. La comparaison avec des données expérimentales est largement utilisée dans la validation des modèles physiques et les choix de modélisation numérique et analytique.

► Transition vers le chaos dans les écoulements de convection différentiellement chauffée

Ce thème vise la détermination numérique des bifurcations successives conduisant à un régime chaotique. Les écoulements d'air considérés vérifient l'hypothèse de Boussinesq et sont forcés par une différence finie de température entre deux parois parallèles à la gravité.

Pour un écoulement bi-périodique entre plaques, le développement d'instabilités transverses est limité par les longueurs de périodicité. En géométrie fortement confinée horizontalement, les bifurcations successives conduisant au chaos ont été décrites ainsi que l'écoulement associé. Des DNS spectrales 3D ont mis en évidence l'apparition de structures composées de rouleaux principaux transverses connectés par des rouleaux secondaires contrarotatifs obliques. A plus hauts nombres

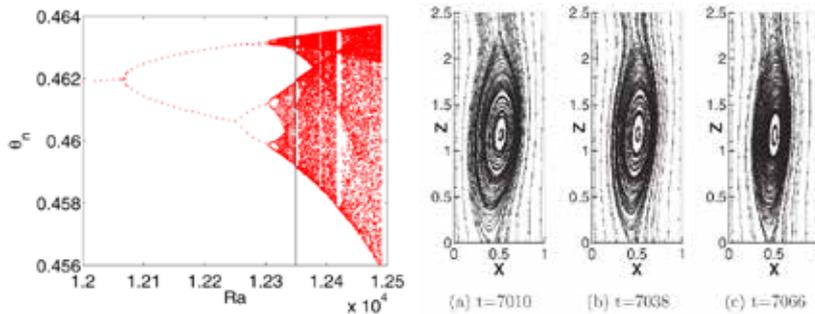


Figure 5 : Cascade de doublement de période pour un domaine de calcul restreint à un motif unique.

Gauche : diagramme de bifurcation obtenu par suivi des maxima locaux d'une série temporelle de température en un point (0.038, 0.097, 0.983).

Droite : évolution temporelle de l'écoulement dans le plan médian vertical à $Ra=12\ 380$ pour trois instants séparés de la période d'oscillation de base ($T=28$) [Gao et al., *PRE* (2015)].

de Rayleigh, un écoulement chaotique apparaît à travers la compétition de deux mécanismes : une cascade de doublement de période conduisant à de l'intermittence et un mécanisme de modulation spatiale des rouleaux (voir figure 5). Le développement d'instabilités transverses est étudié à partir d'études linéaires (Arnoldi) permettant de calculer les longueurs d'ondes les plus instables afin de fixer un domaine de calcul adapté à la description du scénario d'apparition du régime chaotique dans des géométries faiblement confinées (thèse de Z. Gao 2010-2013, financement ED SMAER UPMC, collab. S. Xin au CETHIL et L. Tuckerman au PMMH).

► Mélange dans les écoulements convectifs bidimensionnels

Dans le cas d'un écoulement bidimensionnel de convection différentiellement chauffée, pour un rapport de forme proche de 2, la transition vers le chaos est plus complexe et fait intervenir en parallèle plusieurs branches de régimes quasi-périodiques avec différentes propriétés de symétrie. L'étude a pour but la compréhension fine de l'homogénéisation d'un scalaire passif non diffusif au sein d'un écoulement de convection modèle entre deux plaques verticales portées à des températures différentes (voir figure 6). L'approche, issue des systèmes hamiltoniens, consiste en une analyse de la géométrie de l'espace des phases associé au mouvement d'un traceur passif. L'analyse révèle que, lorsque le nombre de Rayleigh augmente au-delà de la première bifurcation de Hopf, le système se met à mélanger partiellement via la déstabilisation des lignes de courant homoclines (thèse L. Oteski 2012-2015, financement bourse fondation EADS, ED SMEMaG). Le mélange évolue lentement vers un mélange homogène au fur et à mesure que les barrières matérielles (tores KAM) entrent en résonance avec la fréquence de l'écoulement. La nature non-hyperbolique du mélange est mise en évidence par le déclin algébrique en temps de la variance de la concentration.

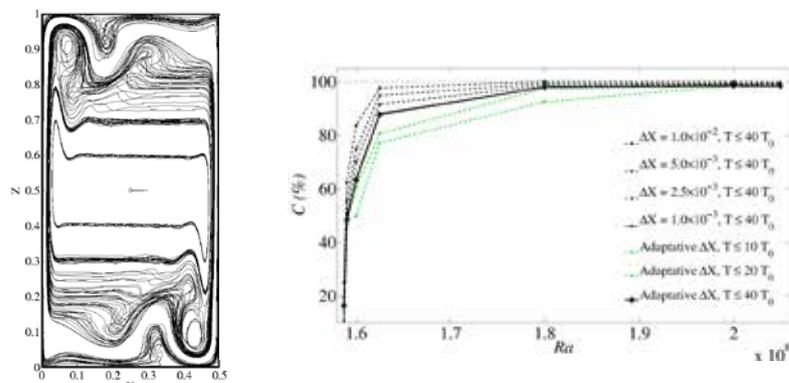


Figure 6 : (Gauche) Trajectoires lagrangiennes de traceurs passifs au sein d'une cavité différentiellement chauffée bidimensionnelle de rapport de forme 2, $Ra=1,625.10^8$. Régime périodique. (Droite) Taux de mélange en fonction du nombre de Rayleigh pour différents paramètres de post-traitement [Oteski et al., *JFM* (2014)].

► Convection turbulente : convection de Rayleigh-Bénard et interactions convection- rayonnement

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), objet de renversements intermittents. A partir de DNS réalisées sur des temps physiques très longs, nous avons étudié la dynamique des renversements en cavité carrée suivant deux approches complémentaires (*voir figure 7*) : (i) caractérisation de la dynamique des structures les plus énergétiques par analyse POD conduisant au développement de modèles réduits basés sur les 3 ou 5 premiers modes POD (collab. B. Podvin), (ii) identification d'un cycle caractéristique des renversements standards par analyse statistique après séparation des régimes de renversements standards et de cessation (thèse A. Castillo Castellanos 2013-2017, financement ED SMAER UPMC, collab. M. Rossi IJLRA). La démarche est reprise pour analyser avec le code SUNFLUIDH comment le forçage des petites échelles par les rugosités modifie la dynamique spatiotemporelle de la LSC (thèse M. Belkadi, financement EMP Alger 2016-2019, ED SMAER UPMC, collab. B. Podvin, Y. Fraigneau). Une comparaison avec des résultats expérimentaux va être menée dans le cadre d'un PEPS CNRS Energie 2018 (collab. F. Chilla et J. Salort Lab. Phys. ENS Lyon).

L'emploi d'une modélisation du rayonnement d'un milieu semi-transparent par la méthode des ordonnées discrètes associée à un modèle de gaz réel compact a permis de développer un code volumes-finis massivement parallèle (code ROCOCO, dépôt APP 2017) pour le couplage convection rayonnement, donnant ainsi accès à des écoulements à haut niveau de turbulence (thèse L. Cadet 2013-2015, financement ED SI-MMEA U La Rochelle, collab. P. Joubert Lasie et D. Lemonnier et D. Saury PPRIME). Après validation sur des cas tests de la littérature, l'influence des émissivités pariétales sur la convection turbulente 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 pour un gaz semi-transparent ont été comparés à des données expérimentales. Le module de rayonnement a été introduit dans SUNFLUIDH. Ce travail se poursuit avec la thèse de Yi. Wang (financement ED SI-MMEA U La Rochelle, 2016-2019, collab. P. Joubert Lasie, D. Lemonnier et D. Saury PPRIME) pour des cas d'injection de gaz à effet de serre (panaches forcés) en milieu confiné.

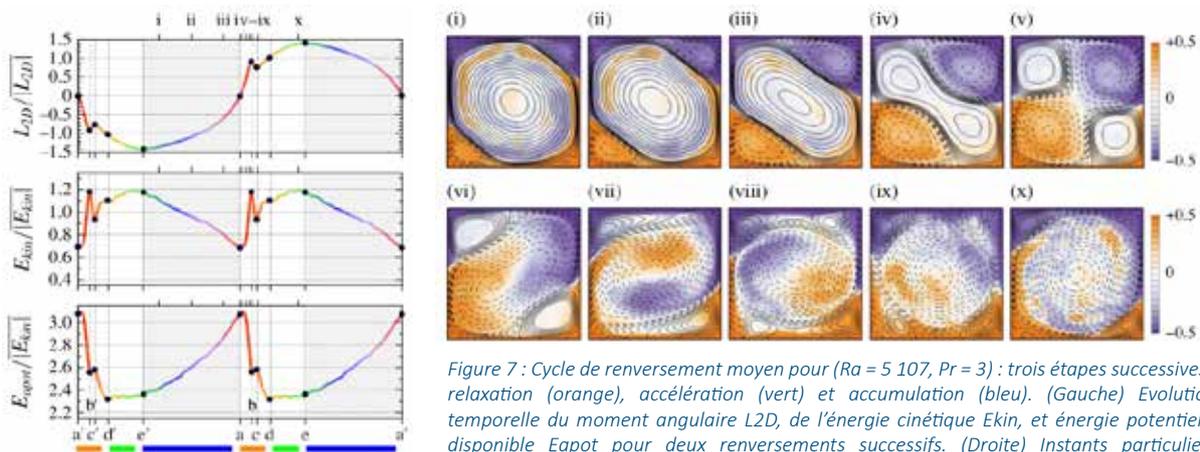


Figure 7 : Cycle de renversement moyen pour ($Ra = 5\ 107$, $Pr = 3$) : trois étapes successives : relaxation (orange), accélération (vert) et accumulation (bleu). (Gauche) Evolution temporelle du moment angulaire $L2D$, de l'énergie cinétique E_{kin} , et énergie potentielle disponible E_{pot} pour deux renversements successifs. (Droite) Instants particuliers (i-x) du cycle générique : champs de hauteurs de référence y_r par rapport à l'état stratifié équivalent et lignes de courant (moyennes conditionnelles) [Castillo et al., JFM (2016)].

► Convection en milieu semi-confiné : cheminées et panaches binaires en cavité ventilée

Le canal vertical est un modèle simplifié d'écoulement ouvert de convection naturelle comme les cavités ventilées ou cheminées. La modélisation numérique de cette classe d'écoulement peut s'effectuer soit en simulant le canal et son environnement extérieur (pour un coût prohibitif en 3D), soit en ne considérant que le canal seul. La principale difficulté réside dans la définition des interfaces cavité / environnement.

Plusieurs jeux de conditions limites existent dans la littérature. Un exercice de comparaison organisé par la communauté thermicienne SFT illustre la grande dispersion de résultats. Cependant, aucune solution de référence ne permet d'évaluer la qualité de l'approximation obtenue, alors que la comparaison entre résultats numériques et expérimentaux reste difficile. Nous avons établi des solutions numériques de référence pour une cheminée immergée dans un environnement infini isotherme au repos modélisé par une cavité de grande taille. Les champs solutions identifiés mettent en évidence la complexité des écoulements d'entrée / sortie aux interfaces. Un nouveau jeu de conditions limites a été proposé dans le cadre de l'approximation de Boussinesq, approchant de manière plus satisfaisante les solutions de référence (thèse C. Garnier 2011-2014, financement allocataire normalien, ED SMAER UPMC).

L'utilisation de l'hydrogène (par ex. piles à combustible) présente des risques importants liés au caractère inflammable du mélange air-hydrogène. Pour modéliser une situation d'accident typique, on se place dans le cas d'un mélange d'hélium-air faiblement turbulent injecté localement dans une cavité ventilée, pour lequel une zone homogène stable s'établit en haut de la cavité. Nous abordons ce problème via des simulations LES / DNS (*voir figure 8*). Par compa-

raison avec des résultats expérimentaux obtenus au CEA, nous avons établi la nécessité de modéliser une partie de l'environnement extérieur (thèses H.-L. Tran 2009-2013 et E. Saikali 2014-2017, financement CEA, collab. C. Tenaud (AERO), Y. Fraigneau (P2I), G. Bernard-Michel CEA Saclay DEN/DM2S/STMF). Le travail se poursuit par l'établissement de nouvelles conditions limites d'interface dans une formulation de type Faible Mach (post-doc de A. Castillo-Castellanos, financement labex LASIPS 2017-18). À plus long terme, l'objectif de ce travail est de caractériser les propriétés de dispersion, de mélange et d'entraînement de ce type d'écoulement, par comparaison avec les résultats expérimentaux et les modèles théoriques utilisés par les industriels (thèse Ya. Wang, financement CEA, 2017-2020, collab. Y. Fraigneau (P2I), G. Bernard-Michel CEA Saclay DEN).

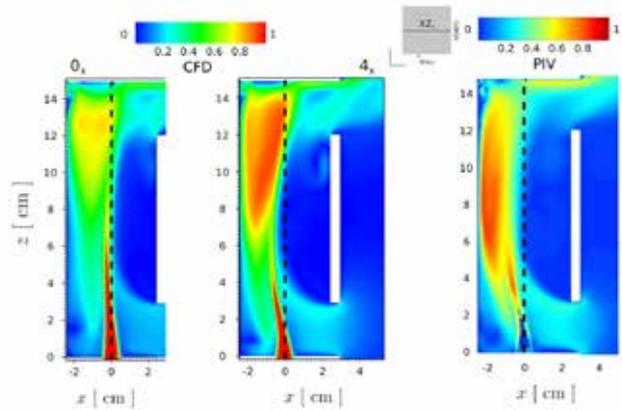


Figure 8 : Effet de l'augmentation de la taille du domaine de calcul extérieur sur le champ de vitesse dans le plan vertical médian. Gauche : LES en petit domaine, milieu : LES avec un domaine de calcul incluant un volume extérieur, droite : mesures PIV [Saikali et al., ICHS (2018)].

Thème 3 : Instabilités, transition à la turbulence

I. Delbende, Y. Duguet, W. Herreman, L. Martin Witkowski, J. Chergui (P2I), Y. Fraigneau (P2I), M. Gouiffès (AMI), 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 à la turbulence d'écoulements dominés par les effets de rotation, de cisaillement ou d'entraînement par des parois sont analysées par plusieurs 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 ainsi que la physique de la transition sous-critique vers la turbulence dans les écoulements de paroi. Nous étudions analytiquement l'hydrodynamique de conteneurs en libration ou en translation circulaire que nous pouvons confronter à des simulations ou des expériences par le biais de collaborations. Nous développons également notre propre activité expérimentale sur l'écoulement de fluide en rotation en présence d'une surface libre.

► Vortex 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 9). 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, M. Rossi à l'IJLRA, Th. Leweke, S. Le Dizès et M. Abid à IRPHE Marseille). Ces outils servent également à l'étude des instabilités de petite longueur d'onde, dues à la courbure et/ou à l'ellipticité des cœurs tourbillonnaires, étude originale qui vient d'être entreprise en collaboration avec le Prof. Y. Hattori à l'Université Tohoku de Sendai, Japon.

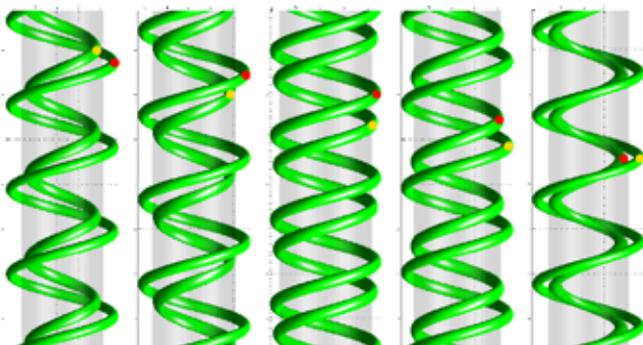


Figure 9 : Séquence temporelle qui illustre le saute-mouton de deux vortex hélicoïdaux (les pastilles rouge et jaune permettent de différencier les deux tourbillons), une dynamique jusqu'à maintenant surtout connue dans le contexte des anneaux tourbillonnaires. [Selçuk et al., Fluid Dyn. Res. (2018)].

► Écoulement de libration et ballottement/sloshing orbital

Nous avons participé à trois études qui s'intéressent à des écoulements d'ondes produits par des mouvements de parois. En collaboration avec l'ETH Zurich (2013-14), nous avons étudié la déstabilisation d'ondes inertielles par libration (mouvement oscillatoire imposé aux parois d'un fluide) dans un conteneur cylindrique faiblement déformé. Dans ce travail, nous comparons avec succès des études de stabilité linéaire avec des simulations numériques directes (voir **figure 10 à gauche**). En collaboration avec le FAST Orsay (2016-18), nous avons étudié l'écoulement moyen produit par le sloshing orbital (translation circulaire) d'un fluide à surface libre. L'onde tournante de gravité qui se développe, ainsi que l'écoulement moyen généré non linéairement, sont décrits théoriquement et expérimentalement (voir **figure 10 à droite**). Dans un deuxième article soumis début 2018, nous étudions l'effet d'une pollution de la surface par des particules flottantes. Ces impuretés s'agrègent en surface pour former un radeau déformable. Nous montrons que ce radeau a une forte influence sur l'écoulement moyen qui peut se renverser et devenir contra-rotatif (par rapport à l'onde tournante). Ceci est assez contre-intuitif mais peut être expliqué qualitativement comme un phénomène d'engrenage du radeau de particules dans la couche limite visqueuse.

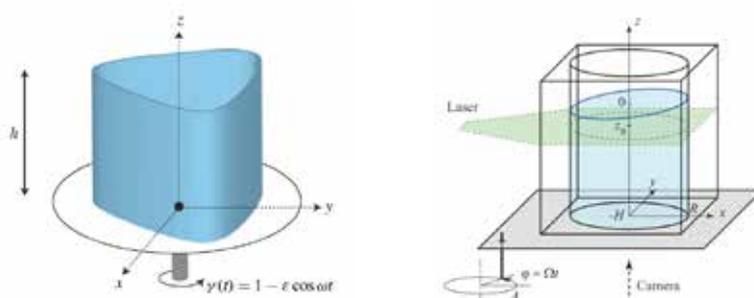


Figure 10 : (Gauche) Libration d'un fluide dans un conteneur triangulaire [Cébron et al., *J. Fluid Mech.*, 2014]. (Droite) Montage expérimental du sloshing orbital : un conteneur cylindrique est translaté de manière circulaire (comme un verre de vin), ce qui induit une onde tournante [Bouvard et al. *Phys. Rev. Fluids*, (2017)].

► Écoulement en rotation avec surface libre

Une activité expérimentale a pris son essor dans le groupe 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 (débutée en décembre 2016, financement ANR) s'intéresse en particulier à l'influence des vibrations et à la modélisation des conditions aux limites de la surface libre sur la prédiction des seuils (voir **figure 11**). Dans la thèse de Wen Yang en collaboration avec le FAST, débutée en octobre 2015 sur financement ED SMAER, 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.

Nous comparons ces techniques de mesure de hauteur de fluides avec d'autres approches en collaboration avec Michèle Gouiffès du département CHM. L'objectif serait ainsi de faire de l'acquisition et du traitement d'image en temps réel quitte à dégrader légèrement la précision. Ces mesures sont complétées par une cartographie du champ de vitesse obtenue par vélocimétrie laser (LDV). L'objectif est multiple : fournir un benchmark fiable pour ce type d'écoulement tournant diphasique d'une part, et mieux comprendre les mécanismes physiques sous-tendant les motifs d'instabilité observés d'autre part. 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". Dans le cadre de l'ANR, la collaboration avec le GeePS a permis de caractériser les vibrations du disque, étape nécessaire pour développer des actionneurs efficaces.

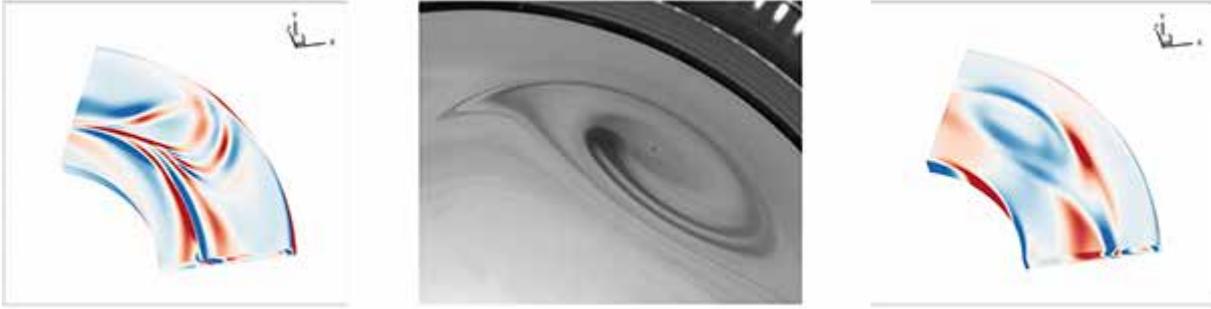


Figure 11 : Visualisation d'un motif d'instabilité dans le cas de faible déformation de la surface libre. L'expérience menée à $Re = 30$ (au milieu) est en meilleur accord qualitatif avec des simulations utilisant des conditions aux limites modifiées [champ de vorticité axiale $Re = 53$ (à droite)] plutôt qu'avec des simulations utilisant les conditions aux limites de glissement usuelles de la littérature [champ de vorticité $Re = 95$ (à gauche)] [Faugaret et al., Rencontre du non-linéaire (2018)].

► 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 2013-2017, AERO, Bourse ED SMEMaG) et aux écoulements de couche limite (avec ou sans aspiration à la paroi, voir **figure 12**), où l'on prédit que les structures associées (« edge states ») sont spatialement localisées (thèse de T. Khapko, 2013-2016, Bourse KTH). 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, ainsi que leur pertinence dans des situations quasi-industrielles (couche limitée forcée par une turbulence d'entrée), sont étudiés en détail.

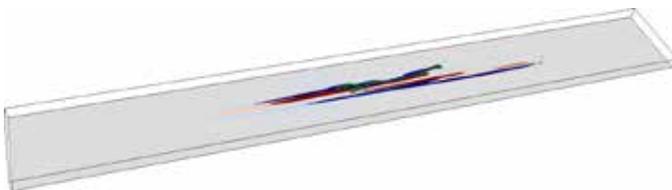


Figure 12 : Edge state dans une couche limite parallèle avec aspiration à la paroi. Isovaleurs de la vitesse horizontale (bleu : négatif, rouge : positif) et du critère tourbillonnaire λ_2 (vert), $Re = 500$ [Khapko et al., J. Fluid Mech. (2016)].

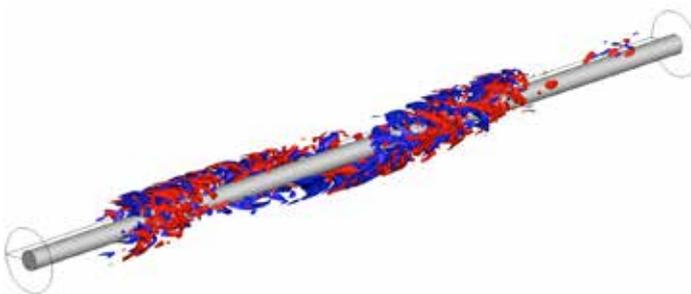


Figure 13 : Turbulence hélicoïdale. Visualisation des isovaleurs de la vitesse radiale au sein d'un écoulement en conduite annulaire, $Re_T = 56$ (collaboration avec Tokyo University of Science) [Ishida et al., J. Fluid Mech. (2016)].

Une seconde approche, développée en collaboration avec KTH Stockholm (Suède), Universität Philips Marburg (Allemagne), ainsi que Tokyo University of Science (Japon), 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 des grandes échelles (LES). Les résultats quantitatifs obtenus pour une couche limite de Blasius ont été modélisés par une approche en termes d'automates cellulaires probabilistes (thèse de T. Kreilos, 2012-2015, Univ. Marburg). La structure spatiale des poches de turbulence localisée dépend en fait fortement de la courbure de la paroi. L'étude paramétrique de l'écoulement au sein d'une conduite annulaire (voir **figure 13**) permet de comprendre de façon statistique la transition des structures laminaire/turbulent 1D vers des structures hélicoïdales typiques des écoulements plans (Thèse T. Ishida, Tokyo Univ. Science 2013-2017). L'influence d'une rugosité de paroi sur ces structures cohérentes a été également étudiée à l'aide d'un modèle numérique (collab. G. Brethouwer KTH Stockholm, T. Tsukahara et T. Ishida, Tokyo Univ. Science).

Thème 4 : Ondes et thermique

D. Băltean-Carlès, I. Delbende, C.T. Pham, C. Weisman, C. d'Alessandro (AA), V. Daru (AERO), F. Jebali Jerbi (TSF),

L. Ma, I. Reynt

Ce thème s'intéresse à l'apparition et à la caractérisation d'ondes acoustiques ou de surface dans des systèmes thermiques : couplage thermoacoustique et systèmes liquides à surface libre par caléfaction. Ces problématiques sont abordées soit par des approches numériques originales, soit par des méthodes analytiques ou encore expérimentalement par le biais de collaborations.

► Thermoacoustique

L'analyse des machines thermoacoustiques (moteur et réfrigérateur) par une approche Faible nombre de Mach a été poursuivie suivant plusieurs axes : (a) étude numérique du seuil de l'instabilité thermoacoustique et analyse de l'influence d'une charge résistive sur le déclenchement d'un moteur thermoacoustique (voir *figure 14*, thèse 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).

Nous avons aussi modélisé et étudié l'instabilité thermoacoustique à l'origine du démarrage d'un moteur thermoacoustique « musical », dans le cadre du projet Art&Sciences « Thermophonia » 2016 (collab. J. Rémus, artiste Ipotam Mécamusique, V. Daru (AERO), F. Jebali (TSF), C. d'Alessandro (AA) et B. Katz (AA)). Une étude de la modélisation et de la simulation des conditions de démarrage du son a été menée. Deux thermophones ainsi que des bancs de mesure adaptés ont été installés et testés.

Enfin, nous avons obtenu en 2017 un financement pour le développement et l'étude d'une pompe à chaleur thermoacoustique pour le transport terrestre (ANR TACOT, porteur H. Bailliet PPRIME, collab. PPRIME, LAUM, LMFA, entreprise PSA). Nous nous intéressons notamment à la simulation numérique des effets liés à la compacité de la machine envisagée et au fort niveau acoustique généré : phénomènes de convection naturelle dans le stack régénérateur considéré comme un milieu poreux, effets multi-dimensionnels liés à la complexité de la géométrie, acoustique non-linéaire en milieu poreux.

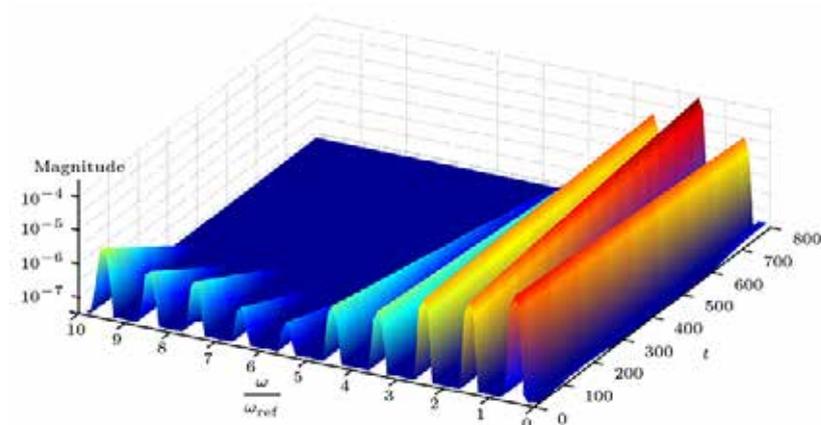
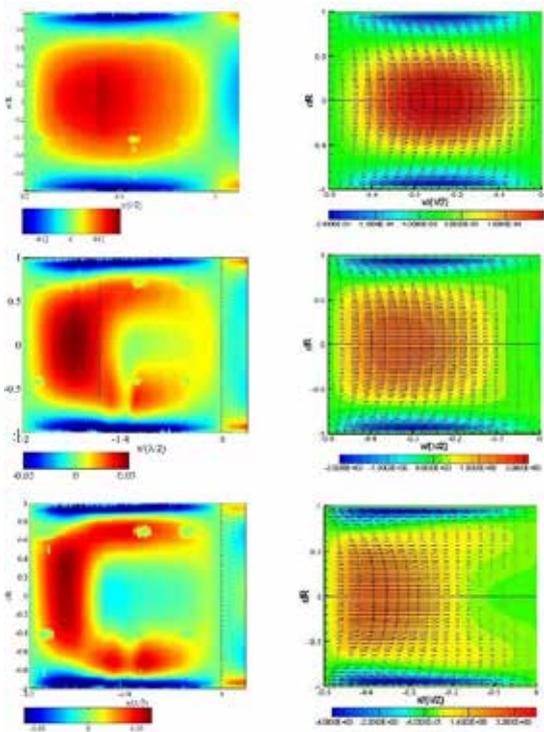


Figure 14 :
Spectrogramme d'un signal de pression acoustique pendant le démarrage
d'un moteur thermoacoustique
[Ma et al., JASA (2013)].

► Streaming acoustique

Le streaming acoustique est un phénomène qui réduit l'efficacité des systèmes thermoacoustiques. Le streaming de Rayleigh représente l'écoulement moyen de second ordre superposé à l'oscillation acoustique dominante. Il est généré par les effets visqueux associés à l'interaction entre l'onde acoustique et les parois solides. Une étude numérique du streaming non linéaire (code Navier-Stokes compressible en géométrie plane ou axisymétrique, V. Daru (AERO)) a été effectuée. La déformation de l'écoulement en régime non linéaire est en accord avec les résultats expérimentaux (collab. H. Bailliet PPRIME, I. Reynt). Les mécanismes physiques responsables des changements de type d'écoulement observés et en particulier l'apparition de cellules supplémentaires sont analysés par plusieurs approches : simulation directe et résolution des équations moyennées sur une période acoustique. 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 (voir *figure 15*) ont également mis en évidence l'exis-



tence de deux régimes d'écoulement de streaming : un régime pour lequel la dépendance de la vitesse axiale de streaming en fonction de l'amplitude 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.

Figure 15 : Contours du streaming dans la section d'un résonateur en géométrie axisymétrique pour les deux régimes de streaming : résultats expérimentaux (gauche) et numériques (droite) [Daru et al., JASA (2017)].

► Ondes linéaires et non linéaires dans des gouttes allongées en caléfaction

Une goutte d'un liquide volatil peut léviter sur sa propre vapeur en la déposant sur une surface très chaude : c'est l'effet Leidenfrost (ou caléfaction). En utilisant des substrats incurvés, des gouttes de forme torique ou rectiligne peuvent exister. En géométrie torique (voir figure 16), on peut produire un écoulement toroïdal accompagné d'ondes de surface de forme polygonale brisant l'invariance par rotation azimutale du système (collab. Y. Couder et L. Limat, Laboratoire MSC, Paris Diderot). En géométrie rectiligne, nous caractérisons expérimentalement le spectre des ondes de surface linéaires (donc de faible amplitude) se propageant dans ce milieu ainsi que leur relation de dispersion dont nous montrons analytiquement et numériquement que les différentes branches correspondent à la propagation d'ondes gravito-capillaires et d'ondes de ballonnement. Notre système expérimental s'apparente ainsi à un système très faiblement dissipatif, soumis à une gravité réduite, où les effets capillaires dominent (la longueur capillaire effective devenant ici de l'ordre du centimètre). En nous intéressant aux ondes de grande amplitude, nous montrons expérimentalement et de manière semi-analytique que peuvent se propager des solitons de Korteweg–de Vries d'amplitude négative grâce aux effets de gravité réduite du système. C'est la première fois que de tels solitons sont observés expérimentalement sur une telle gamme d'amplitude macroscopique (collab. S. Perrard, James Franck Institute, Chicago et L. Deike, Scripps Institute of Oceanography, San Diego, financement ANR Freeflow ANR-11-BS04-001-01). Enfin, des études préliminaires indiquent que ce système est bien adapté pour étudier des phénomènes de type cascade d'énergie des grandes vers les petites échelles. Nous cherchons actuellement à bien les caractériser et à les relier à des phénomènes de turbulence d'ondes ou bien de turbulence de solitons.



Figure 16 : Gouttes en caléfaction

En haut à gauche : facettagage 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)

[Perrard et al., Phys. Rev. E. (2015)].

► **Ligne de contact mobile en présence d'évaporation**

La compréhension de la dynamique de la ligne de contact en mouvement en présence d'évaporation est un enjeu tant fondamental qu'industriel (ex : le dépôt de particules, en utilisant des liquides volatils). C'est un problème ardu dans la mesure où interviennent des singularités des champs hydrodynamiques et des flux d'évaporation. Nous avons proposé un modèle de ligne de contact en mouvement dans des situations de mouillage partiel ou total en tenant compte de la divergence du flux d'évaporation près de la ligne de contact. Des calculs analytiques et numériques ont amené à une généralisation de la loi de mouillage dite de Cox-Voinov qui relie l'angle de contact apparent macroscopique à la vitesse de déplacement de la ligne de contact. Dans le cas du mouillage total, nous avons utilisé un terme de pression de disjonction dû aux forces de van der Waals et mettons en évidence l'existence d'un film précurseur. Sa longueur et son épaisseur sont calculées, ainsi que la dynamique d'évaporation d'une gouttelette en évaporation. Nous montrons leur dépendance avec la constante de Hamaker et le flux d'évaporation (collab. C.-T. Pham avec F. Lequeux de l'ESPCI et L. Limat de l'université Paris Diderot, [in Pham et al., Without Bounds: A Scientific Canvas of Nonlinearity and Complex Dynamics (2013)]).



III - Faits marquants et analyse SWOT

Faits marquants

- ▶ Rôle clé de la nature ferromagnétique des turbines dans l'expérience VKS
- ▶ Méthode innovante pour déterminer des edge-state en transition sous-critique
- ▶ Analyse du cycle de renversement des grandes échelles en convection de Rayleigh-Bénard et identification des événements clé
- ▶ Détermination des conditions optimales pour la génération des champs magnétiques par des fluides électro-conducteurs
- ▶ Identification de nouveaux mécanismes à l'origine du streaming de Rayleigh extérieur.

Analyse SWOT

FORCES

- C-EC actifs en recherche et en enseignement (Sorbonne Université, UPSud, UPSay)
- Communauté d'intérêts scientifiques (instabilités, transition, turbulence, couplages multiphysiques)
- Collaborations internes et externes nombreuses
- Rayonnement (invitations dans des conférences internationales, Research Highlights pour les articles dans des revues internationales à fort impact)
- Bon rythme de préparation de thèses et d'HdR
- Bonne capacité d'encadrement doctoral
- Fort engagement au niveau de la formation dans le cadre du Campus Paris-Saclay (montage d'un master de Mécanique avec Univ. Paris-Sud, ENS Paris-Saclay, Univ. Versailles St Quentin, Univ. d'Evry, CentraleSupélec, X, ENSTA)
- Prise de responsabilités au niveau des parcours de Master à Sorbonne Université.

FAIBLESSES

- Manque de financements contractuels récurrent malgré des efforts répétés de soumission auprès des différentes instances nationales ou internationales (ANR, DAAD Procope, Concert-Connecting and Coordinating European Research and Technology Development-Japan, FET Open, Projet exploration Japon 2018 par l'ambassade du Japon,...)
- Accès à des financements plus locaux (PEPS, Labex, Actions incitatives du laboratoire).

OPPORTUNITÉS

- Collaborations à développer au niveau du plateau de Saclay (il en existe déjà avec le laboratoire SPHYNX du SPEC-CEA Saclay, avec le GeePs, avec le FAST)
- Collaborations avec EDF R&D et Air Liquide à développer
- Prise de responsabilité du département Mécanique-Energie-Procédés (MEP) par P. Le Quéré.

MENACES

- Désengagement unilatéral de Sorbonne Université du partenariat avec le LIMSI (cela impacte 5 MCF directement, d'où une fragilisation des thèmes qu'ils portent)
- Positionnement par rapport à l'arrivée d'équipes en lien avec le département Mécanique-Energétique sur le Campus Paris-Saclay
- Forte pression de la part des instances pour réorganiser les laboratoires en informatique (LIMSI-LRI-LSV)
- Concurrence ouverte avec NewUni pour la formation avec création de Masters ayant les mêmes intitulés (master de Mécanique par exemple) ; désengagement de l'X et de l'ENSTA dans la formation ; manque de visibilité pour le futur.

IV- Projet scientifique

Concernant le thème magnétohydrodynamique, plusieurs projets sont en développement : (i) nous allons poursuivre l'étude des instabilités des batteries à métaux liquides. Une autre source de déstabilisation connue peut venir de l'alimentation en courant par des fils de section plus petite que le conteneur cylindrique de ces batteries : l'interaction entre le courant électrique non uniforme et le champ magnétique qu'il crée donne naissance à un écoulement rotationnel appelé Electro-Vortex Flow (EVF). Cet écoulement peut déformer les interfaces entre les métaux liquides et l'électrolyte mais aussi brasser les métaux liquides. Ce brassage pourrait avantageusement homogénéiser l'électrode inférieure qui contient l'alliage. Nous collaborons activement avec nos collègues allemands (HZDR) sur ce sujet. (ii) Nous entamons une discussion avec les équipes ERMES et MFEE d'EDF R&D sur la poursuite à donner du travail de thèse réalisé sur les transferts thermiques dans les ferrofluides. Une réduction de 6 degrés de la température par les mouvements convectifs du ferrofluide permet de doubler la durée de vie d'un tel transformateur ce qui est susceptible d'intéresser ces équipes. (iii) Nous allons étendre nos études d'optimisation de la dynamo dans plusieurs directions. En ce moment, nous adaptons l'algorithme variationnel à l'identification des dynamos d'ondes inertielles optimales. Puis, nous envisageons d'aborder le problème de la dynamo non-linéaire. Quelle perturbation minimale d'écoulement ou de champ magnétique est-il nécessaire afin de déclencher une transition vers la dynamo dans un écoulement cisailé ? Cette question se prête à tisser de nombreux liens avec le problème de la transition sous-critique à la turbulence. Ceci reste à clarifier mais devrait permettre d'ouvrir de nouvelles pistes d'études prometteuses.

Dans le cadre d'une thèse financée par le CEA à partir d'octobre 2018, nous allons comparer les écoulements turbulents calculés dans la géométrie de von Kármán Sodium avec ceux produits dans l'expérience par l'équipe de B. Dubrulle au SPHYNX-CEA. Nous voulons étudier le comportement très intermittent de la dissipation d'énergie aux plus petites échelles de ces écoulements.

Concernant le thème convection naturelle, notre projet est basé sur quatre problématiques toutes abordées du point de vue numérique : (i) nous nous intéressons à l'écoulement 3D de Rayleigh-Bénard turbulent, notamment en présence de rugosités. Trois régimes de transfert de chaleur ont été confirmés numériquement récemment, dont un est particulièrement efficace. Nous cherchons maintenant à comprendre les mécanismes physiques sous-jacents, dans le but de les manipuler voire de les contrôler. Une collaboration avec une équipe du laboratoire de Physique de l'ENS Lyon démarre sur ce sujet. En outre, nous souhaitons poursuivre la caractérisation des renversements de la circulation à grande échelle présente dans la cellule (même rugueuse) aux nombres de Rayleigh considérés. Différentes géométries sont envisagées. (ii) Le couplage convection turbulente – rayonnement du milieu semi-transparent reste un problème compliqué du fait de la variété des paramètres et effets induits, et des couplages thermiques forts entre milieux fluide et solide. Nous abordons ce sujet en collaboration avec des équipes de PPRIME et du LaSIE dans le cadre de l'étude d'un panache linéique chaud dans une cavité 3D et en régime transitionnel ou turbulent. Nous considérons ici des gaz gris, mais aussi des gaz réels approchés par une somme de gaz gris. On s'intéresse à l'effet du rayonnement sur la stabilité de l'écoulement mais aussi sur sa structuration spatio-temporelle. (iii) La problématique de la dispersion d'un jet d'hélium en cavité ventilée naturellement se poursuit en collaboration avec une équipe du CEA-Saclay (DEN/DM2S). Il s'agit de réaliser des calculs DNS dans le cas de l'apparition d'un écoulement turbulent de type doubles couches homogènes dont la hauteur de l'interface est prédite par des modèles semi-empiriques. Nous cherchons à qualifier ces modèles, mais aussi à caractériser la dynamique de l'écoulement. Pour cela, un jeu de conditions limites aux événements modélisant les interactions entre le fluide dans la cavité et l'environnement extérieur est à développer et valider dans le cadre d'une modélisation multi-espèces. (iv) En lien avec des expériences menées au laboratoire MSC (par Matthieu Roché), nous avons commencé l'étude numérique de l'écoulement généré par le dépôt en surface d'un liquide d'une goutte de tensio-actif qui crée un écoulement de Marangoni en surface. Il a été vu expérimentalement que l'axisymétrie du problème était brisée. Nous voulons comprendre grâce à la simulation numérique l'origine de cette instabilité. Les premiers tests numériques dans un système modèle semblent bien reproduire la génération d'un écoulement toroïdal dans le volume dont il s'agira ensuite de caractériser la déstabilisation.

Les investigations sur les vortex hélicoïdaux vont prendre deux directions différentes. Dans la configuration de sillage d'éolienne, l'étude numérique des instabilités de courte longueur d'onde va être développée (proposition de thèse 2018 infructueuse qui sera renouvelée en 2019, collaboration avec Y. Hattori à Sendai dans le cadre d'un projet collaboratif). Ces instabilités, connues dans les vortex rectilignes et les anneaux tourbillonnaires, ont été récemment prédites dans les vortex hélicoïdaux par la théorie [Blanco-Rodriguez et al., JFM 2017]. Elles n'ont jamais été étudiées numériquement ou expérimentalement, malgré leur rôle probablement majeur dans la destruction des sillages hélicoïdaux et la régénération de l'écoulement à l'aval. Le code HELIKZ devrait être utilisé pour l'étude linéarisée des instabilités, et un solveur 3D pour l'étude non linéaire. La deuxième direction que prendront les investigations sur les vortex hélicoïdaux est celle des sillages d'hélices propulsives marines, souvent constitués de vortex hélicoïdaux dont le cœur est gazeux par suite du phénomène de cavitation. L'implémentation d'une phase gazeuse dans les codes HELIX et HELIKZ devrait permettre l'étude fine de la modification de la structure de ces vortex diphasiques, puis de prédire les modifications de leurs instabilités, en particulier liées au couplage avec les ondes capillaires internes.



L'activité écoulement tournant avec surface libre va se développer suivant deux axes : (i) un axe simulation dans lequel l'implémentation de la méthode level-set au sein du code SUNFLUIDH va être poursuivie. Le code a déjà montré ses qualités prédictives dans sa version axisymétrique lors de confrontations avec des expériences réalisées au laboratoire. Ces comparaisons doivent être poursuivies dans des situations tridimensionnelles particulièrement exigeantes. Le code de stabilité linéaire ROSE, complément indispensable à la simulation numérique directe, va aussi être étendu à des géométries plus complexes que celles traitées jusqu'à présent (démouillage des disques par exemple). (ii) Le deuxième axe est l'extension des expériences existantes, montées en 2017, à des situations où le disque tournant pourra être déformé à l'aide d'actionneurs électroactifs. Un doctorant a été recruté dans le cadre de l'ANR ETAE pour la rentrée 2018 au laboratoire GeePs. Ces nouveaux développements permettront d'obtenir un démonstrateur qui sera à disposition pour faire une recherche croisée avec la thématique "contrôle" présente au laboratoire.

Concernant le thème transition à la turbulence, l'étude numérique de la transition sous-critique sera prolongée dans le cas des écoulements avec gradient de pression imposé (canal et conduite cylindrique), pour laquelle la contrainte pariétale moyenne est conservée. L'arrivée d'un nouveau doctorant (P. Kashyap) dans l'équipe en octobre 2018 permettra d'identifier les mécanismes physiques à l'oeuvre dans la coexistence laminaire-turbulent, via une analogie élégante avec la thermodynamique des gaz réels. A un stade ultérieur, ce projet sera étendu à la prise en compte numérique de parois rugueuses réalistes, capables de détruire le caractère sous-critique de la transition.

Concernant la thermoacoustique, nous allons entreprendre des simulations du prototype de pompe à chaleur thermoacoustique pour le transport terrestre qui est actuellement en construction dans le cadre de l'ANR TACOT, en collaboration avec des équipes des laboratoires PPRIME, LAUM, LMFA, et l'entreprise PSA. Nous nous intéressons notamment à la simulation numérique des effets liés à la compacité de la machine et au fort niveau acoustique généré. Par ailleurs, nous souhaitons poursuivre l'analyse du streaming acoustique dans des guides d'onde à fort niveau acoustique, et en particulier par la prise en compte des effets thermiques, pour la simulation notamment du streaming dans un buffer tube ou dans un stack de machine thermoacoustique.

Concernant les ondes, l'étude des gouttes allongées en caléfaction va se prolonger. Des études expérimentales préliminaires indiquent en effet que notre système de gouttes allongées en caléfaction est bien adapté pour étudier des phénomènes de type cascade d'énergie des grandes vers les petites échelles. Nous chercherons à les modéliser et les caractériser afin de les relier à des phénomènes de turbulence d'ondes ou de turbulence intégrable. De plus, nous avons montré que l'on pouvait déposer des gouttes de grande longueur en caléfaction sur des substrats incurvés rectilignes (gouttes allongées droites) ou bien circulaires (gouttes en forme de tore). Nous souhaitons comprendre l'instabilité qui conduit à la rupture de telles gouttes lorsque leur section diminue en faisant le lien avec l'instabilité de Plateau-Rayleigh (travail théorique et expérimental).



ANNEXE 4 : ETCM – Sélection des produits et activités de la recherche

I- PRODUCTION DE CONNAISSANCES ET ACTIVITÉS CONCOURANT AU RAYONNEMENT ET À L'ATTRACTIVITÉ SCIENTIFIQUE

1°) Journaux / Revues scientifiques : sélection

1. **Castillo Castellanos, A., A. Sergent**, and M. Rossi. "Reversal cycle in square Rayleigh-Bénard cells in turbulent regime". In: *Journal of Fluid Mechanics* 808 (2016), pp. 614–639.
2. **Daru, V., D. Baltean, C. Weisman**, P. Debesse, and G. Gandikota. "Two-dimensional numerical simulations of nonlinear acoustic streaming in standing waves". In: *Wave Motion* 50.5 (2013), pp. 955–963.
3. **Delbende, I., B. Piton**, and M. Rossi. "Merging of two helical vortices". In: *European Journal of Mechanics - B/Fluids* 49 (2015), pp. 363–372.
4. **Duguet, Y.**, A. Monokrousos, L. Brandt, and D. S. Henningson. "Minimal transition thresholds in plane Couette flow". In: *Physics of Fluids* 25.8 (2013), 084103 1–084103 23.
5. **Duguet, Y.** and P. Schlatter. "Oblique laminar-turbulent interfaces in plane shear flows". In: *Physical Review Letters* 110 (2013), 034502 1–034502 4.
6. **Herreman, W.** "Minimal flow perturbations that trigger kinematic dynamo in shear flows". In: *Journal of Fluid Mechanics* 795 (2016), 13p.
7. **Herreman, W., C. Nore, L. Cappanera**, and J.-L. Guermond. "Taylor instability in liquid metal columns and liquid metal batteries". In: *Journal of Fluid Mechanics* 771.5 (2015), pp. 79–114.
8. **Ishida, T., Y. Duguet**, and T. Tsukahara. "Transitional structures in annular Poiseuille flow depending on radius ratio". In: *Journal of Fluid Mechanics* 794 (2016), 10p.
9. **Kahouadji, L.** and **L. Martin Witkowski**. "Free surface due to a flow driven by a rotating disk inside a vertical cylindrical tank: Axisymmetric configuration". In: *Physics of Fluids* 26.072105 (2014), 17p.
10. Kreilos, T., **T. Khapko**, P. Schlatter, **Y. Duguet**, D. S. Henningson, and B. Eckhardt. "Bypass transition and spot nucleation in boundary layers". In: *Physical Review Fluids* 1 (2016), 9p.
11. **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". In: *Journal of the Acoustical Society of America* 138.2 (2015), pp. 847–857.
12. **Nore, C.**, D. Castanon Quiroz, J.-L. Guermond, J. Léorat, and **F. Luddens**. "Numerical dynamo action in cylindrical containers". In: *European Physical Journal : Applied Physics* 70.3 (2015), 11p.
13. **Nore, C., H. Zaidi**, F. Bouillault, A. Bossavit, and J.-L. Guermond. "Approximation of the time-dependent induction equation with advection using Whitney elements: Application to dynamo action". In: *COMPEL: The International Journal for Computation and Mathematics in Electrical and Electronic Engineering* 35.1 (2016), pp. 326–338.
14. **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". In: *Europhysics Letters* 114.65002 (2016), 6p.
15. **Oteski, L., Y. Duguet**, and **L. Pastur**. "Lagrangian chaos in confined two-dimensional oscillatory convection". In: *Journal of Fluid Mechanics*, 758, 489-519 (2014).
16. Perrard, S., L. Deike, C. Duchêne, and **C.-T. Pham**. "Capillary solitons on a levitated medium". In: *Physical Review E* 92 (2015), 5p.
17. **Podvin, B. and A. Sergent**. "A large-scale investigation of wind reversal in a square Rayleigh-Bénard cell". In: *Journal of Fluid Mechanics* 766 (2015), pp. 172– 201.
18. **Selçuk, C., I. Delbende**, and M. Rossi. "Helical vortices: Quasiequilibrium states and their time evolution". In: *Physical Review Fluids* 2 (2017), 084701:1–27.
19. **Varela, J.**, S. Brun, B. Dubrulle, and **C. Nore**. "Effects of turbulence, resistivity and boundary conditions on helicoidal flow collimation: Consequences for the Von- Kármán-Sodium dynamo experiment". In: *Physics of Plasmas* 24.5 (2017), 053518:1–9.
20. Xin, S., J. Salat, P. Joubert, **A. Sergent**, F. Penot, and **P. Le Quééré**. "Resolving the stratification discrepancy of turbulent natural convection in differentially heated air-filled cavities. Part III: A full convection–conduction–surface radiation coupling". In: *International Journal of Heat and Fluid Flow* 42 (2013), pp. 33–48.

2°) Ouvrages

Direction et coordination d'ouvrages / édition scientifique

1. **Pham, C.-T.**, É. Falcon, M. Lefranc, and F. Pétrélis. Comptes-Rendus de la 20^e Rencontre du Non-Linéaire. Non-Linéaire Publications, 2017, 121p. ISBN: 9782953859669.
2. **Pham, C.-T.**, É. Falcon, M. Lefranc, and F. Pétrélis. Comptes-Rendus de la 21^e Rencontre du Non-Linéaire. Non-Linéaire Publications, 2018, 114p. ISBN: 9782953859676.

Chapitres d'ouvrage

3. **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*. Paris- FR, 2015, pp. 253–264.
4. **Garnier, C., A. Sergent, Y. Fraigneau,** and **P. Le Quéré.** "Comparative study of numerical simulations of a 2D buoyancy-driven flow in a vertical channel asymmetrically heated with or without external domain". In: *International Heat Transfer Conference*. Kyoto- JP, 2014, 15p.
5. **Oteski, L., Y. Duguet,** and **L. Pastur.** "Lagrangian mixing in natural convection". In: *Chaos, Complexity and Transport 2015*. Marseille- FR, 2015, 10p.
6. **Pham, C.-T.,** F. Lequeux, and L. Limat. "Dynamics of a complete wetting liquid under evaporation". In: *Without Bounds: A Scientific Canvas of Nonlinearity and Complex Dynamics*. Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2013, pp. 275–283. ISBN: 978-3-642-34069-7.

3°) Colloques / congrès, séminaires de recherche

Articles publiés dans des actes de colloques / congrès

1. **Daru, V.,** H. Bailliet, **C. Weisman, D. Baltean,** and I. Reyt. "Evolution of Rayleigh streaming flow velocity components in a resonant waveguide at high acoustic levels". In: *Meeting of the Acoustical Society of America*. Boston- US, 2017.
2. **Daru, V., D. Baltean,** and **C. Weisman.** "Inertial Effects on Non Linear Acoustic Streaming". In: *International Symposium on Nonlinear Acoustics*. Lyon- FR, 2015, 4p.
3. **Selçuk, C., I. Delbende,** and M. Rossi. "Dynamics of helical vortex arrays". In: *IU- TAM Symposium on Dynamics and Topology of Vorticity and Vortices*. Carry- le-Rouet- FR, 2017.
4. Stefani, F., T. Albrecht, G. Gerbeth, A. Giesecke, T. Gundrum, C. Steglich, and **C. Nore.** "Towards a precession driven dynamo experiment". In: *PAMIR International Conference on Fundamental and Applied MHD*. Riga- LV, 2014, 5p.
5. 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*. Le Mans - FR, 2016, pp. 913–919.

4°) Organisation de colloques / congrès

1. Workshop France-Japon, 2-3 Mars 2016, **Y. Duguet**, ESPCI, Paris.
2. Colloque Euromech EC565, 6-9 Mai 2014, **Y. Duguet**, Cargèse, Corse.
3. 20^e Rencontre du Non-Linéaire, **C.-T. Pham**, 21–23 mars 2017, Paris Diderot.
4. 21^e Rencontre du Non-Linéaire, **C.-T. Pham**, 27–29 mars 2018, Paris Diderot.
5. HELIX 2015 : Fluid-Structure Interactions and Vortex Dynamics in Aerodynamics, 29 juin–4 juillet 2015, **I. Delbende, Porquerolles.**
6. Conférence internationale BIFD (Bifurcations and Instabilities in Fluid Dynamics) 15-17 juillet 2015, session Magnéto-Hydrodynamique, **C. Nore**, Paris.
7. Membre du comité scientifique national pour la conférence International Heat Transfer Conference» (IHTC-15 2014, IHTC-16 2018), **A. Sergent.**
8. Ecole MFN années 2013, 2015 (label Ecole Thématique du CNRS), **A. Sergent, P. Le Quéré, W. Herreman.**

5°) Produits et outils informatiques

Logiciels

- Code ROCOCO, dépôt APP. **L. Cadet , A. Sergent , Y. Fraigneau ,** D. Lemonnier, P. Joubert et D. Saury ,
- «Code ROCOCO- RadiatiOn COvection COupling project», Fortran, IDDN.FR.001.260016.000. S.P.2017.000.31235, 2017.

Outils présentés dans le cadre de campagnes d'évaluation

- Benchmark «Conditions aux limites pour les écoulements de convection naturelle en configuration semi-confinée», SFT, 2013. Publication : G. Desrayaud , E. Chénier , A. Joulin , A. Bastide , B. Brangeon , J. Caltagirone, Y. Cherif , R. Eymard , **C. Garnier** , S. Giroux-Julien , Y. Harnane , P. Joubert , N. Laaroussi , S. Lassue , **P. Le Quéré**, R. Li , D. Saury , **A. Sergent , S. Xin** Et A. Zoubir , « Sensitivity to the open boundary conditions of the natural convection flows in a vertical channel asymmetrically heated – from comparison exercise to benchmark solutions », *International Journal of Thermal Sciences*, t. 72, p. 18–33, 2013.
- Benchmark international menant à publication : A. Jackson; A. Sheyko; P. Marti; A. Tilgner; D. Cebon; S. Vantighem; R. Simitev; F. Busse; X. Zhan; G. Schubert; S. Takehiro; Y. Sasaki; Y.-Y. Hayashi; A. Ribeiro; **C. Nore**; J.-L. Guermond, A spherical shell numerical dynamo benchmark with pseudo-vacuum magnetic boundary conditions, *Geophysical Journal International* 2013; doi: 10.1093/gji/ggt425
- Benchmark international menant à publication : P. Marti, N. Schaeffer, R. Hollerbach, D. Cebon, **C. Nore, F. Luddens**, J.-L. Guermond, J. Aubert, S. Takehiro, Y. Sasaki, Y.-Y. Hayashi, R. Simitev, F. Busse, S. Vantighem, A. Jackson, Full sphere hydrodynamic and dynamo benchmarks, *Geophysical Journal International* 2014; doi: 10.1093/gji/ggt518.

6°) Développements instrumentaux et méthodologiques

Plateformes et observatoires : voir P2I pour les logiciels de calcul

7°) Activités éditoriales

Participation à des comités éditoriaux (journaux scientifiques, revues, collections, etc)

- **P. Le Quéré**, membre de l'Advisory Board de Int. J. Thermal Sciences.

Direction de collections et de séries

- **C.-T. Pham**, É. Falcon, F. Pétrélis, M. Lefranc (éditeurs), Comptes-rendus de la 17^e Rencontre du Non-Linéaire, Non-Linéaire Publications, 2014, 166p, 978-2-9538596-3-8
- **C.-T. Pham**, E. Falcon, F. Pétrélis, M. Lefranc (éditeurs), Comptes-rendus de la 18^e Rencontre du Non-Linéaire, Non-Linéaire Publications, 2015, 168p, 978-2-9538596-4-5
- **C.-T. Pham**, É. Falcon, F. Pétrélis, M. Lefranc (éditeurs), Comptes-rendus de la 19^e Rencontre du non linéaire, Non-Linéaire Publications, 2016, 159p, 978-2-9538596-5-2.

8°) Activités d'évaluation

Évaluation d'articles et d'ouvrages scientifiques (relecture d'articles / reviewing)

- **190 reviewing** au total pour le groupe dans des revues comme : Journal of Fluid Mechanics, Journal of Turbulence, Physics of Fluids, Computers and Fluids, Journal of Computational Physics, International Journal of Thermal Sciences, Acta Acustica United with Acustica, Journal of Sound and Vibration, Physical Review Fluids, Heat and Mass Transfer, etc

Évaluation de projets de recherche

- ANR JCJC 2016
- ANR PRCE 2017
- CAPES-COFECUB 2018 (France-Brésil)

Évaluation de laboratoires (type Hcéres)

- **C. Weisman**, membre du comité HCERES du LAUM (Univ. du Maine), 2016.
- **P. Le Quéré**, membre du comité HCERES de MSC (Univ. Paris-Diderot), 2017.

Responsabilités au sein d'instances d'évaluation

- **P. Le Quéré**, membre nommé de la Section 10 du CoNRS, 2016, 2017, 2018
- **A. Sergent**, membre du comité thématique CT2a 'Fluides non réactifs' de GENCI, 2016, 2017, 2018.

Participation aux jurys de HDR, Thèses, Comités de sélection

- 29 participations à des jurys de thèse (en tant qu'examineur, rapporteur ou président)
- 2 participations à des jurys de HdR (en tant qu'examineur, rapporteur ou président)
- 20 participations à des comités de sélection de concours MCF, PU ou ATER



9°) Contrats de recherche financés par des institutions publiques ou caritatives

ETCM : Contrats institutionnels sur financement public								
	Acronyme	Financier/ Partenaire	Programme/ Instrument	Coordinateur	Responsable LIMSI	Début	Fin	Part LIMSI €
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
	TACOT	ANR	PRC	N	Catherine Weisman	01/10/2017	31/12/2020	67 896
Collaboration de recherche	GAMELAN	CEA		O	Le Quéré Patrick	01/07/2011	31/07/2014	45 000
	APRC	CNRS	PICS	O	Duguet Yohann	01/01/2014	31/12/2015	20 000
	VKS Star	Investissements d'avenir	Labex Lasips	N	Nore Caroline	01/09/2014	17/07/2015	50 000
	Ecole d'été	Investissements d'avenir	Labex Lasips	N	Delbende Ivan	01/12/2014	31/12/2015	1 000
	Les Thermophones	Investissements d'avenir	La Diagonale	N	Baltea-carles Diana	01/04/2015	30/06/2016	15 000
	NANO-in-OIL	Investissements d'avenir	Labex Lasips	N	Nore Caroline	20/05/2015	31/12/2019	104 500
	H-PLUME	Investissements d'avenir	Labex Lasips	N	Sergent Anne	14/12/2016	31/12/2019	65 900
	CORINThe	CNRS	PEPS	O	Sergent Anne	01/01/2018	31/12/2018	15 000

10°) Post-doctorants et chercheurs seniors accueillis

Post-doctorants

- **Décembre 2012-décembre 2013** : Encadrement du stage post-doctoral (ATER) de **Francky Luddens**.
- **Janvier 2013- février 2014** : Encadrement du stage post-doctoral financé par le Labex LaSIPS (centre de recherche et de formation en sciences de l'ingénierie et des systèmes) de **Houda Zaidi**.
- **Janvier 2013- décembre 2013** : Encadrement du stage post-doctoral de **Huong-Lan Tran**.
- **Juin 2013- mai 2014** : Encadrement du stage post-doctoral de **Olivier Roussel**.
- **Septembre 2014- juillet 2015** : Encadrement du stage post-doctoral financé par l'interlabex PALM LaSIPS-P2IO de **Jacobo Varela Rodriguez**.
- **Octobre 2016-novembre 2016** : Encadrement du stage post-doctoral financé par le CEA de **Laurent Cadet**.
- **Novembre 2017-octobre 2018** : Encadrement du stage post-doctoral financé par le Labex LaSIPS de **Andres Alonso Castillo Castellanos**.

Chercheurs seniors accueillis

- **01/2013** Professeur invité par Université Paris-Sud, **Jean-Luc Guermond** (TAMU, USA).
- **01/2014 et 05/2014** Professeur invité par Université Paris-Sud, **Jean-Luc Guermond** (TAMU, USA).
- **05/2014** Accueil de **Taras Khapko** (KTH Stocklomb, Suède).
- **01/2015** Professeur invité par Université Paris-Sud, **Jean-Luc Guermond** (TAMU, USA).
- **06/2015** Professeur invité par Université Paris-Sud, **Jean-Luc Guermond** (TAMU, USA).
- **09/2016** Professeur invité par Université Paris-Sud, **Jean-Luc Guermond** (TAMU, USA).

11°) Indices de reconnaissance

Prix

- Meilleur poster Colloque Energie, Vers la transition énergétique- WTE2016. Titre : Couplage des équations de la MHD et de la thermique dans un problème monofluide : Application aux batteries à métaux liquides. Auteurs : **J. Commenge, C. Nore, W. Herreman** (LIMSI) et J.-L. Guermond (Texas A&M)

Appartenance à l'IUF

- **C. Nore**, membre junior de l'Institut Universitaire de France (IUF) en section Sciences pour l'Ingénieur, 2008-2013.

Responsabilités dans des sociétés savantes

- **P. Le Quéré**, membre de la General Assembly de l'Int. Center for Heat and Mass Transfer.

Invitations à des colloques / congrès à l'étranger

1. 21-22 novembre 2013 : Conférence invitée au workshop *Precession driven dynamos* organisé par F. Stefani à Dresden, **C. Nore** (orateur), *Two spinning ways for precession forcing*.
2. 9-13 décembre 2013 : Conférence invitée au *14th Workshop on Instabilities and Non-Equilibrium Structures, Viña del Mar, Chili*, **C.-T. Pham** *Depression soliton wave in a Leidenfrost cylinder*
3. 23-25 Novembre 2014 : *Workshop on Collective Dynamics in coupled oscillators systems*, WIAS Berlin 2014, Germany **Y. Duguet** *Can laminar-turbulent coexistence be modelled by chimera states?*
4. 16-17 mai 2017 : International workshop on *Liquid metal battery fluid dynamics (LMBFD 2017)*, Dresden, Germany, **C. Nore**, *Numerical simulations of incompressible multiphase hydrodynamic and magnetohydrodynamic flows*.
5. 24-29 Août 2017 : *Symposium on Dynamical systems and Turbulence, European Turbulence Conference (ETC16)*; Stockholm, Sweden, **Y. Duguet** *Surfing the edge*.
6. 9-11 avril 2018 : Conférence invitée *Chasing tornadoes : vorticity above, below, and in the lab*, **C. Nore**, *en l'honneur du Professeur Carlo Barenghi (Newcastle University)*.
7. 25-29 juin 2018 : *5th International conference on Turbulence and Interactions (TI2018)*; Trois îlets, Martinique, France, **A. Sergent** *Large scale reversals in turbulent Rayleigh-Bénard convection*.

Séjours dans des laboratoires étrangers

1. Nordita Stockholm, Suède, 1 mois, Mai 2013. **Y. Duguet**.
2. UCLA, IPAM, Los Angeles, USA (institute of pure and applied mathematics), 3 semaines en Octobre 2014. **Y. Duguet**.
3. 12-26 avril 2015 : Invitation de **C. Nore** par le professeur J.-L. Guermond, Department of Mathematics, Texas A & M University, College Station, USA.
4. Séjour de **L. Cappanera** (1^{er} février-31 décembre 2013), invité par le professeur J.-L. Guermond, Department of Mathematics, Texas A & M University, College Station, USA.
1. Fields Institute, Univ. Toronto, Canada, 3 semaines Janvier-Février 2016. **Y. Duguet**.
2. Séjour de **R. Zanella** (11 janvier-23 décembre 2016), invité par le professeur J.-L. Guermond, Department of Mathematics, Texas A & M University, College Station, USA.
3. Séjour de **J. Commenge** (3 mai-25 juillet 2016), invité par le professeur J.-L. Guermond, Department of Mathematics, Texas A & M University, College Station, USA.
4. KITP, UCSB Santa Barbara USA, 3 semaines Janvier-Février 2017. **Y. Duguet**.
5. Séjour de **R. Zanella** (8 janvier-21 avril 2018), invité par le professeur J.-L. Guermond, Department of Mathematics, Texas A & M University, College Station, USA.
6. 15-29 avril 2018 : Invitation de **C. Nore** par le professeur J.-L. Guermond, Department of Mathematics, Texas A & M University, College Station, USA.
7. IST Austria, Klosterneuburg, Autriche, 7 semaines (Mai 2015, Mai 2016, Mai 2017). **Y. Duguet**.
8. KTH, Stockholm, Suède, (Juin 2018). **Y. Duguet**
9. Plusieurs voyages au Japon de quelques jours (Univ. Osaka Octobre 2014, Tokyo Univ. of Science Novembre 2015). **Y. Duguet**.

II - Interaction avec l'environnement, impacts sur l'économie, la société, la culture, la santé

1°) Brevets, licences et déclarations d'invention

Dépôts APP	Auteur LIMSI	Co auteurs	Date	Commentaire
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)	11/2016	
SUNFLUIDH Logiciel de simulation d'écoulements instationnaires incompressibles ou dilatables (hypothèse de faible nombre de Mach), 3D, adapté aux milieux multi-espèces passifs ou réactifs.	Fraigneau Yann	–	05/15	
Licences	Resp. LIMSI	Licencié	Date	Commentaire
HELIX	Delbende Ivan	TU Darmstadt (All.)	02/13	

2°) Interactions avec les acteurs socio-économiques

Collaborations de recherche

Acronyme	Financier/ Partenaire	Programme	Coordinateur	Responsable LIMSI	Début	Fin	Part LIMSI
Advection chaotique	EADS		O	Duguet Yann	15/12/2011	31/12/2015	132 000 €

3°) Activités d'expertise scientifique

Participation à des instances d'expertise (type Anses) ou de normalisation

- **P. Le Quéré**, membre du Conseil Scientifique d'EdF R&D, depuis 2016.
- **C. Nore**, membre du Conseil Scientifique du CNAM, depuis 2018.

4°) Produits destinés au grand public

Émissions radio, TV, presse écrite

- Invitation à rédiger un article pour Journal of Fluid Mechanics, Focus on Fluids (2015). **Y. Duguet**.
- Publicité CEA, LIMSI (CNRS) et Invitation from AIP Publishing to coordinate a press release with the publication of the paper; <http://www.cea.fr/Pages/actualites/sciences-de-la-matiere/Etudier-sur-Terre-la-generation-du-champ-magnetique-interieur-%C3%A9toiles-planetes.aspx>. Article : Effects of turbulence, resistivity and boundary conditions on helicoidal flow collimation: consequences for the von-Kármán-Sodium dynamo experiment », Physics of Plasma, 23 mai 2017. DOI: 10.1063/1.4983313. **J. Varela**, S. Brun, B. Dubrulle, B. and **C. Nore**.

Produits de vulgarisation : articles, interviews, éditions, vidéos, etc.

- Interview de **L. Martin Witkowski**, On n'est pas que des cobayes, France 5, (2016).
- Interview de **Y. Duguet**, dans Science et Vie (Mai 2017).

Produits de médiation scientifique

- Fête de la Science, Orsay, 2016 : Tornade
- Festival CURIOSITAS, Gif sur Yvette, 2015, 2017 : Thermophones

III - Implication dans la formation par la recherche

1°) Produits des activités pédagogiques et didactiques

E-learning, moocs, cours multimedia, etc.

- SPOC (Small Private Online Course) : Introduction à la mécanique : Énergétique. **C. Weisman** et **L. Martin Witkowski**. 2016, Sorbonne Université.

2°) Liste exhaustive des thèses et HDR

Thèses

1. **Gao, Z.** "Transition to chaos of natural convection between two vertical differentially heated plates". Orsay, France, 2013, 158p.
2. **Tran, H.-L.** "Numerical modeling of natural convection of binary mixtures: case of a helium buoyant jet in an air-filled enclosure". Orsay, France, 2013, pp. 1– 147.
3. **Garnier, C.** "Modélisation numérique des écoulements ouverts de convection naturelle au sein d'un canal vertical asymétriquement chauffé". Orsay, 2014, 207p.
4. **Ma, L.** "Modélisation et simulation numérique des effets non linéaires et multi-dimensionnels d'un moteur thermoacoustique: influence d'une charge résistive". Orsay, 2014, 189p.
5. **Cadet, L.** "Étude du couplage convection-rayonnement en cavité différentiellement chauffée à haut nombre de Rayleigh en ambiances habitables". La Rochelle, 2015, 193p.
6. **Cappanera, L.** "Stabilisation non linéaire des équations de la magnétohydrodynamique et applications aux écoulements multiphasiques". Orsay, France, 2015, 158p.
7. **Oteski, L.** "Transition vers le chaos en convection naturelle confinée : descriptions lagrangienne et eulérienne". Orsay, 2015, 161p.
8. **Selçuk, C.** "Numerical study of helical vortices and their instabilities". Orsay, France, 2016, 200p.
9. **Castillo Castellanos, A. A.** "Turbulent convection in Rayleigh-Bénard cells with modified boundary conditions". Paris, 2017, 251p.
10. **Acharya Neelavara, S.** "Numerical study of transition to turbulence in plane Poiseuille flow in physical space and state space". Orsay, France, 2018, 123p.
11. **Saikali, E.** "Numerical modelling of an air-helium buoyant jet in a two vented enclosure". INSTN- CEA Saclay, 2018, 268p.

HdR

1. **Sergent, A.** "Numerical modelling of natural convection in confined domain". Orsay, 2015, 66p.
2. **Martin Witkowski, L.** "Instabilités des écoulements tournants en géométrie cylindrique". Orsay, France, 2017, 167p.

3°) Productions scientifiques (articles, ouvrages, etc.) issues des thèses

Revue internationale

1. **C. Selçuk, I. Delbende, M. Rossi,** Helical vortices: linear stability analysis and nonlinear dynamics, *Fluid Dynamics Research*, 2018, vol. 50, n°1, 28
2. **R. Zanella, C. Nore, F. Bouillault, L. Cappanera, I. Tomas, X. Mininger, J-L. Guermond,** Study of Magnetoconvection Impact on a Coil Cooling by Ferrofluid with a Spectral / Finite Element Method, *IEEE Transactions on Magnetics*, 2018, vol. 54, n°3, 4600104:1-4
3. **Z. Gao, B. Podvin, A. Sergent, S. Xin, J. Chergui,** Three-dimensional instabilities of natural convection between two differentially heated vertical plates: Linear and nonlinear complementary approaches, *Physical Review E*, 2018, vol. 97, n°5, 40
4. **C. Selçuk, I. Delbende, M. Rossi,** Helical vortices: Quasiequilibrium states and their time evolution, *Physical Review Fluids*, 2017, vol. 2, 084701:1-27,
5. **L. Cappanera, J-L. Guermond, W. Herreman, C. Nore,** Momentum-based approximation of incompressible multi-phase fluid flows, *International Journal for Numerical Methods in Fluids*, 2017, vol. 86, n°8, 541-563
6. **A. Castillo Castellanos, A. Sergent, M. Rossi,** Reversal cycle in square Rayleigh-Bénard cells in turbulent regime, *Journal of Fluid Mechanics*, 2016, vol. 808, 614-639
7. **L. Cappanera, J-L. Guermond, J. Léorat, C. Nore,** Two spinning ways for precession dynamo, *Physical Review E*, 2016, vol. 93, 13
8. **C. Nore, D. Castanon Quiroz, L. Cappanera, J-L. Guermond,** Direct numerical simulation of the axial dipolar dynamo in the Von Karman Sodium experiment, *Europhysics Letters*, 2016, vol. 114, n°65002, 6p
9. **W. Herreman, C. Nore, L. Cappanera, J-L. Guermond,** Tayler instability in liquid metal columns and liquid metal batteries, *Journal of Fluid Mechanics*, 2015, vol. 771, n°5, 79-114
10. **L. Ma, C. Weisman, D. Baltean, I. Delbende, 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, vol. 138, n°2, 847-857
11. **L. Ma, C. Weisman, D. Baltean, I. Delbende, L. Bauwens,** Numerical simulation of flow dynamics in the periodic regime in an idealized thermoacoustic engine, *Magneto hydrodynamics*, 2015, vol. 51, n°3, 601-608
12. **F. Blanco-Rodriguez, S. Le Dizès, C. Selçuk, I. Delbende, M. Rossi,** Internal structure of vortex rings and helical vortices, *Journal of Fluid Mechanics*, 2015, vol. 785, 219-247



13. **Z. Gao**, B. Podvin, **A. Sergent**, S. Xin, Chaotic dynamics of a convection roll in a highly confined, vertical, differentially heated fluid layer, *Physical Review E*, 2015, vol. 91, 013006:1-14

Conférences internationales avec actes

1. **E. Saikali**, G. Bernard-Michel, **A. Sergent**, C. Tenaud, R. Salem, Highly resolved large eddy simulations of a transitional air-helium buoyant jet in a two vented enclosure: validation against particle image velocimetry experiments, *International Conference on Hydrogen Safety (ICHS 2017)*, Hamburg, Germany, du 11/09 au 13/09, 2017, 21p
2. G. Bernard-Michel, **E. Saikali**, D. Houssin, Experimental measurements, CFD simulations and model for a helium release in a two vents enclosure, *International Conference on Hydrogen Safety (ICHS 2017)*, Hamburg, Germany, du 11/09 au 13/09, 2017, (25)
3. **L. Oteski**, **Y. Duguet**, L. Pastur, Lagrangian mixing in natural convection, *Chaos, Complexity and Transport 2015 (CCT15 2015)*, Marseille, 01/06 au 05/06, 2015, 10p
4. **Z. Gao**, B. Podvin, **A. Sergent**, S. Xin, Lyapunov spectrum analysis of natural convection in a vertical, highly confined, differentially heated fluid layer, *8th International Conference on Chaotic Modeling, Simulation and Applications (CHAOS 2015)*, Paris, France, 26/05 au 29/05, 2015, 253-264. Paru dans *CMSIM : an International Journal of Nonlinear Science*
5. **C. Weisman**, **D. Baltean**, **I. Delbende**, **L. Ma**, L. Bauwens, Effect of a resistive load on the starting performance of a standing wave thermoacoustic engine, *Eurotherm Symposium 107, 3rd International Workshop on Thermoacoustics*, Twente, Netherlands, du 26/10 au 27/10, 2015, 2p
6. **L. Cadet**, **A. Sergent**, P. Joubert, D. Lemonnier, D. Saury, Convection-radiation coupling in a differentially heated cavity at high Rayleigh number, *8th International Symposium on Turbulence, Heat and Mass Transfer (THMT 2015)*, Sarajevo, Bosnia and Herzegovina, du 15/09 au 18/09, 2015, 12p
7. **C. Selçuk**, **I. Delbende**, M. Rossi, Instabilities in helical vortex systems: linear analysis and nonlinear dynamics, *50th 3AF International Conference on Applied Aerodynamics (3AF 2015)*, Toulouse, France, du 30/03 au 01/04, 2015, 9p
8. **C. Selçuk**, **I. Delbende**, M. Rossi, Dynamics of helical vortex arrays, *IUTAM Symposium on Dynamics and Topology of Vorticity and Vortices*, Carry-le-Rouet, France, du 13/06 au 16/06, 2017

Conférences nationales avec actes

9. **W. Yang**, J. Chergui, Y. Fraigneau, **I. Delbende**, **L. Martin Witkowski**, Free surface flow driven by a rotating end wall in a stationary cylinder : Structure of the axisymmetric baseflow, *23^e Congrès Français de Mécanique (CFM 2017)*, Lille, France, du 28/08 au 01/09, 2017, 9p
10. **E. Saikali**, **A. Sergent**, G. Bernard-Michel, C. Tenaud, Large eddy simulations of an air-helium buoyant jet in a two vented enclosure: influence of the outlet boundary condition, *23^e Congrès Français de Mécanique (CFM 2017)*, Lille, France, du 28/08 au 01/09, 2017, 15p
11. **L. Cadet**, P. Joubert, **A. Sergent**, D. Saury, D. Lemonnier, Couplage convection-rayonnement surfacique en cavité différentiellement chauffée à haut nombre de Rayleigh : impact de l'émissivité des parois, *24^e Congrès Français de Thermique (SFT 2016)*, Toulouse, France, du 31/05 au 03/06, 2016, 8p
12. **A. Castillo Castellanos**, **A. Sergent**, M. Rossi, Effect of mechanical boundary conditions on the flow reversal in square Rayleigh-Benard cells, *18^e Rencontre du Non-LinÉaire (RNL 2015)*, Paris, France, 17/03 au 19/03, 2015, 6p
13. **A. Faugaret**, Y. Fraigneau, **L. Martin Witkowski**, Étude des instabilités de l'écoulement engendré par un disque tournant en présence de surface libre : Confrontation expérimentale et numérique, *22^e Congrès Français de Mécanique (CFM 2015)*, Lyon, France, 24/08 au 28/08, 2015, 3p
14. **L. Cadet**, P. Joubert, **A. Sergent**, D. Saury, D. Lemonnier, Couplage convection-rayonnement en cavité différentiellement chauffée à haut nombre de Rayleigh, *Congrès Français de Thermique (SFT 2015)*, La Rochelle, Mai 26-29, 2015, 8p
15. **C. Garnier**, **A. Sergent**, Y. Fraigneau, **P. Le Quéré**, Nouvelle approche numérique pour la modélisation des interfaces d'un canal vertical asymétriquement chauffé, *Congrès Français de Thermique (SFT 2015)*, La Rochelle, France, 26/5 au 29/5, 2015, 8p

4°) Accompagnement des séminaires de doctorants par des chercheurs ; degré de participation des doctorants à la vie de l'entité de recherche

- Présentation des avancées de la thèse dans le cadre des réunions trimestrielles du groupe (séminaire interne).

5°) Mobilisation des chercheurs dans le montage de formation de niveau master

- Fort engagement au niveau de la formation dans le cadre du Campus Paris-Saclay (montage d'un master de Mécanique avec Univ. Paris-Sud, ENS Paris Saclay, Univ. Versailles St Quentin, Univ. d'Evry, CentraleSupélec, X, ENSTA). **C. Nore** et **C.-T. Pham**.
- **C. Nore**, co-responsable du Master Mécanique de l'Université Paris-Saclay pour l'Université Paris-Sud.
- **C.-T. Pham**, co-responsable du Master 2 Dynamique des Fluides et des Transferts, au sein du Master Mécanique de l'Université Paris-Saclay.

ÉQUIPE 3 : TSF

TRANSFERTS SOLIDE-FLUIDE

Responsable : Smaïne Kouidri

I - Présentation de l'équipe

Le groupe TSF consacre ses activités de recherche à l'étude des phénomènes de transfert de chaleur et de masse dans différentes configurations physiques utilisant des approches numériques et expérimentales. Les aspects énergétiques des systèmes de conversion sont également modélisés et étudiés. L'ambition de l'équipe œuvrant dans ce groupe est de contribuer à la compréhension et la maîtrise des phénomènes physiques régissant les mécanismes de conversion et de transfert d'énergie et en particulier lorsque les effets de couplage sont importants. Le contexte énergétique actuel explique la dynamique croissante constatée ces dernières années tant sur des aspects fondamentaux qu'appliqués.

Le groupe est structuré autour de quatre thèmes.

Le premier, *dynamique et transfert en fluide diphasique* a pour objectif le développement d'outils numériques permettant la modélisation des écoulements diphasiques avec un effort important porté sur l'étude des instabilités au niveau de l'interface. Une large gamme d'écoulements est traitée grâce, en particulier, à des méthodes numériques spécifiques avancées et aux différentes approches méthodologiques permettant la prise en compte des différents phénomènes physiques qui se produisent au niveau de l'interface.

Le deuxième thème concerne *l'étude des aspects énergétiques dans les machines à conversion d'énergie de type thermoacoustique* utilisant des écoulements oscillants et plus particulièrement les phénomènes de dissipation. Les effets non linéaires sont largement explorés expérimentalement afin de quantifier leur impact sur les performances de ces machines pénalisées par les phénomènes dissipatifs.

Les activités du troisième thème à caractère plutôt fondamental sont principalement de nature expérimentale et s'intéressent aux *phénomènes de transferts thermiques aux interfaces et dans les échelles micro-nanométriques à très basses températures*, de l'ordre du Kelvin. Cet effet de couplage est étudié pour plusieurs types d'interface avec comme objectif l'amélioration de l'efficacité des transferts par l'identification des mécanismes sous-jacents.

Les activités de recherche développées dans le quatrième thème ont pour point commun *l'optimisation des processus énergétiques* en vue de leur mise en application dans les domaines concernés. À titre d'exemple, on y trouve l'optimisation des systèmes de production d'énergie solaire photovoltaïque, l'utilisation des coulis d'hydrates dans les procédés de réfrigération ou bien l'étude du mélange et le transport des micro-organismes pour des applications en bioénergie.

Les activités de recherche du groupe TSF se font dans le cadre d'importantes collaborations nationales et internationales, académiques et industrielles (FAST, IPNO, EM2C, GeePs, LMD, LMT, IRSTEA, PMMH, DynFluid, IEF, LPICM, IMT, LIED, Imperial College (London), PIMENT (Réunion), Hongik Univ. (South Korea), Univ. Chile (Santiago), Berkeley, LIMMS (Tokyo), Air Liquide, CEA/IRFU, CEA/LITEN).

Concernant son effectif, le groupe est actuellement constitué de sept enseignants chercheurs (3 U-PSud, 3 Sorbonne Université, 1 CNAM), deux chercheurs et un ingénieur de recherche à mi-temps. Les post-doctorants, les doctorants et les stagiaires de différents niveaux, allant de l'IUT au M2, viennent renforcer l'équipe des permanents.



L'UNITÉ

AERO

ETCM

TSF

ILES

TLP

AMI

CPU

VENISE

AA

VIDA

Effectifs de l'équipe TSF

Permanents

Nom	Prénom	Position	HDR	Organisme	Arrivée	Départ
Amrit	Jay	MCF	x	U Paris-Sud	09/96	
Defresne	Gérard	PRAG		U Paris-Sud	10/93	12/15
Duluc	Marie-Christine	MCFHC	x	CNAM	10/93	
Firdaouss	Mouaouia	MCFHC	x	Sorbonne U	08/90	
Grenier	Nicolas	MCF		U Paris-Sud	09/13	
Jarrahi	Mojtaba	MCF		U Paris-Sud	09/12	
Jebali Jerbi	Fathi	MCF		Sorbonne U	10/93	
Juric	Damir	CR1	x	CNRS	12/05	
Kouidri	Smaïne	Pr1	x	Sorbonne U	09/07	
Pons	Michel	DR2	x	CNRS	07/87	

Non-permanents (doctorants et CDD)

Nom	Prénom	Statut	Début de thèse	Fin de thèse
Ali	Moussa Moindze	Doctorant	14/01/2015	Décédé
Bengana	Yacine	Doctorant	13/03/2017	
Dufour	Thomas	Doctorant	01/01/2015	11/12/2017
Ebo Adou	Ali-Higo	Doctorant	01/10/2012	14/12/2015
Nop	Raksmey	Doctorant	01/10/2017	
Paridaens	Richard	Doctorant	15/09/2009	29/05/2013
Pavlov	Marko	Doctorant	01/10/2013	25/10/2016
Ramière	Aymeric	Doctorant	01/10/2011	26/11/2014
Song	Jianfei	Doctorant	01/10/2017	
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	08/03/2018

Nom	Prénom	Statut	Arrivée	Départ
Mahdaoui	Mustapha	Ch contractuel	04/15	03/16
Vaheb	Yaser	Post-Doc	03/18	03/19
Youssef	Ziad	Ch contractuel	04/17	03/18
Lavalle	Gianluca	Ch contractuel	02/17	11/18
Seghiri	Abdelhak	Doctorant	01/13	07/13



II - Bilan Scientifique

Thème 1 : Dynamique et transferts en fluide diphasique

M.-C. Duluc, D. Juric, N. Grenier, J. Chergui (P21), G. Lavalle, R. Nop, Y. Bengana, A. Ebo Adou, B. Xu

La dynamique des écoulements diphasique est étudiée dans le groupe selon plusieurs approches complémentaires. Une première approche numérique est basée sur une méthode de suivi lagrangien de l'interface, pour des fluides incompressibles, et se focalise sur l'étude des instabilités de l'interface. La deuxième approche numérique est dérivée d'un modèle de mélange bi-fluide (avec capture d'interface diffuse) compressible, pour le régime des faibles nombres de Mach, et se concentre sur l'étude des écoulements avec transfert de chaleur à l'interface. Pour l'étude particulière des films liquides cisailés par un écoulement de gaz, une approche de couplage de modèles numériques est mise en œuvre. Enfin une approche expérimentale est développée au CEA pour des modèles d'ébullition.

► 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 l'application 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.

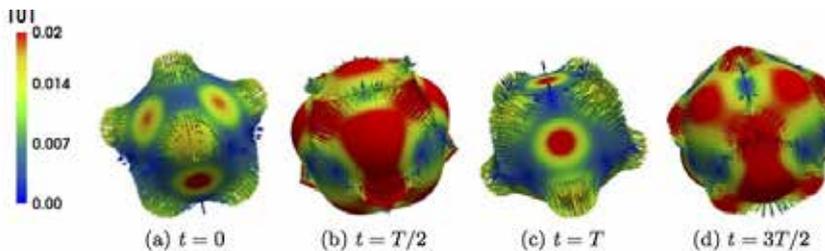


Figure 1 : Ondes de Faraday sphériques en symétrie D4 : Champ de vitesse (m/s).

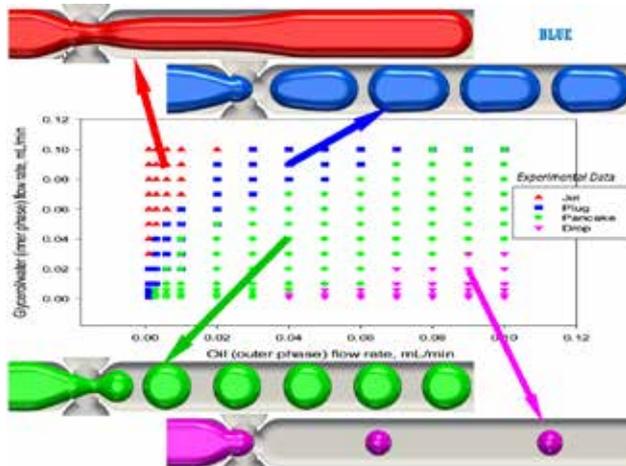


Figure 2 : Simulations 3D diphasiques de formation des gouttelettes dans une jonction en croix. Flèches et couleurs indiquent les régimes qui correspondent aux expériences (centre) étudiées à Univ. de Birmingham.

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 la dispersion de Taylor.

► Modélisation numérique des écoulements diphasiques compressibles à faible nombre de Mach

Cette thématique est une extension du travail conduit dans le groupe par M.-C. Duluc sur les écoulements diphasiques avec un gaz compressible. Cette approche était basée sur le concept de fluide dual (avec une phase gazeuse faiblement compressible et une phase liquide incompressible) avec un schéma numérique adapté (développé par V. Daru, groupe AERO). La description de l'interface était faite par la méthode Front-Tracking. Quelques difficultés ont été rencontrées sur la conservation de la masse en utilisant l'algorithme de suivi d'interface pour les écoulements qui ne sont à divergence nulle que d'un côté de l'interface.



Pour dépasser ces difficultés, une autre approche a été testée : l'interface est maintenant décrite par une approche diffuse avec un modèle bi-fluide compressible. Dans cette méthode, totalement conservative par construction, les deux fluides sont numériquement présents en chaque point de l'espace et sont modélisés par un milieu compressible avec une loi d'état plus ou moins raide. Pour éviter une dissipation numérique excessive dans le régime faible Mach, un schéma numérique spécifique a été utilisé. La comparaison de ces deux approches (fluide dual et bi-fluide) a été conduite sur certains cas-tests monodimensionnels non-isothermes et les résultats sont satisfaisants (voir figure ci-dessous).

Afin d'étendre les possibilités d'utilisation du modèle bi-fluide, celui-ci a été implémenté dans la bibliothèque DassFlow (logiciel libre développé par le CNRS, l'Université de Toulouse & 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 laboratoire 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 validations ont été menées sur des configurations de films liquides ruisselants. Les premiers résultats permettent de juger que le modèle choisi est adapté à ce type de configuration. Des améliorations sont à poursuivre pour retrouver quantitativement les caractéristiques de l'écoulement et pour inclure les phénomènes de transfert de chaleur et de masse sur l'interface.

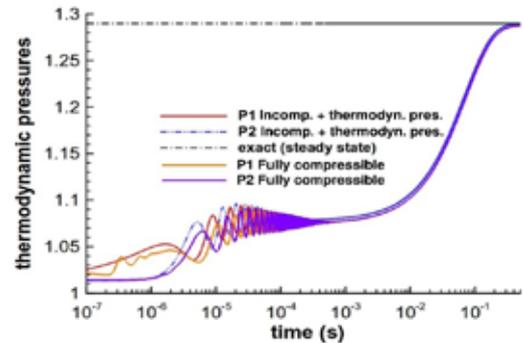


Figure 3 : Cas-test d'un bouchon liquide entouré de deux poches de gaz, chauffé d'un seul côté (P1). Pression thermodynamique dans chaque poche en fonction du temps jusqu'à l'équilibre

► Couplage de modèle réduit pour des films liquides et de modèle direct pour le gaz

En complément de ces approches de simulation purement directes, sur des configurations de films liquides ruisselants cisailés par un écoulement de gaz turbulent, des méthodologies moins coûteuses en temps de calcul tout en gardant une précision et un champ d'application important ont été explorées : celle du couplage de modèles. D'une part l'écoulement du film est approché par un modèle réduit (équations shallow-water), qui est un type de modèle très précis et peu coûteux dans ce régime laminaire. D'autre part l'écoulement de gaz est simulé avec une approche directe, ce qui permet d'aller au-delà des modèles réduits bi-couches classiquement utilisés dans le cadre des films cisailés confinés et plus particulièrement d'étudier les régimes turbulents inaccessibles à ces modèles. Les travaux préparatoires sur chacun de ces modèles ont permis de construire et valider les éléments de base. Le couplage des deux modèles à l'interface se fait ensuite par échange d'informations des contraintes (visqueuse et pression ; du modèle direct vers le modèle réduit) et de la déformation de la surface du liquide (via un maillage déformable et une formulation Arbitrary Lagrange Euler ; où ainsi le modèle réduit influence le modèle direct).

► Ébullition

Cette activité s'inscrit dans la continuité de travaux expérimentaux, conduits il y a quelques années, sur l'étude de l'ébullition engendrée par des conditions de chauffage transitoire de type échelon de puissance imposé à l'élément chauffant. Ces études, réalisées en configuration « pool boiling », avaient alors mis en évidence l'importance fondamentale

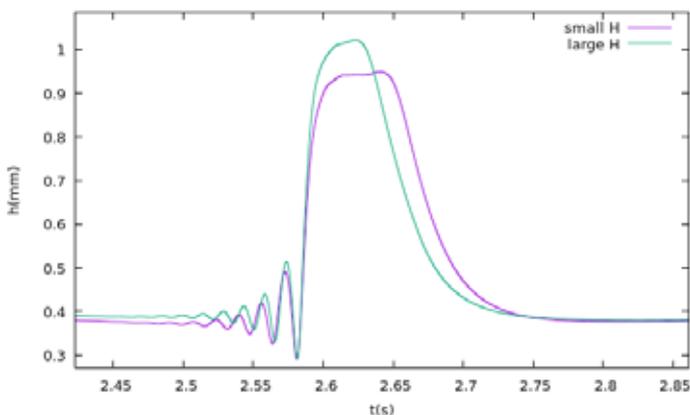


Figure 4 : Effet du confinement (hauteur H du canal égale à 2 ou 4 fois l'épaisseur du film) sur le profil de l'onde

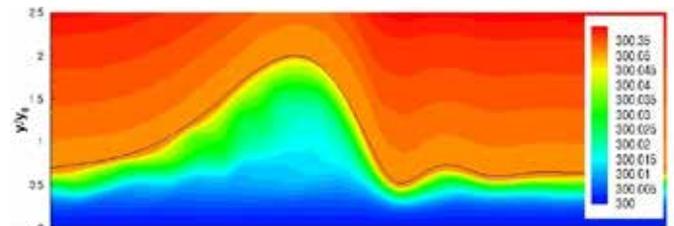


Figure 5 : Transfert de chaleur dans une onde non-linéaire (simulations préliminaires)



des conditions de déclenchement de l'ébullition, leur impact sur la dynamique de l'échange thermique paroi-fluide et la possible réalisation d'une transition vers le flux critique.

Dans le cadre d'une collaboration avec le CEA Saclay, M.-C. Duluc encadre depuis le 1er octobre 2017 la thèse de Raksmy Nop dédiée à l'étude du flux critique engendré par un chauffage transitoire de type exponentiel. La configuration d'étude est un canal plan, le fluide est de l'eau dans des conditions de pression modérée (inférieures à dix fois la pression atmosphérique). L'objectif est de développer, à partir des résultats expérimentaux obtenus, des corrélations permettant la prédiction du flux critique, intégrant les conditions de chauffage transitoire, de pression modérée, du sous-refroidissement et du débit de fluide. L'objectif est de disposer de relations validées et fiables pour une implémentation dans le code de calcul CATHARE du CEA.

Les expériences seront réalisées au MIT Boston dans le cadre d'un partenariat avec le CEA et utiliseront notamment des caméras rapides (vidéo pour la visualisation des bulles et infra-rouge pour accéder au champ de température sur la paroi chauffée).

Thème 2: Dynamique et transferts en fluide oscillant

S. Kouidri, F. Jebali Jerbi, G. Defresne, M. Mahdaoui, R. Paridaens

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 la pression acoustique (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 du système de conversion. 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 exploré les écoulements oscillants et moyens dans la partie rectiligne par la mesure de la pression et des profils de vitesse acoustique, les derniers travaux réalisés ont été consacrés à l'écoulement secondaire dans la partie annulaire. Appelé streaming de Gedeon, cet écoulement peut être minimisé par l'installation d'un organe passif de type jet-pump et agissant comme une diode. Les règles de dimensionnement de cet organe sont encore empiriques et s'attachent plutôt à l'écoulement moyen. Ces travaux de recherche nécessitent une métrologie fine permettant de remonter aux pressions acoustiques d'ordre 1 et 2 ainsi qu'aux vitesses acoustiques de l'écoulement oscillant et l'écoulement moyen. Les résultats illustrés sur les figures ci-contre montrent une diminution de la vitesse et de la pression acoustique et par conséquent de la puissance acoustique dans le cas de la configuration avec jet pump. Les développements théoriques effectués dans le cadre de ce thème sont basés sur une approche asymptotique dans laquelle les grandeurs d'ordre un, tel le champ acoustique sont déterminées par une méthode linéaire et le comportement de la jet pump est obtenu par une approche empirique. Les résultats obtenus pour la vitesse acoustique d'ordre deux ne mettent pas en évidence une réduction de l'écoulement moyen. Ce résultat contraire à celui attendu est attribué au dimensionnement de la jet pump effectué pour des puissances de la machine plus importantes que celles pour lesquelles elle a été testée. Des nouvelles géométries de jet pump réalisées par imprimantes 3D au sein du LIMSIS seront testées prochainement afin d'approfondir la contribution de la jet pump.

Par ailleurs, dans le cadre du projet ENERMODEON (Labex-LaSIPS) des travaux de simulation numérique utilisant le code commercial Comsol Multiphysics, 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 3D, l'influence de la jet pump sur le

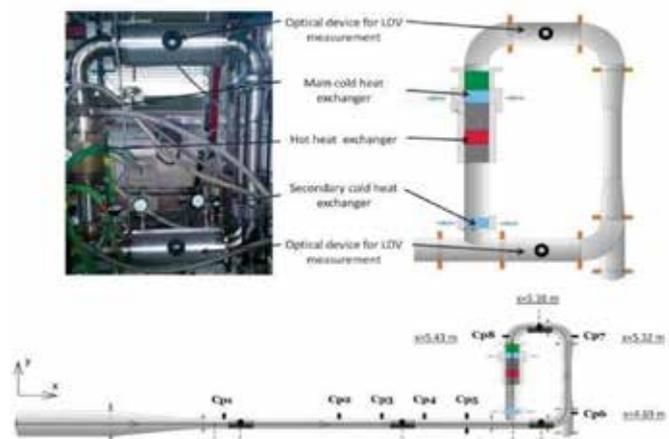


Figure 6 : Générateur d'onde thermoacoustique instrumenté pour des mesures LDV et de pression acoustique

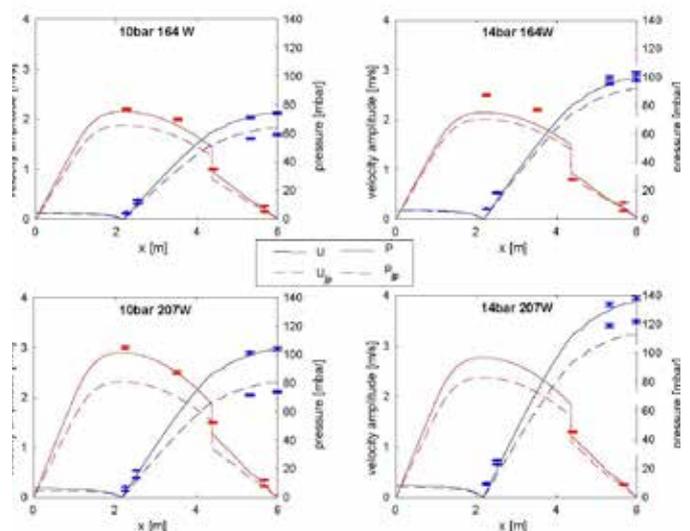


Figure 7 : Profils de la pression et de la vitesse acoustique théorique (—) et expérimental (≠) dans un générateur d'onde.



streaming de Gedeon en prenant en compte les effets de couplages acoustiques entre tous les éléments du générateur d'onde thermoacoustique. 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.



Figure 8 : Topologie de l'écoulement de moyen dans un générateur d'onde stationnaire

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

J. Amrit, A. Ramière, L. Yu, Y. Vaheb

Cette recherche porte sur la physique du transport thermique aux interfaces et dans des micro nano structures. Nous menons trois axes d'études en parallèle, à savoir (i) la résistance thermique de Kapitza à l'interface silicium/ hélium (superfluide ou solide), (ii) la thermique des micro nano structures et jonction, (iii) l'investigation des propriétés des matériaux thermoélectriques. Les deux derniers axes sont conduits en collaboration avec Sebastian Volz (CentraleSupélec et LIMMS, Université de Tokyo). Nos expériences sont effectuées à très basses températures. Elles constituent une base pour des études théoriques et numériques. La faible taille d'un système comparée à la longueur d'onde des phonons (porteurs de chaleur) donne lieu à des nouveaux phénomènes. Aussi, nos études visent à diminuer la dissipation énergétique in situ dans des micro nano dispositifs.

► Résistance thermique de Kapitza à l'interface silicium/hélium-4 superfluide

En étudiant la résistance thermique à l'interface entre un cristal de silicium en contact avec du superfluide, nous avons découvert le phénomène de diffusion résonnante de phonons, prédit par Adamenko et Fuks [JETP, 1971]. La diffusion résonnante est un processus sélectif qui se manifeste quand la longueur d'onde d'un phonon dans l'He (2-15 nm) devient comparable à la taille des rugosités de la surface du Si, mesurés indépendamment par AFM (Microscopie à force atomique) (voir Figure 9). Piégés par des rugosités, les phonons incidents finissent par se répandre à travers l'interface. Nous avons ainsi expliqué pour la première fois l'origine de la résistance thermique de Kapitza, recherchée depuis 70 ans. Les résultats sont publiés dans la revue *Nature Materials*¹ et sur le site du CNRS². Les travaux originaux de Kapitza en 1940 sont ainsi réinterprétés.

Les travaux sont effectués dans le cadre d'un programme de recherche conjoint avec l'Institut de Physique Nucléaire d'Orsay (labellisé par le CNRS) et en collaboration avec le CEA/Saclay/Irfu (C. Z. Antoine) car la résistance thermique est un facteur majeur limitant la performance des cavités supraconductrices des accélérateurs de particules (Amrit, conférence invitée, Padova, Italie, 2014). Une partie de cette recherche est soutenue par le Labex LaSIPS (projet émergent «ERÉThiques Jonctions») et a été effectuée dans le cadre de la thèse d'A. Ramière (Allocation U-PSud, ED SMEMaG, (oct. 2011-nov. 2014).

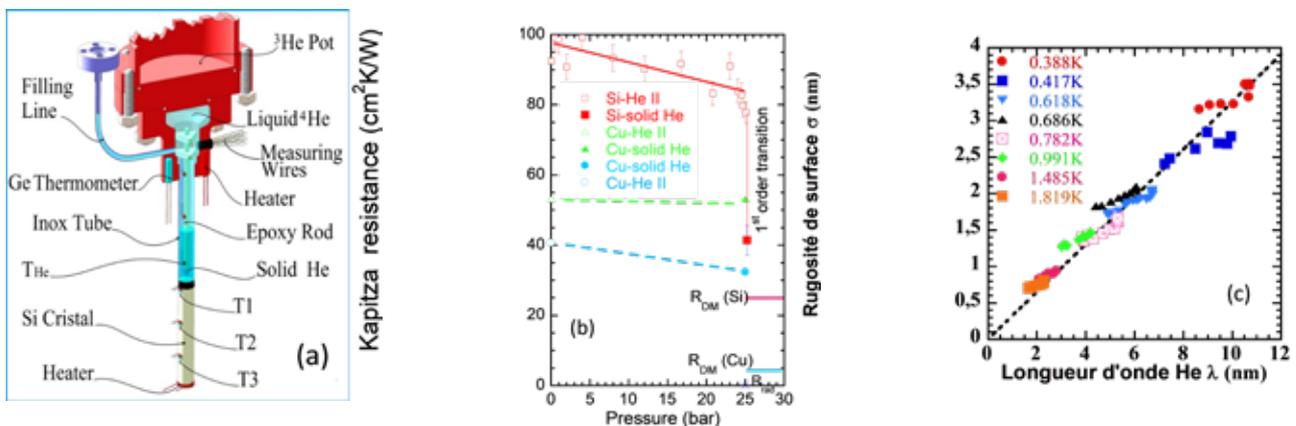


Figure 9 : (a) Cellule expérimentale (b) Résistance thermique à l'interface Si/He en fonction de la pression à 0.78 K (c) Corrélation entre la rugosité de surface et la longueur d'onde d'un phonon du superfluide.

¹ A. Ramière, S. Volz and J. Amrit, "Thermal resistance at a solid/superfluid helium interface", *Nature Materials* 15, 512–516 (2016) doi: 10.1038/nmat4574

² www.cnrs.fr/insis/recherche/actualites/2016/06/kapitza.htm

► Interface entre un solide classique et un cristal d'hélium-4 quantique

En mesurant la résistance thermique en fonction de la pression du superfluide, une transition du 1^{er} ordre est mise en évidence pour la première fois lors de la cristallisation du superfluide (24 bars). Nous expliquons ces mesures par l'interaction dynamique des phonons thermiques avec les dislocations dans l'He solide [mécanisme de «fluttering», mis en évidence par Balibar à l'ENS Paris (2015) pour décrire l'origine de la plasticité géante du solide He-4³. Ainsi notre étude montre que les dislocations constituent un degré de liberté supplémentaire afin de contrôler la résistance thermique. Ce travail est effectué en collaboration avec A. Ramière (Université de Tokyo).

► Transport thermique en régime balistique dans des rubans par Monte Carlo

En absence des lois physiques, nous utilisons la méthode Monte Carlo pour mettre en évidence diverses caractéristiques de la propagation thermique en régime balistique où les collisions de phonons avec les parois sont dominantes. Ainsi, pour des nano rubans de silicium nous avons montré que la rugosité de surface permet de filtrer les phonons de haute fréquence⁴ (voir Figure 10). C'est un résultat fort intéressant pour améliorer le facteur de mérite des dispositifs thermoélectriques. Un décalage systématique du spectre de phonons est également mis en évidence en présence d'un flux de chaleur. Nous avons nommé ce phénomène « blueshift ». 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. Dans le cas de Silicene (matériau 2D), l'importance des modes mécaniques de flexion est démontrée. Les études expérimentales en cours sont soutenues par le Labex LaSIPS (projet « Artémis »).

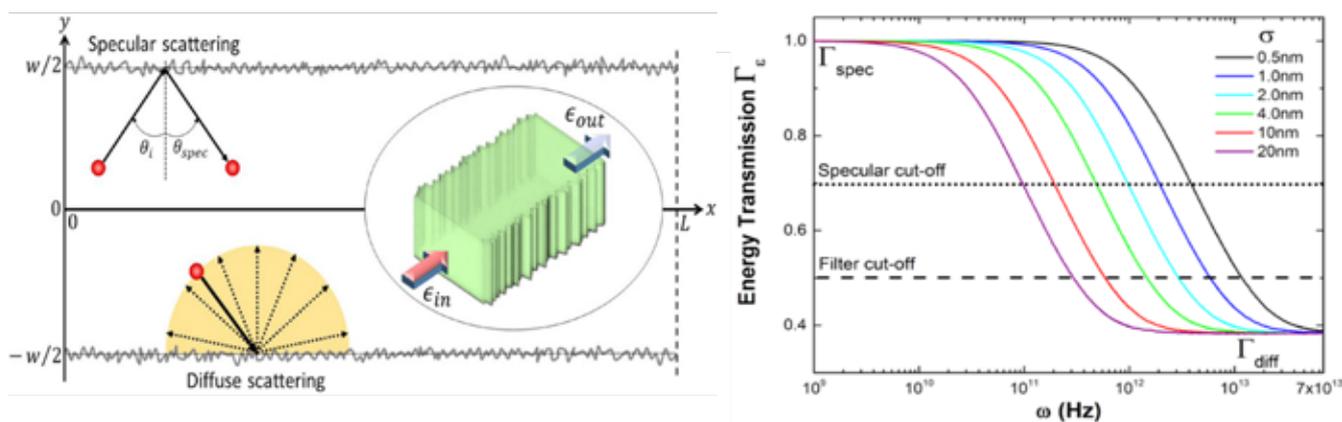


Figure 10 : (a) Diffusion spéculaire et diffusion diffuse dans un ruban de Si. (b) Transmission de phonons est filtrée en fonction de la rugosité de surface.

► Optimisation des propriétés thermoélectriques de matériaux d'intérêt

Dans une recherche de matériaux thermoélectriques performants, nous avons calculé le facteur de mérite ZT pour différents matériaux [les pérovskites CsSnX3 (X = I, Br, Cl), les alliages Bi2Te3-xSe, les oxydes ZnO avec dopage en Al et la cellulose I-β]. Les propriétés électroniques (conductivité, structure de bande, coefficient de Seebeck...) sont calculées par des méthodes ab initio en utilisant des logiciels ABINIT et BoltzTrap (qui résolvent les équations de transport de Boltzmann). Les propriétés thermiques sont déterminées par des outils de type ab initio (logiciel Phonopy) et par dynamique moléculaire (logiciel LAMMPS). L'influence des impuretés d'Al sur le ZT est quantifiée dans le cas de ZnO. Ce travail constitue la partie essentielle de la thèse de Lantao YU (Allocation U-PSud, ED SMEMaG, jan 2015- mars 2018).

³. J. Amrit, A.Ramière, and S. Volz, "Role of fluttering dislocations in the thermal interface between a silicon crystal and plastic solid 4He, *Physical Review*, B97, 014308 (2018): doi:10.1103/PhysRevB.97.014308

⁴. A. Ramière, S. Volz and J. Amrit, "Geometrical tuning of thermal phonon spectrum in nano-ribbons", *Journal of Physics D: Applied Physics* 49, 115306 (2016) doi:10.1088/0022-3727/49/11/115306



Thème 4: Transferts convectifs appliqués et énergie solaire

M. Pons, V. Bourdin, M.-C. Duluc, M. Jarrahi, G. Defresne, M. Firdaouss, S. Pellerin, Y. Fraigneau (P21), E. Tapachès, M. Pavlov, S. Wullens, T. Dufour.

► Convection naturelle externe autour d'une source linéique engendrée par un chauffage pulsé

On étudie l'impact d'un chauffage pulsé sur des écoulements de convection naturelle externe, induits par une source linéique. Cette situation correspond à une modulation du chauffage autour d'une valeur moyenne. On s'intéresse à la façon dont la perturbation thermique générée en paroi est transmise au sein du fluide, dans lequel 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 SUNFLUIDH.

La réponse en fréquence du système « fil-fluide » à des oscillations sinusoïdales 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 température du fil dans une plage de fréquence comprise entre 0 et 100Hz. Un modèle théorique simplifié a été développé et la comparaison avec les résultats a montré l'intérêt de cette approche analytique mais également ses limites⁵.

Le transfert de chaleur dans le plan vertical médian au-dessus du fil a ensuite été étudié, uniquement par simulation numérique en raison des faibles surchauffes mises en jeu au sein du fluide. Un adimensionnement approprié a été proposé afin de pouvoir comparer les signaux de température et de vitesse enregistrés à différentes hauteurs dans la plage de fréquences 0-100Hz. Une analyse des résultats, obtenus dans le plan vertical médian au-dessus de la source linéique, a été conduite en développant un modèle 1D d'advection-diffusion. Ce modèle permet la comparaison de l'amplitude des oscillations de température avec les résultats issus des simulations numériques. Le bon accord observé atteste de la pertinence du modèle. L'étape suivante a consisté à mettre en évidence l'impact des paramètres que sont les champs de vitesse et de température présents dans le fluide avant déclenchement des perturbations sinusoïdales.⁶

L'impact d'un chauffage pulsé à température imposée a également été étudié, toujours au moyen de simulations numériques. L'objectif était de tester les capacités du modèle 1D d'advection-diffusion pour de nouvelles conditions de chauffage mais également d'aborder la question du déphasage (des oscillations de température) qui n'a pu être traitée lors de l'étude à flux imposé.

La comparaison entre modèle et simulations numériques montre la pertinence du modèle dès lors que la fréquence dépasse une valeur critique, égale ici à environ 0.8Hz. En deçà de cette fréquence, les oscillations de température présentent une amplification non représentée par le modèle⁷.

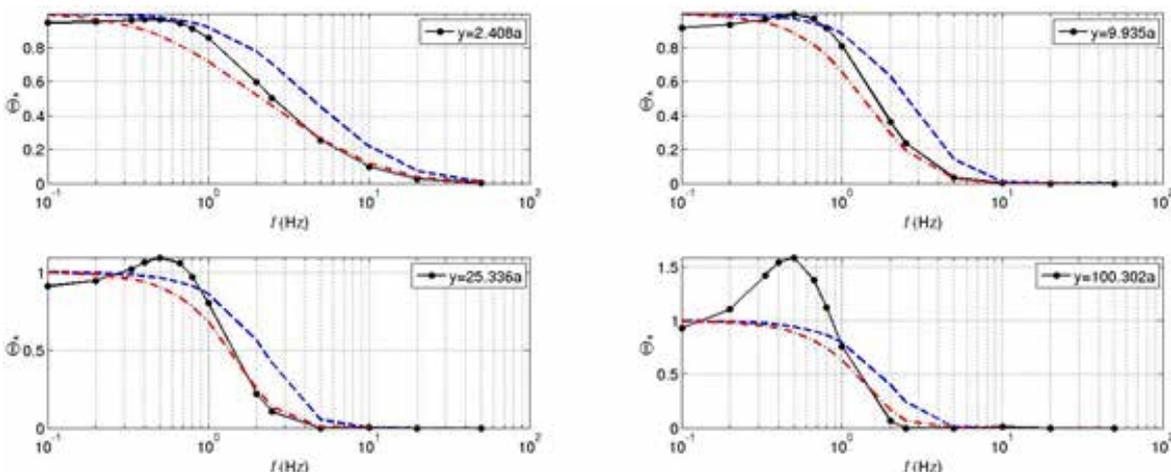


Figure 11 : Amplitude adimensionnée des oscillations de température en fonction de la fréquence dans le plan vertical médian à différentes hauteurs au-dessus de l'élément chauffant, $y/a=2.4, 10, 25$ et 100 où a est la dimension de l'élément chauffant. ('•' : Simulations numériques; 'tirets bleus' : Modèle à vitesse locale, 'tirets - points rouges' : Modèle à vitesse moyenne).

⁵ M. Jarrahi, M.-C. Duluc, Y. Fraigneau, G. Defresne, Natural convection around a pulsating line heat source, Proc. 15th Int. Heat Transf. Conf. Kyoto, 10-15 aug. 2014.

⁶ M.-C. Duluc, Y. Fraigneau, Effect of frequency on natural convection flows induced by a pulsating line-heat source, International Journal of Thermal Sciences, 117, pp.342-357, 2017.

⁷ M.-C. Duluc, Y. Fraigneau, Convection naturelle externe engendrée par une source linéique soumise à un chauffage pulsé de type température imposée, Congrès Français de Thermique, Marseille, 2017.

► Hydrodynamique des micro-nageurs

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 (soutenue en 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 leur cycle de croissance. L'influence du même stress sur la croissance a été étudiée en suivant une approche de systèmes dynamiques. Il a été expérimentalement démontré que le taux de croissance instantané et le taux de croissance per capita tendent vers zéro et oscillent autour d'un point fixe stable où la densité de la population atteint la capacité maximale du système (figure). Un modèle logistique comportant deux paramètres de croissance, le taux de croissance exponentiel et la capacité porteuse, est proposé pour décrire la croissance avec le temps. Les mesures et les calculs, faits avec deux types de bioréacteur (cuve agitée et *airlift* tubulaire) montrent que, dans les deux cas, *Synechocystis* résiste très bien au cisaillement, que l'effet du cisaillement sur le taux de croissance exponentiel se limite à la décomposition des colonies cellulaires, mais que sa capacité porteuse semble augmenter avec le cisaillement jusqu'à une valeur maximale. De son côté, *Chlamydomonas reinhardtii* se montre plus sensible; son taux de croissance exponentiel augmente avec l'intensité du cisaillement, mais sa capacité porteuse semble moins affectée. Ces travaux se poursuivent actuellement par le co-encadrement de deux thèses dans le cadre d'une convention de collaboration signée en décembre 2017 entre le LIMSI et l'APC/Paris-Diderot. Ces thèses se concentrent sur la compréhension de l'interaction entre l'écoulement et la motilité de *Chlamydomonas reinhardtii* dans les systèmes microfluidiques.

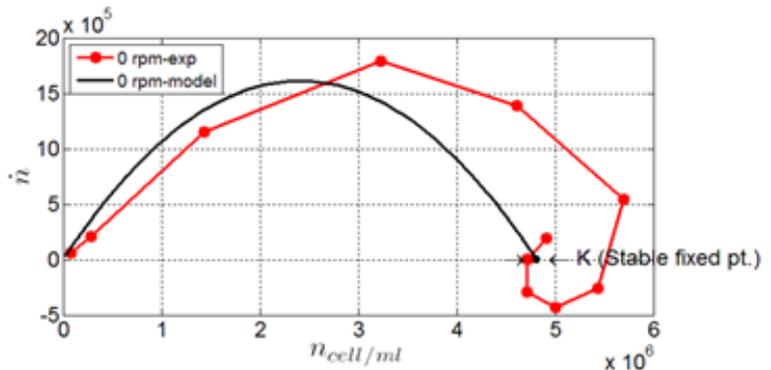


Figure 12 : Variation du taux de croissance instantané (\dot{n}) en fonction de la population (n) de *Chlamydomonas reinhardtii*. (Mesures expérimentales en rouge, le modèle logistique en noir)

Dans la même thématique, une collaboration avec le laboratoire FAST a débuté fin 2016 pour étudier le mélange et le transport par des micro-nageurs (biomixing). 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. Notre projet LaSIPS intitulé « **Bio-MÉ**lange dans les **M**ilieus **C**onfinés (BIOMEMIC) » a été accepté en juillet 2017 pour financer notamment l'achat d'une caméra rapide de microscope, les consommables et deux stages de 6 mois pour poursuivre cette étude jusqu'à la mi-2019 en collaboration avec deux autres laboratoires de l'Université Paris-Saclay : LGPM et FAST. Le but de ce projet interdisciplinaire est d'identifier les structures du mélange et de contrôler le chaos créé par des micro-organismes motiles au sein des milieux confinés où l'effet des parois peut jouer un rôle déterminant sur la dynamique du système.

► Simulation dynamique de capteurs solaires à miroirs de Fresnel linéaires

Les stations de test solaires sont souvent localisées dans des déserts, alors qu'une part importante de l'humanité vit sous des climats tropicaux humides. Les modèles pseudo-stationnaires sont adaptés aux premiers, mais seuls les modèles dynamiques peuvent prédire correctement le fonctionnement, et donc le rendement, en climat soumis à des passages nuageux fréquents et chaotiques. Dans sa thèse co-encadrée avec PIMENT (St-Pierre-de-La-Réunion), E. Tapachès a construit un modèle dynamique de récepteur linéaire à miroirs de Fresnel simulant le capteur depuis la réflexion sur les miroirs jusqu'au flux thermique capté pour aboutir à l'évolution temporelle fine des températures. En outre, une stratégie originale de contrôle associant boucle fermée en fonctionnement 'normal' et boucle ouverte en situation critique permet de maintenir la température du film fluide partout sous sa limite de sécurité (600 K), y compris dans des situations sévères, ce que montre la zone encadrée de la figure MPA ci-contre calculée avec un ensoleillement très variable et une température de sortie du fluide (courbe rouge) correctement régulée à 500K. De telles procédures de contrôle protègent le système contre des dégradations prématurées mais réduisent son rendement. En les prenant en compte, notre modèle donne une évaluation plus précise de l'énergie effectivement captée (forcément surévaluée en pseudo-stationnaire). La simulation (en quelques heures cpu seulement) de deux années de fonctionnement sous le climat tropical de La Réunion montre qu'une telle technologie solaire peut effectivement présenter un intérêt économique dans ce contexte isolé. [Tapachès et al., SFT 2014]



► Efficacité énergétique des coulis d'hydrates de CO₂ pour les procédés de réfrigération secondaire

Un défi actuel de l'industrie du froid consiste à réduire les émissions (dues aux fuites) de frigorigènes, dont le GWP (*Global Warming Potential*) s'avère bien trop fort. La réfrigération secondaire offre déjà une solution, en limitant le volume des machines (et donc de frigorigène) et en assurant la distribution du froid par une boucle d'un fluide neutre pour l'environnement. Comme les coulis de glace, les coulis de clathrates-hydrates (cristaux constitués de molécules d'eau agencées en cages autour de molécules hôtes) offrent l'avantage d'une enthalpie de fusion élevée. Le projet ANR CRISALHYD rassemblant IRSTEA, ENSTA, LIMSI, Solvay et Lennox a commencé fin 2014. Le LIMSI s'intéresse principalement à l'efficacité énergétique des procédés de réfrigération secondaire, en particulier avec hydrates de gaz. Une approche originale, basée sur l'optimisation globale sous contraintes, intègre les différents couplages pour les coulis de glace (IG) et d'hydrates de CO₂ (CO), de TBPB (TB) et mixte CO₂+TBPB (MH). Parmi les caractéristiques du coulis, c'est la température de fusion qui dicte en dernier ressort l'efficacité énergétique globale du procédé (cf. Fig. MPb). L'analyse exergétique globale du procédé donne effectivement à cette température une place centrale, entre la perte d'exergie dans l'échangeur utilisateur (cf. HXU dans Fig. MPb) et le groupe froid dont le COP dépend de la température d'évaporation du frigorigène [Pons et al., SFT 2015 et 2016, ECOS 2015, IIR-PCM 2016, un premier article soumis à Energy].

La cinétique de changement de phase a aussi été introduite dans le modèle (projet LaSIPS *CoolHyd* ENSTA-LIMSI). Les résultats montrent que, étonnamment, elle n'a qu'une influence très faible sur les performances globales du procédé (cf. Fig. MPC) ... à condition que les échangeurs de chaleur soient dimensionnés en conséquence. C'est en effet les températures effectives du coulis dans les échangeurs, modifiées par la cinétique (cf. Fig. MPd), qui vont déterminer les flux, ou bien, encore une fois, la consommation électrique du groupe froid [Pons et al., *Energy* 2018, SFT 2017].

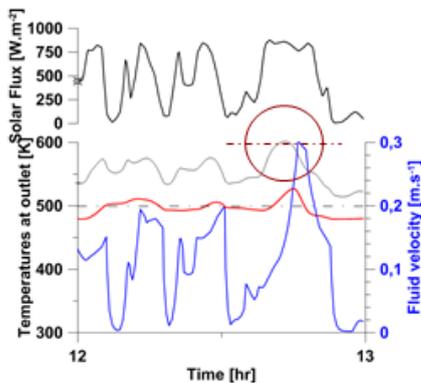


Fig. MPa

Contrôle couplé de la température de sortie et de la température maximale de film dans un capteur solaire à concentration.

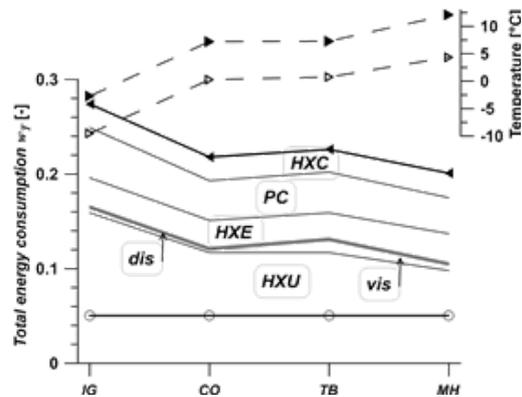


Fig. MPb

Corrélation entre la consommation énergétique globale du procédé (◄) et les températures de fusion (►) et d'évaporation (▷). Pertes d'exergie dans les différents composants (○ = cas réversible).

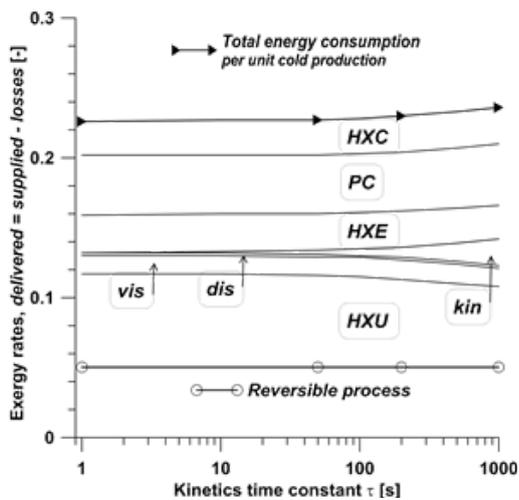


Fig. MPC

Bilan exergétique en présence de cinétique

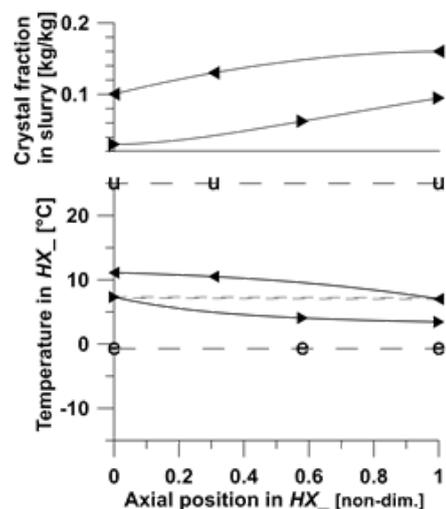


Fig. MPd

Profils de fraction solide et de température dans les échangeurs (U : ◄; E : ►) avec cinétique

Un modèle dynamique d'une boucle secondaire de distribution de froid est en cours de construction dans le but de simuler les transitoires rapides imposés dans la boucle par les régulations individuelles des différents utilisateurs, et leurs conséquences sur l'état du réseau et le service rendu. Des stratégies de contrôle pourront être étudiées, peut-être optimisées. Ce travail à long terme est en cours.

Enfin, une tâche du projet Crisalhyd porte sur les conséquences industrielles de l'utilisation des hydrates de gaz. En effet, la fusion des cristaux libère du CO₂ gazeux, sous pression, et qui doit être stocké. Le post-doctorant Ziad Youssef (avr 2017 - mars 2018) a d'abord étudié un cyclone de séparation coulis / gaz en sortie d'échangeur 'utilisateur', puis a construit un modèle pour calculer les volumes nécessaires pour stocker le CO₂ libéré. Un procédé consistant à comprimer le gaz est ainsi proposé, réduisant les volumes et ouvrant la porte à une contribution possible à la production de froid globale du procédé. [1 article soumis à *Int. J. Refrigeration*].

► **Association Photovoltaïque (PV) avec Miroirs plans – Évaluation des composants photovoltaïques en environnement extérieur – Intégration massive des ENR dans les réseaux – Expériences, simulations et analyses.**

Basée sur une collaboration intensive avec le GeePs (CentraleSupélec), le LMD (IPSL-École Polytechnique) et le LPICM (CNRS-Total-École Polytechnique), cette thématique s'intéresse aux solutions industrialisables pour augmenter la production PV par l'association de miroirs aux modules et l'optimisation de leur gestion. Elle s'appuie sur des expériences et bénéficie de l'accès aux données de production de grandes centrales.

Ce sous-thème comporte trois grands axes : (i) caractérisations des composants (cellules, modules, réflecteurs, convertisseurs électriques...) en environnement réel – vieillissement et dégradation – diagnostic et pronostic des systèmes PV, (ii) développement des solutions modules + miroirs pour augmenter la production par m² de modules, (iii) intégration des renouvelables dans les smart-grids (prévision de production, de consommation et d'incertitude de la demande nette, équilibrage réseau, stockage). Deux axes émergents le complètent : (i) la recherche de systèmes hybrides performants PV-thermique, (ii) l'exploration de micro-convertisseurs éolien-électrique urbains.

L'expérience ALEPh, initiée en 2010 et construite en 2012, combine dans une géométrie optimisée des modules et des miroirs plans qui permettent un gain de production annuelle d'environ 20%. Réinstallée sur le site météorologique du SIRTÀ-Palaiseau en juillet 2013, elle continue à produire des données. Cette expérience a été le support de la thèse de Marko Pavlov soutenue le 25 octobre 2016, et de plusieurs stages de M2 et d'ingénieurs. Marko Pavlov continue le développement du concept au sein d'une startup. La thèse de Christine Abdel-Nour (en cours) porte sur le développement d'un démonstrateur type ALEPh de 12kW pour alimenter une microgrid du futur bâtiment SIRTÀ (horizon 2019-20). Nous exploitons une maquette « nano-grid » alimentée par une mini-éolienne Darrieus-Savonius et un module silicium cristallin dans le cadre de la thèse de Fausto Calderon-Obaldia (ces deux thèses sont codirigées par A. Migon, J. Badosa et V. Bourdin). Nous collaborons ainsi au groupe « TREND-X » de l'École Polytechnique. Nous développons avec deux startups des systèmes LCPV (Low Concentration Photovoltaic) différents pour des applications de puissances supérieures à 300 kW.

Depuis 2016, les développements portent sur : (i) une meilleure maîtrise des échanges thermiques des modules en vue (a) de l'amélioration du refroidissement et par suite du rendement électrique (figure ci-contre), (b) de la cogénération électrique-thermique (S. Pellerin, B. Antigny, V. Bourdin) ; (ii) l'utilisation de miroirs mobiles pour une meilleure utilisation des réflecteurs ; (iii) la sélection de surfaces réfléchives à bas coût ; (iv) le développement d'algorithmes basés sur les statistiques pour équilibrer les réseaux en compensant par une réserve rapide et durable les écarts entre consommation nette prévue et consommation réelle ; (v) l'utilisation des batteries de véhicules en soutien bidirectionnel au réseau. La figure illustre les résultats (modèle 3D) obtenus pendant le stage de B. Antigny avec le code NAPEM développé par S. Pellerin : nous nous sommes concentrés sur l'aspect dynamique des écoulements engendrés par le vent autour de la structure ALEPh. On constate sur cette coupe de l'écoulement dans le plan médian vertical que celui-ci est fortement turbulent. L'analyse du champ moyen de vitesse nous a permis de mettre en évidence des recirculations sous l'ensemble module-miroir. Nous initions cette année la simulation du système complet incluant l'équation de l'énergie.

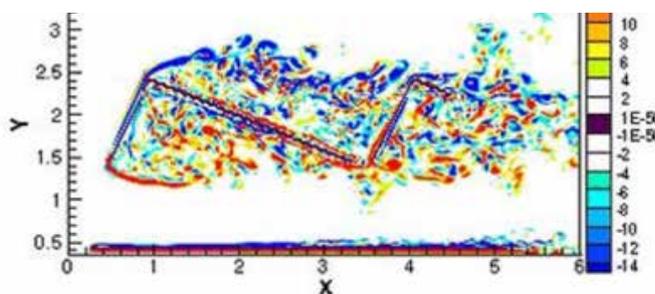


Figure 13 : Simulation des écoulements autour de la structure ALEPh (stage Benoît Antigny) : rotationnel de la vitesse.



III - Faits marquants et analyse SWOT

Faits marquants	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Simulation numérique d'écoulements multiphasiques : instabilité de Faraday, dynamique de l'interface et couplages entre dynamique des fluides et transferts de chaleur, ébullition, solidification, microfluidique, bulles et gouttes, calcul massivement parallèle. ▶ Quantification de l'influence de singularités géométriques sur les écoulements secondaires dans une machine à conversion d'énergie de type thermoacoustique. ▶ Résistance thermique d'interface : découverte de la diffusion résonnante à une interface entre un cristal de Si et du superfluide ▶ Conduction balistique de phonons (chaleur) dans des membranes micro nano métriques ▶ Impact d'un chauffage pulsé sur un écoulement de convection naturelle autour d'une source linéique. Réponse en fréquence de l'élément chauffant et 	<p>impact de la fréquence sur le transfert de chaleur.</p> <ul style="list-style-type: none"> ▶ Mise en évidence par un modèle logistique de l'effet du stress hydrodynamique présent dans les bioréacteurs sur la motilité des micro-organismes (<i>Chlamydomonas reinhardtii</i> et <i>Synechocystis</i>) pendant différentes phases de leur cycle de croissance. ▶ Quantification du mélange et du chaos créée par des micro-organismes motiles au sein des milieux confinés, en collaboration avec deux autres laboratoires de l'Université Paris-Saclay dans le cadre d'un projet LaSIPS (BIOMEMIC). ▶ Interaction entre l'écoulement et la motilité de <i>Chlamydomonas reinhardtii</i> en cours, en collaboration avec l'APC/Paris-Diderot (deux thèses en cours). ▶ Analyses énergétique et exergétique complètes du procédé de réfrigération secondaire, en particulier avec coulis d'hydrates de gaz.
-----------------	---	---

Analyse SWOT	FORCES	FAIBLESSES
	<ul style="list-style-type: none"> • Thématiques ancrées, Nano, Blue • Thématiques émergentes, Diphasique/Énergie solaire/ Micronageurs • Pluridisciplinarité • Collaborations nationales et internationales 	<ul style="list-style-type: none"> • Proportion C/EC • Taux d'encadrement en thèse • Manque de projets institutionnels (ANR, Européen, ...) • Taille critique de certains thèmes • Faible mobilité (Congrès nationaux et internationaux)
	OPPORTUNITÉS	MENACES
	<ul style="list-style-type: none"> • Collaborations académiques et Industries: Laboratoires P.S., IPNO, C2N, LMD, LIMMS, Geeps, CEA, Air Liquide, EDFLab 	<ul style="list-style-type: none"> • Départs à court terme • Pérennité de l'outil expérimental • Personnel EC Parisiens (SU, Cnam) • L'avenir de la mécanique au LIMSI



IV - Projet scientifique

Concernant le thème dynamique et transferts en fluide diphasique, l'approche actuelle de description des interfaces par méthode diffuse continuera à être exploitée en ajoutant de nouveaux effets physiques (transfert de masse par évaporation/condensation) et en améliorant les schémas numériques (sur la modélisation des effets capillaires). En parallèle, d'autres approches de description des problèmes à interface seront abordées. D'une part une méthode d'interface précise est actuellement explorée avec la MDLS (méthode Level-Set + compressible), avec pour particularité de s'insérer dans une plateforme commune supportant le raffinement automatique de maillage. D'autre part la méthode de couplage de modèles (modèle réduit shallow-water avec DNS) sera étendue en tenant compte du transfert de chaleur et de masse. Les aspects algorithmiques numérique et HPC du code BLUE avec la collaboration de S. Shin en Corée du Sud seront également développés pour permettre les études profondes d'écoulements diphasiques du point de vue numérique, physique et géométrique. On augmentera le code par les modèles de transport de surfactant ainsi que des fluides à rhéologies complexes pour les applications dans le domaine de chimie des procédés. L'implémentation de la capacité de simuler les interactions fluide-structure avec lecture/écriture des fichiers stl (stéréolithographie) des géométries complexes facilitera l'ouverture vers les applications de l'échelle microfluidique ainsi qu'à grande échelle des mélangeurs rotatifs ou orbitaux. Ces études vont être menées au sein de collaborations avec Imperial College et Louisiana State University.

Concernant les écoulements diphasiques avec changement de phase, les prochaines années seront dédiées à l'étude du flux critique en canal plan à pression modérée qui reposera sur l'exploitation de l'importante base de données générées par les expérimentations. On précisera d'une part l'impact des divers paramètres expérimentaux tels que : le diamètre hydraulique du canal plan, le nombre de Reynolds, la pression du fluide, le sous-refroidissement, le flux de chaleur et la période de chauffe. L'utilisation simultanée de deux caméras rapides (spectres visible et infra-rouge) sera d'autre part exploitée pour comprendre puis modéliser de manière fine les divers scénarii de transition vers le flux critique.

Pour le thème dynamique et transferts en fluides oscillants, l'expertise acquise ces dernières années sera utilisée pour des applications plus étendues comme les écoulements pulsés à travers des singularités géométriques présentes dans le réseau vasculaire. Ces travaux à caractère expérimental permettront une meilleure connaissance de la dynamique de ces écoulements notamment dans le cas de fluides décrits par des lois de comportement non linéaires. Ces travaux se font en collaboration avec le laboratoire DynFluid de l'école Arts et Metiers, ParisTech. Deux thèses viennent d'être lancées avec comme objectif la compréhension de l'interaction entre l'écoulement pulsé, la nage directionnelle des particules actives (microalgues nageurs) et la dispersion de ces dernières au sein de l'écoulement microfluidique. Le projet LaSIPS « Bio-mélange dans les milieux confinés (BIOMEMIC) » permet de développer le volet mélange en collaboration avec deux autres laboratoires de l'Université Paris-Saclay, à savoir, le LGPM et le FAST.

Pour le thème thermique solide/superfluide et aux jonctions micro-nano, les perspectives comportent deux thèmes innovants sur la compréhension de la thermique à nano échelle. Le premier thème vise à examiner la conduction thermique dans des structures membranaires à très basse température afin d'exacerber de nouveaux phénomènes en régime de transport balistique. Le second thème se focalise sur l'interaction phonon (chaleur)-dislocation et ses effets sur la transmission de la chaleur à travers une interface entre un cristal d'Hélium-4 et un solide classique. Sur le volet énergie solaire, la modélisation 3D instationnaire de l'environnement thermique des panneaux PV permettra d'améliorer la prédiction de la température du panneau et donc la cogénération par la récupération de chaleur sous les panneaux.



ANNEXE 4 : TSF – Sélection des produits et activités de la recherche

I- PRODUCTION DE CONNAISSANCES ET ACTIVITÉS CONOURANT AU RAYONNEMENT ET À L'ATTRACTIVITÉ SCIENTIFIQUE

1°) Journaux / Revues scientifiques : sélection

1. Kahouadji, L., **N. Perinet**, L. S. Tuckerman, S. Shin, J. **Chergui**, and **D. Juric**. "Numerical simulation of supersquare patterns in Faraday waves". In: *Journal of Fluid Mechanics* 772 (2015), 12p.
2. **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". In: *IEEE Journal of Photovoltaics* 5.6 (2015), pp. 1686–1691.
3. **Paridaens, R.**, **S. Kouidri**, and **F. Jebali Jerbi**. "Investigation on the generation mechanisms of acoustic streaming in a thermoacoustic prime mover". In: *Cryogenics* 58 (2013), pp. 78–84.
4. **Amrit, J.** "A review of surface effects in Kapitza's experiments on heat transfer between solids and helium II". In: *Low Temperature Physics* 42 (8) (2016), pp 617-624.
5. **Ramière, A.**, S. Volz, and **J. Amrit** "Thermal resistance at a solid/superfluid helium interface". In: *Nature Materials*, 15 (2016), pp 512–516, DOI: 10.1038/NMAT4574
6. **Duluc, M.-C.** and **Y. Fraigneau**. "Effect of frequency on natural convection flows induced by a pulsating line-heat source". In: *International Journal of Thermal Sciences* 117 (2017), pp. 342–357.
7. Habibi, Z., M. Karami, **M. Jarrahi**, E. Shirani, and H. Peerhossaini. "Some observations on the spatiotemporal orbits structure and heat transfer enhancement in pulsating flow". In: *International Journal of Thermal Sciences* 125 (2018), 12p.
8. Shin, S., **J. Chergui**, **D. Juric**, L. Kahouadji, R. V. Craster, and O. Matar. "A hybrid interface tracking-level set technique for multiphase flow with soluble surfactant". In: *Journal of Computational Physics* 359 (2018), 67p.
9. **Pons, M.**, H-M. Hoang, T. Dufour, L. Fournaison, A. Delahaye, "Energy analysis of two-phase secondary refrigeration in steady-state operation, Part 1: global optimization and leading parameter". In: *Energy*, 2018, vol. on line July 12th, 2018, 1-32, URL : <https://doi.org/10.1016/j.energy.2018.07.055>, DOI : 10.1016/j.energy.2018.07.055

2°) Ouvrages : chapitres d'ouvrage

1. **Pons, M.** "Aspects thermodynamiques, bilan exergétique". In: *Livre blanc sur les recherches en énergétique des bâtiments*. Presses des Mines – Transvalor, Paris, 2013, pp. 65–69. ISBN: 978-2-35671-051-2.

3°) Colloques / congrès, séminaires de recherche : sélection d'articles publiés dans des actes de colloques / congrès

Conférences internationales avec actes

1. **Duluc, M.-C.**, **M. Jarrahi**, **Y. Fraigneau**, and **G. Defresne**. "Natural Convection around a pulsating line heat source". In: *International Heat Transfer Conference*. Kyoto- JP, 2014, 14p.
2. **Pavlov, M.**, A. Migan-Dubois, **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*. Pau- FR, 2015, 12p.
3. **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*. Pau- FR, 2015, 12p.
4. **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 Work- shop Thermal Investigations of ICs and Systems*. Paris- FR, 2015, 5p.
5. **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*. Crete- GR, 2016, 11p.
6. **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*. Karlsruhe- DE, 2016, pp. 41–50.



7. **Juric, D., J. Chergui**, S. Shin, L. Kahouadji, R. V. Craster, and O. Matar. "Innovative Computing for Industrially-Relevant Multiphase Flows". In: *International Conference on CFD in Oil and Gas, Metallurgical and Process Industries*. Trondheim - NO, 2017, 7p.

Conférences nationales avec actes

1. **Tapachès, E.**, J. Castaing-Lasvignottes, F. Lucas, J.-J. Bézian, F. Veynandt, and **M. Pons**. "Modélisation dynamique des transferts de chaleur au sein d'un récepteur linéaire de Fresnel : application d'une régulation lors de passages nuageux". In: *Congrès Français de Thermique*. Lyon- FR, 2014, pp. 145–152.
2. 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*. Le Mans- FR, 2016, pp. 913–919.
3. **Duluc, M.-C.** and **Y. Fraigneau**. "Convection naturelle externe engendrée par une source linéique soumise à un chauffage pulsé de type température imposée". In: *Congrès Français de Thermique*. Marseille- FR, 2017, 8p.

4°) Organisation d'évènements scientifiques

1. Organisation de l'École de Printemps de Mécanique des Fluides du CNRS, 2015, **N. Grenier**.
2. Organisation du GT Animation Scientifique du Dépt MEP de UPSay de la 1^{ère} Journée ETE du Plateau de Saclay (Énergie - Transferts - Efficacité), décembre 2015, U-PSud, Orsay, **M. Pons**.
3. Organisation de la Journée SFT : Les hydrates, de leur caractérisation à leur application en janvier 2015 et janvier 2016, **M. Pons**.
4. Organisation, Eurotherm, Seminar 106, Physical and chemical phenomena in heat exchanger and multifunctional reactor for sustainable technology, octobre 2016, **M. Jarrahi**.

5°) Activités d'évaluation

Évaluation d'articles et d'ouvrages scientifiques (relecture d'articles / reviewing)

- 103 reviewing dans des revues internationales du domaine de la mécanique des fluides, du transfert thermique et de l'énergétique : International Journal of Heat and Fluid Flow, Journal of Fluid Mechanics, Journal of Computational Physics, International Journal of Multiphase Flow, Computers and Fluids, International Journal of Heat and Mass Transfer, Journal of Solar Energy Engineering, International Journal for Numerical Methods in Engineering, IEEE-Journal of Photovoltaics, International Journal of Refrigeration, International Journal of Thermal Sciences, Cryogenics, Energy, Nuclear Engineering and Design, Journal of Porous Media ...

Évaluation de projets de recherche

- 1 Projet Innovation, Grenoble INP-Université J. Fourier, 2014
- 3 Projets ANR
- 4 Projets CIR pour le MESR, 2013-2017

Participation comité de sélection, CCSU

- CCSU 60-61-62 Univ. Paris-Sud : J. Amrit (2013-2018), M. Pons (2015).
- CCSU 60-62-63 Centrale Supélec : M.-C. Duluc (2017)
- CCSU 60 Conser. Nat. des Arts et Métiers : M.-C. Duluc (2015-2017)
- CCSU 60-62 Univ. d'Evry : M.-C. Duluc (2018)
- CCSU 60-62 Arts et Métiers ParisTech : S. Kouidri (2015-2018)

Participation aux jury de HDR, thèse

- Jury HDR : M. Pons (2)
- Jury de thèse, présidents, rapporteur ou examinateur : J. Amrit (5), M. C. Duluc (3), M. Firdaouss (1), S. Kouidri (8), M. Pons (3)



6°) Contrats de recherche financés par des institutions publiques ou caritatives

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	10/01/2014	3/31/2019	102 072 €
	WAVYFILM	ANR	PRCE	N	Grenier Nicolas	01/10/2015	30/09/2019	134 306 €
Collaborations de recherche	Kaptiza	IPNO		O	Amrit Jairaj	01/04/2009	31/12/2019	0
	Erétiques - Jonctions	Investissements d'avenir	Labex Lasips	O	Amrit Jairaj	13/04/2011	31/12/2013	38 000 €
	FormHydable	CNRS	PEPS	O	Pons Michel	01/06/2013	31/12/2013	7 500 €
	Enermodeon	Investissements d'avenir	Labex Lasips	N	Koudri Smaïne	26/08/2014	31/12/2016	56 700 €
	ARTEMIS	Investissements d'avenir	Labex Lasips	N	Amrit Jay	14/12/2016	31/12/2019	100 000 €
	BIOMEMIC	Investissements d'avenir	Labex Lasips	N	Jarrahi Mojtaba	01/08/2017	30/06/2018	24 000 €

7°) Accueil de Post-doctorants

- 1 Post-doctorant pour 1 an financé dans le cadre du projet LaSIPS, ENERMODEON, 2016
- 1 Post-doctorant pour 2 ans financé dans le cadre du projet ANR, WAVYFILM, 2017, 2018
- 1 Post-doctorant pour 2 ans financé dans le cadre du projet LaSIPS, ARTEMIS 2018, 2019

8°) Indices de reconnaissance

Invitations à des colloques / congrès à l'étranger

1. **Amrit, J.**, "Kapitza resistance and SFR cavities" *The 16th International conference on RF Superconductivity SRF*, Paris, 22-27 September 2013.
2. **Amrit, J.**, "Kapitza resistance at Niobium/superfluid He interfaces" *The 6th International workshop on Thin Films and New Ideas for Superconductivity*, Legnaro National Laboratories (LNL-National Institute of Nuclear Physics, Legnaro, Padova, Italy, 5-8 October 2014.
3. **Juric, D., J. Chergui**, and S. Shin. "BLUE: A Solver for Massively Parallel Direct Simulation of 3D Two-Phase Flows". In: *International Conference on Numerical Methods in Multiphase Flows*. Darmstadt- DE, 2014.
4. 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*. Abuja- NG, 2015, 19p.
5. Matar, O. and **D. Juric**. "Multi-scale approaches to solving flow challenges in the oil gas (other) industries". In: *International Conference on CFD in Oil and Gas, Metallurgical and Process Industries*. Trondheim- NO, 2017.
6. **Paridaens, R., S. Koudri**, R. Bennacer. "Assesment of the jet pump impact on thermoacoustic prime mover operation" In: *International Conference on Materials & Energy*. San Sebastian, 2018.



II - INTERACTION AVEC L'ENVIRONNEMENT, IMPACTS SUR L'ÉCONOMIE, LA SOCIÉTÉ, LA CULTURE, LA SANTÉ

1°) Brevets, licences et interactions avec les acteurs socio-économiques

Contrats industriels, contrats sur financement privé...

	Acronyme	Financeur/Partenaire	Coordinateur	Responsable LIMSI	Début	Fin	Part LIMSI
Prestation de service	TUBSOL	E. Balzer	Oui	Bourdin Vincent	31/08/2015	15/10/2015	5 500 €
		Air Liquide	Oui	Grenier Nicolas	01/07/2016	31/12/2016	3 000 €
		QUANTOM	Non	Bourdin Vincent	03/04/2017	02/09/2017	750 €

Brevets, Dépôts APP, licences...

Brevet - Dépôt APP	Inventeur LIMSI	co-déposant	Date	Commentaire
Blue : prédiction d'écoulements diphasiques incompressibles à partir de données caractérisant la configuration du milieu	Juric Damir Chergui Jalel	-	Octobre 2012	Mise à jour Janvier 2017
Création d'entreprise	Créateur		Date	Commentaire
Hekyom	François Maurice-Xavier	-	2002	

2°) Expertise scientifique :

- **M. Pons**, Membre du Comité Scientifique du Workshop « L'Université Paris-Saclay au rendez-vous de la transition énergétique », octobre 2016, EDF Lab Paris-Saclay, Palaiseau, M. Pons.
- **S. Kouidri**, Expert scientifique dans le cadre du Crédit Impôt Recherche pour le Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche.
- **S. Kouidri**, Membre du Comité Scientifique du Laboratoire National de Métrologie et d'Essais.

3°) Produits destinés au grand public : médiation scientifique

- Organisation participation Dept Méca à la Fête de la Science 2014 à 2017, **N. Grenier**, 2013 à 2015, **M. C. Duluc**, 2015 à 2017, **M. Pons**.
- Interview téléphonique pour un article dans la rubrique « Actualités scientifiques—En direct des laboratoires ». www.cnrs.fr/insis/recherche/actualites/2016/06/kapitza.htm. 2016, **J. Amrit**.
- Émission radio, Science Publique, France Culture, Juillet 2013 sur le thème Faut-il adopter la notion d'exergie ?, **M. Pons**.

III -IMPLICATION DANS LA FORMATION PAR LA RECHERCHE

Liste exhaustive des thèses et HDR

1. **Paridaens, R.** "Analyse et caractérisation des écoulements redressés dans un moteur thermoacoustique annulaire". Orsay, France, 2013, 152p.
2. **Prigent, G.** "Modélisation et simulation numérique d'écoulements diphasiques pour la microfluidique". Orsay, France, 2013, 141p.
3. **Ramière, A.** "Impact des rugosités sur le transport des phonons aux surfaces et interfaces à très basses températures". Orsay, 2014, 140p.
4. **Ebo Adou, A.-H.** "Études numériques d'instabilités d'une goutte sphérique". Paris, France, 2015, 122p.
5. **Tapachès, E.** "Estimation du Potentiel de la Technologie Solaire Thermodynamique à Concentration en Climat Non Désertique—Application à La Réunion". St- Pierre-de-La-Réunion, 2015, 216p.
6. **Wullens, S.** "Étude numérique de la ventilation naturelle, mise en oeuvre d'un modèle fin dans une simulation de thermique du bâtiment". Le Bourget du Lac, France, 2015, 149p.
7. **Pavlov, M.** "Modélisation numérique du couplage thermique-photoélectrique pour des modules photovoltaïques sous faible concentration". Orsay, 2016, 187p.
8. **Seghiri, A.** "Comportement des systèmes thermoacoustiques avec prise en compte du gradient de température transverse". Alger, 2016, 164p.
9. **Xu, B.** "Hydrodynamique de fluides élancés à bas nombres de Reynolds". Orsay, 2016, 130p



3°) Productions scientifiques (articles, ouvrages, etc.) issues des thèses

Revue internationale

1. **J. Amrit, A. Ramière**, S. Volz, Role of fluttering dislocations in the thermal interface resistance between a silicon crystal and plastic solid He4, *Physical Review B*, 2018, vol. 97, 014308:1-014308:8
2. **A. Ramière**, S. Volz, **J. Amrit**, Heat flux induced blueshift of dominant phonon wavelength and its impact on thermal conductivity, *AIP ADVANCES*, 2017, vol. 7, n°1, 015017:1-11
3. **A. Ramière**, S. Volz, **J. Amrit**, Geometrical tuning of thermal phonon spectrum in nanoribbons, *Journal of Physics D: Applied Physics*, 2016, vol. 49, n°11, 8p
4. **A. Ramière**, S. Volz, **J. Amrit**, Thermal resistance at a solid/superfluid helium interface, *Nature Materials*, 2016, 6
5. **B. Xu**, J. Chergui, S. Shin, D. Juric, Three-dimensional simulations of viscous folding in diverging microchannels, *Microfluidics and Nanofluidics*, 2016, vol. 20:140, 11
6. **R. Paridaens, S. Koudri, 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, vol. 30, n°11, 4971-4978
7. **A. Seghiri, S. Koudri**, A. Azzi, Generalization of the thermoacoustic form functions for evaluating the transverse temperature gradient effect, *Heat Mass Transfer*, 2015, 11
8. **G. Prigent, M-C. Duluc**, P. Le Quééré, 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, vol. 25, n°7, 1746- 1768
9. **M. Pavlov**, A. Migan-Dubois, **V. Bourdin, M. Pons**, M. Haeffelin, 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, vol. 5, n°6, 1686-1691
10. **A. Ramière, J. Amrit**, S. Volz, Thermal resistance at constrictions in 2D mesoscopic ribbons at low temperatures, *Journal of Physics: Conference Series*, 2014, vol. 568, 052023:1-3
11. **R. Paridaens, S. Koudri, F. Jebali Jerbi**, Investigation on the generation mechanisms of acoustic streaming in a thermoacoustic prime mover, *Cryogenics*, 2013, vol. 58, 78-84
12. **J. Amrit, A. Ramière**, Kapitza resistance between superfluid helium and solid: role of the boundary, *Low Temperature Physics*, 2013, vol. 39, n°9, 752-755

Conférences internationales avec actes

1. **R. Paridaens, S. Koudri**, R. Bennacer, Assessment of the jet pump impact on thermoacoustic prime mover operation, *International Conference on MATERIALS and ENERGY (ICOME 2018)*, San Sebastian, Spain, du 30/04 au 04/05, 2018, 7p
2. **M. Pavlov**, A. Migan-Dubois, **V. Bourdin, M. Pons**, M. Haeffelin, J. Badosa, Experiment and modelling of photovoltaic modules under solar flux augmented by planar reflectors in a Paris suburb climate, *28th International Conference on Efficiency, Cost, Optimization Simulation and Environmental Impact of Energy Systems (ECOS 2015)*, Pau, France, 29/06 au 03/07, 2015, 12
3. M. Mahdaoui, **S. Koudri**, R. Bennacer, N. Martaj, **M. Ali**, Energy Efficiency of Thermoacoustic Systems- Study of Acoustic Streaming In Standing Wave Resonator, *3rd International Renewable and Sustainable Energy Conference (IRSEC 2015)*, Marrakech, Morocco, du 10/12 au 13/12, 2015, 5p
4. **M. Ali**, N. Martaj, M. Mahdaoui, S. Savarese, R. Bennacer, **S. Koudri**, Flow and Heat Transfer in Thermoacoustic Resonators Implicit 2D Large Eddy Simulations, *3rd International Renewable and Sustainable Energy Conference (IRSEC 2015)*, Marrakech, Morocco, du 10/12 au 13/12, 2015, 4p
5. **M. Pavlov**, A. Migan-Dubois, **V. Bourdin, M. Pons**, J. Badosa, M. Haeffelin, A Study of the Impact of Climate on the Optimal Geometry of a LCPV System, *31st European Photovoltaic Solar Energy Conference and Exhibition (EU-PVSEC 2015)*, Hamburg, Germany, du 14/09 au 18/09, 2015, 2114- 2118
6. **M. Pavlov**, A. Migan-Dubois, **V. Bourdin, M. Pons**, M. Haeffelin, J. Badosa, Experimental and numerical study of the influence of string mismatch on the yield of PV modules augmented by static planar reflectors , *42nd IEEE Photovoltaic Specialists Conference (IEEE PVSC 2015)*, New Orleans, USA, 14/06 au 19/06, 2015, 1-3. Paru dans IEEE
7. **L. Yu**, W. Kassem, R. Bude, L. Divay, **J. Amrit**, S. Volz, Thermoelectric property analysis of CsSnX3 Materials (X=1, Br, Cl), *21st International Workshop Thermal Investigations of ICs and Systems (THERMINIC 2015)*, Paris, France, 30/9 au 2/10, 2015, 5p
8. **A. Ramière, J. Amrit**, S. Volz, Role of the boundary roughness on heat transport in mesoscopic silicon ribbons at low temperatures, *1st International Conference on Nanoenergies (NANOENERGY 2013)*, Perugia, Italy, 10/7 au 13/7, 2013, 2p. Paru dans Nanoenergy Letters, vol 6, August 2013
9. **S. Wullens, M. Pons**, E. Wurtz, Y. Fraigneau, Natural ventilation in a room, transition from natural to adverse forced convection, *2013 IBPSA Building Simulation Conference (BS 2013)*, Chambéry, France, 25/08 au 28/08, 2013, 536-543



Conférences nationales avec actes

1. **E. Tapachès**, J. Castaing-Lasvignottes, F. Lucas, J-J. Bézian, F. Veynandt, **M. Pons**, Modélisation dynamique des transferts de chaleur au sein d'un récepteur linéaire de Fresnel : application d'une régulation lors de passages nuageux, *22^{ème} Congrès Français de Thermique (SFT 2014)*, Lyon, France, 03/06 au 06/06, 2014, 145-152. Paru dans *Approches multi-échelles pour la thermique, l'énergétique et le génie des procédés - Actes Congrès Français de Thermique SFT 2014*
2. **S. Kouidri, R. Paridaens, F. Jebali Jerbi**, Analyse phénoménologique du vent acoustique dans un moteur thermoacoustique sous pression, *12^{ème} Congrès Français d'Acoustique (CFA 2014)*, Poitiers, 22/04 au 25/04, 2014, 7. Paru dans *Congrès Français d'Acoustique*
3. **S. Wullens, M. Pons**, E. Wurtz, Y. Fraigneau, Étude de la transition entre convection naturelle et convection forcée dans une cavité traversante, *Congrès Français de Thermique (SFT 2013)*, Gérardmer, France, 28/05 au 31/05, 2013, 237-244. Paru dans *Actes SFT 2013 Thermique et contexte incertain*



ÉQUIPE 4 : ILES

INFORMATION, LANGUE ÉCRITE ET SIGNÉE

Responsable : Pierre Zweigenbaum

I - Présentation de l'équipe ILES

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, compréhension, dialogue (thème « Extraction et reconnaissance 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 de 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.), de l'organisation de campagnes d'évaluation nationales et internationales (DEFT, CLEF, SemEval, BUCC, WMT), et de sa participation et de 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 : services d'interprètes et de traduction en langue des signes (Interprétis, La Manufacture Digitale) pour les recherches sur la traduction assistée en langue des signes, 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, 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 (Ryo Nagata, Konan U. ; Kevin Bretonnel Cohen, U. Colorado ; Efstathios Stamatatos, U. Aegean ; Timothy Miller, Harvard Medical School ; John McDonald, DePaul U. ; Marilyn Walker, U. California Santa-Cruz). Les membres du groupe sont très impliqués dans la communauté au niveau de Paris-Saclay (responsabilité de pôle dans l'ED STIC ; de la commission recherche, d'axe, de tâche et de plusieurs groupes de travail dans le Labex DigiCosme ; représentants au Conseil académique ; etc.), au niveau national (présidence et vice-présidence de l'ATALA, vice-présidence de l'AFIA, CA de l'AIM, comité scientifique de l'ARIA, 27^e section du CNU, bureau de la section 7 du CoNRS) et international (présidence du SIG Francophone de l'IMIA).

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).

Organisation et vie de l'équipe

Le groupe est structuré en quatre thèmes avec un responsable par thème (2 femmes, 2 hommes). Ces responsables ont notamment la charge de coordonner la rédaction des rapports, et sont sollicités en première intention pour représenter le groupe lorsque le responsable de groupe n'est pas disponible. Plusieurs autres responsabilités ont par ailleurs été prises en charge par des membres du groupe : organisation des séminaires, locaux, communication, espaces informatiques. Avec la montée en puissance des commissions locaux, communication et informatique du laboratoire, les responsables correspondants se sont mués en représentants du groupe dans les commissions du laboratoire.

Séminaires et réunions

Nous organisons un séminaire de groupe à fréquence au moins mensuelle. Les doctorants et post-doctorants y présentent leurs travaux dans une démarche de formation à l'exposé scientifique (voir l'Annexe 4, section III-7). D'autres séances du séminaire sont programmées pour des exposés d'intervenants extérieurs ou de membres permanents du groupe. En dehors du séminaire, un point d'information d'une trentaine de minutes est organisé chaque semaine (nouvelles courantes, coordination des réponses aux appels d'offres, de l'emménagement dans le bâtiment 508, des déplacements aux grandes conférences, annonce des arrivées et départs, etc.). Il est remplacé lorsque l'actualité le nécessite par des réunions plus longues entre permanents (orientations stratégiques, préparation du présent rapport, etc.). Les comptes rendus des points d'information et réunions sont consignés sur le wiki du groupe. Ils sont complétés par des pages de discussion lorsqu'un sujet le

nécessite. Ce wiki héberge aussi des pages d'information notamment sur les cibles de publication, les projets du groupe, la planification de l'occupation des bureaux, ainsi que sur les procédures et bonnes pratiques, en complément des pages du site du laboratoire. Les activités du groupe sont notées sur un calendrier partagé (protocole CalDav) que chacun peut ainsi consulter et mettre à jour.

Organisation d'espaces informatiques partagés

L'achat de moyens informatiques pour le groupe est largement mutualisé et capitalise les divers financements obtenus par les membres du groupe. Il inclut des serveurs de calcul et de stockage partagés et des postes de travail pour les permanents et les non-permanents. Cette infrastructure facilite le travail au quotidien sur des données nombreuses avec des outils variés, et est indispensable pour les données à caractère confidentiel. Elle est complétée par un accès à de la puissance de calcul externe au laboratoire (serveurs GPU à l'IDRIS).

Nous avons mis en place une organisation d'espaces informatiques qui visent à faciliter la collaboration et le partage d'outils, ressources et savoir-faire entre les membres du groupe. Des espaces entièrement partagés contiennent d'une part des ressources pour le TAL, notamment des corpus, et d'autre part des outils de TAL, d'apprentissage, de recherche d'information, et divers langages et outils système. Des espaces-projet sont dédiés à des projets spécifiques et ont deux fonctions : faciliter le travail collaboratif d'un sous-groupe sur les mêmes données et rendre ces données privées au projet. Les ressources sont classées en trois niveaux selon leurs possibilités de diffusion : ouvertes (ex : Wikipédia), restreintes au groupe car liées à une licence (ex : Le Monde, UMLS), et privées à un projet (ex : forums médicaux dans PHARES). Les fichiers dans ce dernier cas font l'objet de mesures de protection renforcées (stockage dans des espaces séparés) et leur accès est restreint aux seuls membres identifiés du projet et à des machines identifiées. C'est notamment le cas pour les textes médicaux. Cette organisation permet au groupe d'une part de mutualiser le téléchargement de grands corpus et de partager les données et le savoir-faire associés, et d'autre part de travailler en silo lorsque les contraintes de confidentialité l'imposent. Il est à noter que cette infrastructure informatique, qui n'a pas d'équivalent dans une offre de service externe, n'est possible que grâce à la présence de l'équipe de soutien AMIC.



Effectif de l'équipe : permanents

Nom	Prénom	Position	HDR	Organisme	Arrivée	Départ
Berthelin	Jean-Baptiste	CR1		CNRS	07/85	06/15
Braffort	Annelies	DR2	x	CNRS	03/92	
Choisier	Annick	IE		CNRS	07/87	01/15
Filhol	Michael	CR1		CNRS	10/10	
Grau	Brigitte	Pr1	x	ENSIIE Evry	06/85	
Grouin	Cyril	IE		CNRS	10/06	
Hamon	Thierry	MCF		U Paris 13	11/13	
Illouz	Gabriel	MCF		U Paris-Sud	10/96	
Lavergne	Thomas	MCF		U Paris-Sud	09/12	
Ligozat	Anne-Laure	MCF	x	ENSIIE Evry	09/09	
Max	Aurélien	MCF		U Paris-Sud	09/04	
Moriceau	Véronique	MCF		U Paris-Sud	09/08	
Névéol	Aurélien	CR1		CNRS	10/12	
Paroubek	Patrick	IR	x	CNRS	07/97	
Robba	Isabelle	MCFHC		U Versailles St-Quentin	10/87	
Rosset	Sophie	DR2	x	CNRS	10/02	
Tannier	Xavier	MCF	x	U Paris-Sud	09/07	09/17
Vilnat	Anne	Pr1	x	U Paris-Sud	06/85	
Zweigenbaum	Pierre	DR1	x	CNRS	11/06	

Non-permanents : doctorants et CDD

Nom	Prénom	Statut	Début de thèse	Fin de thèse
Asadullah	Munshi	Doctorant	01/10/2012	28/09/2015
Bawden	Rachel	Doctorant	01/10/2015	
Beaumont	Romain	Doctorant	01/10/2014	Abandon
Belissen	Valentin	Doctorant	01/10/2017	
Benchiheub	Mohamed-el-Fatah	Doctorant	13/11/2013	08/11/2017
Bigéard	Elise	Doctorant		
Bodnari	Andreea	Doctorant	03/09/2012	14/05/2014
Boros	Emanuela	Doctorant	04/02/2013	
Bouamor	Dhouha	Doctorant	28/10/2010	21/02/2014
Cao	Tien Duc	Doctorant	01/10/2016	
De Groc	Clément	Doctorant	18/11/2009	05/06/2013
Falco	Mathieu-Henri	Doctorant	01/10/2010	22/05/2014
Ferré	Arnaud	Doctorant	01/10/2015	
Gleize	Martin	Doctorant	01/10/2012	07/01/2016
Hadjadj	Mohamed	Doctorant	01/11/2013	17/11/2017
Koroleva	Anna	Doctorant	01/11/2016	
Marchand	Morgane	Doctorant	05/12/2011	04/03/2015
Marie	Benjamin	Doctorant	02/04/2013	25/03/2016
Neifar	Wafa	Doctorant	01/09/2015	



Non-permanents : doctorants et CDD

Nom	Prénom	Statut	Début de thèse	Fin de thèse
Neuraz	Antoine	Doctorant	01/11/2016	
Norman	Christopher	Doctorant	01/10/2016	
Paris	Nicolas	Doctorant	01/11/2017	
Pho	Van-Minh	Doctorant	01/10/2012	24/09/2015
Rahman	Rashedur	Doctorant	01/02/2015	17/04/2018
Ramachandra Rao	Sanjay Kamath	Doctorant	01/10/2016	
Randriatsitohaina	Tsanta	Doctorant	01/11/2017	
Ribeiro	Swen	Doctorant	01/03/2016	
Sadoun	Driss	Doctorant	01/10/2010	17/06/2014
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	
Nom	Prénom	Statut	Arrivée	Départ
Asadullah	Munshi	Post-Doc	10/15	08/16
Deléger	Louise	Post-Doc	12/12	08/14
Morlane-Hondère	François	Post-Doc	11/14	05/16
Moreno	José	Post-Doc	10/15	08/16
Bui-Quang	Paul	CDD	07/15	06/16
Nouvel	Damien	CDD	08/13	07/14
Fraisse	Amel	Post-Doc	02/13	08/15
Delaborde	Marine	CDD	05/14	12/15
Delaborde	Marine	CDD	03/16	10/16
Nguyen	Kiem-Hieu	Post-Doc	03/13	06/15
Bouamor	Dhouha	Post-Doc	12/14	11/15
D'hondt	Eva	Post-Doc	04/14	03/17
Gianola	Lucie	CDD	11/15	06/16
Rahman	Rashedur	Post-Doc	04/18	04/19
Ramadier	Lionel	Post-Doc	06/17	05/18
Campillos	Leonardo	Post-Doc	05/15	02/18
Magistry	Pierre	Post-Doc	02/17	03/18
Thomas	Catherine	CDD	03/17	03/18
Bletrix	Marine	CDD	07/17	12/17
Boyer	Arthur	CDD	01/17	06/18
Gahbiche-Braham	Souhir	CDD	12/16	02/17
Rudnik	Charlotte	CDD	10/17	03/19
Hadjadj	Mohamed	Post-Doc	11/16	08/18
Falco	Mathieu-Henri	Post-Doc	10/13	08/14
Pho	Van-Minh	Post-Doc	10/15	08/16
Marie	Benjamin	CDD	11/12	01/13
Sadoun	Driss	Post-Doc	10/13	08/14



II - Bilan Scientifique

Comme annoncé plus haut, le groupe est structuré en quatre thèmes dans lesquels sens et représentation jouent un rôle clé : Corpus et représentations, Multilinguisme et paraphrase, Extraction et reconnaissance d'informations précises, et Modélisation et traitement automatique des langues des signes, dont nous présentons tour à tour l'activité ci-dessous.

Corpus et représentations

P. Paroubek, A. Braffort, K.B. Cohen (également U. Colorado), E. D'hondt, **C. Grouin, M. Filhol, T. Hamon, A. Koroleva, A. Max, V. Moriceau, A. Névéal**, Ch. Norman, **S. Rosset, X. Tannier, A. Vilnat, P. Zweigenbaum**, avec la participation de E. Stamatatos (University of the Aegean).

Ce thème se focalise sur la proposition de représentations des énoncés langagiers écrits ou signés et la production de corpus les instanciant. Définir la représentation requise par un traitement automatique du langage (par exemple la reconnaissance d'entités nommées, la fouille d'opinion ou la génération de texte) est une étape fondamentale dans l'étude de la tâche et de ses fondements linguistiques. La création de corpus annotés avec les représentations associées aux traitements fournit le matériau indispensable au développement et à l'évaluation de systèmes d'analyse, de transformation ou de production du langage, en particulier avec l'apprentissage automatique.

► Concevoir les représentations.

Nos objets d'étude sont les éléments linguistiques porteurs d'information, que nous étudions par l'observation et l'analyse des corpus dans lesquels on les trouve. Les corpus sont des collections de documents, créés selon une hypothèse de travail, d'origines diverses : transcription de parole, livres, articles, journaux, blogs, microblogs, vidéos de langue des signes etc. Les représentations doivent non seulement refléter les faits de langue ou la plus ou moins grande subjectivité des énoncés, mais aussi les connaissances spécifiques aux domaines très variés dans lesquels nous sommes amenés à travailler, comme la pharmacovigilance et les réseaux sociaux (projets Vigi4MED et PHARES) ou l'évaluation des publications scientifiques (projet européen MiRoR), pour ne citer que deux exemples. Dans le premier nous avons proposé et comparé deux schémas d'annotation [Morlane-Hondère et al., 2016], 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 d'analyse. En ce qui concerne la fouille d'opinion dans les microblogs, nous avons mis au point un schéma d'annotation sémantique multilingue [Fraise & Paroubek, 2016] 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. Initialement développé pour le français et l'allemand dans le projet uComp (CHIST-ERA) portant sur le « crowdsourcing » appliqué à l'analyse d'opinion sur le changement climatique, il a été réutilisé dans le projet REQUEST (PIA-FSN-AAP Big Data) et pour les éditions du Défi Fouille de Texte (DEFT) français 2015 et 2018. Nous avons également produit un schéma pour l'annotation de l'ironie dans des tweets et un corpus annoté utilisé lors de l'édition 2017 de DEFT [Karoui et al., 2017]. Dans notre cadre de recherche, la notion d'annotation est à prendre au sens large puisqu'elle concerne aussi l'appariement de documents ou d'extraits de documents dans un cadre multilingue, voire intermodal comme dans la contribution du groupe au corpus des accents régionaux de P. Boula de Mareuil (TLP), avec une version en langue des signes française.

► Préparation de corpus : correction et redondance.

Après la collecte vient la préparation des corpus, une étape essentielle car toutes les analyses futures vont en dépendre. Ceci est particulièrement important dans le cas où les corpus sont issus de reconnaissance optique de caractères (OCR), par exemple pour les comptes rendus médicaux. Les méthodes d'OCR, même de très bonne qualité, ne sont jamais exemptes d'erreurs, en particulier dans le cas des textes spécialisés ou des documents anciens qui nécessitent une phase de correction. Pour remédier à la nécessité de la correction humaine qui est longue, coûteuse et complexe, nous avons proposé une méthode d'apprentissage automatique de correction reposant sur la génération automatique d'erreurs à partir de textes corrects [D'hondt et al., 2017]. Cette méthode rapide et peu coûteuse a produit une réduction du taux d'erreur nettement supérieure à une méthode de référence, dans la même hypothèse d'absence de données annotées d'apprentissage. À l'occasion de l'invitation au LIMSI d'Efsthatios Stamatatos, spécialiste de méthodes de détection de plagiat, nous avons montré que l'on pouvait s'inspirer de telles méthodes pour détecter des redondances (parties ou documents entiers repris) dans les corpus médicaux [D'hondt et al., 2016]. La détection automatique des documents dupliqués ou des zones de redondance a permis d'optimiser le travail réalisé pour 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.

► Les campagnes d'évaluation.

Elles sont un moyen de comparer dans des conditions contrôlées et partagées les méthodes et systèmes de traitement automatique du langage ; elles fournissent également des données précieuses pour l'ensemble de la communauté sur l'état de l'art et les perspectives offertes par de nouvelles approches. Elles ont donc un impact très fort sur les recherches



menées par la communauté internationale. C'est pourquoi nous menons une activité soutenue de création de corpus annotés pour l'organisation de campagnes d'évaluation qui nous rend très visibles. Nous avons notamment participé à l'organisation des campagnes d'évaluation internationales CLEF INEX 2013 et 2014 [Bellot et al., 2016], BUCC 2015 sur la comparabilité de textes, BUCC 2017 et 2018 sur la détection de phrases parallèles, CLEF eHealth 2013–2018 sur l'extraction d'information multilingue en domaine de spécialité, WMT 2016–2018 sur la traduction automatique en domaine de spécialité, SemEval 2016 sur l'analyse de sentiment, BioNLP ST 2013 et 2016 sur l'extraction d'information dans des articles de biologie (Nédellec et al., 2015), et des campagnes d'évaluation francophones DEFT 2015, 2017 et 2018 sur l'analyse de sentiments et de langage figuratif dans des tweets. Dans ce contexte évaluatif et dans la mouvance de la « Science Ouverte » nous avons abordé aussi la question de la reproductibilité des travaux scientifiques en traitement automatique des langues et nous proposons de distinguer trois dimensions : la reproductibilité d'une conclusion, d'une observation, et d'une valeur [Cohen et al., 2018]. Notre expertise dans ce domaine est un facteur d'attractivité pour 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). En effet l'évaluation comparative ouverte, telle que nous la pratiquons, est une des clés qui a rendu possible l'industrialisation du traitement automatique des langues, permettant aux acteurs du domaine d'apprécier quantitativement la performance effective des solutions proposées dans des conditions réelles.

BioNLP-ST	2013	CLEF INEX DEFT
	2014	CLEF INEX DEFT
CLEF eHealth [FR]	2015	DEFT BUCC
CLEF eHealth [FR] WMT [ES FR PT] BioNLP-ST	2016	DEFT SemEval T5
CLEF eHealth [FR EN] WMT [9 European languages] SMM4H	2017	DEFT BUCC
CLEF eHealth [FR HU IT] WMT [ES FR GE PT RO ZH] SMM4H	2018	DEFT BUCC

Campagnes d'évaluation co-organisées.

► Mesures d'évaluation.

Elles sont la clé de voûte de toute campagne, car c'est par leur biais que les différences entre les approches testées seront exhibées. Nous donnons ici deux exemples des recherches que nous menons pour concevoir des mesures toujours plus pertinentes et plus précises : des métriques d'évaluation de systèmes de reconnaissance automatique de la parole (RAP) pour une tâche donnée et des métriques d'évaluation de systèmes de reconnaissance d'entités nommées compositionnelles et arborescentes (projet ANR VERA, et thèse de Mohamed Ben Jannet, 2015). Ces travaux se sont déroulés à la fois dans le groupe TLP et dans le groupe ILES, car portant sur des projets communs aux deux groupes, et aussi à l'occasion de la venue dans le groupe ILES en janvier 2017 de Sophie Rosset, responsable auparavant du thème Analyse robuste de la parole et systèmes de dialogue dans le groupe TLP. La métrique la plus utilisée pour évaluer la qualité intrinsèque d'un système de RAP est le *Word Error Rate*, il s'agit alors d'évaluation intrinsèque à la tâche de transcription. Il est cependant aussi pertinent d'évaluer la qualité d'un système de reconnaissance de la parole en fonction de la tâche que l'on cherche à réaliser à l'aide de la transcription obtenue (évaluation extrinsèque), par exemple pour une reconnaissance d'entités nommées (REN) dans un flux audio. Afin de dépasser les limites des métriques existantes, notamment leur corrélation faible avec les résultats des systèmes de REN, nous avons proposé ATENE [Ben Jannet et al., 2017], une métrique dont l'objectif est d'estimer le risque qu'une erreur de RAP produise une erreur de REN à partir de comparaisons de probabilités de présence d'éléments d'intérêt (des entités dans le cas de la REN, des concepts dans le cas de la compréhension par exemple) dans les transcriptions de référence et dans les hypothèses issues des systèmes de RAP. Cette métrique, comparée aux autres, permet d'une part un meilleur classement des systèmes de RAP étant donné la tâche de REN (évaluée sur les données des campagnes Quaero et Etape) et a montré d'autre part son utilité pour la mise au point d'un système de RAP. Les mesures de précision, rappel et F-mesure classiquement utilisées pour évaluer la REN ont pour défaut de ne pas pouvoir intégrer la notion de frontière floue et si le *Slot Error Rate* donne quelques informations supplémentaires, notamment en ce qui concerne les frontières d'entités, aucune de ces métriques n'intègre la notion de structure des entités comparées lors des mesures. Nous avons donc proposé ETEN, une métrique qui tient compte de leur structure et d'une typologie d'erreurs pour évaluer la reconnaissance d'entités compositionnelles et arborescentes, s'appuyant sur un alignement d'arbre à arbre entre les données de référence et l'hypothèse pour le décompte des erreurs [Ben Jannet et al., 2014].

Multilinguisme et paraphrase

T. Lavergne, D. Bouamor, A. Boyer, L. Campillos-Llanos, L. Deléger, M. Gleize, **B. Grau**, **C. Grouin**, **T. Hamon**, **G. Illouz**, **A.-L. Ligozat**, P. Magistry, B. Marie, **V. Moriceau**, **A. Max**, **A. Névéol**, W. Neifar, **P. Paroubek**, V.M. Pho, **X. Tannier**, **A. Vilnat**, **P. Zweigenbaum**, ainsi que la participation de R. Nagata (Konan University).

L'un des problèmes auxquels s'attaque le traitement automatique des langues est l'existence d'énoncés distincts dont le sens est proche voire équivalent : synonyme d'un terme, paraphrase, version simplifiée ou traduction d'une phrase, phrase qui en implique une autre, etc. Ces questions sont au cœur de la sémantique. Le présent thème s'attaque aux problématiques qui en dérivent : l'identification de la relation qui existe entre deux tels énoncés, ou inversement la production d'un énoncé cible étant donné un énoncé source et une relation (ex : traduction, simplification). Cette dernière problématique s'étend au cas du transfert de systèmes de TAL mis au point pour une variété de langue à une autre variété



de langue, par exemple leur portage à une autre langue. 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.

► **Similarité sémantique et implication textuelle.**

Nous nous attachons ici à évaluer à quel point deux énoncés sont similaires : nous avons proposé pour cela trois méthodes nouvelles. Nous avons combiné des mesures de similarité exploitant différents types de ressources sémantiques qui aident à valider la pertinence de distracteurs (réponses incorrectes) dans la création automatique de QCM en éliminant les distracteurs inappropriés (thèse de Van Minh Pho, 2015). Nous avons proposé de nouvelles méthodes pour évaluer la proximité d'énoncés (thèse de Martin Gleize, 2016) : des noyaux de réécriture de phrases munis de types lexico-sémantiques et une distance d'édition d'arbre intégrant des connaissances sémantiques [Gleize & Grau, 2015]. Nous avons proposé, évalué et comparé plusieurs mesures de similarité sémantique pour la recherche de réponses à des questions. Certaines sont classiques, d'autres ont été les premières à explorer des plongements de phrases ; d'autres encore emploient des « expressions textuelles récurrentes » (RSTP) et ont montré une nette supériorité pour une utilisation dans un cadre de dialogue conversationnel [Dubuisson Duplessis et al., 2016]. Par ces contributions, ces travaux se trouvent à l'intersection de ce thème et du thème Extraction et reconnaissance d'informations précises.

► **Production de paraphrases, notamment de simplifications.**

Ces travaux visent à produire des versions simplifiées de textes, ce qui motive des recherches sur la complexité textuelle. Nous avons mené des expériences pour déterminer les caractéristiques de la complexité textuelle sur le plan lexical [Tack et al., 2016, prix du meilleur article à TALN 2016] et discursif [Todirascu et al., 2016]. Un groupe de recherche (ALLuSIF) a été mis en place sur le thème des mesures de lisibilité et de la simplification de textes, en collaboration avec les universités de Strasbourg, Marseille et Louvain (Belgique) et a produit des résultats en simplification lexicale et syntaxique ainsi que sur les mesures de lisibilité [Todirascu et al., 2016, 2017]. L'acquisition de paraphrases grand public de termes médicaux, enjeu pour aider à la lisibilité des textes par le grand public, est un autre cas de recherche d'énoncés simplifiés. Nous avons fait annoter par trois personnes représentantes du grand public un lexique de termes médicaux selon leur difficulté de compréhension. 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 & Hamon, 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., 2016] pour utilisation dans un système de dialogue jouant le rôle d'un patient, qui a donné lieu à maturation technologique (projets Patient Genesys puis PVDial). Enfin, la thèse de Yuming Zhai étudie les relations de traduction (p.ex., traduction littérale vs simplification) dans le but de les intégrer dans la génération de paraphrases par équivalence de traduction.

► **Traduction et alignement.**

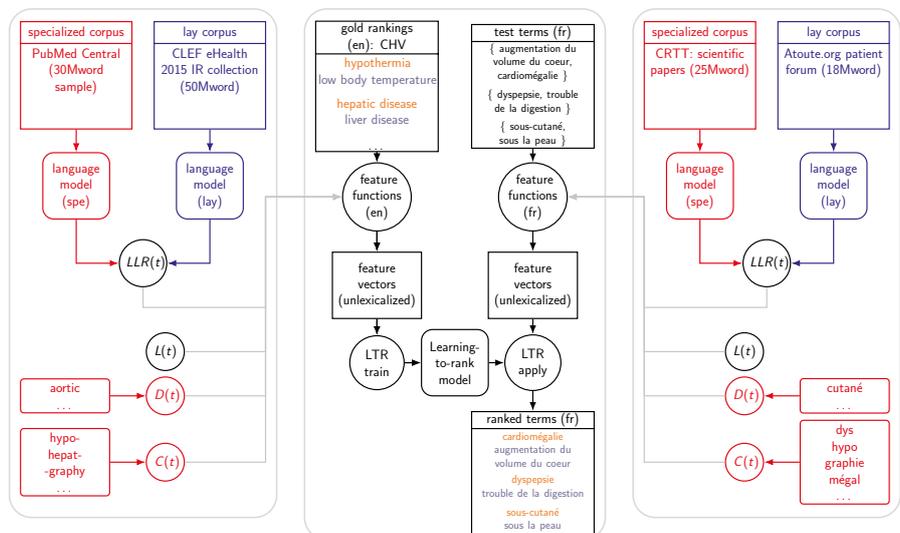
Nos travaux sur la traduction à l'aide de modèles discriminants, l'alignement [Xu et al., 2015] et la post-édition [Marie & Max, EMNLP 2015; Ive et al., 2016] pour la traduction automatique [Marie & Max, ACL 2015] réalisés en collaboration avec le thème Traduction du groupe TLP sont décrits avec ledit thème. Nous avons créé des corpus et organisé des campagnes d'évaluation sur la traduction automatique (WMT) et les corpus comparables (BUCC) qui sont décrites dans le thème Corpus et représentations. Nous avons coordonné un livre et deux numéros spéciaux de revues internationales : le livre [Sharoff et al., 2013] fait un panorama des méthodes exploitant des corpus comparables ; le numéro spécial 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. La thèse de Dhouha Bouamor (2014) a montré l'apport de la désambiguïsation pour l'extraction de lexiques bilingues spécialisés exploitant des corpus de textes comparables [Bouamor et al., 2013]. Enfin, nous nous intéressons à la traduction de dialogues spontanés humain-humain et plus particulièrement à la modélisation du contexte du dialogue dans les modèles de traduction. Dans le cadre de ces travaux, nous avons créé une interface de dialogue médié par des systèmes de traduction automatique permettant de collecter des données de conversations spontanées humain-humain [Bawden et al., 2018].



Interface de dialogue médié par des systèmes de traduction automatiques. Le participant anglophone, Luna, est sur la partie gauche ; le participant francophone, Paula, sur la droite droite. Chaque participant connaît son scénario de d'interaction et son rôle. Chaque participant ne voit que la traduction dans sa langue des énoncés de l'autre participant et doit évaluer sa qualité.

► 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., 2017]. 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., 2016] (thèse de Wafa Neifar en co-tutelle avec l'université de Sfax, Tunisie). Dans le cadre du projet de maturation PVdial, un système d'agent conversationnel a été semi-automatiquement adapté du français à l'anglais et à l'espagnol par traduction de ses ressources. D'autres travaux ont été réalisés sur l'adaptation du détecteur d'expressions temporelles HeidelTime au domaine biomédical en français et en anglais, au domaine général pour le français, et à l'ukrainien. Lorsque les ressources sont déséquilibrées, on peut chercher à transférer des ressources et outils d'une langue à l'autre. Nous avons lancé sur ce thème une « action incitative » « Transfert de Langue à Langue » entre ILES et TLP et l'avons étendue en un groupe de travail Digicosme « Représentations Sémantiques Multilingues » en collaboration avec le CEA/LIST, INRA/MaIAGE, le LRI/LaHDAK, le LTCI/DBWeb ainsi que l'E3S, ce qui a permis d'inviter une série de conférenciers internationaux. Cette approche a été explorée notamment dans le cadre du co-encadrement d'une doctorante du MIT (Andreaa Bodnari) et par une collaboration avec l'université de Strasbourg sur l'analyse morpho-syntaxique de l'alsacien qui s'est prolongée dans le projet ANR RESTAURE [Bernhard et al., 2018]. Nous avons 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 & Grabar, 2015]. De même, la méthode d'évaluation de technicité de termes décrite plus haut repose sur des caractéristiques calculables dans différentes langues. Cela permet à cette méthode d'être entraînée sur des données uniquement disponibles en anglais et de s'appliquer ensuite sur des données en français.



Détermination de la technicité d'un terme. Entraînement sur des données en anglais, application sur des données en français.

► Traduction et langue seconde.

Nous avons collaboré avec Ryo Nagata, chercheur invité, sur l'identification automatique de la langue maternelle d'un apprenant de l'anglais langue seconde, avec notamment une participation conjointe à la compétition NLI [Lavergne et al., 2013].

Extraction et reconnaissance d'informations précises

B. Grau (resp.), R. Beaumont, E. Boros, P. Bui-Quang, T.D. Cao, A. Ferré, M. Gleize, **C. Grouin, T. Hamon**, E. D'hondt, **G. Illouz**, S. Kamath Rao, **T. Lavergne, A.-L. Ligozat**, J. Moreno, **V. Moriceau**, F. Morlane-Hondère, **A. Névéol**, V.M. Pho, R. Rahman, T. Randriatsitohaina, S. Ribeiro, **S. Rosset, I. Robba, X. Tannier**, S. Torres, J. Tourille, D. Valsamou, **P. Zweigenbaum**, avec la participation de L. Campillos-Llanos, **P. Paroubek, A. Vilnat**, ainsi que de T. Miller (Harvard Medical School).

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, et par quel modèle d'analyse ?

Les analyses que nous proposons visent à 1) produire des représentations sémantiques d'énoncés et de documents, 2) extraire et stocker des informations dans une base de connaissances, 3) restituer une information à un utilisateur en fonction d'un besoin qu'il exprime, par l'analyse d'un texte ou l'interrogation de bases de connaissances (les données liées du Web sémantique) ou 4) gérer un dialogue en langue naturelle avec un locuteur. La conception de modèles de représentation pour ces analyses est abordée dans le thème Corpus et représentations. Ces travaux donnent lieu à la participation régulière de membres de l'équipe à des évaluations internationales, aussi bien qu'à l'organisation de telles tâches, elles aussi décrites dans le thème Corpus et représentations.

► Production de représentations sémantiques : détection d'entités.

La reconnaissance des entités dont parle un texte en constitue un premier niveau d'analyse sémantique et permet de fournir des informations à des processus d'analyse ultérieurs. Cette tâche soulève différents problèmes : identifier les mentions dans les textes en tenant compte des différentes formes possibles et lier ces mentions aux entités qu'elles désignent. Ce liage référentiel est important pour synthétiser et agréger des informations sur et entre des entités et associer des informations contextuelles nouvelles présentes dans les textes à des connaissances générales connues. La première tâche relève de la reconnaissance de termes ou d'entités nommées. Dans le domaine biomédical, nos recherches concernent l'extraction d'entités nommées de type anatomie, maladie, signe ou symptôme, bactérie, habitat (biotope), médicament, ainsi que toutes les informations de posologie associées à ces médicaments, dans des textes de tout genre (presse, réseaux sociaux, articles scientifiques, dossiers patients, etc.). Pour améliorer la robustesse de la détection des médicaments dans des messages de forums de santé, nous avons caractérisé le contexte de certains types d'entités, comme les verbes introducteurs de noms de médicaments [Morlane-Hondère et al., 2016]. Nous utilisons principalement des approches par apprentissage, telles que les CRF de chaîne linéaire pour l'étiquetage en séquence [Lavergne et al., 2015]. Dans le cadre de systèmes de dialogue, nous avons mis en place et évalué un modèle dynamique de gestion terminologique s'appuyant sur un modèle de la tâche et un modèle de dialogue pour reconnaître et lier un très grand nombre d'entités à un référentiel [Campillos et al., 2016].

► Production de représentations sémantiques : détection de relations.

Les relations binaires et la reconnaissance d'événements, que l'on peut voir comme des relations n-aires, permettent de produire des informations structurées que l'on peut synthétiser sous forme de graphes. Outre le peuplement de bases de connaissances, les représentations produites conduisent vers la possibilité de réaliser des inférences. Les relations étudiées concernent des relations sémantiques entre entités, par exemple la relation « mariage », des 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. Pour reconnaître les relations de causalité et de conséquence, qui sont particulièrement complexes à identifier (la prise d'un médicament causant une maladie par opposition à une maladie impliquant la prise d'un médicament), nous avons proposé une analyse contextuelle reposant sur des indices linguistiques, temporels, etc. [Morlane-Hondère et al., 2016] (projet Vigi4MED). Nous avons également proposé un noyau pour SVM fondé sur une distance d'édition entre chemins de dépendances syntaxiques et l'avons testé sur des relations entre entités biologiques dans des articles scientifiques (thèse de Dialekti Valsamou, 2017). Afin d'exploiter des informations globales en complément à ces types d'informations linguistiques, nous avons construit un graphe d'entités à partir du corpus et montré l'apport de différents traits extraits de ce graphe pour la validation de relations en domaine ouvert (thèse de Rashedur Rahman, 2018). Nous avons montré que la prise en compte de relations de coréférence entre entités permettait de détecter un nombre de relations bien plus élevé entre ces entités [Lavergne et al., 2015]. Dans le cadre de l'analyse temporelle de documents cliniques, nous avons tout d'abord exploré des méthodes symboliques (à base de règles, utilisant l'outil HeidelTime) et d'apprentissage (reposant sur les CRF, à l'aide de l'outil Wapiti) pour l'extraction



d'expressions temporelles dans des textes narratifs en français issus de plusieurs domaines [Tapi-Nazli et al., 2015]. Nous avons ensuite participé aux campagnes Clinical TempEval 2016 et 2017, ce qui a donné lieu à un système d'extraction de relations temporelles de bout en bout, depuis la reconnaissance d'entités (expressions temporelles et événements) aux relations entre elles (thèse de Julien Tourille, en collaboration avec le CEA-LIST). La reconnaissance d'entité s'appuie sur un outil d'étiquetage séquentiel neuronal, YASET, distribué librement (<https://github.com/jtourille/yaset>). La méthode d'extraction de relations temporelles a été développée sur le corpus THYME en anglais puis transposée vers le français sur le corpus MERLoT [Tourille et al., 2017].



Relations temporelles « contient » à détecter.

► Production de représentations sémantiques : méthodes non supervisées.

Dans un cadre de découverte d'information où l'on ne veut pas fixer les relations à extraire, nous avons exploré une approche par clustering (thèse de Wei Wang, 2013) et avons montré l'apport d'un filtrage du corpus préalable à celui-ci [Wang et al., 2013]. Cette méthode ne nécessite pas de corpus annoté au préalable. Avec cette même contrainte, nous avons proposé une méthode d'extraction de relation n-aire, en l'occurrence des résultats d'expérimentation en physiologie rénale, guidée par une ontologie du domaine permettant une supervision distante [Minard et al., 2013]. Toujours dans ce cadre non supervisé, nous avons avancé sur le repérage de schémas descriptifs pour la reconnaissance d'événements, sans connaissances a priori sur l'événement décrit, par des méthodes probabilistes [Nguyen et al., 2015], en collaboration avec le CEA-LIST.

► Production de représentations sémantiques : catégorisation de textes.

Lorsque l'analyse d'un énoncé (court, comme un tweet, ou plus long, comme un article scientifique) vise à lui associer globalement une ou plusieurs étiquettes, on parle de catégorisation de textes. Dans le domaine de l'analyse de sentiment, nous avons proposé des algorithmes pour la détection de l'ironie dans des tweets [Karoui et al., 2015], dans le cadre d'une collaboration avec l'IRIT. La construction d'un corpus couvrant l'essentiel des publications majeures du traitement automatique de la parole et du texte sur une période de 50 ans nous a permis d'étudier l'évolution des écrits scientifiques sous de nombreux aspects comme l'évolution du nombre d'auteurs par article, de la répartition homme/femme, de leur nationalité, des sources de financement, ou encore l'étude des réseaux de collaboration par le biais des réseaux de publication, la détection de plagiat, ainsi que l'évolution du vocabulaire scientifique de la communauté du Traitement automatique des langues [Mariani et al., 2016, 2017]. Dans le cadre de la thèse de Christopher Norman (projet Européen MiRoR), nous nous sommes intéressés à la recherche d'articles pertinents pour inclusion dans des revues systématiques sur les tests diagnostiques, ou des revues de la littérature. Un outil de catégorisation d'articles a été mis au point dans le cadre des campagnes CLEF eHealth 2017 et 2018 et utilisé en pratique (par exemple dans [Névéal et Zweigenbaum, 2017]). La suite de ce travail s'attache à caractériser la notion de « rappel maximal » dans le cadre des revues systématiques de l'état de l'art en évaluant l'impact de l'extraction ou non des informations issues des articles à inclure dans la revue systématique. Une dimension de la catégorisation de textes a été étudiée dans le domaine clinique (collaboration avec l'HEGP) avec une évaluation de l'apport de divers niveaux d'analyse des textes pour la classification (annotations en entités, relations, contexte, découpage des documents en sections) [Pham et al., 2014]. Nous avons également participé à un travail global de caractérisation de la recherche en santé publique grâce à la catégorisation automatique du contenu des essais cliniques selon le référentiel « global burden of disease » de l'OMS (collaboration avec l'INSERM / Centre Cochrane en marge du projet européen MiRoR).

► Liaison référentielle et peuplement de bases de connaissances.

La tâche de liaison référentielle joue un rôle pivot pour faire le lien entre textes et données structurées ou bases de connaissances existantes, comme DBpedia ou Wikidata en domaine ouvert ou UMLS en domaine médical. Elle vise à lever les ambiguïtés liées à une mention d'entité ou de concept qui peut évoquer différentes entités. Nous avons proposé pour cela de nouvelles mesures du contexte des mentions reposant sur le calcul de plongements lexicaux et de plongements d'entités appris dans un même espace, qui permettent de mieux prendre en compte les proximités sémantiques entre mots et entités en domaine ouvert [Moreno et al., 2017]. Ce travail se poursuit en collaboration avec l'IRIT. Nous avons également proposé une nouvelle méthode qui met dans un même espace une représentation vectorielle des concepts d'une ontologie et les plongements lexicaux appris en corpus (thèse d'Arnaud Ferré, coll. INRA) [Ferré et al., 2017], qui détient les meilleurs résultats sur la tâche de détection de concepts Bacteria Biotope 2013. Nous avons proposé une analyse de texte guidée par une ontologie formelle (thèse de D. Sadoun, 2015, en collaboration avec le CEDRIC et le LIGM) qui permet de réaliser des inférences quand les énoncés sont incomplets et vérifie la cohérence de ceux-ci par la génération de représentations formelles [Sadoun et al., 2015]. Le cadre applicatif était la vérification de spécifications d'environnements intelligents.



► Recherche de réponses précises à des questions en langage naturel.

La compréhension de texte met en jeu des processus d'analyse inter-énoncés de manière à découvrir la structure d'un texte ainsi que des processus d'inférence afin de reconnaître les relations entre énoncés et notamment de répondre à des questions à partir de textes. Si les êtres humains effectuent naturellement des inférences de manière à construire un sens, en mettant en œuvre des compétences linguistiques variées, du raisonnement de sens commun, des connaissances de domaine ou des connaissances issues de leur propre expérience, les machines ne disposent pas de ces capacités initiales. Nous avons proposé de nouvelles méthodes intégrant des informations syntaxiques et des connaissances sémantiques pour évaluer la proximité d'énoncés (thèse de Martin Gleize, 2016) : notamment, la distance d'édition d'arbres syntaxico-sémantiques conçue dans cette thèse a été évaluée avec succès (2^e position) dans le cadre de la campagne d'évaluation de recherche de réponses à des questions QA4MRE 2015. Par ailleurs, les systèmes de recherche de réponses à des questions [Bellot & Grau, 2014] cherchent des réponses soit dans des textes soit dans des bases de connaissances, mais rarement dans les deux types de ressources, alors que ces ressources sont complémentaires. Nous avons exploré cette problématique [Grau et al., 2015] et produit un corpus mis à disposition de la communauté. La thèse de Sanjay Kamath en collaboration avec le LRI et l'université de Dresde porte sur ce sujet ; nous avons organisé conjointement un atelier dans le cadre de la conférence WWW 2018 (HQA : Hybrid Question Answering) pour soutenir cette thématique de recherche.

► Systèmes de dialogue.

Le changement de groupe de Sophie Rosset, de TLP à ILES, est venu renforcer les travaux sur la modélisation des processus permettant une interaction en langage naturel pour interroger la machine. Les « chatterbots » connaissent un fort développement ces derniers temps, que ce soit pour la recherche d'information, dans un domaine particulier (par exemple sur un site marchand, dans des textes scientifiques) ou en domaine ouvert (recherche dans une base de connaissances ou dans des textes encyclopédiques), et aussi en tant qu'assistant personnel ou pour un usage de pure « communication sociale ». Nos recherches visent à élaborer des systèmes autorisant une interaction naturelle avec un utilisateur, en le laissant libre d'utiliser sa langue, et qui soit capable de retrouver l'information cherchée quelle qu'en soit la représentation. Il s'agit alors de modéliser le processus d'interaction lui-même afin de développer un dialogue naturel. De manière à disposer d'un système de dialogue capable de faire face à un maximum de formulations, nous avons proposé un modèle de dialogue intégrant une utilisation dynamique, contextuelle et centralisée, de ressources terminologiques de taille importante (plusieurs centaines de milliers de n-uplets d'informations) qui s'appuie sur un modèle de la tâche et du domaine qui permet la désambiguïsation des termes selon l'état de dialogue [Campillos et al., 2016]. Ici le domaine est celui de l'entretien patient-médecin (anamnèse). Cette modélisation a été intégrée avec succès dans le système de dialogue pour la simulation d'un patient dans le cadre du projet Patient Genesys et a donné lieu à un projet de maturation SATT PVDial. Les données collectées dans le cadre de ces projets sont mises à disposition de la communauté (<https://pvdial.limsi.fr>). En ce qui concerne la génération de réponses dans un cadre conversationnel, nous avons privilégié une approche de sélection de réponse parmi de grandes bases d'exemples qui permet de faire varier le comportement du système sans passer par une phase d'apprentissage supervisé. Nos systèmes sont mis à disposition pour des démonstrations ou pour participer à des opérations de collecte de données (typiquement dans le cadre de l'initiative internationale WOCHAT). Les données que nous collectons au LIMSIS sont également mises à disposition de la communauté (<https://ucar.limsi.fr>). Enfin, afin de pouvoir adapter automatiquement un système à un nouveau domaine, nous avons exploré un apprentissage incrémental reposant sur un raisonnement à partir de cas et plus particulièrement l'analogie formelle. Le domaine applicatif est celui d'un assistant apprenant à convertir une requête exprimée en langage naturel en une commande exprimée dans un langage formel [Letard et al., 2016].

VIRTUAL PATIENT RECORD

Complaints / Symptoms:

- The patient has **thoracic pain** since yesterday night at 20.
- The patient has a **fever**. The fever started minutes after the pain.
- The patient is **sweating**. The patient **perspires** because of the fever.
- The patient **coughs**. The patient has a dry cough which started around 23 hs.
- The patient has **yellow sputum**.
- The patient has **shortness of breath** since yesterday night.

Medical history:

Allergies:

- Allergy to **kiwi**.

Disease history:

- **high blood pressure**. The patient takes an antihypertensive (**per os**).

Surgery history:

- **appendectomy** in childhood.

D: How are you feeling?
P: Several things, I have **chest pain**, fever and sweating.
D: **And what else?**
P: I currently have a cough, yellow sputum and difficulty breathing.
D: Since when are you feeling feverish?
P: The fever started minutes after the pain.
D: Describe me your coughing.
P: I have a dry cough which started around 23 hs.
D: Are you breathing with difficulty?
P: Yes.
D: Since when?
P: I have difficulty breathing since yesterday night.
D: Tell me more about your sweating.
P: I perspire because of the fever.
D: Have you had chest pain for a long time?
P: I have had chest pain since yesterday evening at 20.
D: Are you allergic to something?
P: I am only allergic to kiwi.
D: Do you have any treatment for that?
P: I do not take anything for my allergy.
D: Do you have a cardiovascular disease?
P: I have hypertension.
D: Do you take a pill for your tension problems?
P: I take an antihypertensive (oral).
D: Have you ever been operated?
P: I had an appendix operation.
D: When did you have your appendix out?
P: I had an appendix operation in my childhood.

LEXICAL SIMPLIFICATION
PROCESSING INFORMATION STATE
DERIVATIONAL VARIANTS
INFLECTIONAL VARIANTS
MULTWORD ENTITIES
ELLIPSIS
TERM VARIATION
ANAPHORA
ONTOLOGICAL RELATIONS
LEXICAL SIMPLIFICATION
TERM VARIATION
LEXICAL SIMPLIFICATION
AFFIXES

Exemple de dialogue entre un médecin (D) et un patient (P). Le rapport avec les rubriques du dossier patient (version simplifiée) est également indiqué. Les différents phénomènes traités par le système sont indiqués en gras : phénomènes discursifs, variation linguistique (cercle bleu), et variation termino-ontologique (cercle vert).

Modélisation et traitement automatique des langues des signes

A. Braffort (resp.), M. Filhol, V. Belissen, M. Benchiheub, M. Hadjadj, avec la participation de **É. Prigent (CPU)**, **M. Gouiffès (AMI)**, H. Chaaban (AMI), **L. Bolot (P2I)**, **C. Verrecchia (P2I)**, ainsi que de J. McDonald (DePaul University)

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 (les mains et les bras, mais aussi les expressions du visage, le regard, le 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 joue un rôle central. Les LS sont encore peu décrites, peu dotées et ne disposent pas d'outillage dédié. Les recherches sur ces langues sont récentes en linguistique et en sont encore aux balbutiements en traitement automatique. La communauté scientifique étudiant les LS est réduite. Il y a encore très peu de locuteurs natifs de LS parmi les chercheurs, qui, pour les non-linguistes, ont souvent une connaissance et une maîtrise de la langue limitée. Cependant, les études se font de plus en plus fréquemment dans un cadre pluridisciplinaire où chercheurs en linguistique, en informatique et plus récemment en sciences du mouvement collaborent et partagent les connaissances, méthodes et outils. Il est aussi de plus en plus courant d'établir des liens avec le monde associatif dans des projets ayant une visée de production de ressources ou d'outillage des LS. Durant la période concernée par ce rapport, nous avons coordonné la rédaction d'un ouvrage collectif sur la LSF, sa modélisation, les ressources et les applications [Braffort, 2016] et rédigé un chapitre sur la modélisation dans cet ouvrage [Filhol & Braffort, 2016] ainsi que dans un ouvrage collectif sur les contraintes et le langage [Braffort & Filhol, 2014]. Nous avons réalisé des travaux concernant l'étude et la modélisation de la LSF, en nous plaçant dans une approche résolument pluridisciplinaire impliquant la linguistique, les sciences du mouvement et l'informatique. Un objectif est d'appuyer les modèles ou descriptions formelles que nous élaborons sur les résultats d'études basées sur des analyses statistiques solides. Nos travaux couvrent les axes de recherche suivants :

- l'étude et la modélisation de la LSF, en linguistique et en sciences du mouvement (système biomécanique) ;
- l'élaboration de ressources linguistiques et d'outils permettant de manipuler ces ressources (i.e. aide à l'annotation par traitement d'images) ;
- les principaux thèmes de recherche en traitement automatique de la LSF : la reconnaissance, la génération et la traduction.

► Étude du système linguistique et sa modélisation.

Nous avons élaboré un système original de description formelle du fonctionnement de la LSF nommé AZee. Il permet de décrire des règles de production implémentées ensuite dans des systèmes de génération d'énoncés signés. Plusieurs études ont été consacrées à enrichir AZee. Elles sont systématiquement issues de l'annotation et l'analyse de corpus de LSF. La thèse de Mohamed Hadjadj (2017) a été consacrée à l'étude de trois phénomènes : la durée, l'expression de la localisation géographique et la juxtaposition [Filhol & Hadjadj, 2016]. D'autres projets ont porté sur l'étude du rôle du regard dans les structures illustratives et des proformes [Collomb et al., 2018].

► Étude du système biomécanique et sa modélisation.

La production et la perception du mouvement sont des aspects qui sont étudiés pour la gestuelle humaine et donnent lieu à la définition de lois motrices (par exemple la loi de Fitts qui exprime la relation entre vitesse et précision), mais on sait très peu de choses concernant le mouvement des langues des signes. La thèse de Mohamed-El-Fatah Benchiheub (2017) a montré qu'il y a un « effet langue des signes » sur la définition de ces lois, qui reste encore à affiner afin de pouvoir définir des modèles de mouvements « biologiques » en vue d'une implémentation pour la synthèse de mouvement de LSF. Nous avons par ailleurs initié une collaboration avec Élise Prigent (groupe CPU) afin de mener des expériences en psychologie cognitive pour comprendre les processus cognitifs de pondération des informations visuelles fournies par les différentes composantes corporelles du signeur, l'objectif étant à terme d'améliorer la qualité et la compréhensibilité des signeurs virtuels [Malala et al., 2018].

► Élaboration de ressources linguistiques et d'outils d'annotation assistée par ordinateur.

Comme plus largement en linguistique et en traitement automatique des langues, les corpus annotés sont une ressource précieuse. La création de corpus annotés en LSF est d'autant plus nécessaire que ces corpus sont encore plus rares qu'en langue orale ou écrite. Dans le cadre de la thèse de M. Benchiheub, nous avons créé en 2014 le corpus MOCAP1, capté à l'aide d'un système de capture de mouvement et d'une caméra HD. Nous l'avons mis à disposition de la communauté en téléchargement sur la plateforme Ortolang : <https://www.ortolang.fr/market/corpora/mocap1> [Benchiheub et al., 2016]. Nous avons par ailleurs initié une collaboration avec Michèle Gouiffès (groupe AMI) afin d'élaborer des outils d'aide à l'annotation par traitement d'image, dans le cadre du co-encadrement d'un post-doc et de deux stages de master. Ce travail se poursuit dans le cadre de la thèse de Hussein Chaaban démarrée en octobre 2017.



► **Traitement automatique : reconnaissance et génération.**

Nos recherches en reconnaissance automatique ont pris un nouvel essor avec le succès des techniques d'apprentissage profond en traitement d'images. Nous avons réactivé ce thème de recherche au LIMSI en collaboration avec Michèle Gouiffès (groupe AMI) dans le cadre de la thèse de de Valentin Belissen démarrée en octobre 2017. Nos travaux sur la génération d'animations 3D à partir d'AZee, initiés en interne [Braffort et al., UAIS 2016], se déploient maintenant dans le cadre de collaborations internationales avec Fabrizio Nunnari et Alexis Héloir (DFKI, Sarrebruck, Allemagne) et avec John McDonald (DePaul University, Chicago, États-Unis) [Filhol & McDonald, 2018]. Cela nous a permis de réaliser la première jonction entre un système de description formelle du fonctionnement de la LSF (AZee) et l'animation 3D d'un signeur virtuel (Paula, de l'université DePaul).



*Synthèse d'animation en langue des signes par l'avatar Paula (DePaul University)
à partir du formalisme et de l'interpréteur développé au LIMSI*

► **Traitement automatique : traduction assistée par ordinateur de texte vers LSF.**

Depuis des années maintenant, les traducteurs de texte à texte voient leur tâche facilitée par un grand nombre d'outils de traitement (édition, exploration et recherche multi-documents, concordanciers, mémoires de traduction...). En revanche malgré la demande croissante, la traduction en langue des signes ne dispose d'aucun équivalent. En collaboration avec des formateurs, traducteurs et interprètes de terrain, nous réfléchissons à l'environnement logiciel à proposer aux métiers de la traduction en langue des signes pour en développer et tester les premiers prototypes (contrat DGLFLF). La difficulté principale vient de l'absence de forme écrite de la LS permettant l'édition, l'enregistrement de mémoires de traduction, et l'indexation. Ce thème comporte un travail théorique sur la déverbalisation (étape clé de la traduction) dont le support principal est le schéma contenant la sémantique des textes à traduire. Nous envisageons à la fois l'outillage de l'étape de déverbalisation et son intégration à nos prototypes, et la synthèse automatique à partir de schémas, se substituant alors au support textuel. Nous espérons intégrer cette étape pour un outillage logiciel des traducteurs. Ces travaux sont conduits en collaboration avec la société Interpretis (Toulouse) et l'Université de Genève (Suisse).



III - Faits marquants et SWOT

Faits marquants

- ▶ Une partie notable de la visibilité internationale du groupe ILES provient du fait qu'il a organisé ou co-organisé (dans la période) 17 campagnes d'évaluation internationales (INEX Tweet Contextualization 2013–2014, CLEF eHealth 2015–2018, BUCC 2015 et 2017–2018, WMT 2016–2018, SMM4H 2017-2018, BioNLP 2013 et 2016) et 6 campagnes d'évaluation nationales (DEFT 2013-2018) et présenté des systèmes dans 20 campagnes d'évaluation avec généralement de bons résultats (notamment meilleurs résultats en extraction d'information temporelle à SemEval 2017, 4^e/26 à TREC 2015 CDS).
- ▶ Le traitement de la langue dans le domaine biomédical a pris une ampleur renouvelée dans le groupe, qui y bénéficie d'une visibilité internationale qui s'est concrétisée par une nomination de Fellow de l'American College of Medical Informatics, la création et direction d'un SIG de l'International Medical Informatics Association, l'obtention d'une chaire d'Alembert qui a permis de faire venir notamment un chercheur invité de renom (KB Cohen, U Colorado) pendant un an, ainsi que l'invitation de Tim Miller (Harvard Medical School) pour deux mois par le Labex DigiCosme. Ce domaine est présent dans une large variété de thématiques du groupe qui inclut la conception de corpus, de schémas d'annotation, la détection et la normalisation d'entités et de relations, notamment temporelles, les problématiques de désidentification de textes, le dialogue personne-machine, la recherche de réponses à des questions dans des textes et des bases de connaissances, la détection de termes, le transfert multilingue et la traduction automatique. Onze permanents du groupe, soit plus de la moitié de ses membres, ainsi que douze doctorants, y ont contribué.

Le groupe a organisé ou co-organisé dans ce domaine 11 campagnes d'évaluation internationales et participé à 15 campagnes avec de bons résultats (notamment meilleurs résultats en extraction d'information temporelle à SemEval 2017) qui renforcent la notoriété de nos travaux. Nous avons obtenu pour soutenir ces travaux 11 subventions de recherche (ANR Accordys, Cabernet, MIAM, CLEAR, Alector, ANR franco-allemand GoAsq, ANSM Vigi4med, PHARES, IReSP StrapForaMaChro, FUI Patient Genesys, SATT PVdial, ITN H2020 MiRoR).

L'impact sociétal de cette activité est fort avec des applications à la détection d'effets secondaires dans les réseaux sociaux pour l'Agence nationale de sécurité du médicament (ANSM), au codage des causes de décès pour le Centre d'épidémiologie des causes de décès (Inserm / CépiDc), à la formation des étudiants en médecine avec la société Sim4Health, à la détection des interactions aliment-médicament pour le Centre national hospitalier d'information sur le médicament (CNHIM), et la mise à disposition du logiciel de désidentification MEDINA à cinq hôpitaux.

▶ Le projet FUI Patient Genesys, prolongé par le projet de maturation SATT Paris-Saclay PVdial, est une expérience réussie de valorisation conjointe de deux lignées de travaux de recherche : d'une part les systèmes de dialogue personne-machine (Sophie Rosset, dans le groupe TLP au début du projet), d'autre part le traitement de la langue médicale, domaine d'étude important du groupe ILES. Il a permis de mettre au point un système de dialogue qui simule un patient pour former les étudiants en médecine à l'interrogatoire d'un patient : en d'autres termes, un « patient virtuel » dialogant. Il s'agit du seul patient virtuel existant qui à la fois offre un dialogue en langue naturelle, existe en trois langues (français, anglais, espagnol), et a été conçu explicitement pour couvrir une grande variété de spécialités médicales sans besoin d'adaptation humaine supplémentaire. Il a été testé en conditions contrôlées par 39 médecins sur 35 cas médicaux, démontré dans de nombreux événements (Futur en Seine, Fête de la Science, France IA, Forum du CNRS, etc.) et sélectionné plusieurs fois (exposition « la France qui innove » au Ministère de l'industrie ; finaliste du concours « Hôpital du futur »). La collaboration avec l'entreprise SimforHealth met ce système de dialogue dans le contexte d'un logiciel de formation des professionnels de santé et ouvre la diffusion et l'accès au marché de la formation en santé.

▶ Trois événements représentent des marqueurs d'avancées dans les activités de modélisation et traitement de la langue des signes. D'une part, nous avons réalisé la première jonction entre un système de description formelle du fonctionnement de la LSF (le formalisme AZee du LIMSI) et l'animation 3D d'un signeur virtuel (le synthétiseur Paula de l'université DePaul) à l'occasion du séjour invité de John McDonald (DePaul University, Chicago). Elle met en œuvre le principe selon lequel la prise en compte de structures linguistiques plus larges mène à des mouvements plus naturels. D'autre part, nous avons organisé le 9 avril 2018 un atelier rassemblant chercheurs et professionnels de la traduction en langues des signes pour réfléchir à l'outillage de leur métier. Des environnements logiciels existent pour assister les traducteurs de texte à texte (T.A.O.), mais ceux-ci ne sont pas directement transposables aux langues des signes. C'est le premier événement sur ce thème, où la recherche et les professionnels du terrain s'associent pour s'attaquer au problème de l'absence de forme éditable, verrou scientifique qui bloque aujourd'hui l'expansion du marché de la traduction en langue des signes. Par ailleurs, cette période se conclut pour l'activité LSF par l'obtention d'un financement (projet Rosetta) dans le cadre l'appel à projets « Grands défis du numérique » du Programme d'Investissements d'Avenir. Rosetta réunit les entreprises Systran, Multimédia France Productions et Mocaplab, ainsi que les laboratoires LIMSI et Lutin, avec comme objectif de développer des outils à destination des sous-titres et des traducteurs en LSF pour l'accessibilité des émissions télévisées. Cette réussite renforce les perspectives de cette activité pour la prochaine période.

FORCES

- Masse critique sur la thématique du traitement automatique des langues
- Thématique sans concurrence sur Paris-Saclay
- Très bonne visibilité nationale et internationale
- Thèmes porteurs et attractifs pour les relations avec les entreprises

FAIBLESSES

- Départs non compensés (passage professeur, retraite, mutation)
- Difficulté à recruter des talents (ZRR, difficulté de transport pour rejoindre le plateau, entreprises très nombreuses sur la même thématique)

OPPORTUNITÉS

- Davantage de place pour le TAL dans l'enseignement en master
- L'intelligence artificielle est actuellement fortement soutenue ; l'institut convergence DataIA, le labex DigiCosme, le Center for Data Science représentent une force significative dans le périmètre de Paris-Saclay ; le traitement automatique des langues a vocation à y prendre sa place

MENACES

- Contexte mouvant de Paris-Saclay
- Dilution dans un ensemble moins pluridisciplinaire en cas de fusion mal maîtrisée avec le LRI



IV - Projet scientifique

► Orientations scientifiques

Le domaine du traitement des langues connaît des évolutions rapides, du fait notamment de la diffusion aujourd'hui extrêmement rapide des outils d'apprentissage automatique exploitant de larges corpus annotés, qui permettent de bâtir des composants de traitement ou des applications de plus en plus performantes, au moins pour les cas d'usages les plus standards. En parallèle, les corpus comme les ressources structurées (ontologies, terminologies, graphes de connaissance, réseaux sémantiques) se multiplient et changent d'échelle. Ces évolutions du domaine nous invitent à approfondir nos travaux sur les corpus et représentations, la similarité sémantique, la compréhension et le dialogue, et la modélisation et le traitement automatique des langues des signes.

► Thématiques de recherche

Nous sommes actuellement dans une phase de basculement de paradigme au niveau sociétal, où le tout numérique devient une réalité effective, que ce soit pour le commerce, l'administration ou la vie privée. Dans le domaine plus restreint de notre discipline scientifique, nous assistons à un retour en force des modèles neuronaux et de l'intelligence artificielle et à un engouement remarquable des acteurs du domaine industriel pour les technologies de la langue, en particulier les systèmes de dialogue écrit ou oral. Les pratiques se précisent pour ce qui concerne les aspects éthiques et juridiques avec par exemple le Règlement général sur la protection des données. Les modèles de science « ouverte » se développent, promouvant un accès libre aux publications scientifiques, aux données, aux résultats, voire aux outils. À cela s'ajoutent les conséquences liées à l'évolution de la démographie mondiale : par exemple l'augmentation sensible lors des trente prochaines années du nombre de locuteurs francophones dans le monde, principalement dû à l'explosion démographique des populations du continent africain.

Tout ces facteurs vont accroître la demande de corpus et de représentations associées aux traitements linguistiques qui ont suscité leur création, dans un nombre croissant de contextes et de domaines, souvent spécialisés, ayant chacun ses caractéristiques linguistiques propres. Cette variété de matériau linguistique soulève des problèmes récurrents en traitement automatique des langues et en apprentissage : ceux de la généralité et de la robustesse des représentations et des traitements. Les méthodes d'adaptation au domaine ainsi que les approches non-supervisées ou économes en annotation manuelle présentent de ce fait un grand intérêt. Ces méthodes ne font pas pour autant disparaître le besoin de conception de représentations, de construction de corpus annotés et de ressources linguistiques génériques validées, en particulier pour ce qui concerne la sémantique. Cela vaut à la fois dans sa dimension factuelle (réseaux sémantiques, ontologies, terminologies, thésaurus, bases de données d'entités nommées, de relations, etc.) et subjective (représentations et ressources lexicales pour les sentiments, les opinions, l'ironie, etc.). Les corpus annotés sont un matériau indispensable pour l'étude et la compréhension des phénomènes en jeu et pour la conception de représentations pertinentes, ainsi que pour la mise au point et l'évaluation de méthodes de traitement automatique. Les ressources linguistiques s'ajoutent aux méthodes dirigées par les données pour les compléter et les renforcer. Ces thématiques resteront donc fortes dans nos activités. De même, les mesures d'évaluation et les campagnes d'évaluation resteront en tête de liste de nos préoccupations scientifiques.

Il faut aussi noter qu'indépendamment de leur valeur intrinsèque, ces ressources linguistiques (corpus annotés, bases de données linguistiques, outils) ont besoin pour être pleinement valorisées d'être non seulement accessibles (impliquant l'établissement sur le plan juridique de leur disponibilité), mais aussi répertoriées et connues sous des identifiants uniques. Cela nécessite le développement de normes et de systèmes d'attribution d'identifiant unique au niveau international. Notre engagement actuel sur ce plan (participation au projet Flarenet, contribution à la LRE map) devra se renforcer afin de valoriser notre expertise en ce domaine.

Les questions de similarité entre énoncés sont au cœur de la sémantique. Les approches récentes à base de représentations distributionnelles (plongements lexicaux) ont ravivé cette thématique au niveau international. Avec le soutien du projet ANR ADDICTE, démarré en 2018, nous nous attaquerons aux problèmes posés dans la construction de telles représentations en domaine spécialisé. Les corpus y sont nécessairement moins grands qu'en domaine non contraint, ce qui a tendance à réduire la qualité des représentations obtenues ; et les termes polylexicaux, peu traités dans les travaux sur la construction de plongements lexicaux, y jouent un rôle important. Nous démarrons fin 2018 deux thèses, une sur chacune de ces deux problématiques, sous l'angle de l'adaptation de domaine et de l'exploitation de connaissances a priori lorsqu'elles sont disponibles.

Les questions de simplification de texte restent d'actualité. En domaine général, ces travaux continueront dans la lignée du projet ANR ALECTOR. En domaine spécialisé, ils se développeront dans la lignée du projet ANR CLEAR. Nous envisageons dans ce cadre la production de plusieurs niveaux de reformulation à visée de simplification, y compris en employant des images.



Pour continuer d'outiller le français dans les langues de spécialité, nous explorerons la problématique de la traduction précise de termes complexes hors contexte en domaine spécialisé. Nous l'appliquerons à l'aide à la traduction de termes à l'occasion du changement de version de la Classification internationale des maladies de l'OMS. L'adaptation de systèmes à une autre langue continuera à représenter une activité récurrente dans nos travaux.

Face à l'augmentation constante des documents disponibles sous forme numérique ou résultant d'une numérisation, il est nécessaire de mettre au point des techniques pertinentes et robustes d'accès au sens contenu dans ces documents. Nous nous intéressons au sens véhiculé à la fois par les entités en elles-mêmes (dimension paradigmatique) et par les relations entre entités (dimension syntagmatique). L'identification des connaissances d'intérêt repose aussi bien sur des informations structurées (bases de connaissances, ontologies, terminologies) que non structurées (corpus). Les objectifs que nous visons par l'étude sémantique des documents sont multiples, citons le peuplement et l'enrichissement de bases de connaissances par l'extraction d'informations dans la littérature scientifique, ou le repérage des concepts et formulations utilisés en langue de spécialité, notamment dans le domaine médical, pour améliorer la lisibilité et faciliter la compréhension de ces textes auprès du grand public.

Nous allons poursuivre nos travaux sur les méthodes permettant d'assurer une meilleure robustesse lors des changements d'échelle, d'adaptation au domaine, mais aussi pour s'affranchir des annotations de corpus lorsqu'elles sont coûteuses ou indisponibles, ou pour pallier l'absence de connaissances voire l'absence de données primaires. Les objectifs de recherche concernent aussi bien les choix algorithmiques que les propriétés à mobiliser à partir des entités (graphes, dépendances syntaxiques, inférences, proximité et similarité sémantique, etc.). Plus particulièrement pour nos travaux sur le dialogue humain-machine où les données disponibles sont rares et très coûteuses à obtenir, nous travaillerons à la proposition et l'évaluation de méthodes de génération automatique de ces données ainsi qu'à la mise au point d'architectures hybrides permettant, lorsque cela est possible, de s'appuyer sur des méthodes robustes mais gourmandes en données (approches à base d'apprentissage profond) tout en injectant des modèles a priori fondés sur des connaissances.

Nous visons également le renforcement significatif des interactions entre l'humain et la machine, notamment pour permettre l'apprentissage de connaissances auprès des utilisateurs dans le cadre des systèmes de dialogue. La modélisation des connaissances et des processus d'interaction implique également une meilleure prise en compte de la sécurité des données, en particulier lorsque ces données sont qualifiées de « sensibles » de manière à assurer le respect de la vie privée, et constitue une problématique amenée à se développer avec la mise en place du RGPD en Europe. L'ensemble de ces activités s'appuie sur des projets qui viennent de démarrer tels que le projet européen CHIST-ERA Lihlith, ainsi que les projets ANR CLEAR et MIAM.

Les travaux en langue des signes française (LSF) se poursuivront selon les axes de la modélisation (linguistique et en sciences du mouvement), de l'élaboration de ressources et d'outils pour les manipuler (p.ex. aide à l'annotation par traitement d'images) et sur les plans de la reconnaissance et de la génération. De plus, deux nouveaux projets vont rythmer les prochaines années.

Le premier est un travail initié récemment sur les schémas utilisés comme formes graphiques pour représenter la LSF. Ceux-ci sont pratiqués à la fois par les traducteurs voulant s'abstraire du texte et organiser leur production en LSF, et par les sourds préparant un discours ou prenant des notes sans utiliser le français. Nous avons constaté que de nombreuses régularités émergeaient spontanément des productions collectées pour comparaison, et souvent en correspondance avec des règles formalisées en AZee, le modèle de description de la LSF développé dans l'équipe. Ainsi les perspectives sont de proposer des éléments de standardisation pour une représentation éditable des discours en LSF, et qui plus est automatiquement animable par un système de synthèse.

Le deuxième est un projet BPI PIA « Grands défis du numérique », ROSETTA, qui va faire collaborer trois entreprises (Systran, Multimédia France Productions — filiale de France Télévision — et Mocaplab) et deux laboratoires (LIMSI et LUTIN). Il s'agit de mettre au point des solutions d'accessibilité pour les contenus audiovisuels, en développant des systèmes automatisés de sous-titrage multilingue adapté et de contenu en LSF. Pour la partie LSF, deux thèses vont être lancées sur ce projet. L'une vise à développer le tout premier prototype de logiciel de traduction assistée par l'ordinateur pour la LSF. L'autre a pour objectif de contribuer à la définition du style gestuel des locuteurs sourds, et de l'appliquer à l'anonymisation des animations par capture de mouvement, rejoignant les problématiques de respect de la vie privée mentionnées plus haut.

Ces travaux vont ainsi continuer d'être menés aux travers de collaborations nationales et internationales pluridisciplinaires impliquant la linguistique, les sciences du mouvement et l'informatique, ainsi que des entreprises et associations de terrain qui produisent du contenu en LSF dans le domaine de la traduction et de l'information.



► Évolution de la composition du groupe

En 2015 un ITA est parti à la retraite et deux autres ont rejoint la cellule P21. Depuis janvier 2017, trois permanents ont quitté le groupe (passage professeur, changement de groupe, arrêt de la recherche). Un quatrième est en négociation pour un échange de poste. Un autre membre part à la retraite en 2019, et quatre autres sont concernés par un départ à la retraite d'ici à la fin du prochain quinquennal, dont un seul est susceptible d'être remplacé. Un maître de conférences HDR est susceptible de prendre un poste de professeur dans une autre université. Le groupe a accueilli un permanent en janvier 2017 (changement de groupe) et accueille un nouveau maître de conférences en septembre 2018. Au total, cela fait une diminution de 6 permanents dans le quinquennal actuel et le départ possible de cinq permanents dans le prochain quinquennal, avec en perspective le remplacement de l'un d'entre eux par l'université. Nous allons donc être davantage proactifs pour susciter de bonnes candidatures sur nos thématiques au CNRS.

► Positionnement du thème dans Paris-Saclay

Le groupe ILES a des collaborations au long cours avec le groupe TLP, notamment sur le traitement de corpus et sur le multilinguisme. Le thème du traitement des langues, partagé avec le groupe TLP, est unique dans l'environnement de Paris-Saclay, dans le sens où ce domaine n'est une thématique majeure d'aucun autre laboratoire de cet environnement. Il intéresse néanmoins plusieurs équipes du périmètre de Paris-Saclay avec lesquelles nous entretenons des collaborations ponctuelles ou plus durables (CEA LIST, INRA MaIAGE, LTCl, etc.).

Les principales autres collaborations dans ce périmètre mettent en jeu des compétences complémentaires au traitement automatique des langues :

- groupes CPU, AMI, et VENISE du LIMSI ; ces collaborations sont nombreuses et établies, sur plusieurs thématiques, que ce soit pour la langue des signes, pour l'interaction avec des agents virtuels, etc. Elles s'inscrivent aussi dans le GIS créé avec la société DAVI ;
- langue et connaissances (LRI LaDHAK, GT DigiCosme D2K) ;
- langue et médecine (IGR, Inserm, AP-HP, GT DigiCosme e-Santé) ;
- langue et e-éducation (GTs DigiCosme ERVEN et Interactions).

De nombreuses collaborations sont également menées au niveau national et international.

► Conclusion

Nous étudions des questions fondamentales relatives à la sémantique et aux informations véhiculées par des énoncés langagiers écrits ou signés. Nous nous intéressons à la représentation, à la détection, à l'évaluation de la qualité des résultats obtenus, le tout à travers la grande variété de formes et d'origines de ces énoncés. L'essentiel de nos activités de recherche porte des enjeux sociétaux (sauvegarde des langues en danger, outillage de personnes en situation de handicap, aide au traitement de l'information et de la connaissance médicale) et éthiques de plus en plus importants. Ce sont des thématiques extrêmement importantes pour le tissu industriel, avec lequel nous entretenons des collaborations suivies. Nos activités couvrent ainsi un large spectre, des recherches les plus fondamentales aux plus appliquées, dans toutes les modalités (écrit, parole et signe), et sur une grande variété de supports, certains mêlant d'ailleurs ces différentes modalités. Nos recherches ont un caractère pluridisciplinaire. Elles impliquent également des collaborations multiples, aussi bien au sein du périmètre Paris-Saclay que plus largement en France, en Europe et dans le monde.



ANNEXE 4 : ILES – Sélection des produits et activités de la recherche

I - Production de connaissances et activités concourant au rayonnement et à l'attractivité scientifique

Nous listons 99 publications sur 411 (24 %), qui représentent une diversité de thèmes, d'auteurs et de supports, en privilégiant les travaux cités dans le bilan.

1°) Journaux / Revues

Revues internationales

1. Bellot, P., **V. Moriceau**, J. Mothe, E. SanJuan, and **X. Tannier**. "INEX Tweet Contextualization Task: Evaluation, Results and Lessons Learned". In: *Information Processing Management* 52.5 (2016), pp. 801–819.
2. **Ben Abacha, A.** and **P. Zweigenbaum**. "MEANS: A medical question-answering system combining NLP techniques and semantic Web technologies". In: *Information Processing Management* 51.5 (2015), pp. 570–594.
3. **Bouamor, H.**, **A. Max**, and **A. Vilnat**. "Multi-technique paraphrase alignment: A contribution to pinpointing sub-sentential paraphrases". In: *ACM Transactions on Intelligent Systems and Technology* 4.3 (2013), 39 1–39 26.
4. **Braffort, A.**, **M. Filhol**, **M. Delorme**, L. Bolot, **A. Choisier**, and **C. Verrecchia**. "KAZOO: A Sign Language Generation Platform Based on Production Rules". In: *Universal Access in the Information Society* 15.4 (2016), pp. 541–550.
5. **Campillos, L.**, **L. Deléger**, **C. Grouin**, **T. Hamon**, **A.-L. Ligozat**, and **A. Névéal**. "A French clinical corpus with comprehensive semantic annotations: development of the Medical Entity and Relation LIMS annotated Text corpus (MERLOT)". In: *Language Resources and Evaluation* (2017), pp. 1–31.
6. **Chowdhury, F.** and **P. Zweigenbaum**. "A controlled greedy supervised approach for co-reference resolution on clinical text". In: *Journal of Biomedical Informatics* 46.3 (2013), pp. 506–515.
7. Drouin, P., N. Grabar, **T. Hamon**, and K. Kageura. "Introduction to the Special Issue: Terminology across languages and domains". In: *Terminology* 21.2 (2015), pp. 139–150.
8. Dupuch, M., L. Dupuch, **T. Hamon**, and N. Grabar. "Exploitation of semantic methods to cluster pharmacovigilance terms". In: *Journal of Biomedical Semantics* 5.1 (2014), pp. 18–31.
9. **Filhol, M.**, **M. Hadjadj**, and B. Testu. "A rule triggering system for automatic text-to-sign translation". In: *Universal Access in the Information Society* 15.4 (2016), pp. 487–498.
10. Francopoulo, G., J.-J. Mariani, and **P. Paroubek**. "NLP4NLP : the cobbler's children won't go unshod." In: *D-Lib Magazine* 12.11/12 (2015), 10p.
11. **Grouin, C.** and **A. Névéal**. "De-identification of clinical notes in French: towards a protocol for reference corpus development". In: *Journal of Biomedical Informatics* 50 (2014), pp. 151–161.
12. **Grouin, C.**, N. Grabar, **T. Hamon**, S. Rosset, **X. Tannier**, and **P. Zweigenbaum**. "Eventual situations for timeline extraction from clinical reports". In: *Journal of the American Medical Informatics Association* 20.5 (2013), pp. 820–827.
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". In: *Journal of Biomedical Informatics* 58 Supplement (2015), S133–S142.
14. **Hamon, T.**, N. Grabar, and F. Mougin. "Querying Biomedical Linked Data with Natural Language Questions". In: *Semantic Web Journal* 8.4 (2017), pp. 581– 599.
15. Jimeno Yepes, A., E. Prieur-Gaston, and **A. Névéal**. "Combining MEDLINE and publisher data to create parallel corpora for the automatic translation of biomedical text." In: *BMC Bioinformatics* 14 (2013), pp. 146–146.
16. **Lavergne, T.**, **C. Grouin**, and **P. Zweigenbaum**. "The contribution of co-reference resolution to supervised relation detection between bacteria and biotopes entities". In: *BMC Bioinformatics* 16 (2015), S6(1–17).
17. **Marchand, M.**, R. Besançon, O. Mesnard, and **A. Vilnat**. "Domain Adaptation for Opinion Mining: A Study of Multipolarity Words". In: *Journal for Language Technology and Computational Linguistics* (2014), pp. 17–31
18. Mariani, J.-J., G. Francopoulo, and **P. Paroubek**. "Reuse and Plagiarism in Speech and Natural Language Processing". In: *International Journal on Digital Libraries* 18 (2017), pp. 1–14.
19. Mariani, J.-J., **P. Paroubek**, G. Francopoulo, and O. Hamon. "Rediscovering 15+2 Years of Discoveries in Language Resources and Evaluation". In: *Language Resources and Evaluation* 50.2 (2016), pp. 165–220.
20. **Norman, C.**, T. V. Nguyen, and **A. Névéal**. "Contribution of Natural Language Processing in Predicting Rehospitalization Risk". In: *Medical care* 55.8 (2017), p. 781–781.
21. Pham, A.-D., **A. Névéal**, **T. Lavergne**, D. Yasunaga, O. Clément, J. Meyer, R. Morello, and A. Burgun. "Natural language processing of radiology reports for the detection of thromboembolic diseases and clinically relevant incidental findings". In: *BMC Bioinformatics* 15.266 (2014), 10p.
22. **Xu, Y.**, **A. Max**, and F. Yvon. "Sentence Alignment for Literary Texts". In: *Linguistic Issues in Language Technology* 12.6 (2015), pp. 1–25.
23. **Zweigenbaum, P.**, **T. Lavergne**, N. Grabar, T. Hamon, S. Rosset, and **C. Grouin**. "Combining an expert-based medical entity recognizer to a machine-learning system: methods and a case-study". In: *Biomedical Informatics Insights* (2013), 13p.



Revue nationale

1. Collomb, A., **A. Braffort**, and S. Kahane. "L'anatomie du proforme quand il sert à introduire des entités dans le discours en LSF". In: *TIPA. Travaux interdisciplinaires sur la parole et le langage* 34 (2018).
2. Grabar, N. and **T. Hamon**. "Exploitation de la morphologie pour l'extraction automatique de paraphrases grand public des termes médicaux". In: *TAL (Traitement Automatique des Langues)* 57.1 (2016), pp. 85–109.
3. **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". In: *TAL (Traitement Automatique des Langues)* 56.3 (2015), pp. 1–25.
4. **Minard, A.-L., B. Grau, A.-L. Ligozat**, and S. R. Thomas. "Extraction de relations complexes, Application à des résultats expérimentaux en physiologie rénale". In: *Technique et Science Informatiques* 32.1 (2013), pp. 75–108.
5. Périnet, A. and **T. Hamon**. "Analyse distributionnelle appliquée aux textes de spécialité. Réduction de la dispersion des données par abstraction des contextes". In: *TAL (Traitement Automatique des Langues)* 56.2 (2015), pp. 1–26.
6. **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". In: *Revue d'Intelligence Artificielle (RIA)* 29.1 (2015), pp. 47–81.
7. Todirascu, A., T. François, D. Bernhard, N. Gala, **A.-L. Ligozat**, and R. Khobzi. "Chaînes de référence et lisibilité des textes : le projet ALLuSIF". In: *Langue Française* 3.195 (2017), pp. 35–52.
8. **Wang, W.**, R. Besançon, O. Ferret, and **B. Grau**. "Extraction et Regroupement de Relations entre Entités pour l'Extraction d'Information Non Supervisée". In: *TAL (Traitement Automatique des Langues)* 54.2 (2013), pp. 69–100.

Articles de synthèse / revues bibliographiques

1. Abbé, A., **C. Grouin, P. Zweigenbaum**, and Bruno Falissard. Text mining applications in psychiatry: a systematic literature review. *Journal of Methods in Psychiatric Research*, Jul 17 2015.
2. Bellot, P. and **B. Grau**. "Recherche d'information et fouille de textes". In: *L'information grammaticale* 141 (2014), pp. 37–45.
3. Rapp, R., S. Sharoff, and **P. Zweigenbaum**. Recent advances in machine translation using comparable corpora. *Natural Language Engineering*, 22(4):501-516, July 2016.
4. **Névél, A.**, and **P. Zweigenbaum**. Making sense of big textual data for health care: Findings from the section on clinical natural language processing. *IMIA Yearbook of Medical Informatics*, 26(01):228-233, 2017.
5. **Névél, A.**, H. Dalanian, S. Velupillai, G. Savova, and **Pierre Zweigenbaum**. Clinical Natural Language Processing in languages other than English: opportunities and challenges. *Journal of Biomedical Semantics*. 2018 Mar 30;9(1):12. doi: 10.1186/s13326-018-0179-8.

2°) Ouvrages

Direction et coordination d'ouvrages / édition scientifique

1. **A. Braffort**. "La Langue des Signes Française (LSF) : modélisations, ressources et applications". ISTE éditions, 2016, 224p. ISBN: 978-1-78405-050-4.
2. Drouin, P., N. Grabar, **T. Hamon**, and K. Kageura. Special Issue Terminology across languages and domains. Vol. 21:2. Terminology, John Benjamins, 2015, 153p.
3. Nédellec, C., J.-D. Kim, S. Pyysalo, S. Ananiadou, and **P. Zweigenbaum**. BioNLP Shared Task 2013: Part 1. Vol. 16(Suppl 10). BMC Bioinformatics, 2015, 114p.; BioNLP Shared Task 2013: Part 2. Vol. 16(Suppl 16). BMC Bioinformatics, 2015, 63p.
4. **Nouvel, D.**, M. Ehrmann, and S. Rosset. Les entités nommées pour le traitement automatique des langues. Iste Editions, 2015, 167p. ISBN: 978-1-78405-104-4.
5. Sharoff, S., R. Rapp, **P. Zweigenbaum**, and P. Fung. Building and Using Comparable Corpora. Springer, 2013, 335p. ISBN: 978-3-642-20127-1 DOI : 10.1007/9783-642-20128-8.
6. Rapp, R., S. Sharoff, and **P. Zweigenbaum**. Special Issue Machine Translation using Comparable Corpora. Vol. 22:4. Natural Language Engineering, Cambridge University Press, 2016, 156p.

Chapitres d'ouvrage

1. **Braffort, A.** and **M. Filhol**. "Constraint-based Sign Language Processing". In: Constraints and Language. Cambridge Scholar Publishing, 2014, pp. 191–217. ISBN: 978-1-4438-6052-9.
2. **Filhol, M.** and **A. Braffort**. "Chapitre 3 : Modélisation linguistique". In: La Langue des Signes Française (LSF) : modélisations, ressources et applications. ISTE éditions, 2016, 34p. ISBN: 978-1-78405-050-4.
3. Sharoff, S., R. Rapp, and **P. Zweigenbaum**. "Overviewing important aspects of the last twenty years of research in comparable corpora". In: Building and Using Comparable Corpora. Springer, 2013, pp. 1–20. ISBN: 978-3-642-20127-1.
4. **Zweigenbaum, P.** "Le traitement des langues naturelles dans le contexte de la eSanté. In: e-santé en perspective. Lavoisier, 2017, 21p. ISBN: 9782867280146.



3°) Colloques / congrès, séminaires de recherche

Éditions d'actes de colloques / congrès

1. Danlos, L. and **T. Hamon**. Actes de la conférence TALN 2016. Vol. 2. ATALA, 2016, 580p.
2. **Rosset S.** and N. Audibert. Actes de la conférences JEP 2016. AFCP, 2016.
3. Drouin, P., N. Grabar, **T. Hamon**, and K. Kageura. Proceedings of the 4th International Workshop on Computational Terminology. 2014, 135p. ISBN: 978-1873769-34-8.
4. **Grouin, C., T. Hamon, A. Névéol, and P. Zweigenbaum**. Sixth International Workshop on Health Text Mining and Information analysis (LOUHI). 2015, 169p.
5. Nédellec, C., R. Bossy, J.-D. Kim, J.-J. Kim, T. Ohta, S. Pyysalo, and **P. Zweigenbaum**. Proceedings of the BioNLP Shared Task 2013 Workshop. ACL. 2013, 198p. ISBN: 978-1-937284-55-8.
6. **Zweigenbaum, P.** and C. O. Bagayoko. Actes des 15^{es} Journées francophones d'informatique médicale. 2014, 230p.

Articles publiés dans des actes de colloques / congrès

ACTI: Conférences internationales avec actes

7. **Ben Jannet, M. A.**, M. Adda-Decker, O. Galibert, **S. Rosset**. "ETER: a new Metric for the Evaluation of Hierarchical Named Entity Recognition", In: *International Conference on Language Resources and Evaluation (LREC 2014)*, 2014.
8. **Ben Jannet, M. A.**, O. Galibert, M. Adda-Decker, **S. Rosset**. "Investigating the Effect of ASR Tuning on Named Entity Recognition", In: *Annual Conference of the International Speech Communication Association*. Stockholm, Sweden, 2017, 5p.
9. **Benchiheb, M.-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*. Portoroz SI, 2016, pp. 7–12.
10. Bernhard, D., **A.-L. Ligozat**, F. Martin, M. Bras, **P. Magistry**, M. Vergez-Couret, L. Steiblé, P. Erhart, N. Hathout, D. Huck, C. Rey, P. Reynés, **S. Rosset**, J. Sibille, and **T. Lavergne**. Corpora with Part-of-Speech Annotations for Three Regional Languages of France: Alsatian, Occitan and Picard. In: *11th International Conference on Language Resources and Evaluation (LREC 2018)*, Miyazaki JP, 8p
11. **Boros, E.**, R. Besançon, O. Ferret, and **B. Grau**. "Event role extraction using domain-relevant word representations". In: *Conference on Empirical Methods in Natural Language Processing*. Doha QA, 2014, pp. 1852–1857.
12. **Bouamor, D.**, A. Popescu, N. Semmar, and **P. Zweigenbaum**. "Building specialized bilingual lexicons using large scale background knowledge". In: *Conference on Empirical Methods in Natural Language Processing*. Seattle US, 2013, pp. 479–489.
13. **Bouamor, D.**, N. Semmar, and **P. Zweigenbaum**. "Context vector disambiguation for bilingual lexicon extraction from comparable corpora". In: *Annual Meeting of the Association for Computational Linguistics*. Sofia BG, 2013, pp. 759–764.
14. **Braffort, A.** "Eye gaze annotation practices: description vs. interpretation". In: *Workshop on the Representation and Processing of Sign Languages*. Reykjavik IS, 2014, 4p.
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*. Portoroz SI, 2016, pp. 3167–3173.
16. 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*. Padova IT, 2016, pp. 818–823.
17. **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, Osaka JP, 7p
18. **D'hondt, E., C. Grouin, and B. Grau**. "Generating a training corpus for OCR postcorrection using encoder-decoder model". In: *International Joint Conference on Natural Language Processing*. Taipei TW, 2017, pp. 1006–1014.
19. 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*. Dresde DE, 2015, pp. 1072–1073.
20. **Dutrey, C.**, C. Clavel, S. Rosset, I. Vasilescu, and M. Adda-Decker. "A CRF-based approach to automatic disfluency detection in a French call-centre corpus". In: *Annual Conference of the International Speech Communication Association*. Singapore SG, 2014, pp. 2897–2901.
21. **Ferré, A., P. Zweigenbaum**, and C. Nédellec. Representation of complex terms in a vector space structured by an ontology for a normalization task. In: *Workshop on Biomedical Natural Language Processing*, Vancouver CA, 2017, pp. 99-106
22. **Filhol, M.** and J. McDonald. "Extending the AZee-Paula shortcuts to enable natural proform synthesis". In: *Workshop on the Representation and Processing of Sign Languages*. Miyazaki JP, 2018, pp. 1–8.
23. **Filhol, M.** and **M. Hadjadi**. "Juxtaposition as a form feature; syntax captured and explained rather than assumed and modelled". In: *Workshop on the Representation and Processing of Sign Languages*. Portoroz SI, 2016, 6p.



24. **Fraisse, A.**, and **P. Paroubek**. Toward a unifying model for opinion, sentiment and emotion information extraction. In: *9th International Conference on Language Resources and Evaluation (LREC 2014)*, Reykjavik IS, 2014, pp. 3881-3886.
25. **Gleize, M.** and **B. Grau**. "A Unified Kernel Approach For Learning Typed Sentence Rewritings". In: *Annual Meeting of the Association for Computational Linguistics*. Beijing CN, 2015, pp. 939-949.
26. **Hadjadj, M.**, **M. Filhol**, and **A. Braffort**, "Modeling French Sign Language: a proposal for a semantically compositional system". In: *International Conference on Language Resources and Evaluation*. Miyazaki JP, 2018, pp. 4253-4258.
27. **Hamon, T.**, and N. Grabar. In: Acquisition of Medical Terminology for Ukrainian from Parallel Corpora and Wikipedia. In: *11th International Conference on Terminology and Artificial Intelligence (TIA 2015)*, Granada ES, 2015, pp. 71-79
28. **Ive, J.**, **A. Max**, F. Yvon, P. Ravaud. Diagnosing High-Quality Statistical Machine Translation Using Traces of Post-Edit Operations. In: *Workshop on Translation Evaluation: From Fragmented Tools and Data Sets to an Integrated Ecosystem (MT Eval 2016)*, Portorož SI, 8p.
29. Karanasou, P., F. Yvon, **T. Lavergne**, and L. Lamel. "Discriminative training of a phoneme confusion model for a dynamic lexicon in ASR". In: *Annual Conference of the International Speech Communication Association*. Lyon FR, 2013, 5p.
30. 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*. Beijing CN, 2015, pp. 644-650.
31. Karoui, J., F. Benamara, **V. Moriceau**, V. Patti, C. Bosco, and N. Aussenac-Gilles. "Exploring the Impact of Pragmatic Phenomena on Irony Detection in Tweets: A Multilingual Corpus Study". In: *Conference of the European Chapter of the ACL*. Valencia ES, 2017, pp. 262-272.
32. **Lavergne, T.**, **G. Illouz**, **A. Max**, and R. Nagata. LIMS1's participation in the 2013 shared task on native language identification. In *Workshop on Building Educational Applications Using NLP*, 2013, 6p.
33. **Lavergne, T.** and F. Yvon. "Learning the Structure of Variable-Order CRFs: a finite-state perspective". In: *Conference on Empirical Methods in Natural Language Processing*. Copenhagen DK, 2017, pp. 433-439.
34. Lehnen, P., A. Allauzen, **T. Lavergne**, F. Yvon, S. Hahn, and H. Ney. "Structure learning in hidden conditional random fields for grapheme-to-phoneme conversion". In: *Annual Conference of the International Speech Communication Association*. Lyon FR, 2013, 5p.
35. **Letard, V.**, S. Rosset, and **G. Illouz**. "A mapping-based approach for general formal human computer interaction using natural language". In: *Annual Meeting of the Association for Computational Linguistics*. Baltimore US, 2014, pp. 34-40.
36. **Letard, V.**, S. Rosset, and **G. Illouz**. "Incremental Learning From Scratch Using Analogical Reasoning". In: *IEEE International Conference on Tools with Artificial Intelligence*. San Jose US, 2016, 8p.
37. **Ligozat, A.-L.** "Question classification transfer". In: *Annual Meeting of the Association for Computational Linguistics*. Sofia BG, 2013, 5p.
38. Malala, V. D., E. Prigent, **A. Braffort**, and B. Berret. "Which picture? A Methodology for the Evaluation of Sign Language Animation Understandability". In: *Workshop on the Representation and Processing of Sign Languages*. Miyazaki JP, 2018, 6p.
39. Mariani, J.-J., **P. Paroubek**, G. Francopoulo, and M. Delaborde. "Rediscovering 25 years of discoveries in spoken language processing: a preliminary analysis of the ISCA archive". In: *Annual Conference of the International Speech Communication Association*. Lyon FR, 2013, 33p.
40. **Marie, B.** and **A. Max**. "Confidence-based Rewriting of Machine Translation Output". In: *Conference on Empirical Methods in Natural Language Processing*. Doha QA, 2014, pp. 1261-1272.
41. **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*. Beijing CN, 2015, pp. 554-559.
42. **Marie, B.** and **A. Max**. "Touch-Based Pre-Post-Editing of Machine Translation Output". In: *Conference on Empirical Methods in Natural Language Processing*. Lisbonne PT, 2015, pp. 1040-1045.
43. Moreno, J. G., R. Besançon, **R. Beaumont**, **E. D'hondt**, **A.-L. Ligozat**, **S. Rosset**, **X. Tannier**, and **B. Grau**. "Combining word and entity embeddings for entity linking". In: *Extended Semantic Web Conference*. Portoroz SI, 2017, pp. 337-352.
44. **Morlane-Hondère, F.**, **C. Grouin**, and **P. Zweigenbaum**. Identification of Drug-Related Medical Conditions in Social Media. In: *10th International Conference on Language Resources and Evaluation (LREC 2016)*, Portoroz SI, 2016, pp. 2022-2028.
45. **Neifar, W.**, **T. Hamon**, **P. Zweigenbaum**, M. Ellouze Khemakhem, and L. Hadrich-Belguith. Adaptation of a Term Extractor to Arabic Specialised Texts: First Experiments and Limits. In: *17th International Conference on Intelligent Text Processing and Computational Linguistics (CICLing 2016)*, Konya TU, 2016, 12p.
46. **Nguyen, K.-H.**, **X. Tannier**, and **V. Moriceau**. "Ranking multidocument event descriptions for building thematic timelines". In: *International Conference on Computational Linguistics*. Dublin IE, 2014, pp. 1208-1217.
47. **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*. Beijing CN, 2015, 10p.



48. **Ribeiro, S.**, O. Ferret, and **X. Tannier**. “Unsupervised Event Clustering and Aggregation from Newswire and Web Articles”. In: *Conference on Empirical Methods in Natural Language Processing*. Copenhagen DK, 2017, 6p.
49. **Sadoun, D.**, C. Dubois, Y. Ghamri-Doudane, and **B. Grau**. “From natural language requirements to formal specification using an ontology”. In: *IEEE International Conference on Tools with Artificial Intelligence*. Washington US, 2013, pp. 755–760.
50. **Tannier, X.** and **V. Moriceau**. “Building event threads out of multiple news articles”. In: *Conference on Empirical Methods in Natural Language Processing*. Seattle US, 2013, pp. 1–10.
51. **Tapi Nzali, M. D.**, **X. Tannier**, and **A. Névéol**. “Automatic Extraction of Time Expressions Across Domains in French Narratives”. In: *Conference on Empirical Methods in Natural Language Processing*. Lisbon PT, 2015, pp. 492–498.
52. 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*. Osaka JP, 2016, pp. 987–997.
53. **Tourille, J.**, O. Ferret, **X. Tannier**, and **A. Névéol**. “Temporal information extraction from clinical text”. In: *Conference of the European Chapter of the Association for Computational Linguistics*. Valence ES, 2017, pp. 739–745.

ACTN: Conférences nationales avec actes

54. **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*. Paris FR, 2016, 14p. Prix du meilleur article.

4°) Organisation de colloques / congrès

Les membres du groupe participent à de nombreux comités scientifiques de conférences et ateliers, notamment :

- Conférence LTC (Patrick Paroubek : co-président du Comité scientifique, 2017)
- Conférence ACL (Aurélie Névéol et Sophie Rosset : Area Chair 2017)
- Conférence AMIA Annu Symp, (Pierre Zweigenbaum : Scientific Program Committee member 2016, 2017)
- Conférence NAACL (Aurélie Névéol : Area Chair 2018)
- Conférence IJCAI (Pierre Zweigenbaum : Senior SPC member 2018)
- Conférence CORIA (Membres du Comité de programme, 2013-2018)
- Conférence Traitement automatique des langues naturelles (Thierry Hamon (co-)Président du Comité scientifique, 2016 ; Aurélie Névéol, Thierry Hamon ou Pierre Zweigenbaum membres du Comité de programme, 2013-2018)
- Conférence jeunes chercheurs RECITAL (Anne-Laure Ligozat, présidente du Comité de programme, 2018)
- Conférence JFIM (Pierre Zweigenbaum, président du Comité de programme, 2014)
- Workshop BioNLP-ST (Pierre Zweigenbaum, président du Comité de programme, 2013)
- Workshop CLEF-eHealth (Responsables du comité scientifique, 2015-2018)
- Workshop LOUHI (Aurélie Névéol, Cyril Grouin, Thierry Hamon, Pierre Zweigenbaum Responsables du comité scientifique, 2015, 2016)
- Workshop Building and Using Comparable Corpora (Pierre Zweigenbaum, (co-)président du Comité scientifique, 2013-2018)
- Workshop Computational Terminology (COMPUTERM) (Thierry Hamon, (co-)président du Comité scientifique, 2014, 2016)
- Workshop Just talking – casual talk among humans and machines @ LREC 2016 (Sophie Rosset membre du comité d'organisation)
- Workshop Hybrid Question-Answering @WWW2018 (Brigitte Grau (co-)présidente du Comité scientifique, Pierre Zweigenbaum membre du comité d'organisation)

Ils ont également organisé matériellement divers conférences et ateliers, notamment :

- JEP-TALN-RECITAL 2016, Paris
- CORIA 2015, Paris
- Journée ATALA-AFIA 2014, Paris
- Journée ARIA-AFIA 2015, Paris
- Journée ARIA-AFIA 2017, Paris
- SLTAT 2015, Paris
- Atelier TAO-LS, 2018, Orsay
- Journée TAL clinique, 2018, Orsay



5°) Produits et outils informatiques

Logiciels

- Déclaration logicielle wmatch v2 (CeCILL 2)
- Déclaration logicielle idial v2 (CeCILL 2)
- Déclaration logicielle ACPG v1 (FIST)
- Déclaration logicielle ACPG-R v1 (FIST)
- Déclaration logicielle ETTPG v1 (FIST)
- Déclaration logicielle ETTPG-R v1 (FIST)
- Déclaration logicielle Nelida (CeCILL 2)
- Déclaration logicielle gstLib (CeCILL 2)

Corpus

- 40brèves : Brèves de l'AFP, <https://tals.limsi.fr/corpus.html> (LSF)
- Corpus Accordys de textes cliniques désidentifiés (projet ANR Accordys)
- BUCC : Corpus BUCC pour l'évaluation de la détection de phrases parallèles dans des corpus comparables, 4 paires de langues, <https://comparable.limsi.fr/bucc2017/bucc2017-task.html> (multilingue : DE-EN, FR-EN, RU-EN, ZH-EN)
- CLEF eHealth 2016, 2017, 2018 : certificats de décès, <https://sites.google.com/site/clefehealth2017/get-started> (multilingue : français, anglais, italien, hongrois)
- Cochrane Google Post-editing (PE) Corpus : English-French Parallel Corpora of Cochrane Review Abstracts. Cochrane systematic review abstracts in the XML format, translated into French. Cochrane Google Post-editing (PE) Corpus is a corpus consisting of machine-translated review abstracts by the Google online system post-edited by both professional translators and volunteer domain professionals over a 1-year period (Aug. 2014-Sep. 2015). About 31k sentences, corresponding to about 740k tokens, <https://perso.limsi.fr/ive/corpus/> (multilingue : anglais-français)
- Cochrane Post-editing (PE) : English-French Parallel Corpora of Cochrane Review Abstracts. Cochrane systematic review abstracts in the XML format, translated into French. Cochrane Post-editing (PE) Corpus is a corpus consisting of machine-translated (internal system) review abstracts post-edited mainly by volunteer domain professionals over a 6-month period (Oct. 2013-May 2014). about 21k sentences, corresponding to about 500k tokens., <https://perso.limsi.fr/ive/corpus/> (multilingue : anglais-français)
- Cochrane Reference : English-French Parallel Corpora of Cochrane Review Abstracts. Cochrane systematic review abstracts in the XML format, translated into French. Cochrane Reference Corpus is a high-quality corpus consisting of review abstracts translated by agencies and reviewed by domain professionals over a three-year period (2011-2013). About 130k sentences, corresponding to about 3M tokens., <https://perso.limsi.fr/ive/corpus/> (multilingue : anglais-français)
- Contribution au corpus SeeDev pour l'évaluation de l'extraction d'information dans des articles de biologie, <http://2016.bionlp-st.org/tasks/seedeve>
- DEFT 2013 : recettes de cuisine (Marmiton), <https://deft.limsi.fr/2013/> (français)
- DEFT 2014 : nouvelles littéraires courtes (Short Edition), <https://deft.limsi.fr/2014/> (français)
- DEFT 2015 : 15K tweets en français sur la thématique du changement climatique avec des annotations en opinion sentiments et émotions à grain fin au niveau phrastique (relations entre source, expression, cible et modifieurs), <https://deft.limsi.fr/2015/> (français)
- DEFT 2017 : 7300 tweets en français annotés en : polarité et figuratif (ironie-sarcasme ou humour)/non-figuratif, <https://deft.limsi.fr/2017/> (français)
- DEFT 2018 : 80K tweets en français sur la thématique des transports avec des annotations en opinion sentiments et émotions à grain fin au niveau phrastique (relations entre source, expression, cible et modifieurs) , <https://deft.limsi.fr/2018/> (français)
- HAS-Santé : Corpus de 912 tweets émis par la Haute Autorité de Santé (HAS) annotés en types (8 catégories) et en entités (10 catégories) sur la thématique de la santé, en particulier l'intérêt thérapeutique des traitements médicaux (évaluation, appel à témoignages, etc.) (français)
- MERLoT : 500 documents cliniques en français (148,476 tokens) annoté en entités (44,740 annotations) et relations (26,478 annotations) (français)
- Mocap1: video, capture de mouvement, <https://hdl.handle.net/11403/mocap1> (LSF)
- NLP4NLP : 65 000 articles provenant de 34 conférences et revues dans le domaine du traitement automatique de la langue et de la parole sur 50 ans (1965-2015), représentant 270 millions de mots (multilingue, principalement anglais)
- POMELO : Corpus de 639 résumés d'articles Medline annotés (médicaments, aliments, relations, etc.). Voir (Hamon et al., 2017) (anglais)
- PVDial : corpus de dialogues issu des projets Patient GeneSys et PVDial, <https://pvdial.limsi.fr>



- QUAERO French Medical Corpus: gold standard set of normalized entities for French biomedical text <https://quaerofrenchmed.limsi.fr/> français
- Questions-Réponses : voir [Grau et al., TAL 2015], <https://zenodo.org/record/1186300#.W21LuhgyU5s>
- SeeDev : corpus pour l'évaluation de l'extraction d'information dans des articles de biologie, <http://2016.bionlp-st.org/tasks/seedeve>
- UA-target : Corpus multilingue de 122 textes littéraires et médicaux en français, anglais ou polonais, traduits en ukrainien. Voir [Grabar & Hamon, 2017], <http://natalia.grabar.free.fr/resources.php#ua-target> (multilingue : anglais, français, polonais, ukrainien)
- UCAR : dialogues homme-machine, projet CHIST-ERA Joker, <https://ucar.limsi.fr>
- uComp-German : 15K tweets en allemand sur la thématique du changement climatique avec des annotations en opinion sentiments et émotions à grain fin au niveau phrastique (relations entre source, expression, cible et modificateurs) (allemand)
- Vigi4MED : 62 millions de messages provenant de 19 forums en santé (collectés par EMSE) annotés automatiquement en effets secondaires (par le LIMSI) (français)
- WMT biomedical task 2016, 2017, 2018 : Corpus WMT pour l'évaluation de la traduction automatique en domaine de spécialité, <http://www.statmt.org/wmt17/biomedical-translation-task.html> (multilingue : anglais/ {français, espagnol, portugais, chinois})
- YearbookDataset : articles de la littérature biomédicale classés selon leur pertinence pour inclusion dans la section de traitement automatique de la langue clinique du IMIA Yearbook of Medical Informatics, <http://doi.org/10.5281/zenodo.1173076> (anglais)

Outils présentés dans le cadre de campagnes d'évaluation

Systèmes d'extraction d'information, de classification de textes, de recherche de réponses à des questions, présentés aux campagnes d'évaluation suivantes :

- SemEval 2013
- QA4MRE 2013
- CLEF 2014
- QALD 2014
- DEFT 2016
- CLEF eHealth 2013 IE
- CLEF ER 2013
- CLEF eHealth 2014 IR
- CLEF eHealth 2015 IR
- CLEF eHealth 2015 IE
- CLEF eHealth 2017 IR
- Clinical tempEval 2016
- Clinical tempEval 2017
- TREC 2014 CDS
- TREC 2015 CDS
- i2b2 2014
- CEGS N-GRID 2016
- n2c2 2018
- BioNLP-ST 2013
- BioNLP-ST 2016

6°) Développements instrumentaux et méthodologiques

Prototypes et démonstrateurs

Patient Genesys et PVDial - patient virtuel dialogant : Le projet Patient Genesys se situe dans le cadre de la formation des professionnels de santé à la conduite de l'entretien clinique et de l'examen clinique pour aboutir à un diagnostic et des propositions de traitements et/ou d'examens complémentaires. Dans ce projet, le LIMSI avait en charge le développement de l'agent conversationnel simulant le patient. L'objectif scientifique était de proposer et implémenter des méthodes robustes à toute spécialité médicale. Dans le cadre du projet de maturation PVDIAL, nous avons doté le système d'une capacité à s'adapter à des spécialités médicales nouvelles et avons adapté le système à l'anglais et à l'espagnol. <https://pvdial.limsi.fr/>

Chatbot Joker - Interface utilisateur avec des capacités de communication sociale : Dans le cadre du projet CHIST-ERA JOKER nous avons proposé et mis en œuvre des méthodes permettant de modéliser de la conversation tout venant.



Une interface de conversation avec le système est disponible publiquement et est régulièrement utilisée pour collecter des données. <https://webjoker.limsi.fr/REWOCHAT>.

7°) Activités éditoriales

Participation à des comités éditoriaux (journaux scientifiques, revues, collections, etc)

Les membres du groupe sont membres des comités éditoriaux des revues suivantes :

- Traitement automatique des langues, 2013, 2014, 2015, 2016, 2017, 2018
- Revue d'intelligence artificielle, 2013, 2014, 2015, 2016, 2017, 2018
- TSI, 2013, 2014, 2015, 2016, 2017
- Journal of Biomedical Informatics, 2015, 2016, 2017, 2018
- BMC Bioinformatics, 2015, 2016, 2017, 2018
- IMIA Yearbook of Medical Informatics, 2015, 2016, 2017, 2018
- Artificial Intelligence in Medicine, 2017, 2018
- Terminology, 2013, 2014, 2015, 2016, 2017, 2018
- ACM SIGACCESS Conference on Computers and Accessibility, 2015

Direction de collections et de séries

- ISTE Sciences cognitives, 2013, 2014, 2015, 2016, 2017, 2018

8°) Activités d'évaluation

Évaluation d'articles et d'ouvrages scientifiques (relecture d'articles / reviewing) : de l'ordre d'un millier de relectures effectuées

Relecture pour des revues : plus de 100 tuples (personne, revue, année)

- ACM Transaction on Management Information Systems 2013
- ACM Transactions on Accessible Computing 2014, 2015
- ACM Transactions on Intelligent Systems and Technology 2014
- ACM Transaction on Management Information Systems 2013
- ACM Transactions on Multimedia Computing Communications and Applications 2013
- AI MED 2013, 2016
- AI Review 2016
- AI in Medicine 2017, 2018
- Advances in Medical Education and Practice 2014
- BMC Bioinformatics 2013, 2014, 2015, 2016, 2017
- BMC Biomed Inform Insights 2016
- BMC Biomed Inform 2014
- BMC Med Inform Dec Mak 2014, 2015, 2017
- Briefings in Bioinformatics 2015
- Bulletin du cancer 2015
- Computers in Speech and Language 2018
- Computational Intelligence 2015, 2016
- Computational Linguistics 2017
- Computer Methods and Programs in Biomedicine 2016, 2017
- Computer Speech and Language 2018
- DRUDIS (Drug Discovery Today) 2016
- Database (Oxford) 2014
- Dialogue & Discourse 2017
- Discours 2013, 2014
- Faits de langue 2015
- Future Generation Computer Systems 2015
- Fuzzy Sets and systems 2017
- ISTE 2017
- Information Retrieval 2015
- Information Retrieval Journal 2014, 2015
- Journal of Biomedical Informatics (JBI) 2013, 2014, 2015, 2016, 2017, 2018
- Journal of Biomedical Semantics (JBSM) 2015, 2016, 2017
- Journal of Data Information Quality 2015, 2016, 2017
- Journal of Information retrieval (JIR) 2015, 2017 (VM)
- Journal of Language Ressources and Evaluation (JLRE) 2016, 2017, 2018
- Journal of Machine Learning Research 2017
- Journal of Medical Internet Research 2013
- Journal of Natural Language Engineering (JNLE) 2014, 2015, 2016, 2017
- Journal of Open Research Software 2017
- Journal of the American Medical Informatics Association (JAMIA), 2015, 2016, 2017, 2018
- Journal on Multimodal User Interfaces 2015, 2016, 2017
- Knowledge and Information Systems 2016, 2017
- Open Cybernetics and Systemics Journal 2016
- PloS COMP BIOL 2015
- PloS One 2013, 2014, 2015, 2016, 2017
- RIA 2013, 2014, 2017
- RNTI 2014
- Technology and Disability 2016
- Terminology 2013, 2014, 2015, 2016, 2017, 2018
- Traitement automatique des langues 2013, 2014, 2015, 2016, 2017, 2018



- TransMIS 2013
- Travaux interdisciplinaires sur la parole et le langage 2018

- Universal Access in the Information Society 2014, 2015, 2016
- Yearbook of Medical Informatics 2013, 2014

Relecture pour des conférences et workshops : plus de 250 tuples (personne, conférence, année)

- Conférence AAAI 2017, 2018
- Conférence ACL 2013, 2014, 2016, 2017, 2018
- Conférence ACM-BCB 2015
- Conférence AIME 2013, 2015, 2017
- Conférence AMIA Symp 2013, 2014, 2015, 2016, 2017, 2018
- Conférence CLiC-it 2017
- Conférence CNIA 2016
- Conférence COLING 2014, 2016, 2018
- Conférence CORIA 2013, 2014, 2015, 2016, 2017, 2018
- Conférence CoLInS 2017
- Conférence CoNLL 2017
- Conférence EGC 2013, 2017
- Conférence EMNLP 2013, 2015, 2016, 2017
- Conférence EPIA 2015, 2016, 2017
- Conférence EuroVR 2017
- Conférence GI (Graphics Interface) 2016
- Conférence GRAPP 2013
- Conférence HCI international 2017
- Conférence IC 2014, 2015, 2016, 2018
- Conférence ICASSP 2018
- Conférence ICHI 2013, 2014, 2015, 2016
- Conférence ICTA 2013, 2015
- Conférence IEEE-HI-BI-BI 2013
- Conférence IEEE-ICHI 2013, 2014, 2017
- Conférence IJCAI 2018
- Conférence IJCNLP 2017
- Conférence INTERSPEECH 2017, 2018
- Conférence ISGS 2016
- Conférence ISMB 2016
- Conférence JFIM 2014, 2016
- Conférence LBM 2013
- Conférence LREC 2014, 2016, 2018
- Conférence MEDINFO 2013, 2015, 2017
- Conférence MOCO 2018
- Conférence NAACL 2016, 2018
- Conférence NI 2016
- Conférence SIMBIG 2018
- Conférence SMBM 2014
- Conférence STARSEM 2017, 2018
- Conférence TIA 2013, 2015
- Conférence TiGeR 2013
- Conférence Traitement automatique des langues naturelles 2013, 2014, 2015, 2016, 2017, 2018
- Conférence WACAI 2018
- Conférence jeunes chercheurs CEC-TAL 2015
- Conférence jeunes chercheurs RECITAL 2014, 2015
- Conférence jeunes chercheurs JDSEP 2017
- Conférence Journée d'Analyse des Données Textuelles 2014
- Conférence Journées Francophones sur les Ontologies 2016, 2018
- Workshop AMIA Doctoral Consortium 2016
- Workshop AMIA High School Scholars 2017
- Workshop ACL IE 2014
- Workshop ACL QA 2013
- Workshop AMIA HSS 2017
- Workshop AMIA NLP WG 2017
- Workshop BIONLP-ST 2013, 2016
- Workshop BioNLP 2013, 2014, 2015, 2016, 2017, 2018
- Workshop BIONLP-ST 2013, 2016
- Workshop BioTexM 2014, 2016
- Workshop CNews 2015
- Workshop COLTAL 2016
- Workshop COMPUTERM 2014, 2016
- Workshop CLEF-eHealth 2015, 2016, 2017, 2018
- Workshop ClinNLP 2016
- Workshop CNews 2015
- Workshop COLTAL 2016
- Workshop COMPUTERM 2014, 2016
- Workshop DMNLP 2014, 2015
- Workshop FRSIGIMIA 2013
- Workshop HEALTHNLP 2018
- Workshop HQA 2018
- Workshop IA&Santé 2016, 2018
- Workshop IC Santé 2014
- Workshop IWSDS 2018
- Workshop Improving Social Inclusion using NLP tools and resources 2016
- Workshop LOUHI 2014, 2015, 2016, 2018
- Workshop MEDA 2018
- Workshop MEDIR 2016
- Workshop MLBIO 2018
- Workshop QALD-6 2016
- Workshop RISE 2013, 2014
- Workshop SIGDIAL 2017, 2018
- Workshop SignLang 2014, 2016, 2018
- Workshop SIIM 2013, 2015
- Workshop SLPAT 2013, 2015, 2016
- Workshop SLSP 2016, 2015
- Workshop SLTAT 2013, 2015
- Workshop STARSEM 2017, 2018
- Workshop SignLang 2014, 2016, 2018
- Workshop SocialNLP 2016, 2017, 2018
- Workshop TEMA 2013
- Workshop WAC 2013, 2016



Évaluation de projets de recherche

- ANR 2013, 2014, 2015, 2016, 2017, 2018
- Axe plurifacultaire Université de Genève 2014
- BRIDGE- INNOVIRIS (Région de Bruxelles Capitale), 2017
- CNRS CONFAP 2015
- CNRS EXIA/Paris-Est 2015
- Carnot Cognition 2017
- Chist'era 2017
- Conseil de recherches en sciences naturelles et en génie du Canada 2015
- ECOS Nord 2013, 2014
- ERC 2013
- Fonds National Suisse 2014
- IReSP 2017
- Medical Research Council (UK) 2014
- National Center of Science and Technology Evaluation, Kazakhstan, 2014, 2015, 2016, 2017
- Nederlands WO 2015
- PEPS Grenoble 2015
- Région Lorraine 2013
- Université de Namur NATRIP 2015

Évaluation de laboratoires (type Hcéres)

- Membre du comité AERES du LIG 2014
- Membre du comité HCERES du GREYC 2017

Responsabilités au sein d'instances d'évaluation

- Membre Comité ANR CES23 2017, 2018
- Membre Comité ANR Contint 2013, 2015
- Membre Comité ANR TecSan 2013
- Membre Commission CAP DIGITAL connaissance 2016, 2017
- Membre de la Section 07 du CoNRS et membre du bureau, automne 2016-
- Membre du CNU 27, 2016-2019

9°) Contrats de recherche financés par des institutions publiques ou caritatives

ILES : Contrats institutionnels sur financement public

	Acronyme	Financier/ Partenaire	Programme/ Instrument	Coordinateur	Responsable LIMSI	Début	Fin	Part LIMSI €
ANR Collaborations de recherche	CHRONOLINES	ANR	CONTINT	N	Tannier Xavier	01/02/2011	31/01/2014	112 074
	ACCORDYS	ANR	CONTINT	N	Zweigenbaum Pierre	01/09/2012	28/02/2017	206 072
	TRANSREAD	ANR	CONTINT	O	Yvon François	01/10/2012	30/09/2015	236 222
	CABERNET	ANR	JCJC	O	Névéol Aurélie	01/09/2013	31/08/2018	225 853
	RESTAURE	ANR	Blanc	N	Ligozat Anne-Laure	01/10/2014	31/03/2019	81 375
	ASRAEL	ANR	PRCE	O	Tannier Xavier	01/10/2015	31/03/2020	145 307
	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
	MIAM	ANR	PRCE	O	Hamon Thierry	01/10/2016	30/09/2020	135 954
	ALECTOR	ANR	PRC	N	Ligozat Anne-Laure	01/10/2016	31/03/2021	69 817
	ADDICTE	ANR	PRC	N	Zweigenbaum Pierre	01/10/2017	30/09/2021	180 180
	CLEAR	ANR	PRCE	O	Hamon Thierry	01/10/2017	31/12/2020	91 762
	LIHLITH	ANR	CHIST-ERA	O	Rosset Sophie	01/01/2018	31/12/2020	139 999



Collaborations de recherche : suite

	Acronyme	Financier/ Partenaire	Programme/ Instrument	Coordinateur	Responsable LIMSI	Début	Fin	Part LIMSI €
Collaborations de recherche	QUAERO	OSEO		O	Gauvain Jean-Luc	01/04/2008	31/12/2013	7 506 519
	Envie verte	Digiteo	Projet Emergent	O	Grau Brigitte	01/09/2010	31/12/2013	110 940
	ProjEstimate	Région Ile de France	Pôle de compétitivité	N	Paroubek Patrick	03/09/2012	02/09/2015	303 010
	ANETH	Digiteo		O	Ligozat Anne-Laure	01/10/2012	30/09/2015	102 200
	SONAR	BPIfrance	FUI	N	Paroubek Patrick	18/03/2013	31/12/2016	212 600
	Patient Genesys	BPIfrance	FUI	N	Zweigenbaum Pierre	22/10/2013	21/02/2016	124 900
	VIGI4MED	CHU/ANSM		N	Zweigenbaum Pierre	31/12/2013	31/12/2017	109 140
	ASTRE	Digiteo		O	Tannier Xavier	01/01/2014	30/06/2015	76 200
	REQUEST	Investissements d'avenir	FSN	N	Paroubek Patrick	01/02/2014	31/01/2018	265 492
	PULSAR	BPIfrance	FUI	N	Grau Brigitte	26/09/2014	24/03/2018	200 000
	Colloque CORIA	Investissements d'avenir	Labex Digicosme	N	Grau Brigitte	14/11/2014	31/12/2015	1 000
	GT "Représentation des connaissances multilingues"	Investissements d'avenir	Labex Digicosme	O	Zweigenbaum Pierre	01/02/2014	31/12/2015	3 200
	COT	Investissements d'avenir	Labex Digicosme	O	Tannier Xavier	01/10/2015	30/09/2018	109 000
	EcoRev	CNRS	Défi Mastodons	O	Max Aurélien	01/01/2016	31/12/2016	10 000
		Ministère de la Culture (DGLFLF)	AAP Langues et numérique 2016	O	Filhol Michael	01/01/2016	30/06/2017	6 000
	Séjour K. Cohen	Investissements d'avenir	Labex Digicosme	O	Zweigenbaum Pierre	01/02/2016	31/07/2016	9 300
	GT SDT	Investissements d'avenir	Labex Digicosme	O	Grouin Cyril	01/09/2016	31/12/2017	2 000
	PVDIAL	SATT	Maturation	O	Zweigenbaum Pierre et Rosset Sophie	26/09/2016	25/05/2018	28000
	Chaire K. Cohen	Investissements d'avenir	Chaire d'Alembert	O	Zweigenbaum Pierre	01/11/2016	31/05/2018	83 741
	PHARES	ANSM via UPMC		N	Zweigenbaum Pierre	16/12/2016	15/12/2018	45 000
	GT "TAL&SEM"	Investissements d'avenir	Labex Digicosme	O	Grau Brigitte	26/01/2017	31/12/2017	2 500
	Financement invitation T. Miller	Investissements d'avenir	Labex Digicosme	O	Névéol Aurélie	26/01/2017	31/12/2017	7 600
Financement de 6 mois de CDD ingénieur dans le cadre du GT "TAL&SEM"	Investissements d'avenir	Labex Digicosme	O	Grau Brigitte	27/02/2017	31/12/2017	18 500	
STRAPFORAMACHRO	Institut de Recherche en Santé Publique		N	Hamon Thierry	01/03/2017	31/07/2018	10 010	
CompBio	Investissements d'avenir	Département STIC	O	Névéol Aurélie	24/08/2017	30/06/2018	2 000	
PROTO-TAO LSF	Ministère de la Culture (DGLFLF)	AAP Langues et numérique 2017	O	Filhol Michael	06/09/2017	31/12/2018	40 000	



Collaborations de recherche : suite

	Acronyme	Financier/ Partenaire	Programme/ Instrument	Coordinateur	Responsable LIMSI	Début	Fin	Part LIMSI €
	GT "ERVEN"	Investissements d'avenir	Labex Digicosme	O	Ligozat Anne-Laure	06/11/2017	31/12/2019	2 400
		Université Paris Nord	DIM RFSI	O	Filhol Michael	08/06/2018	31/12/2019	16 000
Contrats UE	uComp	CEE via ANR	CHIST-ERA	N	Paroubek Patrick	15/11/2012	14/11/2015	183 997
	MIROR	CEE	Marie Curie- ITN	N	Yvon François et Zweigenbaum Pierre	01/03/2016	29/02/2020	525 751
Ressources licences	Lexique UMLF	ASIP Santé		O	Zweigenbaum Pierre	23/01/2013	NC	0
		NIST	TREC	O	Zweigenbaum Pierre	01/01/2015	31/12/2015	0
	Q4RME	NII	CLEF	O	Grau Brigitte	25/02/2015	31/03/2016	0
	Q4RME	NII	CLEF	O	Grau Brigitte	15/04/2015	31/12/2015	0
		INSERM-CépiDc	CLEF	O	Grau Brigitte	26/06/2015	21/06/2019	0

10°) Post-doctorants et chercheurs seniors accueillis

Post-doctorants

- Asadullah, Munshi (10/15- 08/16)
- Bouamor, Dhouha (12/14 - 11/15)
- Campillos, Leonardo (05/15 - 03/18 puis 05/18- 12/18)
- Deléger, Louise (12/12- 08/14)
- D'hondt, Eva (04/14- 03/17)
- Falco, Mathieu-Henri (10/13- 08/14)
- Fraisse, Amel (02/13- 08/15)
- Hadjadj, Mohamed (11/16- 08/18)
- Magistry, Pierre (02/17- 03/18)
- Moreno, José (10/15- 08/16)
- Morlane-Hondère, François (11/14- 05/16)
- Nguyen, Kiem-Hieu (03/13- 06/15)
- Pho, Van-Minh (10/15- 08/16)
- Rahman, Rashedur (04/18- 04/19)
- Ramadier, Lionel 06/17- 05/18)
- Sadoun, Driss (10/13- 08/14)

Chercheurs seniors accueillis

- Ryo Nagata (Konan University, Kobe, Japon) : 1 an dont 6 mois dans la période, dont financement Digitéo – 1 co-publication
- Kevin B. Cohen (University of Colorado School of Medicine, Denver, Co., USA) : 19 mois en tout : 1 mois juin 2014 Digitéo, 1 mois décembre 2014 Digitéo, 1 mois juin 2015 Université Paris-Sud, 1 mois décembre 2015 Digitéo, 3 mois mars-juin 2016 Labex DigiCosme, 1 an Chaire d'Alembert Paris-Saclay (6 mois en 2016-2017 et 6 mois en 2017-2018) – 7 co-publications
- Efstathios Stamatatos (University of the Aegean, Grèce) : 2 mois, Digitéo – 1 co-publication
- Tim Miller (Harvard Medical School, Cambridge, Mass., USA) : 2 mois, Labex DigiCosme, juin-juillet 2017
- John McDonald (DePaul University, Chicago, Il., USA) : 3 mois, Université Paris-Sud, septembre-novembre 2017 – 1 co-publication



11°) Indices de reconnaissance

Distinctions

- P. Zweigenbaum, Fellow of the American College of Medical Informatics, 2014

Responsabilités dans des sociétés savantes

- ATALA, président, vice-présidente, membres du CA
- ATALA, membres du Comité Permanent de TALN (CPerm)
- AFIA, vice-président (jusqu'en 2017)
- AIM, membre du CA (jusqu'en 2016)
- ARIA, membre du CA
- IMIA, responsable du SIG Francophone

Invitations à des colloques / congrès à l'étranger

Annelies Braffort :

- Hanke, T., A. Braffort, M. Huenerfauth & R. Wolfe, Signing Avatar, the past and the future, Signing Creature Workshop (2013), Washington, USA.

Thierry Hamon :

- Biomedical Text Mining. In International Conference on Computational Linguistics and Intelligent Systems (COLINS 2017), April 2017. Invited talk.
- Natural Language Processing for Biomedical Text Mining. Meet-up at Grammarly (Kyiv, Ukraine), June 2017, <https://www.youtube.com/watch?v=80U6XDV4AcY&feature=youtu.be> Sign Language processing: from resources to applications, 5th International Conference on Information and Communication Technology and Accessibility (ICTA 2015), Marrakech, Morocco.

Sophie Rosset :

- Interactive and Incremental Learning for NLP and Humans Needs, Chistera Seminar, 2016

Pierre Zweigenbaum :

- Semantic types and semantic grammars for clinical texts. In Workshop on Computational Semantics in Clinical Texts (CSCT) at the 10th International Conference on Computational Semantics (IWCS), Potsdam, Germany, March 2013. Keynote speech.
- Medical language processing, specialised language of medical domain, and aspects of multilingualism. In 4th International Louhi Workshop on Health Document Text Mining and Information Analysis, Sydney, NSW, Australia, February 2013. Keynote speech.
- The linked open bibliome as a Popperian World 3: implications on co-reference and criticism. In Biomedical Linked Annotation Hackathon, Tokyo, Japan, February 2015. Keynote speech, <http://togotv.dbcls.jp/20150320.html>.
- Zweigenbaum, P., F. Morlane-Hondère, C. Grouin : Identification of drug-related medical conditions in French patient forums for pharmacovigilance. In Second International Workshop on Social Media Mining for Health, Washington, DC, USA, November 2017. AMIA. Invited talk.
- ICD-10 coding of death certificates: CLEF e-Health Shared Tasks datasets and methods. UK Healthcare Text Analytics Conference--HealTAC-2018, Manchester, UK, April 2018. Keynote speech.

Cours à des écoles d'été

- EARIA 2016
- EUROLAN 2017
- BigDataSpeech 2018

Séjours dans des laboratoires étrangers

- Thierry Hamon, Université de Mälardalen Västerås, Suède, 5-14 mars 2014 : teaching staff Erasmus
- Pierre Zweigenbaum, Hubei key laboratory of agricultural bioinformatics, Huazhong Agricultural University, High-end Foreign Experts Recruitment Program, Wuhan, 3 semaines, oct. 2017

Jurys de thèse

- Les membres du groupe ILES ont été invités à participer à 96 jurys de thèse ou HDR, dont 42 comme rapporteur et 39 comme président. Ce décompte n'inclut pas les thèses ou HDR dont ils étaient encadrant ou promoteur.



II - Interaction avec l'environnement, impacts sur l'Économie, la société, la culture, la santé

1°) Brevets, licences et déclarations d'invention

ILES : Brevets, Dépôts APP, licences...

Valorisation	Dépôts APP	Auteur LIMSI	Co auteurs	Date
	logiciel MEDINA anonymisation des données personnelles contenues dans des comptes rendus cliniques	Grouin Cyril	Zweigenbaum Pierre	11/2012
	Licences	Resp. pour le LIMSI	Licencié	Date
	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 10 ans	Bolot Laurence	Websourd	12/2009
	logiciel MEDINA	Grouin Cyril	Université de Bordeaux	10/2015
	logiciel MEDINA	Grouin Cyril	CHU Bar-le-Duc	04/2014
	logiciel MEDINA	Grouin Cyril	Dr Arnaud Rozier	04/2015
	logiciel MEDINA	Grouin Cyril	Université de Lille 3	06/2012
	logiciel MEDINA	Grouin Cyril	HEGP	01/2013
	logiciel MEDINA	Grouin Cyril	INSERM	2013

2°) Interactions avec les acteurs socio-économiques

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

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

3°) Activités d'expertise scientifique

Activités de consultant

- Brigitte Grau, Anne-Laure Ligozat : Spideo 2014
- Sophie Rosset, Éric Bilinski : MyDay GbmH 2017
- Anne-Laure Ligozat, Sophie Rosset : Earlytime 2017-2018
- Anne-Laure Ligozat, Sophie Rosset : Datakeen, 2018
- Thomas Lavergne : Sophia Antipolis, 2018

4°) Produits destinés au grand public

Produits de vulgarisation : articles, interviews, éditions, vidéos, etc.

- Annelies Braffort : Journal du CNRS, version numérique (2017) puis papier (2018)
- Annelies Braffort : Édition de l'univ Paris Saclay (2018)
- Thierry Hamon : Interview sur l'analyse lexicométrique dans Le Monde, 2016
- Thierry Hamon : Interview sur l'analyse lexicométrique dans Rue89/L'Obs. 2016
- Pierre Zweigenbaum : Interview pour le journal du CNRS, « Des logiciels experts en diagnostic médical », 2017



Produits de médiation scientifique

- Futurs en Seine, Paris, 2016 : Patient Genesys
- Fête de la science, Orsay, 2016 : Patient Genesys
- Fête de la science, Orsay, 2016 : Joker
- Fête de la science, Orsay, 2017 : Langue des signes française
- Journée #France IA, La Villette, Paris, 2017 : PVdial
- Forum du CNRS, Paris, 2017 : PVdial
- Colloque Handiversité, Palaiseau, 2018 : PVdial

Débats science et société

- Michael Filhol et Annelies Braffort : Fête de la Science 2017

III - Implication dans la formation par la recherche**1°) Liste exhaustive des thèses et HDR***Thèses*

1. **De Groc, C.** "Collecte orientée sur le Web pour la recherche d'information spécialisée". Orsay, France, 2013, 226p.
2. **Grouin, C.** "Anonymisation de documents cliniques : performances et limites des méthodes symboliques et par apprentissage statistique". Orsay, France, 2013, 258p.
3. **Wang, W.** "Unsupervised Information Extraction From Text – Extraction and Clustering of Relations Between Entities". Orsay, 2013, 226p.
4. **Falco, M.-H.** "Répondre à des questions à réponses multiples sur le Web". Orsay, France, 2014.
5. **Sadoun, D.** "Des spécifications en langage naturel aux spécifications formelles via une ontologie comme modèle pivot". Orsay, France, 2014, 234p.
6. **Bouamor, D.** "Constitution de ressources linguistiques multilingues à partir de corpus de textes parallèles et comparables". Orsay, France, 2014, 174p.
7. **Asadullah, M.** "Identification of Function Points in Software Specifications Using Natural Language Processing". Orsay, 2015, 220p.
8. **Marchand, M.** "Domaines et fouille d'opinion : Une étude des marqueurs multipolaires au niveau du texte". Orsay, France, 2015, 163p.
9. **Pho, V.-M.** "Génération automatique de questionnaires à choix multiples pédagogiques : évaluation de l'homogénéité des options". Orsay, 2015, 125p.
10. **Gleize, M.** "Textual Inference for Machine Comprehension". Orsay, France, 2016, 200p.
11. **Marie, B.** "Extraction d'Information pour les réseaux de régulation de la graine chez Arabidopsis Thaliana". Orsay, France, 2017, 226p.
12. **Valsamou, D.** "Extraction d'Information pour les réseaux de régulation de la graine chez Arabidopsis Thaliana". Orsay, France, 2017, 226p.
13. **Hadjadj, M.** "Modélisation de la langue des signes française : proposition d'un système à compositionnalité sémantique". Orsay, France, 2017.
14. **Benchiheub, M.-F.** "Contribution à l'analyse des mouvements 3D de la Langue des Signes Française (LSF) en Action et en Perception". Orsay, France, 2018, 162p.

Voir aussi Gong L. (2014), Ive J (2017), Letard V (2017) co-encadrés avec TLP et figurant dans la liste de ce groupe.

HDR: Habilitations à diriger des recherches

1. **Paroubek, P.** "De l'évaluation en Traitement Automatique des Langues". Orsay, France, 2013, 94p.
2. **Tannier, X.** "Traitement des événements et ciblage d'information". Orsay, France, 2014, 118p.
3. **Ligozat, A.-L.** "Compréhension ciblée de texte par reconnaissance de relations". Orsay, 2016, 90p.

2°) Productions scientifiques (articles, ouvrages, etc.) issues des thèses

Les revues IPM (Information Processing & Management) et JBI (Journal of Biomedical Informatics) ont une diffusion internationale, les revues JLCL (Journal for Language Technology and Computational Linguistics) et TAL (Traitement Automatique des Langues) ont une audience régionale (proportion importante d'articles en anglais) ; les revues TSI et RIA ont une audience nationale. Au-delà des revues, les conférences ACL, EMNLP, EAACL sont de tout premier plan, les conférences ICTAI (International Conference on Tools with Artificial Intelligence), IWSLT (International Workshop on Spoken Language Translation), CICLING (International Conference on Intelligent Text Processing and Computational Linguistics) sont bien cotées également.



Le Workshop on the Representation and Processing of Sign Languages joue le rôle de conférence internationale principale pour le traitement de la langue des signes.

Revue internationale

1. **Ben Abacha, A.** and **P. Zweigenbaum**. "MEANS: A medical question-answering system combining NLP techniques and semantic Web technologies". In: *Information Processing Management* 51.5 (2015), pp. 570–594.
2. **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". In: *Journal of Biomedical Informatics* 58 (2015), pp. 122–132.
3. **Bouamor, H.**, **A. Max**, and **A. Vilnat**. "Multi-technique paraphrase alignment: A contribution to pinpointing sub-sentential paraphrases". In: *ACM Transactions on Intelligent Systems and Technology* 4.3 (2013), 39 1–39 26.
4. **Marchand, M.**, R. Besançon, O. Mesnard, and **A. Vilnat**. "Domain Adaptation for Opinion Mining: A Study of Multipolarity Words". In: *Journal for Language Technology and Computational Linguistics* (2014), pp. 17–31.
5. **Norman, C.**, T. V. Nguyen, and **A. Névéal** "Contribution of Natural Language Processing in Predicting Rehospitalization Risk". In: *Medical care* 55.8 (2017), p. 781–781.

Revue nationale

1. **Ben Abacha, A.** and **P. Zweigenbaum**. "MEANS : une approche sémantique pour la recherche de réponses aux questions médicales". In: *TAL (Traitement Automatique des Langues)* 55.1 (2014), pp. 71–104.
2. **Minard, A.-L.**, **B. Grau**, **A.-L. Ligozat**, and S. R. Thomas. "Extraction de relations complexes, Application à des résultats expérimentaux en physiologie rénale". In: *Technique et Science Informatiques* 32.1 (2013), pp. 75–108.
3. **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". In: *Revue d'Intelligence Artificielle (RIA)* 29.1 (2015), pp. 47–81.
4. **Wang, W.**, R. Besançon, O. Ferret, and **B. Grau**. "Extraction et Regroupement de Relations entre Entités pour l'Extraction d'Information Non Supervisée". In: *TAL (Traitement Automatique des Langues)* 54.2 (2013), pp. 69–100.

Conférences internationales avec actes (rangs A et B)

1. **Bawden, R.**, R. Sennrich, A. Birch and B. Haddow, Evaluating Discourse Phenomena in Neural Machine Translation, *16th Conference of the North American Chapter of the Association for Computational Linguistics: Human Language Technologies (NAACL-HLT 2018)*, New Orleans US, 2018, 10p
2. **Bouamor, D.**, A. Popescu, N. Semmar, and **P. Zweigenbaum**. "Building specialized bilingual lexicons using large scale background knowledge". In: *Conference on Empirical Methods in Natural Language Processing*. Seattle US, 2013, pp. 479–489.
3. **Bouamor, D.**, N. Semmar, and **P. Zweigenbaum**. "Context vector disambiguation for bilingual lexicon extraction from comparable corpora". In: *Annual Meeting of the Association for Computational Linguistics*. Sofia BG, 2013, pp. 759–764.
4. **Marie, B.** and **A. Max**. "A study in greedy oracle improvement of translation hypotheses". In: *International Workshop on Spoken Language Translation*. Heidelberg DE, 2013, 8p.
5. **Sadoun, D.**, C. Dubois, Y. Ghamri-Doudane, and **B. Grau**. "From natural language requirements to formal specification using an ontology". In: *IEEE International Conference on Tools with Artificial Intelligence*. Washington US, 2013, pp. 755–760.
6. **Boros, E.**, R. Besançon, O. Ferret, and **B. Grau**. "Event role extraction using domain-relevant word representations". In: *Conference on Empirical Methods in Natural Language Processing*. Doha QA, 2014, pp. 1852–1857.
7. **Gong, L.**, **A. Max**, and F. Yvon. "Incremental Development of Statistical Machine Translation Systems". In: *International Workshop on Spoken Language Translation*. South Lake US, 2014, pp. 214–222.
8. **Marie, B.** and **A. Max**. "Confidence-based Rewriting of Machine Translation Output". In: *Conference on Empirical Methods in Natural Language Processing*. Doha QA, 2014, pp. 1261–1272.
9. **Gleize, M.** and **B. Grau**. "A Unified Kernel Approach For Learning Typed Sentence Rewritings". In: *Annual Meeting of the Association for Computational Linguistics*. Beijing CN, 2015, pp. 939–949.
10. **Letard, V.**, S. Rosset, and **G. Illouz**. "Analogical Reasoning for Natural to Formal Language Transfer". In: *IEEE International Conference on Tools with Artificial Intelligence*. Vietri sul Mare IT, 2015, 8p.
11. **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*. Beijing CN, 2015, pp. 554–559.
12. **Marie, B.** and **A. Max** "Touch-Based Pre-Post-Editing of Machine Translation Output". In: *Conference on Empirical Methods in Natural Language Processing*. Lisbonne PT, 2015, pp. 1040–1045.
13. **Benchiheb, M.-F.**, B. Berret, and **A. Braffort**. "Collecting and Analysing a MotionCapture Corpus of French Sign Language". In: *Workshop on the Representation and Processing of Sign Languages*. Portoroz SI, 2016, pp. 7–12.
14. **Letard, V.**, S. Rosset, and **G. Illouz**. "Incremental Learning From Scratch Using Analogical Reasoning". In: *IEEE International Conference on Tools with Artificial Intelligence*. San Jose US, 2016, 8p.



15. **Neifar, W., T. Hamon, P. Zweigenbaum,** M. Ellouze Khemakhem, and L. Hadrich Belguith. "Adaptation of a Term Extractor to Arabic Specialised Texts: First Experiments and Limits". In: *International Conference on Intelligent Text Processing and Computational Linguistics*. Konya TR, 2016, 12p.
16. **Ribeiro, S.,** O. Ferret, and **X. Tannier.** "Unsupervised Event Clustering and Aggregation from Newswire and Web Articles". In: *Conference on Empirical Methods in Natural Language Processing*. Copenhagen DK, 2017, 6p.
17. **Tourille, J.,** O. Ferret, **A. Névéol,** and **X. Tannier.** "Neural Architecture for Temporal Relation Extraction: A Bi-LSTM Approach for Detecting Narrative Containers". In: *Annual Meeting of the Association for Computational Linguistics*. Vancouver CA, 2017, pp. 224–230.
18. **Tourille, J.,** O. Ferret, **X. Tannier,** and **A. Névéol.** "Temporal information extraction from clinical text". In: *Conference of the European Chapter of the Association for Computational Linguistics*. Valence ES, 2017, pp. 739–745.

3°) Efficacité de l'accompagnement des étudiants et qualité de leur encadrement (financement, durée des thèses, taux d'abandon)

Tous les doctorants sont financés. La durée moyenne des thèses dans la période est de 42 mois (3,5 ans). Un doctorant a abandonné après un an, après avoir fait le constat que l'activité de recherche ne lui convenait pas.

4°) Suivi des doctorants en liaison avec les écoles doctorales et attention portée à l'insertion professionnelle des docteurs

Les encadrants du groupe mènent les entretiens organisés par l'école doctorale : entretiens de réinscription à l'automne, comité d'examen à mi-parcours avec des rapporteurs extérieurs.

5°) Labellisation nationale ou internationale des formations (Erasmus mundus p. ex.)

Plusieurs membres du groupe ont contribué à la préparation du dépôt de projet de master européen EIT portée par A Allauzen (TLP) en y proposant des programmes de cours sur le traitement automatique des langues.

6°) Accompagnement des séminaires de doctorants par des chercheurs ; degré de participation des doctorants à la vie de l'entité de recherche

Le groupe organise un séminaire mensuel où les doctorants et post-doctorants présentent à tour de rôle leur recherche en suivant un modèle standardisé. Les présentations doivent respecter le format de 10 transparents en 10 minutes et présenter les points suivants : (1) quelle est la question de recherche traitée ? (2) pourquoi est-elle difficile ? (3) pourquoi est-elle importante ? L'objectif est de les entraîner, aussi bien pour leurs exposés que pour leurs articles, à justifier et mettre en valeur les points clés de leur recherche. Chaque exposé est suivi d'une séance de questions qui dure typiquement vingt à trente minutes.

Une réunion de groupe a lieu chaque semaine pour communiquer et discuter les informations concernant la vie scientifique et administrative du groupe : les étudiants y sont conviés et massivement présents, et participent ainsi à la vie du groupe. Par exception, les réunions à caractère trop administratif ou demandant des discussions en plus petit groupe sont restreintes aux permanents.

Les étudiants sont encouragés à participer aux groupes de travail du Labex DigiCosme coordonnés par les membres du groupe (Représentations Sémantiques Multilingues, Traitement automatique des langues et Sémantique, Sécurité des Données Textuelles, Extraction, Représentation et Visualisation de connaissances pour l'Enseignement Numérique) ou sur d'autres thèmes pertinents (Des Données aux Connaissances, eSanté).

Des doctorants du groupe ont organisé ou co-organisé les Journées Des Doctorants du laboratoire en 2013, 2015, 2017. Des doctorants du groupe ont également aidé à la tenue de la conférence JEP-TALN-RECITAL en juillet 2016 à Paris.

7°) Mobilisation des chercheurs dans le montage de formation de niveau master

Outre le montage d'un master international mentionné plus haut, les membres du groupe, qu'ils soient chercheurs ou enseignants-chercheurs, enseignent en niveau master : Master AIC, Université Paris-Saclay ; Master PluriTAL, INALCO, Paris3, Paris 10 ; Master Erasmus Mundus Data Mining and Knowledge Management, UPMC.



ÉQUIPE 5 : TLP

TRAITEMENT DU LANGAGE PARLÉ

Responsable : Jean-Luc Gauvain

I - Présentation de l'équipe

Le groupe TLP mène des recherches visant à comprendre les processus de communication humaine par la parole et à développer des modèles pour le traitement automatique de la parole. Nos travaux de recherche sont interdisciplinaires par nature, allant du traitement du signal à la sémantique. L'un des principaux objectifs est l'analyse automatique de la parole visant une description complète du signal audio, qu'il s'agisse d'analyser la scène audio, de détecter la présence de parole, d'identifier la langue parlée, de caractériser le ou les locuteurs (leur identité et détecter leur état émotionnel), de transcrire la parole en texte, d'identifier des entités spécifiques dans la transcription, ou encore de traduire la parole. Les domaines applicatifs ciblés sont par exemple l'audiovisuel (sous-titrage, indexation, et traduction), l'interaction dialogique (robotique) et la sécurité (identification et analyse).

Les recherches du groupe sont actuellement structurées en six thèmes interdépendants : Caractérisation du locuteur dans un contexte multimédia (Thème 1); Dimensions affectives et sociales des interactions parlées avec des (ro)bots et enjeux éthiques (Thème 2); Perception et traitement automatique de la variation de la parole (Thème 3); Traduction et apprentissage automatiques (Thème 4); Reconnaissance de la parole (Thème 5); Ressources langagières (Thème 6). Les activités sur l'analyse robuste de la langue et les systèmes de dialogue, pilotées par S. Rosset, ont été transférées du groupe TLP au groupe ILES au 1^{er} janvier 2017 (cf. la présentation du groupe ILES).

En 2018 le groupe comprend 35 membres dont 17 permanents (y compris 2 DR émérites). Le groupe comprenait environ 50 membres en 2013 dont 18 permanents. Cette diminution correspond en grande partie à la fin du programme Quaero.

Pour la période de référence, les membres du groupe ont publié 350 articles dont 62 en revues et 289 en conférences, ainsi que 16 ouvrages et 38 chapitres d'ouvrage. L'impact des publications du groupe sur la communauté scientifique est significatif avec des "h-index" (calculé par Google Scholar) relativement élevés (jusqu'à 54).

Le groupe est traditionnellement très impliqué dans des projets collaboratifs. Nous avons contribué sur la période à 22 projets dont le programme franco-allemand Quaero (2008-2013), 4 projets européens (ICT, Marie-Curie, Chist-ERA), 12 projets ANR (PRCI, CONTINT, PRC, Blanc, ...), 3 projets DGA (RAPID), 1 projet Equipex, et 1 projet PSCP (BpiFrance). Nous avons piloté plusieurs de ces projets dont le projet recherche (CTC) du programme Quaero (21 partenaires et un financement total de 35M€).

Entre 2013 et 2018, le groupe a pris part à 18 campagnes d'évaluation internationales, sur la transcription de la parole (NIST OpenKWS), l'identification de la langue (NIST LRE), la traduction (WMT, IWLST), et la recherche d'information dans des documents multimédias (NIST TRECVID, MediaEval, ELDA REPERE). Nos soumissions à OpenKWS 2013-2016, en collaboration avec BBN, ont été régulièrement classées en tête (première pour la plupart des conditions).

La valorisation des travaux de recherche est dans l'ADN du groupe. Via la société Vocapia, les résultats de nos travaux sur l'analyse automatique de la parole sont utilisés depuis quelques années par une dizaine d'agences gouvernementales en France et à l'étranger pour des applications de défense et sécurité. Ils servent aussi à travers le monde (une vingtaine de pays et une vingtaine de langues) pour la pige des médias audiovisuels, la transcription de téléconférences, ou encore la transcription de débats parlementaires

(ex. Assemblée Nationale, Sénat, Parlement Européen, Parlement du Koweït).

La réflexion éthique est présente depuis longtemps au sein du groupe. Suite au rapport fondateur du COMETS du CNRS sur l'Éthique de la Recherche en STIC publié en janvier 2010, coordonné par J. Mariani et qui a conduit à la création de la CERNA (Commission de Réflexion sur l'Éthique de la recherche en Sciences et Technologies du Numérique d'Allistene), des travaux sur l'éthique de la production et de la distribution des ressources linguistiques (G. Adda, J. Mariani) et sur l'éthique des robots sociaux (L. Devillers) ont montré la nécessité de s'impliquer dans la structuration

de la réflexion éthique. G. Adda a été nommé en 2017 au Comité Consultatif National d'Éthique (CCNE). Pour sa part, L. Devillers, outre ses livres, ses interventions auprès des sociétés savantes et ses interventions médiatiques (env. 40 interviews) sur le sujet de l'éthique en intelligence artificielle (IA), est intervenue dans la réflexion FranceIA sur l'éthique de l'IA et dans la mission Villani sur l'IA ; elle est également membre de la CERNA, et du groupe IEEE sur "Ethically Aligned Design of Artificial Intelligence, Robotics and Autonomous Systems" et pilote un groupe de travail sur les normes et standard autour du NUDGING (https://standards.ieee.org/develop/wg/Ethical_Nudging.html).

Effectifs : personnel permanent

Nom	Prénom	Position	HDR	Organisme	Arrivée	Départ
Adda	Gilles	IR	x	CNRS	12/91	
Allauzen	Alexandre	MCF	x	U Paris-Sud	10/05	
Apidianaki	Marianna	CR1		CNRS	10/11	
Barras	Claude	MCFHC	x	U Paris-Sud	02/00	
Boula De Mareüil	Philippe	DR2	x	CNRS	01/02	
Bredin	Hervé	CR1	x	CNRS	09/10	
Cappé	Olivier	DR1	x	CNRS	01/17	01/18
Devillers	Laurence	Pr2	x	Sorbonne U	05/84	
Gangolf	Jean-Jacques	IR		CNRS	09/76	08/14
Gauvain	Jean-Luc	DR1	x	CNRS	10/83	
Guinaudeau	Camille	MCF		U Paris-Sud	09/13	
Lamel	Lori	DR1	x	CNRS	10/91	
Liénard	Jean-Sylvain	DREM	x	CNRS	10/72	
Mariani	Joseph-Jean	DREM	x	CNRS	09/74	
Maynard	Hélène	MCFHC	x	U Paris-Sud	03/84	
Rilliard	Albert	CR1	x	CNRS	01/07	
Vasilescu	Ioana	CR1	x	CNRS	01/06	
Wisniewski	Guillaume	MCF		U Paris-Sud	09/08	
Yvon	François	DR1	x	CNRS	09/07	

Personnel non-permanent : doctorants

Nom	Prénom	Statut	Début de thèse	Fin de thèse
Amazouz	Djegdjiga	Doctorant	14/03/2016	
Aufrant	Lauriane	Doctorant	01/01/2015	06/04/2018
Béchade	Lucile	Doctorant	01/10/2014	23/03/2018
Ben Jannet	Mohamed	Doctorant	15/10/2012	14/10/2015
Berhe	Aman	Doctorant	01/01/2018	
Bluche	Théodore	Doctorant	01/10/2011	13/05/2015
Chastagnol	Clément	Doctorant	01/01/2010	04/10/2013
Delaborde	Agnès	Doctorant	04/09/2009	19/12/2013
Do	Quoc Khanh	Doctorant	01/10/2012	31/03/2016
Dutrey	Camille	Doctorant	06/12/2011	16/12/2014
Etienne	Caroline	Doctorant	01/01/2017	
Foucault	Nicolas	Doctorant	01/10/2009	16/12/2013
Fraga Da Silva	Thiago Henrique	Doctorant	01/07/2009	29/09/2014
Gahbiche-Braham	Souhir	Doctorant	01/11/2009	30/09/2013
Gari Soler	Aina	Doctorant	10/11/2017	
Gelly	Gregory	Doctorant	02/05/2014	22/09/2017
Godard	Pierre	Doctorant	01/04/2015	
Gong	Li	Doctorant	01/10/2011	25/11/2014
Ive	Julia	Doctorant	20/02/2014	01/09/2017
Karanasou	Panagiota	Doctorant	01/09/2009	11/06/2013
Knyazeva	Elena	Doctorant	01/10/2013	25/05/2018
Labeau	Matthieu	Doctorant	01/10/2014	
Letard	Vincent	Doctorant	01/10/2013	28/04/2017
Löser	Kevin	Doctorant	01/10/2014	
Matveeva	Yulia	Doctorant	01/11/2016	Abandon
Maurice	Benjamin	Doctorant	01/11/2017	
Montariol	Syrielle	Doctorant	02/01/2018	
Ngo Ho	Anh Khoa	Doctorant	01/10/2017	
Pécheux	Nicolas	Doctorant	01/10/2012	27/09/2016
Rosales	José	Doctorant	10/01/2018	
Safari	Pooyan	Doctorant	01/11/2016	
Soury	Mariette	Doctorant	01/10/2011	28/10/2014
Xu	Yong	Doctorant	01/10/2012	26/09/2016
Yang	Fan	Doctorant	01/10/2012	23/10/2015
Yin	Ruiqing	Doctorant	01/10/2016	

Personnel non-permanent : CDD

Nom	Prénom	Statut	Arrivée	Départ
Albert	Pierre	CDD	02/13	06/13
Armeni	Kristijan	CDD	12/12	01/13
Bailly	Raphaël	Ch contractuel	10/11	12/13
Ben Jannet	Mohamed	Post-Doc	12/15	08/17
Ben Kheder	Waad	Post-Doc	12/17	11/18
Bérénice	Leila	CDD	12/14	05/16
Bourquin	Juliette	CDD	02/18	03/18

Personnel non-permanent : CDD

Nom	Prénom	Statut	Arrivée	Départ
Burlot	Franck	Post-Doc	03/15	01/18
Chastagnol	Clément	CDD	02/13	11/13
Clément	Charlotte	CDD	01/15	12/16
Cooper-Leavitt	Jamison	Ch contractuel	09/16	12/17
Cui	Xiangli	CDD	02/14	05/14
Delaborde	Agnès	Post-Doc	04/14	08/15
Dinarelli	Marco	Post-Doc	12/12	09/13
Do	Quoc Khanh	Post-Doc	01/16	05/16
Doukhan	David	Post-Doc	09/14	02/16
Dubuisson-Duplessis	Guillaume	Post-Doc	10/14	12/16
Fraga Da Silva	Thiago Henrique	CDD	07/09	08/14
Garcia	Mélanie	CDD	01/17	06/17
Gong	Li	CDD	10/14	11/15
Gorin	Arseniy	Post-Doc	02/15	08/15
Gossart	Clément	CDD	10/14	09/15
Hartmann	William	Post-Doc	10/12	09/14
Hellec	Charline	CDD	09/14	12/14
Hellec	Charline	CDD	05/15	12/15
Hellel	Noura	CDD	01/16	04/16
Huang	Guangpu	Post-Doc	04/15	12/16
Jain	Varun	Ch contractuel	07/15	07/16
Jarry	Lola	CDD	09/14	07/15
Lacroix	Ophélie	Post-Doc	03/15	09/17
Landeau	Anais	CDD	03/16	12/16
Laurent	Antoine	Post-Doc	10/13	10/14
Lencina	Julietta	CDD	08/14	10/14
Letard	Vincent	CDD	10/16	06/17
Li	Linlin	Post-Doc	03/14	05/15
Lileikyté	Rasa	Post-Doc	11/14	10/16
Lysaght	Ruth	CDD	01/13	04/13
Mardi	Mustapha	Ch contractuel	09/15	06/16
Messaoudi	Abdelkhalek	Ch contractuel	01/11	12/13
Munck	Signe Andrea	CDD	11/12	03/13
Nattiez	Laura	Ch contractuel	10/15	12/15
Nguyen	Huyen Anh	Ch contractuel	02/14	05/14
Niehues	Jan	Ch contractuel	02/14	03/14
Pittaro	Gabrielle	CDD	09/16	12/16
Poignant	Johann	Post-Doc	01/15	03/15
Rezgui	Abdelhakim	CDD	10/14	08/15
Roy	Anindya	Post-Doc	12/11	03/14
Sarkar	Achintya Kumar	Post-Doc	07/12	04/14
Segal	Natalia	Ch contractuel	01/14	12/14
Sehili	Mohamed El Amine	CDD	10/13	09/15
Sgourelli	Myrsini	CDD	01/15	03/15
Sidabraite-Brunet	Rita	CDD	06/12	12/13



Personnel non-permanent : CDD

Nom	Prénom	Statut	Arrivée	Départ
Singh	Anil Kumar	Post-Doc	05/12	10/13
Struel Rojko	Mirjam	CDD	01/13	03/13
Ta	Anh-Phuong	Post-Doc	12/12	03/14
Tahiri	Hicham	Ch contractuel	05/13	05/13
Tahon	Marie	Post-Doc	07/12	08/13
Tahon	Marie	Post-Doc	09/14	08/15
Thlithi	Marwa	Post-Doc	10/16	09/17
Thorez- Oparin	Nadège	CDD	03/08	12/13
Tillieux	Richard	CDD	08/12	01/13
Vieira	Lilian	CDD	09/13	09/13
Wottawa	Jane	CDD	09/17	08/18
Xu	Yong	CDD	09/16	11/16
Ziane	Fériel	Ch contractuel	10/15	06/16



L'UNITÉ

AERO

ETCM

TSF

ILES

TLP

AMI

CPU

VENISE

AA

VIDA

II - Bilan scientifique

Thème 1 : Caractérisation du locuteur dans un contexte multimédia

Hervé Bredin, Gilles Adda, Claude Barras, Cong-Thanh Do, Camille Guinaudeau, Johann Poignant, Anindya Roy, Achintya Sarkar, Guillaume Wisniewski, Ruiqing Yin

Les activités du thème "Caractérisation du locuteur dans un contexte multimédia" se sont développées principalement selon trois grands axes.

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 et représentation des 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, une nouvelle activité portant sur la structuration sémantique de contenus audio-visuels (films, séries TV) a vu le jour, 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 (Bredin et al., J. Multimedia Information Retrieval, 2014). Les premiers travaux dans cette direction ont été menés dans le cadre du projet ANR/MetaDaTV (2015-2018).

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.

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

Laurence Devillers, Gilles Adda, Claude Barras, Lucile Béchade, Eric Bilinski (P2I), Caroline Etienne, Joseph Mariani, Sophie Rosset (ILES), Ioana Vasilescu, Sergey Volkov

Les activités autour du thème « Dimensions affectives et sociales des interactions parlées avec des (ro)bots et enjeux éthiques » ont été concentrées pendant cette période sur trois axes : le premier axe porte sur la robustesse de la détection des émotions à partir d'indices paralinguistiques et l'utilisation de ces systèmes dans les interactions avec des robots, le deuxième axe porte sur l'interaction affective avec des machines en utilisant des théories en linguistique sur l'interaction, en sociologie sur les rites sociaux, en psychologie cognitive sur les modèles d'évaluation et la théorie des états mentaux, et enfin le troisième axe porte sur le besoin de réflexions éthiques autour de la modélisation affective et le pouvoir de manipulation par les machines vocales (chatbot, robots sociaux, objets vocaux connectés) dans la société.

Les sujets de recherche principaux sont la perception et l'interprétation des signaux émotionnels et sociaux en contexte dans l'interaction orale avec des bots ou des robots. La détection des émotions est effectuée à partir d'indices non verbaux principalement acoustiques alliés à la détection d'indices linguistiques. Les performances des modèles (SVM, réseaux de neurones, deep learning) et leur pouvoir de généralisation dépendent de la qualité et quantité des données d'entraînement. Notre travail de recherche sur les émotions est fondé sur l'utilisation de matériel spontané « *real-life* ». L'équipe a collecté et analysé un grand nombre de bases de données dans différents contextes permettant des études cross-corpus : dans des centres d'appels pour des consultations financières, des appels d'urgence médicale ou encore lors d'interactions humain-robot avec des personnes âgées dans des maisons de retraite. Les expressions émotionnelles sont extrêmement variables d'un individu à l'autre, d'une situation à l'autre. Nous étudions ces facteurs de variabilité (âge,



sexe, tâche, personnalité, santé, lieu, rôle, etc.) et comparons différentes approches d'apprentissage dans l'interaction robotique. L'utilisation des robots conversationnels est assez récente et peu contextualisée.

Nous visons à former des machines intelligentes capables de traiter des dimensions affectives et sociales dans l'interaction avec des humains en contexte dans un espace physique et social. Dans l'interaction, un profil de l'utilisateur est construit dynamiquement à partir du comportement expressif non verbal détecté et du contexte pendant l'interaction. Ce profil est utilisé pour modifier le comportement de la machine qui s'adapte ainsi à l'utilisateur. Le rôle de l'humour dans l'interaction humain-machine a fait l'objet de travaux récents¹. Des tests ont été menés auprès de personnes âgées pour des applications de robots compagnons avec les robots Pepper et Nao à l'hôpital Broca et dans des EHPAD avec des gérontologues et des ergothérapeutes dans le cadre de deux projets JOKER et ROMEO2. Nous avons monté le projet EU-Chistera JOKER (2013-2018) et participé au projet BPI ROMEO2 (2013-17)², qui faisait suite au projet FUI ROMEO.

Cinq thèses ont été soutenues dans cette période sur des sujets autour des interactions émotionnelles : C. Chastagnol (Reconnaissance automatique des dimensions affectives dans l'interaction orale homme-machine pour des personnes dépendante) en 2013, A. Delaborde (Modélisation du profil émotionnel de l'utilisateur dans les interactions parlées Humain-Machine) en 2013, M. Soury (Détection multimodale du stress pour la conception de logiciels de remédiation) en 2014, F. Yang (Détection de marqueurs affectifs et attentionnels de personnes âgées en interaction avec un robot) en 2015 et L. Béchade (L'humour dans les interactions sociales homme-robot) en 2018.

L'interaction avec des robots affectifs et sociaux a un fort pouvoir de modification du comportement des personnes qui vont les utiliser. Nous parlons de co-évolution humain-machine : la machine s'adapte à l'humain et l'humain s'adaptera à la machine. Ces sujets sont importants à anticiper dans la société, ce sujet dépasse la communauté scientifique et a été diffusé à une large audience dans le livre "*Des robots et des hommes : mythes, fantasmes et réalité*", paru chez Plon en 2017.

Des travaux sur l'éthique de la conception de ces systèmes doués d'intelligence artificielle sont en cours à la fois sur la transparence et explicabilité des approches d'apprentissage "deep learning" mais aussi sur le pouvoir de manipulation dans l'interaction avec des machines affectives. Nous sommes impliqués dans le comité de réflexion sur l'éthique de la recherche en numérique CERNA d'Allistène. Plusieurs rapports ont été produits sur l'éthique de la recherche en robotique, sur l'éthique de la recherche en apprentissage machine. Des recherches en philosophie des sciences sont également menées en collaboration avec des philosophes de Sorbonne Université. Par ailleurs, l'équipe a été impliquée dans l'ISN sur le pôle co-évolution humain-machine³ pour mener des recherches interdisciplinaires avec des sociologues et des juristes (ISN T2R (2015-2016), ISN IHR (2015-2016)). Nous avons actuellement un nouveau projet financé par l'institut de convergence interdisciplinaire de Paris-Saclay DATAIA⁴ sur la manipulation incitative par les machines affectives (Bad Nudge, Bad Robot) avec des économistes et nous sommes impliqués dans IEEE Global Initiative on Ethics of Autonomous and Intelligent Systems et en charge d'un groupe de réflexion P7008 sur les standards et normes autour du "nudging". Un axe transversal "ALLIÉ: Alliance entre Langue, Linguistique, Interaction affective humain-machine et Éthique" a d'ailleurs été proposé sur ce sujet au département CHM du LIMSI.

Des travaux sur l'éthique de la conception de ces systèmes doués d'intelligence artificielle sont en cours à la fois sur la transparence et explicabilité des approches d'apprentissage "deep learning" (Thèse CIFRE de C. Etienne (en cours), sur le pouvoir de manipulation dans l'interaction avec des machines affectives mais aussi sur la réflexion nécessaire en philosophie des sciences sur l'appréhension de la réalité technologique des interactions homme-machine. L. Devillers est impliquée dans le comité de réflexion sur l'éthique de la recherche en numérique CERNA d'Allistène depuis 2015. Plusieurs rapports ont été produits sur l'éthique de la recherche en robotique, sur l'éthique de la recherche en apprentissage machine (L. Devillers et al., CERNA 2017 (FR) 2018 (AN)). Par ailleurs, l'équipe a été impliquée dans l'ISN sur le pôle co-évolution humain-machine (<http://digitalsocietyinstitute.com/fr>) pour mener des recherches interdisciplinaires avec des sociologues et des juristes (ISN T2R (2015-2016), ISN IHR (2015-2016)). Nous avons actuellement un nouveau projet financé par l'institut de convergence interdisciplinaire de Paris-Saclay DATAIA sur la manipulation incitative par les machines affectives (Bad Nudge, Bad Robot) avec des économistes et juristes (2 thèses débiteront en parallèle en informatique et en économie en octobre 2018) et nous sommes impliqués dans IEEE Global Initiative on Ethics of Autonomous and Intelligent Systems (L. Devillers est en charge d'un groupe de réflexion P7008 sur les standards et normes autour du "nudging"). Un travail en philosophie des sciences est en cours avec le co-encadrement de S. Volkov (2016-) sur le sujet « Vers un nouveau paradigme de l'interaction humain-machine » avec la philosophe des sciences A. Barberousse (Sorbonne Université). L'objectif de la thèse est l'analyse philosophique du problème de l'interaction homme-robot (IHR).

1 <https://lejournal.cnrs.fr/billets/rire-avec-les-robots-pour-mieux-vivre-avec> (2015)

2 www.projetromeo.com

3 <http://digitalsocietyinstitute.com/fr>

4 <http://dataia.eu/node/79>

La robotique sociale vise la construction de robots qui possèdent des compétences sociales acceptées par les humains. Trois questions principales sont traitées : la construction de la sociabilité artificielle, en évoquant le problème de l'équilibre entre la fonctionnalité interne et l'apparence physique des robots sociaux ; les problèmes de la perception de tels robots par les humains avec l'analyse philosophique du phénomène de « la vallée dérangeante » ; et, finalement, la question des articulations internes du système homme-robot pris comme un tout où il s'agira principalement de la possibilité de la coadaptation entre homme et agent artificiel (problèmes éthiques et risques). Nous avons organisé un workshop international et pluridisciplinaire sur "Social Robot as the Object of Philosophical Inquiry" le 30-31 mai 2018 à la Sorbonne (Sorbonne/LIMSI-CNRS)⁵.

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

Ioana Vasilescu, Philippe Boula de Mareüil, Gilles Adda, Martine Adda-Decker (collab. LPP), Alexandre Allauzen, Eric Bilinski (P2I), Lori Lamel, Hélène Maynard, Albert Rillard, Sophie Rosset (ILES), Frédéric Vernier (AMI)

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 et notamment dans les langues romanes (HDR de I. Vasilescu). Nous avons décrit des instances de variation mais également abordé des questions fondamentales telles que le statut phonologique 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 (Vasilescu et al, Linguistic Vanguard), 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 parlé, 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 phono-style 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 et l'imitation ont été utilisées, deux paradigmes qui permettent 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 (dans plus de 200 points d'enquête). Un atlas sonore a ainsi été mis au point, visant à mettre en valeur la diversité linguistique de la France hexagonale et des Outre-mer, à travers une même histoire, traduite dans nombre de langues et représentée sur une carte interactive, avec une transcription orthographique des enregistrements recueillis. Une soixantaine de langues régionales et non-territoriales (telles le romani et la LSF) est ainsi illustrée, dont la moitié en Océanie. 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 : Traduction et apprentissage automatiques

François Yvon, Gilles Adda, Alexandre Allauzen, Marianna Apidianaki, Laurianne Aufrant, Raphaël Bailly, Rachel Bawden, Franck Burlot, José Carlos Gomès, Marco Dinarelli, Khanh Quoc Do, Aïna Gari, Souhir Gahbiche-Braham, Pierre Godard, Elena Knyazeva, Julia Ive, Ophélie Lacroix, Linlin Li, Matthieu Labeau, Kevin Löser, Hélène Maynard, Syrielle Montariol, Ahn-Khoa Ngo-Ho, Nicolas Pécheux, Pooyan Safari, Natalia Segal, Anil Kumar Singh, Artem Sokolov, Yong Xu, Guillaume Wisniewski.

L'activité du thème « Traduction et Apprentissage Automatiques » recouvre un large spectre de thématiques relatives à l'apprentissage automatique en traitement automatique des langues, avec une focalisation particulière sur les tâches d'apprentissage structuré, et comme terrain d'application principal la traduction automatique statistique (TA). Pendant la période, ces activités se sont développées de manière équilibrée sur ces deux grands axes, avec un aller-retour entre

⁵ <https://socialrobotphilosophy.wordpress.com>

d'un côté des travaux plus fondamentaux sur l'apprentissage structuré et de l'autre leur application à des tâches de traitement multilingues en premier lieu desquelles la TA. Ces activités impliquent des collaborations resserrées avec le Thème « Multilinguisme » du groupe ILES, ainsi qu'au sein du groupe TLP principalement avec le Thème 5 « Reconnaissance de la parole » pour ce qui concerne la traduction de parole et le Thème 1 « Caractérisation du locuteur dans un contexte multimédia » qui aborde des problèmes formellement proches. Ces activités s'appuient sur de nombreux projets et collaborations nationales et internationales : avec les partenaires européens du projet QT21, au premier rang desquels le KIT (Karlsruhe) ou encore avec l'Université de Pennsylvanie.

► La traduction automatique

L'amélioration des systèmes et des modèles de traduction automatique est restée au coeur de nos préoccupations et, comme durant la période précédente, nous avons continué de contribuer activement au développement d'architectures computationnelles pour la TA, en explorant deux directions : (a) d'une part, l'étude de systèmes plus interactifs et plus réactifs, capables de proposer de nouvelles formes de collaboration humain-machine en TA, prototypant des systèmes statistiques capables de traduire à la volée sans aucun apprentissage préalable, ou d'identifier et de traiter ex ante les difficultés de traduction d'un document (thèses de L. Gong et de J. Ives) ; d'autre part en poursuivant nos travaux sur les architectures neuronales pour la TA, qui ont, au cours de la période, radicalement transformé l'état de l'art en TA statistique et éliminé du paysage les méthodes antérieures (TA à base de segments). Le résultat le plus marquant en la matière a été la définition de nouvelles fonctions objectif pour la TA neuronale (thèse de Q.-K. Do) ; ces travaux se développent vers l'exploration de nouvelles architectures convolutionnelles pour la TA (thèse de P. Safari).

De multiples contributions connexes « autour de la TA » ont été réalisées en parallèle : le développement de systèmes pour la TA de haute-qualité en domaine de spécialité (thèses de S. Ghabiche et J. Ives), posant à la fois la question de l'adaptation au domaine et celle de la traduction de mots ou termes inconnus ; la conception d'architectures pour traduire depuis et vers les langues morphologiquement riches (projet H2020/QT21), avec une proposition pour neutraliser automatiquement (en source) les oppositions morphologiquement non-marquées (en cible) ; la traduction automatique de la parole (projet DGA/Rapid RapMat) et de contenus bruités (projet ANR/Parsiti) ; la prise en compte du contexte pour la traduction de dialogue ; des propositions de métriques automatiques et de mesures de qualité pour la TA, plus adaptées à mesurer les progrès du nouvel état de l'art ; l'étude de mesures de confiance pour la TA et pour la post-édition automatique (projet ANR/Transread), etc. Les travaux en TA sont valorisés par des participations régulières à des campagnes d'évaluation pour la traduction de texte (campagnes d'évaluation WMT) ou, plus épisodiquement, pour la traduction de parole (campagnes d'évaluation IWSLT), ainsi que par la production de corpus (corpus de post-édition, corpus de bi-textes). 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-supervisé. Le projet ANR/TransRead a ainsi mis en valeur l'intérêt de calculer des alignements de phrases et de mots très sûrs pour des tâches de lecture bilingue (thèse de Y. Xu) et permis la réalisation d'un premier prototype de liseuse électronique bilingue. Un autre contexte est celui du projet ANR-DFG/BULB, qui nous amène à étudier des alignements entre des représentations continues du signal de parole non segmenté (dans des langues mal documentées) et des séquences de mots (en français) et pose en réalité un double problème : celui de la découverte automatique d'unités significatives et celui de l'alignement de ces unités avec les mots d'une langue connue (thèse de P. Godard). Un résultat important pour la documentation est la validation d'un protocole consistant à enregistrer une traduction orale (en français) des données collectées, dont l'exploitation permet d'améliorer nettement la découverte d'unités lexicales par rapport à la situation où l'on ne dispose que de données monolingues.

► Apprentissage automatique structuré

Les travaux en apprentissage automatique se développent dans deux directions principales. Elles s'intéressent d'une part à des techniques variées pour aborder des tâches supervisées d'apprentissage structuré « de bas niveau » (normalisation, étiquetage en parties du discours ou en chunks, segmentation morphologique, parsing), avec comme ambition de développer des méthodes, par exemple en matière d'adaptation au domaine, qui pourront ensuite être transférées à des problèmes de TA. Elles explorent d'autre part des tâches sémantiques principalement non supervisées (détection de sens, repérage de paraphrases, etc), ici encore avec un focus particulier sur le cadre multilingue, soit qu'il fournisse un contexte facilitateur (détection de sens dans des bitextes), soit qu'il corresponde à l'application finale visée (paraphrases multilingues). Concernant le premier axe, nous avons principalement étudié les modèles probabilistes globalement normalisés (thèse de N. Pécheux), les modèles bayésiens non-paramétriques pour la segmentation morphologique (thèses de P. Godard et de K. Löser), les méthodes d'apprentissage par imitation (thèse de E. Knyazeva), ou encore l'apprentissage de représentations neuronales pour les modèles de langue (thèse de M. Labeau). Ce dernier travail poursuit les pistes initiées par (Le et al., IEEE TSALP 2013) visant à optimiser l'apprentissage à très grande échelle de modèles de langues neuronales. Concernant le second axe, nous avons exploré l'intégration de connaissances sémantiques prédéfinies ou acquises à partir des données dans les métriques d'évaluation de la TA ; l'utilisation de paraphrases monolingues et de traductions pour l'analyse sémantique lexicale et la détection de relations ; ainsi que leur exploitation pour assister des modèles d'analyse sémantique à base de plongements lexicaux (Projet ANR/Multisem).



Une activité importante en traitement des langues multilingue a porté sur le transfert de connaissances ou de ressources depuis une langue bien documentée et/ou bien outillée vers une autre langue moins bien dotée, un problème qui a pris une importance accrue. En plus d'applications évidentes, ce cadre permet 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 (thèse de N. Pécheux et de L. Aufrant ; projet DGA Rapid/Papyrus), ont étudié les deux principaux modes de transfert cross-langue: transfert de modèles délexicalisés et transfert d'annotations avec des applications variées : conversion graphème-phonème, étiquetage morpho-syntaxique, alignement de mots, analyse syntaxique en dépendances, détection de rôles sémantiques. Nos contributions les plus significatives ont porté sur le transfert de connaissances syntaxiques, où nous avons proposé diverses méthodes efficaces pour le transfert cross-langue qui s'appuient sur des ressources linguistiques expertes relativement faciles à obtenir: dictionnaires et règles de génération morphologiques extraits de wiktionnaires, informations typologiques telles que documentées par exemple dans le *WALS* (*World Atlas of Language Structures*). Il est enfin à noter que les travaux en analyse syntaxique sur le transfert se sont accompagnés de plusieurs contributions autour de l'apprentissage d'analyseurs à transition, exploitant en particulier le concept d'oracle non-déterministe pour développer des cadres d'apprentissage non-standard (apprentissage partiel, apprentissage de structures discontinues, etc). 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 fondamentale a fait l'objet d'une publication dans la revue *phare* du domaine (Apidianaki et al, *CL*, 2016). 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'essentiel de nos ressources afin de pouvoir continuer à faire face à une compétition de plus en plus acharnée entre équipes industrielles (Google, Facebook, Amazon, Systran, 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.

Thème 5 : Reconnaissance de la parole

Lori Lamel, **Gilles Adda**, Martine Adda-Decker(collab. LPP), Djegdjiga Amazouz, Waad Ben Kheder, **Eric Bilinski (P2I)**, Jamison Cooper-Leavitt, Cong-Thanh Do, Thiago Fraga Da Silva, **Jean-Jacques Gangolf**, **Jean-Luc Gauvain**, Gregory Gelly, Arseniy Gorin, William Hartmann, Guangpu Huang, Panagiota Karanasou, Antoine Laurent, Rasa Lileikyte, Abdel Messaoudi, Joshua Meyer, Anindya Roy, **Ioana Vasilescu**, Jane Wottawa

La reconnaissance vocale consiste à convertir la forme d'onde de la parole, un signal acoustique, en une séquence de mots. Aujourd'hui, les approches les plus performantes sont fondées sur une modélisation statistique du signal vocal. Nos recherches portent sur les principaux problèmes de la reconnaissance de la parole : modélisation du langage, représentation lexicale, modélisation acoustique-phonétique et décodage. La réalisation de chaque mot dépend fortement du locuteur, du contexte social et de l'environnement acoustique (cf. Thème 2). Les systèmes automatiques de conversion parole-texte doivent être capables de gérer de tels effets contextuels variant dans le temps et d'évoluer pour gérer les changements de style et de sujet, en adaptant son vocabulaire. La recherche sur la reconnaissance de la parole est menée dans un contexte multilingue, en étudiant et en développant des modèles pour une multitude de langues et de variantes dialectales. En collaboration avec le Thème 3, des études linguistiques sur corpus sont réalisées pour quantifier et découvrir les tendances linguistiques, et les erreurs du système sont étudiées pour identifier les faiblesses technologiques potentielles et sont comparées aux performances humaines de référence.

Des recherches récentes ont porté sur la reconnaissance de la parole et la détection de mots-clés pour les langues à ressources limitées, explorant la découverte automatique d'unités acoustiques et lexicales pour la reconnaissance de la parole, ainsi que la modélisation acoustique cross-langue ou multilingue. Dans le cadre du programme Quaero, diverses approches d'entraînement non supervisé ont été étudiées pour plus de 12 langues européennes (Thèses de P. Karanasou et T. Fraga Da Silva). Ce travail prolonge notre travail précédent sur l'entraînement semi-supervisé et non supervisé de modèles acoustiques pour des données web ou de télédiffusion, avec une supervision indirecte par le biais de modèles linguistiques entraînés sur des textes Web. Pour la parole téléphonique conversationnelle, et en particulier pour les langues dont les ressources sont limitées, il est difficile de trouver des données de parole représentatives avec des transcriptions qui sont nécessaires pour entraîner, ou du moins amorcer, les modèles. L. Lamel a donné une conférence invitée sur ce sujet à ASRU 2013. Dans le contexte des langues aux ressources limitées, nous avons également étudié l'«apprentissage actif» pour sélectionner les ressources audio et textuelles pertinentes dans le but de réduire le besoin de transcription humaine. Ces travaux ont été validés dans les évaluations OpenKWS 2013-2016 organisées par le NIST où nos soumissions (équipe Babelon) ont été régulièrement classées première pour la plupart des conditions. D'autres travaux en cours explorent les traits discriminants produits par les perceptrons multicouches (MLP) et la meilleure façon de les adapter aux tâches, aux variantes dialectales et aux langues. Cette recherche est abordée dans le cadre des projets ANR/Salsa et



ANR-DFG/Bulb. Salsa traite de la reconnaissance de la parole et de la détection de mots clés dans la parole informelle et accentuée, et du code switching, essentiellement entre le français et l'arabe (Thèse de D. Amazouz, en cours).

Un sujet de recherche connexe est l'identification des langues et des dialectes. Notre soumission à la campagne d'évaluation LRE 2015 organisée par le NIST, qui visait à distinguer les langues et dialectes proches de la même langue, a été très performante.

Pour ce problème multi-classe nous avons proposé une nouvelle architecture neuronale permettant de projeter une séquence d'entrée de longueur variable sur un vecteur unique de taille fixe dont la direction est représentative de la classe. Cette projection est associée à une fonction de coût dite de proximité angulaire qui minimise l'écart des projections pour des séquences d'une même classe tout en maximisant l'écart des projections pour des séquences de différentes classes (thèse de G. Gelly). Nous avons obtenu de bons résultats lors de la campagne d'évaluation LRE 2015 organisée par le NIST en combinant cette nouvelle approche avec une approche phonotactique plus classique.

Nous travaillons également sur le problème de la détection de la parole, une étape critique dans tout système de traitement de la parole. Sur ce sujet nous avons proposé une méthode d'optimisation globale d'un système de détection de parole fondé sur des réseaux neuronaux récurrents. Cette méthode permet d'optimiser l'ensemble des caractéristiques du système (y compris la paramétrisation acoustique) et de minimiser directement le taux d'erreur d'un système de transcription placé en aval du module de détection (thèse de G. Gelly) (Gelly et Gauvain, IEEE/ACM TASLP). Cette approche a été évaluée avec succès lors de la campagne OpenSAD organisée par le NIST en 2015.

La diarisation acoustique peut être considérée comme une généralisation de la diarisation du locuteur (cf. Thème 1) pour intégrer une description de tous les événements acoustiques dans un document audio. Nous avons récemment entrepris des recherches sur ce sujet en utilisant des corpus accessibles au public tels que DCASE et Google audioset, dans le but de détecter les événements audio continus et impulsifs.

Nous avons soutenu les évaluations MediaEval et TrecVID 2013-2014 en fournissant des transcriptions automatiques de plusieurs centaines d'heures de données audio.

Thème 6 : Ressources langagières

Gilles Adda, Martine Adda-Decker (collab. LPP), Djegdjiga Amazouz, **Claude Barras**, **Eric Bilinski (P2I)**, **Philippe Boula de Mareüil**, **Hervé Bredin**, **Jean-Jacques Gangolf**, **Jean-Luc Gauvain**, **Lori Lamel**, **Joseph Mariani**, **Sophie Rosset (ILES)**, Rita Sidabraite-Brunet, Anh-Phuong Ta, **Ioana Vasilescu**

L'évaluation comparative est un élément moteur du traitement de la parole depuis plus de 30 ans. Les corpus sont au cœur de ces deux grands paradigmes. Alors que dans le passé, l'utilisation des grands corpus s'est limitée à quelques domaines et langues, la dernière décennie a connu une vraie expansion vers le multilinguisme et la multimodalité. Le développement de corpus et l'organisation d'évaluations sont cruciaux pour la communauté linguistique et posent à leur tour des problèmes scientifiques qui doivent être résolus, tels que les corpus à collecter et comment ils devraient être annotés, ainsi que des questions scientifiques sur la façon de récompenser leurs promoteurs et la façon d'assurer l'éthique dans le processus de collecte. Ce thème traite de l'aspect théorique et des problèmes pratiques concernant la collecte, l'annotation et la diffusion de grands corpus multilingues.

À la suite du projet Quaero, où 35 transcripateurs ont transcrit plus de 1.700 heures de parole (émissions radio-télévisées, séminaires,...) en 25 langues, 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/Salsa) ou le développement d'un corpus en roumain pour étudier la tâche Diapix (collaboration LIMSI- Labex EFL). 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).

La classification des erreurs, le diagnostic et la mesure de l'impact au moyen de tests perceptifs constituent des étapes importantes pour identifier les faiblesses des modèles des systèmes de transcription de pointe et préparer les générations futures de systèmes de traitement du langage parlé (projet ANR/VERA). 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, une plateforme d'annotation collaborative, pour les données 3M (multilingues, multimédias, multimodales) qui a été utilisée dans le cadre d'évaluations internationales.



En parallèle de nos activités de production de corpus, des recherches plus générales sur les ressources linguistiques ont été menées en relation avec les réseaux européens FLReNet et META-NET. Ils traitent de la compilation des ressources linguistiques mentionnées dans les communications présentées lors de conférences (LRE Map), de la comparaison du statut entre les langues (Matrices et tableaux linguistiques) et de la détection des lacunes pour certaines langues (Langues moins ressources), de l'identification unique d'une ressource linguistique et du calcul de son facteur d'impact.

Elle concerne également la dimension éthique de la production et de la distribution des ressources langagières dans le contexte d'un intérêt croissant au niveau international pour le partage des données et le Crowdsourcing, avec le développement en collaboration avec Aproged, Cap Digital, AFCP et ATALA une charte de bonne pratique « Éthique et Big Data ». Cette activité se poursuit par l'organisation de journées d'études, de blog, et d'un numéro spécial TAL 57(2) : TAL et éthique (Karèn Fort, Gilles Adda et Kevin Bretonnel Cohen).



III - Faits marquants et SWOT

Faits marquants

Dans la période couverte par ce rapport de nombreux faits ont marqué la vie du groupe. On peut citer par exemple la fin du programme Quaero, l'obtention de nombreux projets ANR et d'un projet H2020, la participation à 19 campagnes d'évaluation internationale (NIST OpenKWS, NIST LRE, WMT, IWSLT, MediaEval, TRECVID, ...), notre forte présence dans les médias, l'organisation de conférences et workshops, quatre publications primées (TAL 2015, EACL-SENSE 2017, EAMT 2017, Workshop EMNLP-SCLeM 2017), la valorisation de nos recherches, et notre installation dans de nouveaux locaux.

Voici une sélection de quatre faits marquants :

Forte présence dans les médias

Environ 70 interventions entre 2015 et 2018 par plusieurs membres du groupe - L'Intelligence Artificielle (IA) et la robotique, qui sont aujourd'hui partout dans les médias, posent de nombreuses questions sociétales. Afin de démystifier les croyances sur l'IA, Laurence Devillers a donné plus d'une quarantaine d'interviews dans la presse écrite (Libération, La Recherche, Sciences et Avenir, Philosophie Magazine, ...) et audiovisuelle (Arte, France2, Public Sénat, France Inter, BFM TV, France Culture, RFI, Europe 1, ...) abordant des questions telles que "les robots sont-ils conscients?" ou "l'empathie des robots". Sur cette thématique elle est aussi intervenue au ministère de la santé, au sénat, et à l'académie des sciences et de médecine. Sur un autre sujet, les accents régionaux étant définis par notre perception et nos représentations (notre imaginaire linguistique), il est important d'aller vers le grand public pour confronter les résultats de nos recherches et certaines idées reçues. Le sujet s'y prête bien, dans la mesure où nous avons tous des anecdotes à raconter en matière d'accents, que ceux-ci intéressent le plus grand nombre et déclenchent parfois les passions. Au risque d'écorner certains mythes et de battre en brèche certains stéréotypes bien ancrés dans la société, Philippe Boula de Mareuil a donné plus d'une vingtaine d'interviews pour la presse écrite (Le Monde, Le Figaro, Le Parisien, ...) et audiovisuelle (France 3, M6, France Inter, France Culture, France Bleu, RFI, RTL, Europe 1, ...), abordant des questions telles que "les accents du sud-est et du sud-ouest de la France sont-ils différents?" ou "existe-t-il un accent parisien?".

Résultats OpenKWS en collaboration avec BBN (2014-2015)

Nous avons contribué aux soumissions de l'équipe Babelon qui ont été régulièrement classées en tête (première pour la plupart des conditions) dans les évaluations OpenKWS (2013-2016) organisées par le NIST. Les avancées récentes en matière de transcription de la parole concernent une minorité de langues dominantes sur le plan commercial, les développements technologiques pour les 6000 langues restantes étant limités. Nombre de ces langues, en plus d'être d'intérêt épistémologique pour les linguistes et les sociologues, présentent un intérêt pour la communauté du renseignement. Le traitement de ces langues peu dotées (documentation linguistique insuffisante, pas de forme écrite standardisée, peu de ressources électroniques, etc) pose de nouveaux défis. De nouvelles directions de recherche, dont l'apprentissage non supervisé,

l'apprentissage actif et l'augmentation des données, ont été explorées pour 25 langues à ressources limitées dont certaines avec alternance de code linguistique. Bien que les erreurs de reconnaissance de la parole demeurent élevées pour ces langues, l'identification de mots-clés permet aux utilisateurs de localiser des documents audio d'intérêt potentiel dans de gigantesques corpus audiovisuels, ce qui réduit le travail requis par les analystes.

Forte valorisation de nos recherches

La valorisation des travaux de recherche est dans l'ADN du groupe. Via la société Vocapia, les résultats de nos travaux sur l'analyse automatique de la parole sont utilisés depuis quelques années par une dizaine d'agences gouvernementales en France et à l'étranger pour des applications de défense et sécurité. Ils servent aussi à travers le monde (une vingtaine de pays et une vingtaine de langues) pour la pige des médias audiovisuels, la transcription de téléconférences, ou encore la transcription de débats parlementaires (ex. Assemblée Nationale, Sénat, Parlement Européen, Parlement du Koweït).

Organisation du Workshop « Big data et linguistique »

Ces dernières années a vu se développer une nouvelle approche en linguistique de corpus, décrite comme « outillée » ou « instrumentée », une méthodologie conjuguant traitement automatique de l'oral et analyses acoustico-prosodiques des marques de la variation linguistique. Cette méthodologie répond aux besoins des linguistes d'objectiver et d'appuyer les présupposés théoriques sur la matière première d'analyse, la langue, dans ses actualisations effectives et quotidiennes. Dans ce nouveau cadre méthodologique, la recherche s'appuie sur de grands corpus de parole enregistrée. Dans ce contexte le groupe (plus précisément I. Vasilescu, G. Adda, J. Mariani, M. Adda-Decker, L. Lamel) a organisé en 2017 le workshop « big data et linguistique » avec pour objectif principal d'encourager le dialogue entre les communautés linguistique travaillant sur la langue parlée (SHS) et celle des chercheurs en traitement automatique de la communication parlée (STIC). Ce dialogue témoigne de l'ouverture des disciplines humanistes aux approches et méthodes intégrant outils numériques et grandes masses de données et qui constituent un aspect important des « humanités numériques ». L'organisation de ce workshop souligne le renforcement des activités du groupe dans le domaine de la linguistique de corpus.



IV - Projet scientifique

Pour les cinq prochaines années, le groupe continuera ses activités sur ses principaux thèmes de recherche. Toutefois nous veillerons à nous positionner en dehors des problématiques traitées par les GAFAM qui disposent de ressources considérables auxquelles nous n'avons pas accès. Nous visons à renforcer nos activités sur la linguistique de corpus et sur des problématiques liées à des applications pour lesquelles on peut jouer à armes égales avec les GAFAM ou des applications qu'ils ne ciblent pas ou peu. On s'intéressera en particulier à des applications de sécurité et défense. Dans le cadre de la restructuration du département CHM, le groupe a proposé de recentrer ses activités sur l'analyse, la modélisation et le traitement de la parole.

Nous souhaitons renforcer nos travaux sur l'analyse de scènes audio dans le but de générer une description complète du signal audio incluant l'identification d'événements et d'environnements acoustiques en complément de la transcription de la parole et de la caractérisation des locuteurs. Ces travaux présentent un intérêt aussi bien pour l'analyse de documents audio-visuels que dans le cadre d'une interaction homme-machine.

Nous poursuivrons l'exploration de la variation dans la parole à travers une approche résolument interdisciplinaire de linguistique de corpus, en matière de changements phonétiques, de prosodie expressive, de styles de parole, d'accents, et de dialectes. Nous comptons en particulier élargir nos travaux de cartographie linguistique à différents pays de la Romania, combinant enquêtes de terrain, techniques de "crowdsourcing", et expériences de perception et analyse de données au moyen du traitement automatique. Les enjeux patrimoniaux, didactiques et de politique linguistique seront abordés dans une démarche cognitiviste mettant en avant la compétence et la pratique linguistique dans son environnement culturel et pragmatique.

L'un des problèmes posés par les modèles statistiques mis en oeuvre dans tous les systèmes de traitement étudiés dans le groupe (en particulier les modèles neuronaux) est la qualité et le coût des données d'apprentissage. Le groupe, qui a été un précurseur sur les méthodes d'apprentissage peu supervisé pour le traitement de la parole, utilise aujourd'hui ces méthodes pour palier l'insuffisance des données d'apprentissage et des annotations associées pour l'ensemble des applications ciblées. Afin de rendre possible l'usage de très grands corpus non annotés, hétérogènes et multimodaux, nous comptons réduire encore le degré de supervision de l'apprentissage complété avec un apprentissage actif visant à sélectionner les données les plus utiles. L'un des objectifs est l'élaboration de modèles multidomains, voire multilingues.

ANNEXE 4 : TLP – Sélection des produits et activités de la recherche

I - PRODUCTION DE CONNAISSANCES ET ACTIVITÉS CONCOURANT AU RAYONNEMENT ET A L'ATTRACTIVITE SCIENTIFIQUE

1°) Journaux / Revues

Articles scientifiques

1. **Le, H. S., I. Oparin, A. Allauzen, J.-L. Gauvain, and F. Yvon.** "Structured output layer neural network language models for speech recognition". In: *IEEE Transactions on Audio, Speech, and Language Processing* 21.1 (2013), pp. 197–206.
2. McCarthy, D., **M. Apidianaki**, and K. Erk. "Word Sense Clustering and Clusterability". In: *Computational Linguistics* 42.2 (2016), pp. 245–275.
3. **Pécheux, N., G. Wisniewski, and F. Yvon.** "Reassessing the value of resources for cross-lingual transfer of POS tagging models". In: *Language Resources and Evaluation* 51.4 (2017), pp. 927–960.
4. **Gelly, G.** and **J.-L. Gauvain.** "Optimization of RNN-based Speech Activity Detection". In: *IEEE/ACM Transactions on Audio, Speech, and Language Processing* 26.3 (2018), pp. 646–656.
5. **Tahon, M.** and **L. Devillers.** "Towards a small set of robust acoustic features for emotion recognition". In: *IEEE/ACM Transactions on Audio, Speech, and Language Processing* 24.1 (2016), pp. 16–28.
6. **Kolly, M.-J., P. Boula De Mareüil, A. Leemann, and V. Dellwo.** "Listeners use temporal information to identify French- and English-accented speech". In: *Speech Communication* 86 (2016), pp. 121–134.
7. **Barras, C., A. K. Sarkar, C.-T. Do, and V. B. Le.** "Combination of Cepstral and Phonetically Discriminative Features for Speaker Verification". In: *IEEE Signal Processing Letters* 21.9 (2014), pp. 1040–1044.
8. **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". In: *Journal of Speech Sciences* 4.2 (2015), pp. 59–72.
9. **Devillers, L., M. Tahon, M. E. A. Sehili, and A. Delaborde.** "Inference of Human Beings' Emotional States from Speech in Human-Robot Interactions". In: *International Journal of Social Robotics* 7.4 (2015), pp. 451–463.
10. **Lileikytė, R., L. Lamel, J.-L. Gauvain, and A. Gorin.** "Conversational telephone speech recognition for Lithuanian". In: *Computer Speech and Language* 49 (2018), pp. 71–82.
11. **Vasilescu, I., I. Chitoran, B. Dimulescu-Vieru, M. Adda-Decker, L. Lamel, O. Niculescu, and P. Langlais.** "Studying variation in Romanian: deletion of the definite article-l in continuous speech". In: *Linguistic Vanguard* (2018), 17p.
12. **Bredin, H., A. Roy, V.-B. Le, and C. Barras.** "Person instance graphs for mono-, cross- and multi-modal person recognition in multimedia data. Application to speaker identification in TV broadcast". In: *International Journal of Multimedia Information Retrieval* 3.3 (2014), pp. 161–175.

Articles de synthèse / revues bibliographiques

1. **Mariani, J.-J., P. Paroubek, G. Francopoulo, and O. Hamon.** "Rediscovering 15+2 Years of Discoveries in Language Resources and Evaluation". In: *Language Resources and Evaluation* 50.2 (2016), pp. 165–220.

Autres articles (articles publiés dans des revues professionnelles ou techniques, etc.)

1. **F. Yvon,** Traduire comme on joue au Go, *Journal du CNRS*, octobre 2016.
2. **J. Mariani,** 21 langues menacées d'extinction numérique, *Journal du CNRS*, N. 270, Janvier–février 2013
3. **J. Mariani,** Quand les machines apprennent les langues. *Revue Culture et Recherche*, Ministère de la Culture, N°137, Printemps–Été 2018
4. **L. Devillers,** Rire avec les robots pour mieux vivre avec, *Journal du CNRS*, juin 2015.
5. **L. Devillers,** Tester les robots pour mieux vivre avec, *Pour la Science*, juin 2017
6. **L. Devillers,** Interview pour le magazine *Science et Avenir*, Intelligence Artificielle : où en est-on vraiment ? Septembre 2017
7. **L. Devillers,** Mon assistant le Robot, *La recherche*, septembre 2017

2°) Ouvrages

Direction et coordination d'ouvrages / édition scientifique

1. **L. Devillers, M. Eskenazi, J. Mariani (eds.),** "Advanced Social Interaction with Agents", Springer, Verlag (2018)
2. **J. Mariani, S. Rosset, M. Garnier-Rizet, L. Devillers (eds.),** "Natural Interaction with Robots, Knowbots and Smartphones", Springer, Verlag (2013)

Chapitres d'ouvrage

1. **Adda, G., J.-J. Mariani**, L. Besacier, and H. Gelas. "Economic and ethical background of crowdsourcing for speech". In: *Crowdsourcing for Speech Processing: Applications to Data Collection, Transcription and Assessment*. Wiley, 2013, pp. 303–334. ISBN: 9781118358696.
2. **Devillers, L.** "Automatic detection of emotion from real-life data". In: *Prosody and Iconicity*. John Benjamins Publishing Company, 2013, pp. 219–231. ISBN : 978-90-272-72195.
3. Buendia, A. and **L. Devillers**. "From informative cooperative dialogues to long-term social relation with a robot". In: *Natural Interaction with Robots, Knowbots and Smartphones*. Springer, 2014, pp. 133–151. ISBN: 978-1-4614-8279-6.
4. Langlais, P. and **F. Yvon**. "Issues in analogical inference over sequences of symbols: a case study on proper name transliteration". In: *Computational approaches to analogical reasoning: current trends*. Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2014, pp. 59–82. ISBN: 978-3-642-54516-0.
5. **Mariani, J.-J., S. Rosset**, M. Garnier-Rizet, and **L. Devillers**. Natural Interaction with robots, knowbots and smartphones- Putting Spoken dialog systems into practice. Springer, 2014, 397p. ISBN : 978-1-4614-8280-2.
6. **Yvon, F.** "Machine Translation". In: *Oxford Bibliographies in Linguistics*. New York: Oxford University Press, 2014, 28p. ISBN: 9780199772810.
7. Adda-Decker, M. and **L. Lamel**. "Discovering Speech Reductions across Speaking Styles and Languages". In: *Rethinking Reduction*. Cambridge University Press, 2017, 30p.
8. **Lamel, L.** and **J.-L. Gauvain**. "Speech Recognition". In: *OUP Handbook on Computational Linguistics, 2nd Edition*. Oxford University Press, 2017, 25p.
9. M. Eskenazi, **L. Devillers**, and **J. Mariani** "Advanced Social Interaction with Agents", Springer, Verlag (2018)

3°) Colloques / congrès, séminaires de recherche

Éditions d'actes de colloques / congrès

1. Bimbot, F., C. Cerisara, C. Fougeron, G. Gravier, **L. Lamel**, F. Pellegrino, and P. Perrier. Proceedings of the 14th Annual Conference of the International Speech Communication Association (Interspeech 2013). *International Speech Communication Association*, 2013. ISBN: ISSN 2308-457X.
2. Froeliger, N., **J.-J. Mariani**, J.-F. Nomine, and A. Wallon. Translation Careers and Technologies: Convergence Points for the Future- Proceedings Tralogy II. *INIST*, 2013, 500p. ISBN: ISSN-2116-3197.
3. **Yvon, F.**, M. Federico, and S. Stucker. *Proceedings of the 11th Workshop on Spoken Language Translation*. 2014, 287p.
4. Fort, K., **G. Adda**, and K. Cohen. *TAL et éthique*. Vol. 57-2. ATALA, 2016, 107p. ISBN: 1965-0906.
5. Nicoletta Calzolari, Khalid Choukri, Thierry Declerck, Hrafn Loftsson, Bente Maegaard, **Joseph Mariani**, Asunción Moreno, Jan Odijk, Stelios Piperidis (eds.). Proceedings of the Ninth International Conference on Language Resources and Evaluation, LREC 2014, Reykjavik, Iceland, May 26-31, 2014. *European Language Resources Association (ELRA)* 2014, ISBN 978-2-9517408-9-1 ; LREC 2016, Portorož, Slovenia, May 23-28, 2016 ; LREC 2018, Miyazaki, Japan, May 7-12, 2018. ISBN 978-2-9517408-9-1

Articles publiés dans des actes de colloques / congrès

1. **Boula De Mareüil, P.**, A. Rilliard, I. Lehka-Lemarchand, and **F. Ivent**. "Regional accents and languages in France: a contrastive prosodic analysis of Romance varieties". In: *Annual Conference of the International Speech Communication Association*. 2013, pp. 72–75.
2. **Bredin, H.** and J. Poignant. "Integer linear programming for speaker diarization and cross-modal identification in TV broadcast". In: *Annual Conference of the International Speech Communication Association*. Lyon- FR, 2013, 5p.
3. Candea, M., M. Adda-Decker, and **L. Lamel**. "Recent Evolution of Non Standard Consonantal Variants in French Broadcast News". In: *Annual Conference of the International Speech Communication Association*. Lyon- FR, 2013, pp. 412–416.
4. Charlet, D., **C. Barras**, and J.-S. Liénard. "Impact of overlapping speech detection on speaker diarization for broadcast news and debates". In: *IEEE International Conference on Acoustics, Speech, and Signal Processing*. Vancouver- CA, 2013, pp. 7707–7711.
5. **Devillers, L.** and **M. Soury**. "A social interaction system for studying humor with the robot NAO". In: *International Conference on Multimodal Interaction*. Sydney- AU, 2013, pp. 313–314.
6. **Do, C.-T.**, **C. Barras**, V.-B. Le, and A. **K. Sarkar**. "Augmenting short-term cepstral features with long-term discriminative features for speaker verification of telephone data". In: *Annual Conference of the International Speech Communication Association*. Lyon- FR, 2013, pp. 2484–2488.
7. **Fraga Da Silva, T.**, **J.-L. Gauvain**, and **L. Lamel**. "Interpolation of acoustic models for speech recognition". In: *Annual Conference of the International Speech Communication Association*. Lyon- FR, 2013, pp. 3347–3351.
8. **Hartmann, W.**, **A. Roy**, **L. Lamel**, and **J.-L. Gauvain**. "Acoustic unit discovery and pronunciation generation from a grapheme-based lexicon". In: *IEEE Automatic Speech Recognition and Understanding Workshop*. Olomouc- CZ, 2013, pp. 380–385.



9. **Karanasou, P., F. Yvon, T. Lavergne, and L. Lamel.** “Discriminative training of a phoneme confusion model for a dynamic lexicon in ASR”. In: *Annual Conference of the International Speech Communication Association*. Lyon- FR, 2013, 5p.
10. Lehnen, P., **A. Allauzen**, T. Lavergne, **F. Yvon**, S. Hahn, and H. Ney. “Structure learning in hidden conditional random fields for grapheme-to-phoneme conversion”. In: *Annual Conference of the International Speech Communication Association*. Lyon- FR, 2013, 5p.
11. Liénard, J.-S. and **C. Barras**. “Fine-grain voice strength estimation from vowel spectral cues”. In: *Annual Conference of the International Speech Communication Association*. Lyon- FR, 2013, pp. 128–132.
12. **Mariani, J.-J.**, P. Paroubek, G. Francopoulo, and M. Delaborde. “Rediscovering 25 years of discoveries in spoken language processing: a preliminary analysis of the ISCA archive”. In: *Annual Conference of the International Speech Communication Association*. Lyon- FR, 2013, 33p.
13. **Poignant, J., H. Bredin**, L. Besacier, G. Quénot, and C. Barras. “Towards a better integration of written names for unsupervised speakers identification in videos”. In: *Annual Conference of the International Speech Communication Association*. 2013, pp. 84–89.
14. **Sarkar, A. K., C. Barras**, and V. B. Le. “Lattice MLLR based m-vector system for speaker verification”. In: *IEEE International Conference on Acoustics, Speech, and Signal Processing*. Vancouver- CA, 2013, pp. 7654–7658.
15. Sundermeyer, M., **I. Oparin, J.-L. Gauvain**, B. Freiberger, R. Schluter, and H. Ney. “Comparison of feedforward and recurrent neural network language models”. In: *IEEE International Conference on Acoustics, Speech, and Signal Processing*. Vancouver - CA, 2013, pp. 8430–8434.
16. **Wisniewski, G.** “On the predictability of human assessment: when matrix completion meets NLP evaluation”. In: *Annual Meeting of the Association for Computational Linguistics*. Sofia- BG, 2013, pp. 137–142.
17. **Bredin, H., A. Roy, N. Pécheux**, and **A. Allauzen**. ““Sheldon Speaking, Bonjour!”: Leveraging Multilingual Tracks for (Weakly) Supervised Speaker Identification”. In: *ACM International Conference on Multimedia*. Orlando- US, 2014, pp. 137–146.
18. **Dutrey, C.**, C. Clavel, **S. Rosset, I. Vasilescu**, and M. Adda-Decker. “A CRF-based approach to automatic disfluency detection in a French call-centre corpus”. In: *Annual Conference of the International Speech Communication Association*. Singapore- SG, 2014, pp. 2897–2901.
19. **Hartmann, W.**, V. B. Le, **A. Messaoudi, L. Lamel**, and **J.-L. Gauvain**. “Comparing decoding strategies for subword-based keyword spotting in low-resourced languages”. In: *Annual Conference of the International Speech Communication Association*. Singapore- SG, 2014, pp. 2764–2768.
20. Le, V.-B., **L. Lamel, A. Messaoudi, W. Hartmann, J.-L. Gauvain**, C. Woehrling, and J. Despres. “Developing STT and KWS systems using limited language resources”. In: *Annual Conference of the International Speech Communication Association*. Singapore- SG, 2014, pp. 2484–2488.
21. **Letard, V., S. Rosset**, and G. Illouz. “A mapping-based approach for general formal human computer interaction using natural language”. In: *Annual Meeting of the Association for Computational Linguistics*. Baltimore- US, 2014, pp. 34–40.
22. Plas, L. van der, **M. Apidianaki**, and C. Chen. “Global methods for cross-lingual semantic role and predicate labelling”. In: *International Conference on Computational Linguistics*. Dublin- IE, 2014, pp. 1279–1290.
23. **Segal, N., H. Maynard, Q. K. Do, A. Allauzen, J.-L. Gauvain, L. Lamel**, and **F. Yvon**. “LIMSI English-French Speech Translation System”. In: *Proc. International Workshop on Spoken Language Translation*, Lake Tahoe, CA, 2014, pp. 106–112.
24. **Sehili, M. E. A., F. Yang**, and **L. Devillers**. “Attention Detection in Elderly People-Robot Spoken Interaction”. In: *International Conference on Multimodal Interaction*. 2014, pp. 7–12.
25. **Wisniewski, G., N. Pécheux, S. Gahbiche-Braham**, and **F. Yvon**. “Cross-Lingual Part-of-Speech Tagging through Ambiguous Learning”. In: *Conference on Empirical Methods in Natural Language Processing*. Doha- QA, 2014, 7p.
26. **Bécheade, 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*. Seattle- US, 2015, pp. 347–350.
27. Cherrer, Y., **P. Boula De Mareüil**, and J.-P. Goldman. “Crowdsourced mapping of pronunciation variants in European French”. In: *International Congress of Phonetic Sciences*. Glasgow- GB, 2015, 5p.
28. **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*. Lisbon- PT, 2015, pp. 1046–1052.
29. **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*. Dresden- DE, 2015, pp. 3159–3163.
30. **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*. Dresden- DE, 2015, pp. 2650–2654.
31. **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*. Dresden- DE, 2015, pp. 195–199.



32. **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*. Glasgow- GB, 2015, 5p.
33. **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*. Lisbon- PT, 2015, pp. 232–237.
34. **Apidianaki, M.** “Vector-space Models for PPDB Paraphrase Ranking in Context”. In: *Conference on Empirical Methods in Natural Language Processing*. Austin- US, 2016, pp. 2028–2034.
35. **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*. San Francisco- US, 2016, pp. 3231–3235.
36. **Godard, P.**, **G. Adda**, **M. Adda-Decker**, **A. Allauzen**, L. Besacier, **H. 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*. San Francisco- US, 2016, pp. 3539–3543.
37. **Gorin, A.**, **R. Lileikyté**, **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*. San Francisco - US, 2016, pp. 775–779.
38. **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*. Shanghai- CN, 2016, pp. 6020–6024.
39. **Ive, J.** and **F. Yvon**. “Parallel Sentence Compression”. In: *International Conference on Computational Linguistics*. Osaka- JP, 2016, pp. 1503–1513.
40. **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*. San Diego- US, 2016, pp. 1058–1063.
41. **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*. Shanghai- CN, 2016, pp. 5975–5979.
42. Renwick, M. E., **I. Vasilescu**, C. Dutrey, **L. Lamel**, and B. Dimulescu-Vieru. “Marginal contrast among Romanian vowels: evidence from ASR and functional load”. In: *Annual Conference of the International Speech Communication Association*. San Francisco- US, 2016, pp. 2433–2437.
43. **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*. San Diego- US, 2016, pp. 27–31.
44. **Amazouz, D.**, M. Adda-Decker, and **L. Lamel**. “Addressing Code-Switching in French/Algerian Arabic Speech”. In: *Annual Conference of the International Speech Communication Association*. Stockholm- SE, 2017, pp. 62–66.
45. **Apidianaki, M.**, D. Wijaya, B. Callahan, J. Hewitt, J. Gao, X. Ling, and C. Callison-Burch. “Learning Translations via Matrix Completion”. In: *Conference on Empirical Methods in Natural Language Processing*. Copenhagen- DK, 2017, pp. 1453–1464.
46. **Aufrant, L.**, **G. Wisniewski**, and **F. Yvon**. “Don’t Stop Me Now! Using Global Dynamic Oracles to Correct Training Biases of Transition-Based Dependency Parsers”. In: *Conference of the European Chapter of the ACL*. Valencia- ES, 2017, pp. 318–323.
47. **Bredin, H.** “TristouNet: Triplet Loss for Speaker Turn Embedding”. In: *IEEE International Conference on Acoustics, Speech, and Signal Processing*. New Orleans- US, 2017, pp. 5430–5434.
48. **Cooper-Leavitt, J.**, **L. Lamel**, A. Rialland, M. Adda-Decker, and **G. Adda**. “Developing an Embosi (Bantu C25) Speech Variant Dictionary to Model Vowel Elision and Morpheme Deletion”. In: *Annual Conference of the International Speech Communication Association*. Stockholm- SE, 2017, pp. 3911–3915.
49. **Gelly, G.** and **J.-L. Gauvain**. “Spoken Language Identification Using LSTM-Based Angular Proximity”. In: *Annual Conference of the International Speech Communication Association*. Stockholm- SE, 2017, pp. 2566–2570.
50. **Labeau, M.** and **A. Allauzen**. “An experimental analysis of Noise-Contrastive Estimation: the noise distribution matters”. In: *Conference of the European Chapter of the Association for Computational Linguistics*. Valencia- ES, 2017, pp. 15–20.
51. Lavergne, T. and **F. Yvon**. “Learning the Structure of Variable-Order CRFs: a finite-state perspective”. In: *Conference on Empirical Methods in Natural Language Processing*. Copenhagen- DK, 2017, pp. 433–439.
52. Mechanic, R., D. Fulgoni, H. Cutler, S. Rajana, Z. Liu, B. Jackson, A. Cocos, C. Callison-Burch, and **M. Apidianaki**. “KnowYourNyms? A Game of Semantic Relationships”. In: *Conference on Empirical Methods in Natural Language Processing*. Copenhagen- DK, 2017, pp. 37–42.
53. **Lileikyté, R.**, **T. Fraga-Silva**, **L. Lamel**, **J.-L. Gauvain**, **A. Laurent**, and **G. Huang**. “Effective keyword search for low-resourced conversational speech”. In: *IEEE International Conference on Acoustics, Speech, and Signal Processing*. New Orleans- US, 2017, pp. 5785–5789.



54. **Wisniewski, G., H. Bredin, G. Gelly, and C. Barras.** "Combining Speaker Turn Embedding and Incremental Structure Prediction for Low-Latency Speaker Diarization". In: *Annual Conference of the International Speech Communication Association*. Stockholm- SE, 2017, pp. 3582–3586.
55. **Yin, R., H. Bredin, and C. Barras.** "Speaker Change Detection in Broadcast TV using Bidirectional Long Short-Term Memory Networks". In: *Annual Conference of the International Speech Communication Association*. Stockholm- SE, 2017, pp. 3827–3831.
56. **Godard, P., G. Adda, M. Adda-Decker, J. Benjumea, L. Besacier, J. Cooper-Leavitt, G-N. Kouarata, L. Lamel, H. Maynard, M. Müller, A. Rialland, S. Stüker, F. Yvon and M. Zanon-Boito.** "A Very Low Resource Language Speech Corpus for Computational Language Documentation Experiments". Proceedings of the *Eleventh International Conference on Language Resources and Evaluation*. 2018, pp. 3366-3370.
57. **Poignant, J., M. Budnik, H. Bredin, C. Barras, M. Stefan, 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*. Portoroz- SI, 2016, 5p.
58. **Apidianaki, M., G. Wisniewski, A. Cocos, and C. Callison-Burch.** "Automated Paraphrase Lattice Creation for Hyter Machine Translation Evaluation". In: *Conference of the North American Chapter of the Association for Computational Linguistics: Human Language Technologies*. New Orleans, LO, 2018, 5p.
59. **Aufrant, L. and G. Wisniewski and F. Yvon.** "Exploiting Dynamic Oracles to train Projective Dependency Parsers on Non-Projective Trees". In: *Conference of the North American Chapter of the Association for Computational Linguistics: Human Language Technologies*. New Orleans, LO, 2018, 5p.
60. **Cocos, A., M. Apidianaki, and C. Callison-Burch.** "Comparing Constraints for Taxonomic Organization". In: *Conference of the North American Chapter of the Association for Computational Linguistics: Human Language Technologies*. New Orleans, LO, 2018, 9p.
61. **Kriz, R., E. Miltakaki, M. Apidianaki, and C. Callison-Burch.** "Simplification using Paraphrases and Context-Based Lexical Substitution". In: *Conference of the North American Chapter of the Association for Computational Linguistics: Human Language Technologies*. New Orleans, LO, 2018, 9p.
62. **Wisniewski, G., O. Lacroix, and F. Yvon.** "Automatically Selecting the Best Dependency Annotation Design with Dynamic Oracles". In: *Conference of the North American Chapter of the Association for Computational Linguistics: Human Language Technologies*. New Orleans, LO, 2018, 5p.

4°) Organisation de colloques / congrès

Participation à l'organisation de plus de 90 colloques/congrès.

1. *Interspeech* (2013-2018): **C. Barras**, membre technical program committee (2013); **J.L. Gauvain**, membre technical program committee (2015, 2017, 2018); **L. Lamel**, co-technical chair en 2013, membre technical program committee (2014, 2016, 2017, 2018); **L. Devillers** membre technical committee (Show and Tell), **J. Mariani**, membre technical program committee (2013).
2. *European chapter of the Association for Computational Linguistics* (EACL 2017) : **F. Yvon**, Area Chair.
3. *LREC* (2014, 2016, 2018): **J. Mariani**, membre du Comité de Programme (2014, 2016, 2018).
4. *Language and Technology Conference* (LTC 2015) : **J. Mariani**, co-chair
5. *Conference on Statistical Language and Speech Processing* (SLSP 2013) : **L. Lamel**, membre comité de programme.
6. *EUSIPCO 2017* : **L. Lamel**, area chair
7. *International Workshop on Spoken Language Translation* (IWSLT 2013-2018) : **F. Yvon**, membre de l'International Advisory Committee de 2013 à 2018, Program Chair en 2014; **J. Mariani**, membre de l'International Advisory Committee de 2013 à 2018, co-chair en 2013;
8. *Conférence TRALOGY II* (2013) : **J. Mariani**, membre du Comité de Programme.
9. *Workshop "Less-Resourced Languages"* à LTC (2013, 2015) : **J. Mariani**, co-organisateur (2013, 2015)
10. *Conférence "Errors by Humans and Machines in Multimedia, Multimodal and Multilingual Data Processing"* (Errare 2013, 2015) : **G. Adda**, chair en 2013, membre du Comité d'Organisation en 2015; **L. Lamel**, membre du comité scientifique en 2013 et 2015; **J. Mariani**, co-chair en 2103, membre du Comité d'Organisation en 2015; **I. Vasilescu**, membre du Comité d'Organisation en 2013, chair en 2015; **H. Bredin**, membre du Comité d'Organisation en 2013.
11. *Workshop MediaEval* (2015, 2016): **H. Bredin**, membre du comité d'Organisation.
12. *JEP-TALN-RECITAL* (2016) : **S. Rosset**, membre du comité d'Organisation.
13. *Manifestation "Nouvelles technologies, langue française, langues de France"* (2013) : **J. Mariani**, membre du Comité de Pilotage.
14. *International Workshop on Spoken Dialog Systems* (IWSDS 2014-2018) : **J. Mariani**, membre du Steering Committee (2014-2018).
15. *Workshop "Collaboration and Computing for Under-Resourced Languages"* (CCURL, 2014, 2016, 2018) : **J. Mariani**, membre du Comité d'Organisation (2014, 2016 et 2018).
16. *Workshop "Language Technology Service Platforms: Synergies, Standards, Sharing"* (2014) : **J. Mariani**, membre du Comité d'Organisation.



17. Colloque « Technologies pour les langues régionales de France » (TLRF, 2015) : G. Adda, chair; **J. Mariani**, membre du Comité d'Organisation.
18. Workshop on "Collecting and Generating Resources for Chatbots and Conversational Agents - Development and Evaluation" (RE-Wochat, 2016) : J. Mariani, membre du Comité d'Organisation.
19. Workshop "ETHics In Corpus collection, Annotation and Application" (ETHI-CA², 2016) : **L. Devillers**, membre du Comité d'Organisation; J. Mariani, membre du Comité d'Organisation.
20. Workshop "Emotion Social Signals, Sentiment and Linked Open Data" (ES-3 LOD, 2014): **L. Devillers**, membre du Comité d'Organisation.
21. Workshop ACL "Continuous Vector Space Models and their Compositionality" (CVSV): **A. Allauzen**, organisateur.
22. Workshop on "Chatbots and Conversational Agents" (WOCHAT, 2016-2018): **J. Mariani**, membre du Comité d'Organisation en 2016, membre du Senior Steering Committee en 2017 et 2018.
23. Workshop "Legal and Ethical Issues" (2018) : **L. Devillers, J. Mariani**, membres du Comité d'Organisation.
24. Workshop "Linguistique et big data" (2017) : **L. Lamel, J. Mariani**, M. Adda-Decker, **G. Adda** membres du Comité d'Organisation; **I. Vasilescu**, principale organisatrice.
25. Colloque Handiversité (2014, 2016, 2018) : **H. Maynard**, co-organisatrice.

5°) Produits et outils informatiques

Logiciels

- STK toolkit : conception de modèles pour la reconnaissance de la parole, licence FIST
- Ppyannote.metrics : évaluation des systèmes de segmentation et regroupement en locuteurs, licence MIT
- Pyannote.audio : approches neuronales pour la segmentation et regroupement en locuteurs, licence MIT
- Pyannote.video : approches neuronales pour le suivi et la reconnaissance de visages, licence MIT
- CAMOMILE : outil d'annotation collaborative de documents multimédia, licence MIT

Corpus

- Corpus NLP4NLP : corpus d'articles scientifiques NLP, <http://www.nlp4nlp.org/>
- Corpus Mbochi : corpus de parole avec transcriptions et traduction en français, projet ANR BULB Project
- Corpus of aligned sentences: projet ANR Transread, <https://transread.limsi.fr/resources.html>
- Corpus de traduction post-éditées (domaine médical) : <http://www.translatecochrane.fr/corpus>
- Corpus d'erreurs de traduction : projet ANR Trace, <https://anrtrace.limsi.fr>
- Corpus UCAR : corpus de dialogues homme-machine, projet CHIST-ERA Joker, <https://ucar.limsi.fr>
- Corpus PVDial : corpus de dialogues issue des projets Patient GeneSys et PVDial, <https://pvdial.limsi.fr>
- Corpus Quaero : corpus de parole des émissions télévision transcrit en 22 langues <http://www.quaero.org/>
- Corpus Orelo : Annotation en langue et dialecte des enregistrements dans les dialectes principaux du Maghreb (Marocain, Algérien, Tunisien) et l'Égyptien. <https://perso.limsi.fr/tlp/orelo.html>

6°) Développements instrumentaux et méthodologiques

Prototypes et démonstrateurs

- Patient Genesys et PVDial- patient virtuel dialoguant : Le projet Patient Genesys se situe dans le cadre de la formation des professionnels de santé à la conduite de l'entretien clinique et de l'examen clinique pour aboutir à un diagnostic et des propositions de traitements et/ou d'exams complémentaires. Dans ce projet, le LIMSI avait en charge le développement de l'agent conversationnel simulant le patient. L'objectif scientifique était de proposer et implémenter des méthodes robustes à toute spécialité médicale. Dans le cadre du projet de maturation PVDIAL, nous avons doté le système d'une capacité à s'adapter à des spécialités médicales nouvelles et avons adopté le système à l'anglais et à l'espagnol. <https://pvdial.limsi.fr/>
- Chatbot Joker- Interface utilisateur avec des capacités de communication sociale : Dans le cadre du projet CHIST-ERA JOKER nous avons proposé et mis en oeuvre des méthodes permettant de modéliser de la conversation tout venant. Une interface de conversation avec le système est disponible publiquement et est régulièrement utilisée pour collecter des données. <https://webjoker.limsi.fr/REWOCHAT>.
- RAPMAT : Traduction de la parole pour iOS et Android, projet DGA RAPMAT. Le projet RAPMAT a traité le problème de la traduction dans le cadre d'interactions homme-homme médiées par la machine pour des domaines ciblés. Il visait en particulier la réalisation d'un système de traduction intégré dans un service accessible via un téléphone portable intelligent.
- STTAPI : La plateforme STTAPI est un service Web de transcription automatique mise en place dans le cadre du programme Quaero pour mettre notre technologie à disposition de l'ensemble des partenaires du programme. Ce service a aussi été intégré (avec la traduction) à la plateforme VoiceTra4U du consortium international U-STAR avec la participation de 33 instituts dans 26 pays. <https://sttapi.limsi.fr:8093>, <http://www.ustar-consortium.com>



Plateformes et observatoires

- Atlas sonore des langues régionales de France : L'objectif de ce travail est de montrer et de valoriser la diversité linguistique de la France, à travers des enregistrements recueillis sur le terrain, une réalisation informatique (qui permet de visualiser les aires dialectales) et un travail de transcription orthographique (qui représente un objet de recherche en soi). Il y a ainsi une dimension à la fois scientifique et patrimoniale à ce travail, dans la mesure où un certain nombre de langues régionales ou minoritaires sont en situation critique. <https://atlas.limsi.fr>

7°) Activités éditoriales

Participation à des comités éditoriaux (journaux scientifiques, revues, collections, etc)

Les membres du groupe sont membres des comités éditoriaux de Speech Communication, Computer, Speech and Language, TAL, Natural Language Engineering (NLE), Journal Language Resources and Evaluation, Journal of Artificial Intelligence Research (JAIR), Bulletin of Scientific Terminology and Neologisms, Academy of Athens, Essays in Lexical Semantics and Computational Lexicography, Springer Publications.

Direction de collections et de séries

- Membre du Comité scientifique et Series Editor collection "Cognitive Science" ISTE Ltd (J. Mariani 2013-2016)
- Membre de l'Editorial Board de la collection de livres Springer "Machine Translation: Technologies and Applications" (F. Yvon)

8°) Activités d'évaluation

Évaluation d'articles et d'ouvrages scientifiques (relecture d'articles / reviewing)

Les membres du groupe sont régulièrement évaluateurs pour de nombreux journaux du domaine : Speech Communication, Computer, Speech and Language, TAL, Natural Language Engineering (NLE), IEEE. Trans SAP, MTAP, EURASIP JASP, Journal Language Resources and Evaluation, Journal of Artificial Intelligence Research (JAIR), ...

Nous avons une très forte participation au comité scientifique de nombreuses conférences et workshops tous les ans (ACL, ACM, AMTA, ICASSP, IJCAI, Interspeech, Eusipco, Speech Prosody, JEP, COLING, LREC, EAMT, EMNLP, NAACL, HLT, WMT, CORIA, TALN, ICML, AAI, NIPS, SLTU, SLT, MT Summit, IJCNLP, LTC, CCURL, Oriental-Cocosda, IWSDS, SPECOM, Odyssey, MMEDIA, ICMR, CBMI, CoNLL, CACLING, EAACL, SIGDIAL, ICLR, IWSLT...

Évaluation de projets de recherche

Les membres du groupe ont participé aux évaluations des projets de recherche nationaux et internationaux tels que :

- Projets 2020-ERC (2016, F. Yvon)
- Projets ANR (F. Yvon 2013, 2014, 2015, 2016, 2017; C. Barras 2016, 2018 ; M. Apidianaki 2016, 2018 ; I. Vasilescu 2015 ; L. Devillers 2014; A. Allauzen 2018)
- Projets CHIST-ERA (J. Mariani 2013, L. Lamel 2012-2015, C. Barras 2014)
- Experte pour la Commission Européenne : évaluation de projets en cours (L. Lamel 2014, 2015, 2017, 2018)
- Évaluation de projet Région Aquitaine (H. Brédin 2013)
- Évaluation de projets pour IWT (the Research and Innovation Funding Agency of the Flemish government) (M. Apidianaki 2015)
- Évaluation de projets pour le Pôle de Compétitivité Cap Digital (S. Rosset 2013-2016, L. Devillers 2013-2015)
- Évaluation de projet pour le Fond National Suisse (I. Vasilescu 2015)
- Évaluation et suivi de projets de l'AAP Langues et numérique de la DGLFLF (G. Adda 2016, 2017, 2018)

Évaluation de laboratoires (type Hcéres)

- Evaluation des équipes-projet du thème "Language, Speech and Audio" d'Inria (F. Yvon 2014)

Responsabilités au sein d'instances d'évaluation

- Membre du Production Crew du Loebner Prize 2013



9°) Contrats de recherche financés par des institutions publiques ou caritatives

TLP : Contrats institutionnels sur financement public

	Acronyme	Financier/ Partenaire	Programme/ Instrument	Coordinateur	Responsable LIMSI	Date de début	Date de fin	Part LIMSI €
ANR	PADE	ANR	JCJC	O	Rilliard Albert	15/12/2010	30/11/2014	163 513
	TransRead	ANR	CONTINT	O	Yvon François	01/10/2012	30/09/2015	236 222
	VERA	ANR	Blanc	N	Rosset Sophie	01/01/2013	31/12/2015	75 810
	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
	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
	ODESSA	ANR	PRCI	O	Barras Claude	01/10/2015	31/03/2020	140 366
	PARSITI	ANR	PRC	N	Wisniewski Guillaume	01/10/2016	30/09/2021	148 373
	MULTISEM	ANR	JCJC	O	Apidianaki Marianna	01/10/2016	31/03/2021	255 612
	PLUMCOT	ANR	PRCI	O	Bredin Hervé	01/11/2016	31/10/2020	219 532
	FLOWCON	ANR	ASTRID	N	Allauzen Alexandre	01/10/2017	28/02/2021	237909
	CROISSANT	ANR	PRC	N	Boula de Mareuil Philippe	01/10/2017	31/12/2021	34 054
Contrats avec l'UE	CAMOMILE	UE via ANR	CHIST-ERA	O	Barras Claude	01/10/2012	31/03/2016	230 894
	JOKER	UE via ANR	CHIST-ERA	O	Devillers Laurence	01/01/2014	30/09/2017	277 024
	QT21	UE	ICT	N	Yvon François	01/02/2015	31/01/2018	256 318
	MIRROR	UE	Marie Curie- ITN	N	Yvon François et Zweigenbaum Pierre	01/03/2016	29/02/2020	525 751

	Acronyme	Financier/ Partenaire	Programme/ Instrument	Coordinateur	Responsable LIMSI	Date de début	Date de fin	Part LIMSI €
Collaborations de recherche	QUAERO	OSEO		O	Gauvain Jean-Luc	01/04/2008	31/12/2013	7 506 519
	DISLOG- Chaire H.Ney	Digitéo	Chaire	O	Gauvain Jean-Luc	01/04/2010	31/12/2013	426 000
	MATRICE	Investissements d'avenir	Equipex	N	Gauvain Jean-Luc	22/02/2011	31/12/2017	180 000
	E-therapies	Région IdF	Pôle compétitivité	O	Devillers Laurence	01/09/2011	31/08/2014	134 776
	RAPMAT	DGCIS	Pôle compétitivité	N	Gauvain Jean-Luc	01/06/2012	31/05/2014	197 089
	CAMOMILE	UE via ANR	CHIST-ERA	O	Barras Claude	01/10/2012	31/03/2016	230 894
	ROMEO2	Investissements d'avenir	PSPC	N	Devillers Laurence	01/12/2012	30/11/2016	293 308
	JOKER	CEE via ANR	CHIST-ERA	O	Devillers Laurence	01/01/2014	30/09/2017	277 024
	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
	IHR-QS	Investissements d'avenir	LidEx ISN	N	Devillers Laurence	17/07/2014	30/06/2016	52 500
	Co-évolution Homme-Machine	Investissements d'avenir	LidEx ISN	N	Devillers Laurence	13/11/2014	30/06/2016	15 000
	GT "Soutien aux Réseaux Profonds"	Investissements d'avenir	Labex Digicosme	N	Allauzen Alexandre et Frenoux Emmanuelle	30/01/2015	31/12/2015	2 700
	QT21	UE	ICT	N	Yvon François	01/02/2015	31/01/2018	256 318
	TE2R	Investissements d'avenir	LidEx ISN	N	Devillers Laurence	12/02/2015	30/06/2016	53 500
	GT "Interaction Humain-Robot"	Investissements d'avenir	Labex Digicosme	N	Devillers Laurence	27/03/2015	31/12/2015	2 000
	ALIBI	Ministère de la Culture (DGLFLF)	AAP Langues et numérique 2016	O	Yvon François	01/01/2016	30/06/2017	9 000
	ATLAS	Ministère de la Culture (DGLFLF)	AAP Langues et numérique 2016	O	Boula de Mareüil Philippe	01/01/2016	30/06/2017	10 000
	MIROR	UE	Marie Curie - ITN	N	Yvon François et Zweigenbaum Pierre	01/03/2016	29/02/2020	525 751
	PVDIAL	SATT	Maturation	O	Zweigenbaum Pierre et Rosset Sophie	26/09/2016	25/05/2018	28 000
STORYARCS	Digitéo		O	Guinaudeau Camille	01/11/2016	09/01/2021	109 000	
Financement stage de Master dans le cadre du GT "Réseaux profonds"	Investissements d'avenir	Labex Digicosme	N	Allauzen Alexandre	26/01/2017	31/12/2017	3 500	

10°) Post-doctorants et chercheurs seniors accueillis

Post-doctorants

23 post-doctorants ont été accueillis dans le groupe sur la période :

- Ben Jannet, Mohamed (12/15- 08/17)
- Ben Kheder, Waad (12/17- 01/18)
- Burlot, Franck (03/15- 01/18)
- Delaborde, Agnès (04/14- 08/15)



- Dinarelli, Marco (12/12- 09/13)
- Do, Quoc Khanh (01/16- 05/16)
- Doukhan, David (09/14- 02/16)
- Dubuisson-Duplessis, Guillaume (10/14- 02/16)
- Fraga Da Silva, Thiago Henrique (09/13- 08/14)
- Gorin, Arseniy (02/15- 08/15)
- Hartmann, William (10/12- 09/14)
- Huang, Guangpu (04/15- 02/16)
- Lacroix, Ophélie (03/15- 09/17)
- Laurent, Antoine (10/13- 10/14)
- Li, Linlin (03/14- 05/15)
- Lileikytė, Rasa (11/14- 10/16)
- Poignant, Johann (01/15- 03/15)
- Roy, Anindya (12/11- 03/14)
- Sarkar, Achintya Kumar (07/12- 04/14)
- Singh, Anil Kumar (05/12- 10/13)
- Ta, Anh-Phuong (12/12- 03/14)
- Tahon, Marie (07/12- 08/13) et (09/14- 08/15)
- Thlithi, Marwa (10/16- 09/17)

Chercheurs seniors accueillis

- Maria Candea, Maitre de Conference, Paris 09/11-02/13
- Owen Rambow DIGITEO, 10/15-11/15
- Satoshi Tamura DIGITEO, 09/13-12/13
- Marie-José Kolly, U Zurich, 12/14-06/15
- Stanislas Lauly, U Sherbrooke, 10/14-12/14
- Valentina De Iacovo, U Genova, 02/16-06/16
- Hermann Ney, RWTH Aachen (plusieurs visites de quelques semaines à quelques mois)

11°) Indices de reconnaissance

Distinctions

- J. Mariani : Officier dans l'ordre des Arts et des Lettres (2016)
- J. Mariani : Honorary Member Association Française pour la Communication Parlée (AFCP) (2016)
- J. Mariani : Token of Recognition International Speech Communication Association (ISCA) (2017)
- L. Lamel : ISCA Fellow (2015)
- J.L. Gauvain : ISCA Fellow (2017)

Responsabilités dans des sociétés savantes

G. Adda :

- Membre du CA AFCP (2013-2016)
- Membre du ELRA Management Board (2016-2018)

M. Apidianaki :

- Co-responsable de l'axe Compréhension du Pré-GDR Traitement Automatique des Langues de l'INS2I (2018)
- Membre du SIGLEX (ACL Special Interest Group on the Lexicon) Executive Board (2013-2016), Advisory Board (2016—)
- Co-coordinatrice du Groupe de Travail DigiCosme sur les Représentations Sémantiques Multilingues

H. Bredin :

- Membre suppléant du conseil d'administration de l'AFCP (2017-)

Laurence Devillers :

- Membre suppléant du conseil d'administration de l'AFCP (2013-2016)
- Membre CERNA – Allistène (2015-)
- Membre Conseil de l'Éthique Publicitaire (2018-)

C. Guinaudeau :

- Membre du conseil d'administration de l'AFCP (2017-)



L. Lamel

- Membre ISCA (International Speech Communication Association) board (2015-2019), chair technical committee, student liaison
- Membre IEEE James L Flanagan award committee (2016-2019, chair 2018-2019)

Joseph Mariani :

- Membre du Conseil d'Administration de la Fondation Elsnet (1996-)
- Membre du Conseil Consultatif de l'Association Francophone pour la Communication Parlée (AFCP)
- Life Member d'ISCA (International Speech Communication Association)
- Life Member de l'International Advisory Committee d'ISCA (International Speech Communication Association)
- Membre du Fellowship Committee ISCA (International Speech Communication Association) (2012-2014)
- Membre du Cocosda International Advisory Committee
- Founding Member de l'association META-TRUST
- Honorary President de l'association ELRA (European Language Resources Association)
- Membre du Working Group ELRA on "Less-Resourced Languages" (2015-2017)
- Membre du SIG ISCA/ELRA on "Under-Resourced Languages" (SIGUL) (2017-)
- Membre du Membership Policy Committee d'ELRA (2017-)
- Membre de l'Ethics Committee d'ELRA (2017-)
- Membre du Comité Scientifique du CESIT-Corsica (Atlas des données toponymiques) (2013)
- Membre du Groupe de Travail "Ethique & Big Data" de l'Aproged (2011-2015)

S. Rosset :

- Membre du CA AFCP (jusqu'en 2016)

*Invitations à des colloques / congrès à l'étranger***L. Devillers :**

- ISCA Distinguished lecturer 2017-2018

L. Lamel :

- Keynote speaker Interspeech 2014 Language Diversity: Speech Processing In A Multi-Lingual Context (Singapore, September 14-18)
- Keynote at IEEE ASRU 2013 Unsupervised Acoustic Model Training with Limited Linguistic Resources, (Dec 8-12, Olomouc, Czech Republic)
- Invited panelist "Lessons learned from organizing and running the challenges presented at IEEE ASRU" (Dec 13-17, Scottsdale, AZ)
- Invited speaker at LT-Innovate Speech processing technologies for OSINT and COMINT (Oct 11, 2017, Brussels)
- Invited talk "An introduction to automatic speech recognition" at New Translation and Interpreting Technologies seminar, Termitur project dissemination event, University of Málaga, (Nov 2-3 2017, Malaga, Spain)
- Keynote speaker PROPOR 2018 Canela Brazil, September 2018
- Keynote speaker International Symposium on Chinese Spoken Language Processing (ISCSLP) (Taipei, Nov 26-28, 2018)

J. Mariani :

- Language Technologies in support of Multilingualism, "Unity in Diversity: Languages for Mobility, Jobs and Active Citizenship" conference, Vilnius, 25-26 September 2013
- ICT Enabling Language Diversity, Symposium National Languages in Higher Education and Science, Athens, 7 November 2013
- avec P. Paroubek, G. Francopoulo, O. Hamon, Rediscovering 15 Years of Discoveries in Language Resources and Evaluation, LREC 2014, Reykjavik, 26-31 May 2014 et Rediscovering 15+1 Years of Discoveries in Language Resources and Evaluation, ELRA 20th Anniversary Workshop, Dubrovnik, 12-13 October 2015
- Language Technologies in Support to Multilingualism, 3rd Conference on Linguistic and Cultural Diversity in Cyberspace, Yakutsk, June 28-July 1st 2014
- avec P. Paroubek, G. Francopoulo, Z. Vetulani, Rediscovering 10 to 20 Years of Discoveries in Language and Technology, L&TC 2015 Conference, Poznan, 28-30 November 2015
- Language Technologies in Support to Multilingualism. WSIS 2017, Geneva, 12-16 June 2017



Séjours dans des laboratoires étrangers

- **F. Yvon** : Séjour au laboratoire DIRO / Université de Montréal en Juin 2013 à l'invitation de Philippe Langlais
- **M. Apidianaki** : Séjours au Computer and Information Science Department à l'Université de Pennsylvanie (10/2016- 06/2017, 10-11/2017, 02-03/2018, 05-06/2018) ; Séjours à Institute for Language and Speech Processing (ILSP) à Athènes (03-04/2016, 06/2016)
- **T. Fraga da Silva** (RWTH, H. Ney juin-aout 2013)

II - INTERACTION AVEC L'ENVIRONNEMENT, IMPACTS SUR L'ÉCONOMIE, LA SOCIÉTÉ, LA CULTURE, LA SANTÉ**1°) Brevets, licences et déclarations d'invention**

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
Librairie gstlib (Generalized Suffix Tree Library)	Rosset Sophie et Guillaume Dubuisson-Duplessis		janvier 2017	
Dépôt SCAM	Auteur LIMSI	Co auteurs	Date	Commentaire
Corpus NCCfr	Adda Decker Martine	Ernestus Myrrijam (Univ. Radbout)	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	



2°) Interactions avec les acteurs socio-économiques

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

TLP : Contrats industriels, contrats sur financement privé

	Acronyme	Financier/ Partenaire	Programme	Coordinateur	Responsable LIMSI	Date de début	Date de fin	Part LIMSI
Encadrement de thèse		EDF	CIFRE	O	Rosset Sophie	06/12/2011	05/12/2014	45 000
		LNE	CIFRE	O	Rosset Sophie	22/10/2012	21/10/2015	23 000
	TNC	IRT SYSTEM X		O	Devillers Laurence	01/10/2016	30/09/2019	45 000
		DREAMQUARK	CIFRE	O	Devillers Laurence	03/10/2016	02/10/2019	45 000

3°) Activités d'expertise scientifique

Activités de consultant

- **H. Bredin** : scientific advisor Hyperflow (2018-)
- **J.L. Gauvain** : concours scientifique auprès de Vocapia Research
- **L. Lamel** : concours scientifique auprès de Vocapia Research

4°) Rapports d'expertises techniques, produits des instances de normalisation

- **J. Mariani**, L'extension du modèle Quaero au niveau Européen, Quaero White Paper, March 2013
- **J. Mariani**, Préface, Charte « Ethique et Big Data », Cap Digital, AFCP, ATALA, Aproged, GFII, Alliance Big Data, 2013
- **G. Adda, J. Mariani**, L. Besacier, A. Gelas. Crowdsourcing for Speech: Economic, Legal and Ethical analysis. LIG Research Report, (RR-LIG-036), LIG, Grenoble, France, 2013.
- **G. Adda, J. Mariani**, Economic, Legal and Ethical analysis of Crowdsourcing for Speech Processing, Notes internes LIMSI, Janvier 2013
- V. Wintermans, **J. Mariani**, Report on Roundtable 4 "Developing Implementation Strategy", International UNESCO Expert Meeting on Improving Access to Multilingual Cyberspace, Paris, 28-29 October 2014
- M. Benjamin, S. Drude, S. Finquelievich, A. Kanniganti, V. Krebs, **J. Mariani**, R. Salverda, M. Seyfeddinipur, K. Choukri, C. Soria, A. Vasiljevs, What can we do now with existing technology to support diversity?, International UNESCO Expert Meeting on Improving Access to Multilingual Cyberspace, Paris, 28-29 October 2014
- **J. Mariani**, S. Sakti. Report on the Panel Discussion "The Future of Under-Resourced Languages", SLTU Conference, Yogyakarta, Indonesia, 09-12 May 2016
- **J. Mariani**. Intervention au Panel "Overcoming the Language Barrier: Multilingualism and Interpretation", Colloquium Interact'2016 "Building Bridges- Breaking Barriers", Baden-Baden, Germany, July 14-15, 2016
- **J. Mariani**, Technologies de la Langue: Etats des lieux, in Actes du Colloque "Technologies pour les Langues Régionales de France », 19-20 février 2015, Meudon (France), Mars 2016
- **J. Mariani**, Report on the IWSDS 2017 Special Session on Chatbots and Conversational Agents "Wochat" Panel discussion, Farmington (USA), 6-9 June 2017

- **J. Mariani**, S. Sakti. Report on the Interspeech Special Session on the Digital Revolution for Under-resourced Languages (DigRevURL) Panel Discussion, Interspeech, Stockholm, 21-24 August 2017
- **J. Mariani**, K. Choukri, Draft prospective for an International Summit on “Language Technologies for All” in the framework of the UNESCO Year of the Indigenous Languages – 2019, UNESCO, Paris, 11-12 December 2017

5°) Produits destinés au grand public

Produits de vulgarisation : articles, interviews, éditions, vidéos, etc.

- **J. Mariani** : Faciliter l’intercompréhension : une Europe libérée des barrières linguistiques, Press Release, February 2013
- **P. Boula de Mareuil** : plus de vingt d'interviews pour la presse écrite (Le Monde, Le Figaro, Le Parisien, ...) et audiovisuelle (France 3, M6, France Inter, France Culture, France Bleu, RFI, RTL, Europe 1, ...), abordant des questions telles que "les accents du sud-est et du sud-ouest de la France sont-ils différents?" ou "existe-t-il un accent parisien?".

L. Devillers : plus de 40 interviews sur l'Intelligence Artificielle, la robotique, l'éthique et les retombées sociétales :

- Le jeu et Go et L'intelligence artificielle, Public Sénat, mars 2016
- Musée du Quai Branly, exposition Persona étrangeté humaine, Public Sénat, 17 juin 2016
- Solar Impulse et présentation de livre : Des robots et des hommes, Public Sénat, mars 2017
- 28 minutes sur l'IA et les robots, septembre 2017
- 24 heures Pujadas, l'info en questions, juillet 2017
- Le 5/7 France Inter, mars 2017
- Les Savanturiers France Inter, mars 2017
- Le 6/9 du week-end, mars 2017
- France Inter, la tête au carré, mai 2017
- Europe 1, Social club, avril 2017
- L'étincelle, Sciences et Avenir, France 3 en octobre 2017
- RFI, Autour de la question, octobre 2017
- France Inter, le nouveau rendez-vous, novembre 2017
- Europe 1, C'est arrivé demain, novembre 2017
- Ce soir ou jamais ? F. Taddéi, Intelligence artificielle : faut-il tout arrêter ?, 11 mars 2016
- S3Odeon, Robot, tu seras humain et drôle, septembre 2016
- S3Odeon, Le robot de compagnie, septembre 2015
- Des robots et des Hommes, MOOC mairie de Paris, 2017
- France Culture, matières à penser avec Serge Tisseron, les robots dotés d'humanité feinte, 10 novembre 2017
- C dans l'air, Intelligence artificielle : doit-on s'en méfier ?, 30 décembre 2017
- France Culture, du grain à moudre : Les robots ont-ils des préjugés ? janvier 2018
- France Culture, le magazine de la rédaction : les Gafa : la voix est libre, janvier 2018
- BFM Business, 27 janvier 2018, 27 mars 2018
- France Culture, la conversation scientifique : Qu'est-ce que les robots nous apprennent sur nous mêmes ? avril 2018
- France Culture, la méthode scientifique : À quand un Nobel pour une intelligence artificielle ? avril 2018

Débats science et société

- **L. Devillers** : Nombreuses interventions sur IA, robotique et éthique (droit, santé, travail, biais des algorithmes, etc.) en province et à l'étranger : Madrid (Septembre 2018), Athènes (Octobre 2018)

III -IMPLICATION DANS LA FORMATION PAR LA RECHERCHE

1°) Liste exhaustive des thèses et HDR

Thèses

1. **Chastagnol, C.** “Reconnaissance automatique des dimensions affectives dans l'interaction orale homme-machine pour des personnes dépendante”, thèse, Orsay, France, 2013, 203p.
2. **Delaborde, A.** “Modélisation du profil émotionnel de l'utilisateur dans les interactions parlées Humain-Machine”. Orsay, France, 2013, 201p.
3. **Foucault, N.** “Questions-Réponses en domaine ouvert : sélection pertinente de documents en fonction du contexte de la question”. Orsay, France, 2013, 143p.
4. **Gahbiche-Braham, S.** “Amélioration des systèmes de traduction par analyse linguistique et thématique : application à la traduction depuis l'arabe”. Orsay, France, 2013, 154p.



5. **Karanasou, P.** "Phonemic variability and confusability in pronunciation modeling for automatic speech recognition". Orsay, France, 2013, 128p.
6. **Dutrey, C.** "Analyse et détection automatique de disfluences dans la parole spontanée conversationnelle". Orsay, France, 2014, 130p.
7. **Fraga Da Silva, T. H.** "Reducing development costs of large vocabulary speech recognition systems". Orsay, France, 2014, 169p.
8. **Gong, L.** "On-demand Development of Statistical Machine Translation Systems". Orsay, France, 2014, 136p.
9. **Soury, M.** "Détection multimodale du stress pour la conception de logiciels de remédiation". Orsay, France, 2014, 221p.
10. **Ben Jannet, M.** "Évaluation adaptative de systèmes de transcription en contexte applicatif". Orsay, France, 2015, 183p.
11. **Bluche, T.** "Deep Neural Networks for Large Vocabulary Handwritten Text Recognition". Orsay, France, 2015, 264p.
12. Yang, F. "Détection de marqueurs affectifs et attentionnels de personnes âgées en interaction avec un robot". Orsay, 2015, 134p.
13. **Do, Q. K.** "Apprentissage discriminant des modèles continus en traduction automatique". Orsay, France, 2016, 166p.
14. **Pécheux, N.** "Modèles exponentiels et contraintes sur les espaces de recherche en traduction automatique et pour le transfert cross-lingue". Orsay, 2016, 241p.
15. **Xu, Y.** "Confidence Measures for Alignment and for Machine Translation". Orsay, France, 2016, 214p.
16. **Ive, J.** "Towards a Better Human-Machine Collaboration in Statistical Translation : Example of Systematic Medical Reviews". Orsay, France, 2017, 249p.
17. **Letard, V.** "Apprentissage incrémental de modèles de domaines par interaction dialogique". Orsay, France, 2017, 161p.
18. **Aufrant, L.** "Training Parsers for low-resource languages: improving cross-lingual transfer with monolingual knowledge". Orsay, France, 2018, 203p.
19. **Knyazeva, E.** "Apprendre par imitation: applications à quelques problèmes d'apprentissage structuré en traitement des langues". Orsay, France, 2018, 134p.
20. **Gelly, G.** "Réseaux de neurones récurrents pour le traitement automatique de la parole". Orsay, France, 2017, 152p.
21. **Béchéde, L.** "L'humour dans les interactions sociales homme-robot ", Orsay, France, 2018, 193p.

HDR

1. **Allauzen, A.** "Modèles statistiques pour la traduction automatique". HDR, Orsay, France, 2014, 84p.
2. **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". HDR, Orsay, France, 2016, 90p.

2°) Productions scientifiques (articles, ouvrages, etc.) issues des thèses

Revue internationale

1. **Boula De Mareüil, P., C. Woehrling,** and M. Adda-Decker. "Contribution of automatic speech processing to the study of Northern/Southern French". In: *Language Sciences* 39 (2013), pp. 75–82.
2. **Le, H. S., I. Oparin, A. Allauzen, J.-L. Gauvain,** and **F. Yvon.** "Structured output layer neural network language models for speech recognition". In: *IEEE Transactions on Audio, Speech, and Language Processing* 21.1 (2013), pp. 197–206.
3. **Tomeh, N., A. Allauzen,** and **F. Yvon.** "Maximum-entropy word alignment and posterior-based phrase extraction for machine translation". In: *Machine Translation* 28.1 (2014), pp. 19–56.
4. 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". In: *Journal of Sports Sciences* 4 (2016), pp. 197–209.
5. **Pécheux, N., A. Allauzen,** J. Niehues, and **F. Yvon.** "Reordering Space Design in Statistical Machine Translation". In: *Language Resources and Evaluation* 50.2 (2016), pp. 375–410.
6. **Pécheux, N., G. Wisniewski,** and **F. Yvon.** "Reassessing the value of resources for cross-lingual transfer of POS tagging models". In: *Language Resources and Evaluation* 51.4 (2017), pp. 927–960.
7. **Gelly, G.** and **J.-L. Gauvain.** "Optimization of RNN-based Speech Activity Detection". In: *IEEE/ACM Transactions on Audio, Speech, and Language Processing* 26.3 (2018), pp. 646–656.
8. **Xu, Y., A. Max,** and **F. Yvon.** "Sentence Alignment for Literary Texts". In: *Linguistic Issues in Language Technology* 12.6 (2015), pp. 1–25.



Revue nationale

1. **Gahbiche-Braham, S., H. Maynard, and F. Yvon.** "Traitement automatique des entités nommées en arabe : détection et traduction". In: *TAL (Traitement Automatique des Langues)* 54.2 (2014), pp. 101–132.
2. **Do, Q. K., A. Allauzen, and F. Yvon.** "Apprentissage discriminant de modèles neuronaux pour la traduction automatique". In: *TAL (Traitement Automatique des Langues)* 57.1 (2016), pp. 111–135.

Conférences internationales avec actes

1. **Devillers, L. and M. Soury.** "A social interaction system for studying humor with the robot NAO". In: *International Conference on Multimodal Interaction*. Sydney- AU, 2013, pp. 313–314.
2. **Fraga Da Silva, T., J.-L. Gauvain, and L. Lamel.** "Interpolation of acoustic models for speech recognition". In: *Annual Conference of the International Speech Communication Association*. Lyon- FR, 2013, pp. 3347–3351.
3. Giraud, T., **M. Soury**, J. Hua, **A. Delaborde, M. Tahon**, D. A. Gomez Jauregui, M. V. Eyharabide, E. Filaire, C. Le Scanff, **L. Devillers**, B. Isableu, and J.-C. Martin. "Multimodal expressions of stress during a public speaking task". In: *International Conference on Affective Computing and Intelligent Interaction*. Genève- CH, 2013, pp. 417–422.
4. **Karanasou, P., F. Yvon**, T. Lavergne, and **L. Lamel.** "Discriminative training of a phoneme confusion model for a dynamic lexicon in ASR". In: *Annual Conference of the International Speech Communication Association*. Lyon- FR, 2013, 5p.
5. **Bluche, T.**, H. Ney, and C. Kermorvant. "Feature extraction with convolutional neural networks for handwritten word recognition". In: *International Conference on Document Analysis and Recognition*. Washington- US, 2013, 5p.
6. **Bluche, T.**, H. Ney, and C. Kermorvant. "Tandem HMM with convolutional neural network for handwritten word recognition". In: *IEEE International Conference on Acoustics, Speech, and Signal Processing*. Vancouver- CA, 2013, 5p.
7. **Roy, A., L. Lamel, T. Fraga Da Silva, J.-L. Gauvain, and I. Oparin.** "Some issues affecting the transcription of Hungarian broadcast audio". In: *Annual Conference of the International Speech Communication Association*. Lyon - FR, 2013, pp. 3102–3106.
8. **Soury, M. and L. Devillers.** "Nao makes me laugh: the impact of humor in human-robot interactions", 2013.
9. **Soury, M. and L. Devillers.** "Stress detection from audio on multiple window analysis size in a public speaking task". In: *International Conference on Affective Computing and Intelligent Interaction*. Geneva- CH, 2013, pp. 529–533.
10. **Bluche, T.**, J. Louradour, M. Knibbe, B. Moysset, F. Benzeghiba, and C. Kermorvant. "The A2iA Arabic Handwritten text recognition system at the Open- HaRT2013 Evaluation". In: *International Workshop on Document Analysis Systems*. Tours- FR, 2014, pp. 161–165.
11. **Bluche, T.**, B. Moysset, and C. Kermorvant. "Automatic Line Segmentation and Ground-Truth Alignment of Handwritten Documents". In: *International Conference on Frontiers in Handwriting Recognition*. Crete Island- GR, 2014, 6p.
12. **Bluche, T.**, H. Ney, and C. Kermorvant. "A comparison of sequence-trained deep neural networks and recurrent neural networks optical modeling for handwriting recognition". In: *International Conference on Statistical Language and Speech Processing*. Reno- US, 2014, pp. 199–210.
13. **Bluche, T.**, V. Pham, C. Kermorvant, and J. Louradour. "Dropout improves recurrent neural networks for handwriting recognition". In: *International Conference on Frontiers in Handwriting Recognition*. Crete Island- GR, 2014, 6p.
14. **Do, Q. K., A. Allauzen, and F. Yvon.** "Discriminative Adaptation of Continuous Space Translation Models". In: *International Workshop on Spoken Language Translation*. South Lake- US, 2014, pp. 192–199.
15. **Dutrey, C.**, C. Clavel, **S. Rosset, I. Vasilescu**, and M. Adda-Decker. "A CRF- based approach to automatic disfluency detection in a french call-centre corpus". In: *Annual Conference of the International Speech Communication Association*. Singapore- SG, 2014, pp. 2897–2901.
16. **Fraga Da Silva, T., J.-L. Gauvain, and L. Lamel.** "Speech recognition of multiple accented English data using acoustic model interpolation". In: *European Signal Processing Conference*. Lisboa- PT, 2014, 5p.
17. **Gong, L., A. Max, and F. Yvon.** "Incremental Development of Statistical Machine Translation Systems". In: *International Workshop on Spoken Language Translation*. South Lake- US, 2014, pp. 214–222.
18. **Letard, V., S. Rosset**, and G. Illouz. "A mapping-based approach for general formal human computer interaction using natural language". In: *Annual Meeting of the Association for Computational Linguistics*. Baltimore- US, 2014, pp. 34–40.
19. **Pécheux, N., A. Allauzen, and F. Yvon.** "Rule-based reordering spaces in statistical machine translation". In: *International Conference on Language Resources and Evaluation*. Reykjavik- IS, 2014, 7p.
20. **Pécheux, N., L. Gong, Q. K. Do**, B. Marie, **Y. Ivanishcheva, A. Allauzen**, T. Lavergne, J. Niehues, **A. Max, and F. Yvon.** "LIMS@ WMT'14 Medical Translation Task". In: *WMT14*, 2014, 8p.
21. **Sehili, M. E. A., F. Yang, and L. Devillers.** "Attention Detection in Elderly People- Robot Spoken Interaction". In: *International Conference on Multimodal Interaction*, 2014, pp. 7–12.
22. *Sehili, M. E. A., F. Yang, V. Leynaert, and L. Devillers. "A corpus of social interaction between Nao and elderly people". 2014.*



23. **Soury, M.** and **L. Devillers.** “Smile and Laughter in Human-Machine Interaction: a study of engagement”. In: *International Conference on Language Resources and Evaluation*. Reykjavik- IS, 2014, pp. 3633–3637.
24. **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*. Seattle - US, 2015, pp. 347–350.
25. **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*. Gammarth- TN, 2015, 5p.
26. **Bluche, T.**, H. Ney, and C. Kermorvant. “The LIMSI Handwriting Recognition System for the HTRts 2014 ntest”. In: *International Conference on Document Analysis and Recognition*. Gammarth- TN, 2015, 5p.
27. **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*. Gammarth- TN, 2015, 5p.
28. **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*. Lisbon- PT, 2015, pp. 1046–1052.
29. **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*. Dresde- DE, 2015, pp. 1072–1073.
30. **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*. Dresden- DE, 2015, pp. 3159–3163.
31. **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*. Scottsdale- US, 2015, pp. 153–159.
32. **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*. Dresden- DE, 2015, pp. 2650–2654.
33. 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 *Proc. WMT*, 2015, Lisbon – PT, 6p.
34. **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*. Dresden- DE, 2015, pp. 195– 199.
35. **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*. Lisbon- PT, 2015, pp. 232–237.
36. **Letard, V., S. Rosset,** and G. Illouz. “Analogical Reasoning for Natural to Formal Language Transfer”. In: *IEEE International Conference on Tools with Artificial Intelligence*. Vietri sul Mare- IT, 2015, 8p.
37. **Marie, B., A. Allauzen, F. Burlot, Q. K. Do, J. Ive, E. Knyazeva, M. Labeau,** T. Lavergne, **K. Löser, N. Pécheux,** and F. Yvon. “LIMSI@WMT15 : Translation Task”. In: *Conference on Empirical Methods in Natural Language Processing*. Lisbon- PT, 2015, 6p.
38. **Yang, F., M. E. A. Sehili, C. Barras,** and **L. Devillers.** “Smile and laughter detection for elderly people-robot interaction”. In: *International Conference on Social Robotics*. Paris- FR, 2015, pp. 694–703.
39. **Aufrant, L., G. Wisniewski,** and **F. Yvon.** “Cross-lingual alignment transfer: a chicken-and-egg story?”. In: *Conference of the North American Chapter of the Association for Computational Linguistics: Human Language Technologies*, 2016, pp. 35–44.
40. **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*. Portoroz – SI, 2016, 7p.
41. **Bawden, R.** “Cross-lingual Pronoun Prediction with Linguistically Informed Features”. In: *Conference on Machine Translation*. Berlin- DE, 2016, pp. 564– 570.
42. **Bawden, R.** and B. Crabbé. “Boosting for Efficient Model Selection for Syntactic Parsing”. In: *International Conference on Computational Linguistics (COLING)*. Osaka- JP, 2016, pp. 1–11.
43. **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: The Speaker and Language Recognition Workshop*, Bilbao, Spain, p. 124–131, 2016.
44. **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*. San Francisco- US, 2016, pp. 3231–3235.
45. **Godard, P., G. Adda,** M. Adda-Decker, **A. Allauzen,** L. Besacier, **H. Maynard,** G.-N. Kouarata, **K. Löser,** A. Riolland, and **F. Yvon.** “Preliminary Experiments on Unsupervised Word Discovery in Mboshi”. In: *Annual Conference of the International Speech Communication Association*, San Francisco – CA, 2016.
46. **Ive, J.** and **F. Yvon.** “Parallel Sentence Compression”. In: *International Conference on Computational Linguistics (COLING)*. Osaka- JP, 2016, pp. 1503–1513.
47. **Letard, V., G. Illouz,** and **S. Rosset.** “Reducing Noise Sensitivity of Formal Analogical Reasoning applied to Language Transfer”. In: *Computational Analogy Workshop at ICCBR*. Atlanta- US, 2016, 11p.



48. **Letard, V., S. Rosset,** and G. Illouz. "Incremental Learning from Scratch Using Analogical Reasoning". In: *IEEE International Conference on Tools with Artificial Intelligence*. San Jose- US, 2016, 8p.
49. **Amazouz, D.,** M. Adda-Decker, and **L. Lamel.** "Addressing Code-Switching in French/Algerian Arabic Speech". In: Annual Conference of the International Speech Communication Association. Stockholm- SE, 2017, pp. 62–66.
50. **Aufrant, L., G. Wisniewski,** and **F. Yvon.** "Don't Stop Me Now! Using Global Dynamic Oracles to Correct Training Biases of Transition-Based Dependency Parsers". In: *Conference of the European Chapter of the ACL*. Valencia- ES, 2017, pp. 318–323.
51. **Aufrant, L.** and **G. Wisniewski,** "LIMSI@CoNLL'17: UD Shared Task". In: *Conference on Computational Natural Language Learning*. Vancouver- CA, 2017, pp. 163–173.
52. **Bawden, R.** "Machine Translation, it's a question of style, innit ? The case of English tag questions". In: *Conference on Empirical Methods in Natural Language Processing*. Copenhagen- DK, 2017, pp. 2497–2502.
53. **Gelly, G.** and **J.-L. Gauvain.** "Spoken Language Identification Using LSTM- Based Angular Proximity". In: *Annual Conference of the International Speech Communication Association*. Stockholm- SE, 2017, pp. 2566–2570.
54. **Labeau, M.** and **A. Allauzen.** "An experimental analysis of Noise-Contrastive Estimation: the noise distribution matters". In: *Conference of the European Chapter of the Association for Computational Linguistics*. Valencia- ES, 2017, pp. 15–20.
55. **Labeau, M.** and **A. Allauzen.** "Character and Subword-Based Word Representation for Neural Language Modeling Prediction". In: *Workshop on Subword and Character Level Models in NLP*. Copenhagen- DK, 2017, 11p.
56. **Yin, R., H. Bredin,** and **C. Barras.** "Speaker Change Detection in Broadcast TV using Bidirectional Long Short-Term Memory Networks". In: *Annual Conference of the International Speech Communication Association*. Stockholm- SE, 2017, pp. 3827–3831.
57. **Aufrant, L., G. Wisniewski** and **F. Yvon.** "Exploiting Dynamic Oracles to train Projective Dependency Parsers on Non-Projective Trees". In: *Conference of the North American Chapter of the Association for Computational Linguistics: Human Language Technologies*. New Orleans, LO, 2018, 5p.

3°) Efficacité de l'accompagnement des étudiants et qualité de leur encadrement (financement, durée des thèses, taux d'abandon)

Sur la période le groupe a accueilli 36 doctorants, dont 28 avec un contrat doctoral, 4 CDE, 5 CIFRE, 1 CTO, 1 bourse industrie, et 1 salarié. 21 doctorants ont terminé leur thèse et 1 étudiant a abandonné après quelques mois.

La durée moyenne des thèses est de 43 mois.

4°) Suivi des doctorants en liaison avec les écoles doctorales et attention portée à l'insertion professionnelle des docteurs

Les encadrants mènent les entretiens organisés par l'école doctorale. Les docteurs du groupe n'ont en général pas de difficultés pour à trouver un emploi (CDI en entreprise ou postdoc).

5°) Labellisation nationale ou internationale des formations (Erasmus mundus p. ex.)

Voir ci-dessous.

6°) Accompagnement des séminaires de doctorants par des chercheurs ; degré de participation des doctorants à la vie de l'entité de recherche

Le groupe organise un séminaire hebdomadaire avec la participation d'intervenants internes et externes. Les doctorants sont invités à y présenter leurs travaux. Le groupe encourage les doctorants à présenter leurs travaux dans les principales conférences internationales du domaine.

7°) Mobilisation des chercheurs dans le montage de formation de niveau master

Avec la création de l'Université Paris-Saclay, l'offre de formation au niveau Master a été intégralement reconstruite en 2015, pour donner naissance à des diplômes délivrés par l'Université Paris-Saclay et non plus par les établissements partenaires.

Dans ce contexte, A. Allauzen a porté le projet de création d'un nouveau parcours intitulé "Apprentissage, Information et Contenu", qui s'inscrit dans la thématique de la Sciences des Données. La finalité de ce parcours est de préparer les étudiants à l'exploitation et le traitement de grandes masses d'informations, prenant en compte la complexité, l'hétéro-



généité, et les spécificités des données (parole, texte, image, ...). Ce parcours implique de nombreux établissements partenaires de Paris-Saclay (UVSQ, CentraleSupélec, TélécomParistech, etc). Il a ouvert pour la première fois en septembre 2015, A. Allauzen en assurant la coordination générale, et son succès ne cesse de croître, avec en 2017, plus de 400 candidatures pour une promotion de 40 étudiant(e)s. Plusieurs membres du groupe y interviennent (C. Barras, L. Deviller, F. Yvon et A. Allauzen).

Les changements de l'Université Paris-Saclay prévus pour la rentrée 2020 impliquent une réflexion sur la pérennité des offres de Master et de ce parcours en particulier. Ainsi, le parcours AIC se transformera d'ici la rentrée de septembre 2019 en un master européen inscrit dans l'EIT Digital (European Institute of Innovation and Technology). Ce master européen dont le titre provisoire est "NLP@Webscale" proposera une offre de formation centrée sur l'apprentissage automatique pour le traitement automatique des langues, parlées et écrites. Ce projet est et sera porté par un membre du groupe TLP.



ÉQUIPE 6 : AMI

ARCHITECTURES ET MODÈLES POUR L'INTERACTION

Responsable : Yacine Bellik

I - Présentation et introduction

L'usage des systèmes interactifs a connu ces dernières années des évolutions remarquables, 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 dispositifs à leur portée. Ils n'ont généralement qu'une connaissance limitée du fonctionnement interne de leurs systèmes, 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 (*Windows, Icons, Menus, Pointing*) 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.

La période 2013-2018 a été une période de transition importante pour le groupe en raison de nombreuses évolutions aussi bien au niveau de son effectif que de la restructuration de ses thématiques de recherche. Au niveau de l'effectif, le groupe a connu en début de période le départ à la retraite de son responsable, J.P. Sansonnet (DR-CNRS) et de W. Turner (IR-CNRS) et en fin de période, le départ (également à la retraite) de C. Jacquemin (PR U-PSud). Parallèlement à ces 3 départs, le groupe a enregistré

l'arrivée de 5 nouveaux membres. En début de période, 2 MCF de l'équipe ACCIS du laboratoire IEF (M. Gouiffès et F. Bimbard) ont rejoint le groupe et en fin de période, le groupe a enregistré l'arrivée de 2 nouveaux membres : J. Françoise (CR-CNRS nouvellement recruté), N. Delprat (MCF Sorbonne Université, venant du groupe AA du LIMSI) ajouté à cela l'annonce de l'arrivée d'O. Grynszpan (PR U-PSud nouvellement recruté).

En début de période, les activités du groupe étaient organisées autour des 4 thèmes suivants :

«*Image et interaction*», qui s'intéresse au traitement d'images pour la réalité augmentée et pour la vision en robotique. Il s'agit d'un domaine où la relation entre le traitement des données et les actions sur le monde physique est particulièrement importante.

«*Ambiant et interaction*», qui traite des nouveaux problèmes d'interaction dans le contexte des environnements ambiants. Il s'agit d'un cadre propice pour étudier la façon dont les objets virtuels et réels peuvent être combinés afin d'aider les personnes à mieux appréhender le monde futur dans lequel ils vont vivre et afin de produire des systèmes permettant de les assister dans leurs tâches quotidiennes.

«*Interaction et Communication Haptique*», qui traite de la caractérisation des environnements abstraits, de collaboration et de communication émotionnelle haptique. Il traite également des questions concernant l'instauration de la confiance mutuelle lors des tâches d'apprentissage collaboratives.

«*Interaction sur Surfaces Tactiles*», qui traite des problèmes où l'utilisation d'une grande surface tactile est pertinente et procure plus d'avantages que le triplet classique souris + clavier + écran. C'est le cas, par exemple, dans les domaines de la visualisation de données tempo-

relles multidimensionnelles et la planification urbaine où il existe un besoin pour les planificateurs et les décideurs politiques de disposer d'outils collaboratifs hautement interactifs pour la conception des villes du futur.

Toutefois, les évolutions en termes de personnels qu'a connues le groupe ont naturellement amené également une évolution de ses thématiques tout en restant centrées autour des problématiques d'interaction. *Ainsi nous avons restructuré nos thèmes en 3 axes appelés à devenir à terme les nouveaux thèmes du groupe.*

Axe « Image et interaction »

Cet axe regroupe les thèmes « Image » et « Visualisation d'information »

- **Thème « Image »** : ces activités concernent le 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).
- **Thème « Visualisation d'information »** : Ces activités visent à appliquer des techniques de visualisation propres ainsi que des techniques plus classiques, 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.

Axe « Environnements Intelligents »

Cet axe regroupe les thèmes « Ambiant » et « Objets connectés »

- **Thème « Ambiant »** : pendant la période, les activités du thème ont principalement porté sur la génération des interfaces dans l'ambiant, la supervision des tâches utilisateurs dans les environnements ambiants et sur l'aide à la détection de pannes dans les systèmes ambiants.
- **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 mécatronique 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.

Axe « Multimodalité et Handicap »

Il s'agit dans cet axe, 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.

Les activités de l'ancien thème « Interaction sur Surfaces Tactiles » se sont dès le début de la période réorientés vers la visualisation d'information, tandis que les activités du thème « Interaction et Communication Haptique » l'ont fait de façon plus progressive vers les objets connectés. C'est pourquoi nous incluons à la fin de la section suivante un rapide bilan du thème « Interaction et Communication Haptique »

Effectif : Personnel permanent

Nom	Prénom	Position	HDR	Organisme	Arrivée	Départ
Ammi	Mehdi	MCF	x	U Paris-Sud	09/06	
Bellik	Yacine	MCFHC	x	U Paris-Sud	09/96	
Béroule	Dominique	CR1		CNRS	03/88	
Bimbard	Franck	MCF		U Paris-Sud	04/13	
Delprat	Nathalie	MCF		Sorbonne U	01/08	
Françoise	Jules	CR2		CNRS	10/17	
Frenoux	Emmanuelle	MCF		U Paris-Sud	10/05	
Gouiffès	Michèle	MCF	x	U Paris-Sud	03/13	
Jacquemin	Christian	PRCE	x	U Paris-Sud	02/98	12/17
Sansonnet	Jean-Paul	DR1	x	CNRS	09/98	02/14
Turner	William	IR		CNRS	09/98	08/13
Vernier	Frédéric	MCF		U Paris-Sud	09/02	

Personnel non-permanent : doctorants

Nom	Prénom	Statut	Début de thèse	Fin de thèse
Amroun	Hamdi	Doctorant	01/11/2015	
Arnaud	Adrien	Doctorant	01/01/2016	
Besançon	Lonni	Doctorant	01/11/2014	14/12/2017
Bobin	Maxence	Doctorant	01/10/2015	
Bokaris	Panagiotis-Alexandros	Doctorant	01/10/2013	25/11/2016
Bougie	Nicolas	Doctorant	01/10/2017	
Chaaban	Hussein	Doctorant	01/10/2017	
Cossou	Lucile	Doctorant	20/04/2015	
De Bois	Maxime	Doctorant	01/10/2017	
Ding	Hui	Doctorant	01/11/2009	30/09/2013
Famié	Sylvain	Doctorant	01/10/2017	
Favey	Clément	Doctorant	01/10/2015	
Gaffary	Yoren	Doctorant	01/10/2011	18/06/2015
Gharsellaoui	Asma	Doctorant	01/10/2011	Abandon
Girard	Adrien	Doctorant	01/10/2010	12/05/2014
Guedira	Youssef	Doctorant	01/10/2016	
Issartel	Paul	Doctorant	01/10/2013	03/04/2017
Mohamed	Ahmed	Doctorant	01/11/2009	19/11/2013
Périn	Charles	Doctorant	01/10/2011	17/11/2014
Pruvost	Gaëtan	Doctorant	01/09/2008	11/02/2013
Setkov	Aleksandr	Doctorant	01/10/2012	27/11/2015
Tsalamlal	Mohamed Yacine	Doctorant	01/10/2012	27/06/2016

Personnel non-permanent : CDD

Nom	Prénom	Statut	Arrivée	Départ
Christophe	Julien	CDD	03/15	04/18
Ding	Hui	Post-Doc	11/12	08/14
Fdili Alaoui	Sarah	Post-Doc	12/12	07/13
Girard	Adrien	Post-Doc	10/13	08/14
Guillen	Iñaki	CDD	10/15	04/16
Guillen	Iñaki	CDD	07/16	07/16
Issartel	Paul	Post-Doc	10/16	03/18
Janiak	Vincent	CDD	10/17	07/18
Longnos	Florian	Post-Doc	02/15	11/16
Martinez	Fabio	Post-Doc	09/14	07/15
Munsch	Vincent	CDD	11/13	12/13
Pointal	Elisabeth	CDD	10/11	12/13
Ricordeau	Thomas	CDD	03/15	05/17
Sellami	Adile	CDD	06/15	07/16
Setkov	Aleksandr	Post-Doc	11/15	05/16
Tsalamlal	Mohamed Yacine	Post-Doc	10/15	03/18
Zakaria	Chahnez	PRAG	09/12	08/13

II - Bilan scientifique

Axe « Image et interaction »

► Thème « Image »

E. Frenoux, A. Arnaud, P-A. Bokaris, H. Chaaban, H. Ding, M. Gouiffès, C. Jacquemin, A. Setkov

Les activités du thème « Image » 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.

• *Analyse de vidéos d'activités humaines et de langue des signes (LS)*

Le développement d'algorithmes d'analyse de vidéos d'activités humaines ou de langue des signes s'inscrit dans un objectif plus large d'interaction naturelle entre l'humain et la machine, ou entre sourds et entendants. Nos activités de recherche sur les activités humaines concernent à la fois la définition de descripteurs de mouvement compacts (fondés sur des trajectoires denses de pixels, sur les données cinématiques, sur les descripteurs par covariance) et leur classification en ligne de façon récursive (Projet Digiteo MAPOCA 2014-16, collaboration avec A. Manzanera, ENSTA Paritech, post-doc Fabio Martinez) [Martinez 2016]. Ensuite, grâce à une collaboration avec A. Braffort du thème M&TALS du groupe ILES, experte en Langues des Signes (LS), nous nous attachons plus spécifiquement à la définition d'algorithmes dédiés à l'analyse de vidéos de LS (*Fig. 1*) pour attaquer des problèmes tels que : la détection et la caractérisation de l'activité des différents articulateurs (bouche, mains, yeux etc.), la classification du mouvement entre signes et transitions, entre signes lexicaux et signes à visée illustrative, la reconnaissance de signes isolés. Cette nouvelle thématique de recherche ouvre de très nombreuses perspectives, avec comme applications finales l'aide à l'annotation de vidéos de LS pour enrichir les connaissances et la mise en place d'applications d'apprentissage de la LS en direction des plus jeunes. Ce sujet de recherche a fait l'objet d'un projet d'action incitative (2016, stage de M2 de Kenza Benseghir), d'un projet Carnot Cognition (2017, stage de Hussein Chaaban), du financement de deux thèses depuis octobre 2017 : Valentin Belissen (A. Braffort et M. Gouiffès) et Hussein Chaaban (M. Gouiffès)

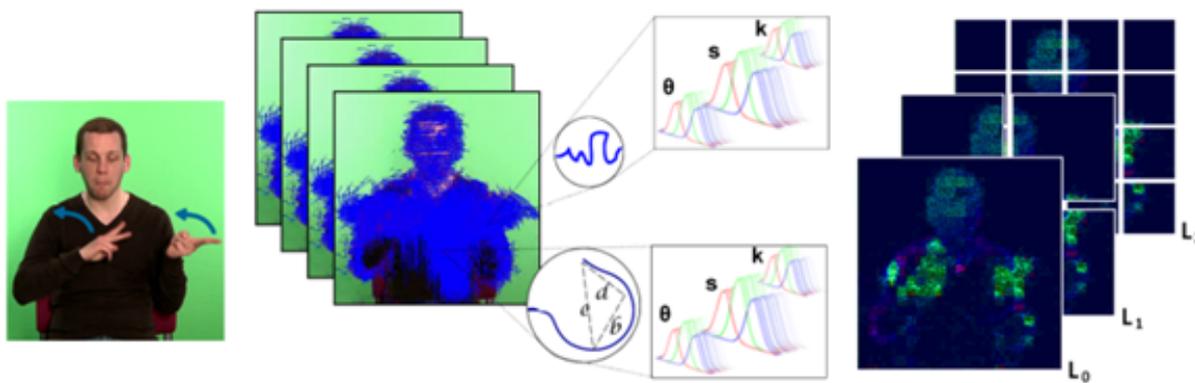


Figure 1. Analyse de vidéos de la langue des signes

• *Analyse de scènes à l'aide d'un capteur en mouvement*

L'utilisation d'un capteur en mouvement (sur un véhicule, un fauteuil roulant ou encore sur une tablette), permet de fournir des connaissances sur la structure géométrique de l'environnement en vue de l'assistance de l'utilisateur (assistance à la conduite, au déplacement ou aide à la modélisation 3D de scènes). Depuis 2015, nous menons des activités de recherche visant à définir de nouveaux algorithmes d'analyse et d'extraction de structures géométriques (en particulier des plans) dans la scène, en exploitant des modalités image différentes (et à terme potentiellement complémentaires).

D'une part, il s'agit d'exploiter le mouvement. Dans le cadre de la thèse de Tan Khoa Mai co-dirigée par Samia Bouchafa (IBISC, UEVE) et Michèle Gouiffès, nous avons proposé une nouvelle méthode de flot optique (mouvement apparent) dotée d'un mécanisme d'auto-évaluation permettant l'estimation de mesures de fiabilité. Ces mesures sont ensuite exploitées pour opérer une auto-correction fondée sur l'homogénéité couleur locale. Les plans présents dans la scène sont détectés et segmentés à l'aide d'une nouvelle approche par espace de votes appelé UV vitesse. D'autre part, il s'agit d'exploiter le couplage des données de profondeur, de couleur, et odométriques pour la reconstruction 3D d'intérieurs et la segmentation spatio-temporelle à partir d'un simple scan de la scène à l'aide d'une tablette du commerce (*Fig. 2*) (thèse A. Arnaud CIFRE 2016-2018, co-direction M. Gouiffès et M. Ammi) [Arnaud 2016].



Figure 2. Reconstruction 3D d'intérieurs à l'aide d'une tablette

- **Systèmes projecteur-caméra**

On appelle projection intelligente, les techniques permettant d'offrir une vue optimale en vidéo-projection, quelles que soient les imperfections géométriques et colorimétriques des surfaces sur lesquelles s'effectuent ces projections. Les méthodes les moins intrusives visuellement de ce domaine de recherche, utilisent des systèmes projecteur-caméra (ProCams) afin de capter des informations sur les surfaces sur lesquelles s'effectuent les projections, en comparant, en particulier, la capture caméra de l'image projetée à celle de l'image source (Fig. 3). Ces recherches utilisent principalement des techniques de calibrage et de mesure des instruments (caméra et vidéoprojecteur) et de l'analyse d'image. Celle-ci est utilisée pour trouver des correspondances entre points saillants, dans le cas de la compensation géométrique (thèse d'Aleksandr Setkov soutenue le 27/11/2015), et pour comparer localement la couleur réfléchie à la couleur estimée (dans le cadre de la compensation colorimétrique (thèse de Panagiotis-Alexandros Bokaris, soutenue le 25/11/2016). 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 place. 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 [Bokaris 2015]. Elle ne nécessite 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 dans Gardien du Temple (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.

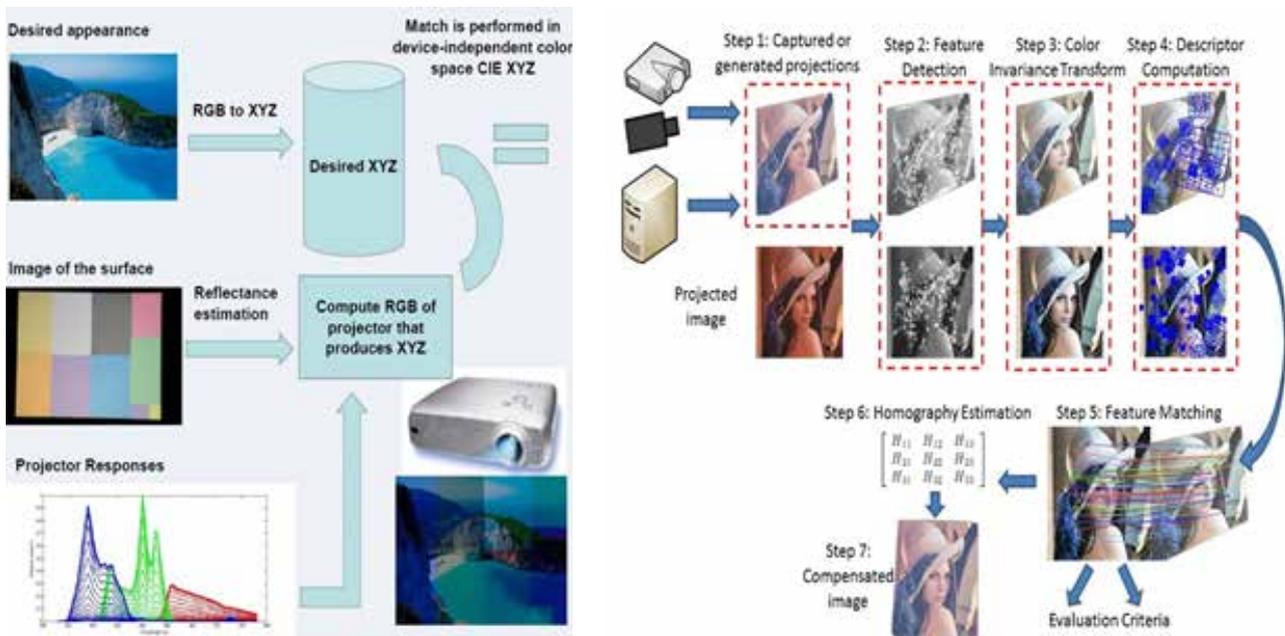


Figure 3. Illustrations du système de compensation couleur par vidéo-projection

- **Classification automatique de cristaux.**

Ce projet fait l'objet d'une collaboration avec Dominique Bazin (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.

► **Thème « Visualisation d'information »**

F. Vernier, C. Perin

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 (Fig. 4). Ce travail illustré ci-dessous a débouché sur plusieurs publications communes.

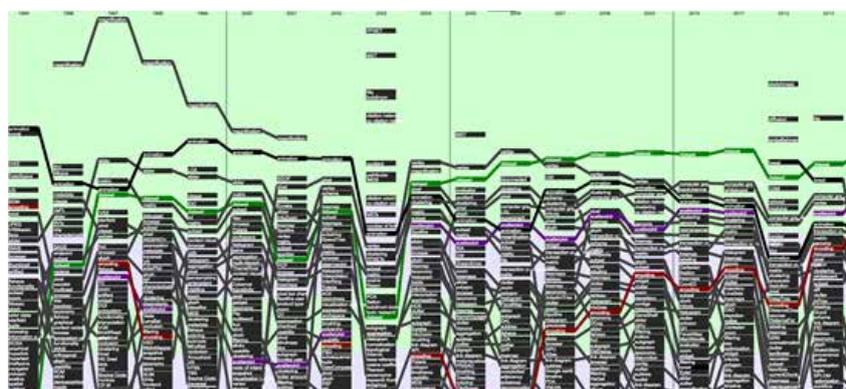


Figure 4. GapChart de mots-clés dans une communauté scientifique

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 visualisation : 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 (Fig. 5). Ce travail illustré ci-dessous a débouché sur une publication commune et une démonstration aux journées ANR.

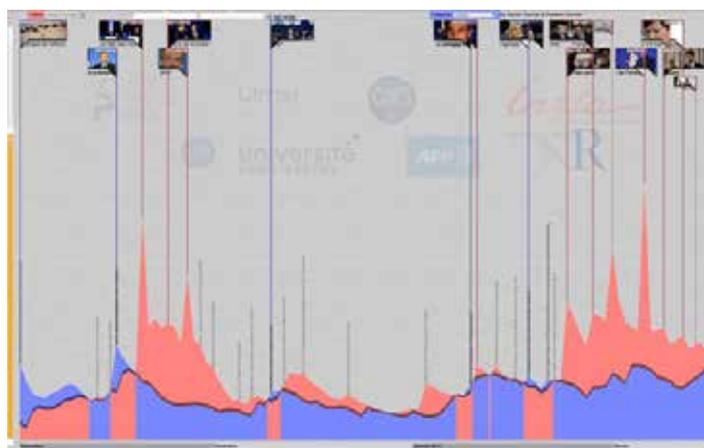


Figure 5. Braided-Graph lissés sur l'utilisation de mots-clés en journalisme

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 Voronoï autour des points géographiques, la nouvelle technique illustrée en Fig. 6 permet de dessiner des cartes aux bords plus nets mais très ciselés. Nous avons mis au point un mécanisme ajoutant automatiquement des points intermédiaires aux frontières qui limitent cet effet indésirable. Cette nouvelle technique s'applique aux cartes « Choropleths » utilisées dans une précédente collaboration. Ce premier travail a débouché sur deux publications communes (LREC et Géolinguistique). Fort de son succès auprès du public nous avons enrichi ce corpus aux outremers et travaillons à son extension sur le territoire italien, ce qui nous amène à généraliser le processus de création de points catégoriels à partir de cartes existantes (*i.e.* des zones coutumières de Nouvelle Calédonie).

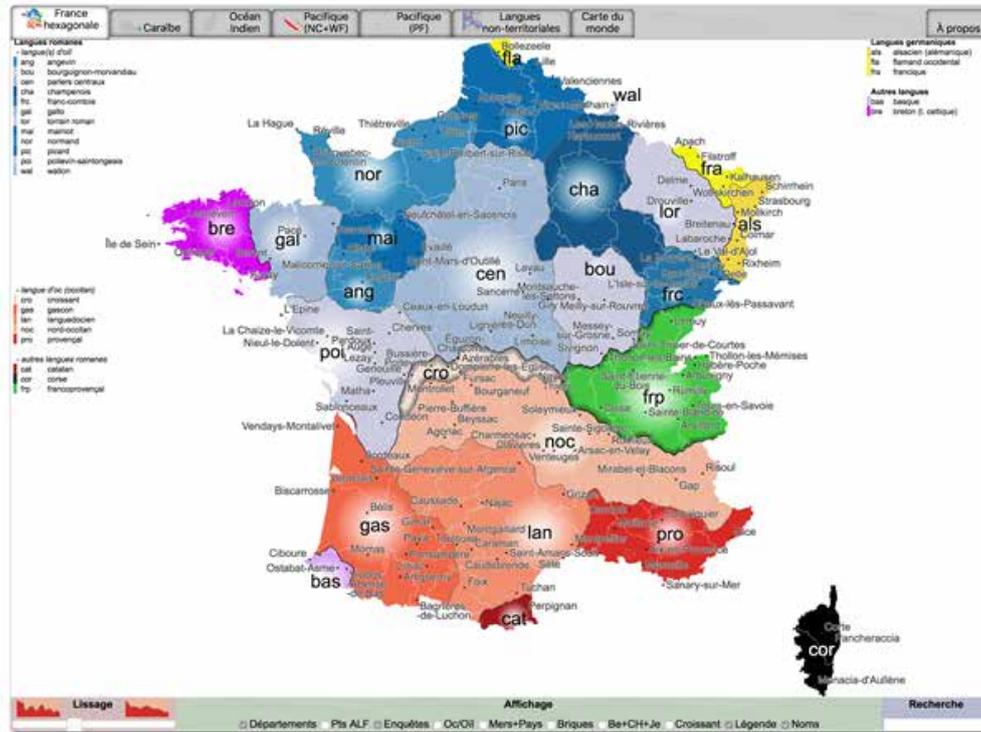


Figure 6. Carte de catégorie Voronoï des aires linguistiques en France.

Enfin nous avons poursuivi notre collaboration avec l'équipe projet INRIA-AVIZ [Perin 2014]. Nous avons récemment mis au point un cadre conceptuel et logiciel pour générer des cartes de densité multiclassées (c.a.d avec plusieurs données numériques en chaque point) (Fig. 7). Ce cadre permet à la fois de régénérer automatiquement de nombreux exemples ad-hoc de la littérature mais aussi de tester rapidement de nombreuses variantes en modifiant une spécification formelle de ces cartes. La portée de ce travail est d'autant plus grande qu'il s'applique autant aux cartes de chaleur (*heatmaps*), aux projections multi-dimensionnelles et aux champs de points (*scatterplots*) très denses.

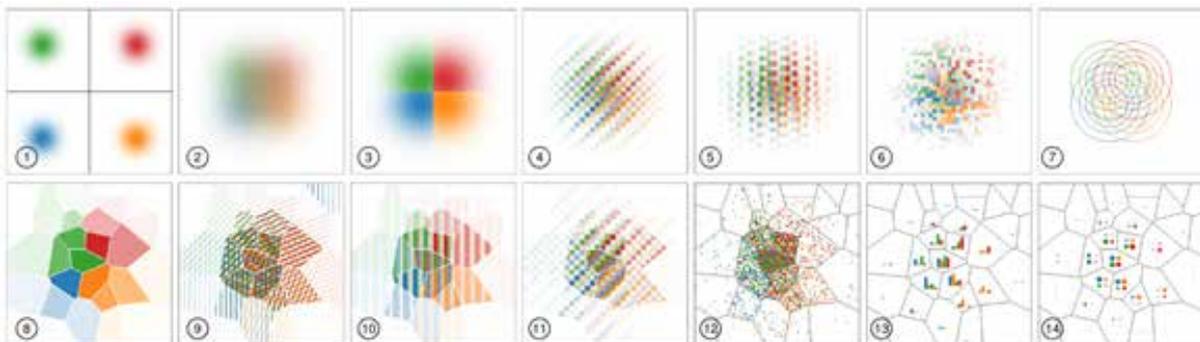


Figure 7. Galerie de cartes de densité générés à partir de spécifications

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. La dynamique de nos travaux laisse transparaître une tendance à basculer des visualisations de données temporelles (1D) vers des visualisations bidimensionnelles de cartes mais ces deux domaines sont très complémentaires et nous espérons déboucher bientôt sur des visualisations mixtes. Par ailleurs cette évolution rapproche fortement la thématique de visualisation de celle de la vision par ordinateur qui utilise en entrée des images intrinsèquement 2D qui évoluent dans le temps.

Axe « Environnements Intelligents »

► Thème "Ambiant"

Y. Bellik, A. Gharsellaoui, A. Mohamed, G. Pruvost, J.P. Sansonnet, W. Turner

• Interfaces ambiantes

Les environnements ambiants sont fortement caractérisés par leur hétérogénéité et leur dynamique [Bellik 2013]. Générer des interfaces homme-machine adaptées au contexte d'interaction dans de tels environnements a été le problème traité dans la thèse de G. Pruvost. Une nouvelle approche pour la conception d'IHM ambiante appelée DAME a été proposée. Cette approche repose sur l'association automatique de composants logiciels qui construisent dynamiquement une IHM [Pruvost 2016]. Deux modèles complémentaires qui permettent de décrire respectivement les caractéristiques ergonomiques et architecturales des composants, ont été proposés. La conception de ces derniers est guidée par une architecture logicielle composée de plusieurs couches qui permet d'identifier les différents niveaux d'abstraction réutilisables d'un langage d'interaction. Un troisième modèle, appelé modèle comportemental, permet de spécifier des recommandations quant à l'instanciation de ces composants. Un algorithme permettant de générer des IHM adaptées au contexte et d'évaluer la qualité de celles-ci par rapport aux recommandations du modèle comportemental a ensuite été proposé. Enfin une plateforme réalisant la vision soutenue par DAME a été implémentée et confrontée aux utilisateurs finaux dans une expérience de validation qualitative.

• Assistance aux tâches utilisateur

Les modèles de tâches existants sont généralement statiques et souvent utilisés uniquement au moment de la conception à des fins d'évaluation prédictive. Dans la thèse d'A. Gharsellaoui, nous avons proposé d'utiliser le modèle de tâche pendant la phase d'exécution, afin de suivre les actions de l'utilisateur, de vérifier qu'il n'a pas commis d'erreur lors de l'accomplissement de ses tâches et de lui fournir éventuellement de l'aide sur demande. En particulier, nous avons proposé une extension des modèles de tâches classiques pour les environnements ambiants afin de permettre leur mise à jour dynamique lors de l'exécution [Gharsellaoui 2013]. Cette extension consiste à affecter aux tâches, des états d'exécution adaptés aux informations reçues de l'environnement ambiant (tâche démarrée, tâche suspendue, reprise de tâche, tâche effectuée ...). Une deuxième contribution consiste en un système de suivi et d'assistance basé sur notre modèle de tâche dynamique. Un simulateur a été implémenté et a permis de valider l'algorithme proposé pour le suivi des tâches. Une étude utilisateur dans notre salle intelligente (IRoom) qui exploite notre système de suivi et d'assistance a également été réalisée (Fig. 8).



Figure 8. La plateforme IRoom

- **Détection de pannes**

Un important avantage des environnements ambiants est qu'ils offrent une grande variété de capteurs qui peuvent être utilisés pour contrôler les actions du système et superviser les tâches de l'utilisateur. Cependant, les capteurs et les effecteurs peuvent subir des défaillances. La motivation de la thèse de A. Mohamed (co-encadrement Centrale-Supélec) a été d'équiper les systèmes ambiants de capacités de diagnostic et de détection de pannes leur permettant de vérifier de manière autonome si les actions prévues ont été correctement réalisées par les effecteurs. Pour résoudre ce problème, une approche dans laquelle la détection des pannes et le diagnostic sont effectués dynamiquement au moment de l'exécution, tout en découplant les actionneurs et les capteurs au moment de la conception, a été proposée. Nous avons introduit un cadre de détection et de diagnostic des défaillances en modélisant les caractéristiques génériques des effecteurs et des capteurs, ainsi que les effets attendus sur l'environnement physique lorsqu'une action donnée est effectuée par ces effecteurs. Ces effets sont ensuite utilisés au moment de l'exécution pour lier les effecteurs (qui les produisent) aux capteurs correspondants (qui les détectent). Plus important encore, le modèle mathématique décrivant chaque effet permet de calculer les valeurs attendues des capteurs. La comparaison des valeurs prédites avec les valeurs réelles fournies par les capteurs permet alors de détecter les pannes dans des systèmes ambiants dynamiques et hétérogènes.

► **Thème "Objets connectés"**

M. Ammi, H. Amroun, F. Bimbard, M. Bobin, M. De Bois

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 [Amroun 2016].

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, piézo-résistif, piézo-électrique, 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 est 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).

Axe « Multimodalité et Handicap »

Y. Bellik, D. Bérroule, C. Favey, Y. Guedira

Longtemps le problème de l'accessibilité a été considéré comme étant spécifique et cloisonné dans un domaine à part, celui de l'aide au handicap (Assistive Technology). Aujourd'hui, dans le contexte de la société de l'information et du big data, il a plutôt tendance à devenir un critère de qualité. De plus en plus de personnes, non nécessairement handicapées éprouvent des difficultés à exploiter les nouvelles technologies de l'information et de la communication. Le problème qui, initialement ne concernait que les personnes handicapées, a tendance à devenir plus large et touche de plus en plus de catégories d'utilisateurs tels que les personnes âgées ou les patients. Cet élargissement de la population cible a eu pour effet de rapprocher la communauté des chercheurs travaillant dans le domaine de l'interaction Homme-Machine, de la communauté des chercheurs travaillant dans le domaine de l'aide au handicap.

Pour résoudre ce problème, nous pensons que l'application de techniques multimodales, constitue une piste intéressante à explorer. La diversité des interactions qu'offrent les interfaces multimodales, leur flexibilité et leur caractère intuitif et naturel, les rendent aptes à cibler différentes catégories d'utilisateurs. Par exemple, en l'absence du sens visuel, le problème de la présentation de l'information numérique devient très complexe. Il convient alors d'exploiter toutes les capacités interactionnelles du système pour essayer de compenser cette déficience chez l'utilisateur. Le mode visuel est riche en modalités (texte, dessin, photo, diagramme, icônes, etc.). Pour compenser cette perte conséquente de modalités, il est nécessaire d'explorer, voire d'inventer, de nouvelles modalités relatives aux modes auditif et tactilo-proprio-kinesthésique. Les travaux menés dans le cadre de cet axe constituent un pas allant dans ce sens.

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

- **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 [Bellik 2017]. La même étude a ensuite été menée auprès d'utilisateurs non-voyants en collaboration avec des organismes d'accueil pour non-voyants (INJA, AVH). Les résultats de cette seconde étude sont en cours d'analyse à l'heure où nous rédigeons ce rapport.

- **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. En particulier, une interface tactile sur smartphone pour le pilotage du fauteuil a été mise en œuvre [Guedira 2016]. Des collaborations avec l'AFM-Téléthon ainsi que le centre de rééducation fonctionnelle « Le Brassat » ont été mises en place en vue de l'évaluation auprès des utilisateurs cible de cette interface.



- **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'Épigénétique 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 inexplicables, 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.

Interaction et Communication Haptique

M. Ammi, L. Besançon, Y. Gaffary, A. Girard, F. Gueniat, P. Issartel, M. Y. Tsalamlal

► 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-Energétique 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 (Computational Fluid Dynamics, 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 Degrés de Liberté (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 [Issartel 2015]. 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 [Besançon 2017].

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 à communiquer des émotions à travers le canal haptique. Les deux canaux tactiles et kinesthésiques ont été étudiés [Gaffary 2014]. 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 [Tsalamlal 2014]. Par ailleurs, une collaboration avec le CIAMS (U-PSud), a permis d'étudier les mécanismes psychologiques de perception

des émotions avec cette modalité et comment elle se combine 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).

III - Organisation et vie du groupe

Le groupe AMI se réunit régulièrement selon une fréquence mensuelle. Lors de ces réunions des informations sur la vie interne du groupe et du laboratoire y sont communiquées et discutées. Les discussions sur les relations avec les tutelles, les laboratoires voisins, les appels à projets, les publications, etc. y prennent également une place importante. Il arrive également que des réunions exceptionnelles soient organisées lorsque le groupe doit prendre une décision ou discuter de points importants (restructuration des thèmes du groupe par exemple, accueil d'un nouveau membre,).

Parallèlement à ces réunions, des séminaires de groupe sont également organisés. Ceux-ci peuvent prendre des formes et des thèmes très variés. Il peut s'agir par exemple, d'un exposé d'une personne externe ou interne au groupe pour présenter une activité scientifique particulière, d'une après-midi « stagiaires » au cours de laquelle, chaque stagiaire présente en quelques minutes son sujet de stage et son travail, voire même d'un séminaire de plusieurs personnes autour d'un thème particulier. Ainsi, un séminaire sur le thème « Comment préparer son HDR » a permis aux membres du groupe titulaires d'une HDR de présenter leur expérience concernant leur HDR aux autres membres du groupe. Ce séminaire a certainement aidé et motivé certains membres du groupe à passer leur HDR.

La responsabilité de certaines tâches est déléguée à des membres du groupe. Parmi ces tâches, on peut citer par exemple :

- organisation des séminaires,
- mise à jour du site web,
- gestion des équipements communs,
- suivi de l'occupation des locaux,
- etc.

Concernant, la gestion du budget du groupe, les dépenses sont affectées prioritairement pour le financement des missions des membres du groupe qui ne disposent pas de ressources propres (contrats, AI, etc.). En cas de forte demande, la priorité est attribuée aux missions des doctorants, incluant une publication. Le budget du groupe peut également être utilisé pour l'acquisition d'équipement. En cas de fortes demandes, la priorité sera donnée en premier lieu aux demandes d'équipement pouvant servir à tous les membres du groupe et en second lieu aux demandes d'équipement servant aux recherches de membres du groupe ne disposant pas par ailleurs de ressources propres pour se les procurer.



III - Faits marquants et SWOT

Faits marquants

- Recrutement d'un CR CNRS (Jules Françoise) venu apporter ses compétences dans l'utilisation du mouvement dans les systèmes interactifs. Ses compétences en apprentissage automatique permettront également pour le groupe de tisser plus de collaborations internes et externes (en relation avec le handicap moteur, l'activité Arts et Sciences, ...).
- Arrivée de Nathalie Delprat (MCF en section 60). Cette arrivée renforce encore plus l'interdisciplinarité dans le groupe AMI. Son activité dans le domaine « Arts & Sciences » et pour l'action « VIDA » qu'elle co-animait avec Christian Jacquemin, a facilité son intégration dans le groupe et a permis d'instaurer immédiatement une coopération avec Jules Françoise avec qui elle co-anime désormais l'action « VIDA » après le départ en retraite de Christian Jacquemin.
- Soutenances de 2 HDR (M. Ammi et M. Gouiffès) pendant la période. A noter l'organisation d'un séminaire interne au groupe sur le thème « Comment préparer son HDR » qui a permis aux membres du groupe titulaires d'une HDR de présenter leur expérience concernant le passage de leur HDR aux autres membres du groupes.
- Forte activité d'encadrement doctoral : 26 thèses encadrées pendant la période de référence.
- Forte implication dans les activités de vulgarisation et de médiation scientifique. Les membres du groupe ont été présents lors de diverses manifestations à destination du grand public (fêtes de la science) et participé à plus d'une vingtaine d'activités dans les médias (interviews, articles de presses, etc.).
- Forte activité de valorisation et de transfert : 5 projets en partenariat avec des industriels.
- Forte activité de brevetage : 6 brevets déposés.
- Organisation de la Journée Nationale de l'Internet des Objets.
- Organisation de la Journée E-Santé Paris-Saclay : la santé de demain.

FORCES

- Dynamique de recrutement : 3 recrutements durant la période de référence (1 CR, 1 PR, 1 MCF (interne))
- Dynamique d'évolution de carrière (HDR) : 2 HDR passées durant la période de référence.
- Interdisciplinarité : permanents rattachés aux sections CNU 27, 60 et 61. Co-directions de thèses, projets interdisciplinaires
- Activité de publication : 242 publications dont 48 journaux (pour 8 permanents sur la période de référence)
- Relations industrielles : plusieurs projets avec des partenaires industriels dont 2 thèses CIFRE
- 6 Brevets déposés
- Ouverture : Collaborations avec les autres groupes du laboratoire (CPU, TLP, ILES, AERO, ...) et avec les autres laboratoires de Paris-Saclay (LRI, LAC, CIAMS, IBISC, ...)
- Encadrement doctoral : 26 thèses encadrées ou en cours d'encadrement dont 12 soutenues durant la période de référence.
- Esprit d'équipe : bonnes relations entre les membres du groupe

FAIBLESSES

- Déséquilibre C/EC
- Pas (plus) de DR CNRS.
- Charges pédagogiques et administratives lourdes pour les EC.
- Insuffisance de post-docs externes
- Insuffisance de chercheurs invités
- Parité Hommes / Femmes
- Manque de projets européens et ANR durant la période de référence malgré des tentatives chaque année (toutefois, nous venons d'obtenir un financement ANR pour un projet qui débutera fin 2018, non comptabilisé pour la période).

OPPORTUNITÉS

- Construction de l'Université Paris-Saclay : opportunité de construction d'un pôle IHM visible au niveau national et international.
- Collaborations potentielles avec de nouvelles équipes.
- Attractivité du plateau de Saclay
- Appel d'offres de l'Institut Carnot Cognition
- Financements ED STIC et Digicosme
- Accès plus aisé aux stagiaires et aux doctorants du fait de la présence dans les différentes filières d'enseignement, de nombreux E/C du groupe.

MENACES

- Construction de l'Université Paris-Saclay : environnement très changeant non propice au développement d'une activité de recherche à moyen/ long terme et sereine.
- Contraintes d'accès (ZRR) rendant difficile le développement de certaines recherches expérimentales et l'accès aux étudiants
- Surcharge des tâches administratives au détriment des activités de recherche.
- Concurrence ouverte avec NewUni pour la formation et le recrutement.
- Incertitudes sur l'avenir du laboratoire dans l'éventualité d'une fusion avec d'autres laboratoires de Paris-Saclay et perte du caractère interdisciplinaire du laboratoire.
- Pérennité des outils logiciels développés par les doctorants (perte de la maîtrise technique après leur départ).

IV - Projet scientifique

Une des principales forces du groupe AMI est de regrouper autour de thématiques communes liées à l'interaction Homme-Machine, des chercheurs issus de communautés différentes (IHM, traitement de signal, informatique embarquée, mécanique...). Cette pluridisciplinarité permet l'émergence de collaborations et de projets interdisciplinaires qui auraient du mal à voir le jour dans un autre contexte et semble jouer favorablement pour l'attractivité du groupe aussi bien en interne qu'en externe. Dans un environnement Paris-Saclay très mouvant, le groupe a eu l'occasion à diverses reprises de réitérer son attachement à cette interdisciplinarité, que l'arrivée de Nathalie Delprat est venue renforcer. La contrepartie de cette diversité est qu'il faut constamment veiller à ce que cette pluridisciplinarité ne nuise pas à la cohésion scientifique du groupe. Là encore, les réflexions menées autour des restructurations thématiques internes du groupe, ont eu pour objectif de renforcer cette cohésion. C'est dans cette perspective que sont présentés ci-dessous les enjeux structurels et scientifiques du groupe AMI.

Sur le plan structurel, et afin de faciliter l'intégration de ses nouveaux membres, Jules François et Nathalie Delprat, il a été décidé d'un commun accord qu'ils rejoignent dans un premier temps le thème « Multimodalité et Handicap » et de renommer ce dernier en « Mouvement, Multimodalité et Handicap ». En effet, ce thème est celui où leurs travaux peuvent trouver le mieux un terrain d'épanouissement favorable, avec par exemple une collaboration d'ores et déjà mise en place autour des problématiques de l'apprentissage du mouvement et du handicap moteur, dans le cadre du futur projet ANR ELEMENT (Enabling Learnability in Embodied Movement Interaction : Stimuler l'apprentissage de mouvements dans les interactions humain-machine) qui démarrera fin 2018. De plus, cela constitue une nouvelle opportunité d'instaurer des collaborations entre les thèmes du groupe. Ainsi, le thème « Image » compte proposer des descripteurs de mouvement calculés à partir de l'image, qui contribueront à caractériser le mouvement humain en termes d'expressivité (par exemple dans le cadre de la danse). Enfin l'annonce de l'arrivée, à la rentrée scolaire 2018-2019, d'un nouveau membre PR, dont une partie importante des recherches porte sur l'autisme, viendra renforcer les activités autour du handicap et de la santé.

Sur le plan scientifique, le projet du groupe AMI se veut en phase avec les enjeux prioritaires de la recherche au niveau national et international. Il vise à rapprocher les domaines de l'interaction Homme-Machine et de l'Intelligence artificielle comme en témoigne la future version 9 du système Android qui place l'apprentissage automatique et l'adaptation au cœur de ce système. Contrairement aux interfaces actuelles dont le comportement est bien souvent prédéterminé et figé quel que soit le contexte dans lequel elles prennent place, les interfaces de demain devront être capables d'adapter leur comportement à un contexte ouvert et dynamique. Elles devront avoir la capacité d'apprendre les préférences des utilisateurs et de s'adapter à celles-ci et aux contraintes de l'environnement. Elles devront être capables d'expliquer de façon compréhensible par l'utilisateur les choix effectués et permettre à celui-ci éventuellement de modifier dynamiquement leur comportement. Un tel défi nécessite naturellement l'appel à des techniques liées à l'IA (apprentissage, acquisition et représentation des connaissances, inférence, raisonnement, etc.). Il y a toutefois un travail important à mener afin de trouver le juste équilibre entre les deux postures extrêmes que chacune des communautés IHM et IA ont souvent défendues par le passé, à savoir « l'utilisateur contrôle tout » versus « la machine décide à sa place ». Le but, en effet, n'est ni de faire de la machine un simple outil passif de contrôle ni d'enlever à l'utilisateur sa capacité à choisir ce qui lui convient le mieux. L'objectif est de rechercher la bonne osmose entre ce qui doit être contrôlé par l'utilisateur et ce qui peut être délégué à la machine. Il s'agira donc sur le plan théorique de participer à la définition de nouvelles méthodes pour la conception et la mise en œuvre d'interfaces intelligentes adaptatives. Le volet évaluation quant à lui, sera traité à travers notamment les domaines applicatifs visés et qui concernent principalement le domaine du handicap, de la santé et du bien-être.

Thème Mouvement, Multimodalité et Handicap

Les activités concernant l'utilisation du mouvement en interaction humain-machine seront étendues. D'un point de vue théorique, il s'agira de poursuivre les travaux mettant à profit les méthodes d'apprentissage automatique interactif pour la conception d'interactions gestuelles et utilisant le corps entier. Ces méthodes d'apprentissage automatique et d'intelligence artificielle offrent des possibilités uniques de personnalisation et d'adaptation automatique des systèmes interactifs à des utilisateurs individuels. En particulier, nous nous intéresserons à la conception de méthodes d'interaction « apprenantes » et « apprenables » qui prennent en compte les mécanismes d'apprentissage réciproques entre l'utilisateur et le système. Ces nouvelles interfaces « intelligentes » pourront ainsi s'adapter aux capacités sensori-motrices de différents utilisateurs. Ces développements théoriques seront étudiés dans le cadre de plusieurs applications : la personnalisation de techniques d'interactions en IHM, les arts du spectacle (musique, danse) et la santé, où un feedback multimodal continu (visuel et sonore) peut contribuer à améliorer l'apprentissage du mouvement.

Les applications dans le domaine du handicap moteur seront également explorées avec notamment l'étude de stratégies d'adaptation à différentes échelles temporelles (court et long terme). Ce point est particulièrement crucial pour les personnes atteintes de maladies neuro-musculaires (myopathes) où des effets de fatigue réduisant les capacités d'interaction peuvent être observés au cours d'une même journée ou en fonction des conditions météorologiques (le froid ayant

une influence directe sur les muscles) alors que des effets plus irréversibles peuvent se produire sur un plus long terme au fur et à mesure de l'évolution de la maladie.

Concernant le handicap visuel, les travaux sur la définition de nouvelles méthodes multimodales pour l'accès aux documents numériques seront poursuivis. L'accent sera mis en particulier sur la réalisation d'une série d'études expérimentales visant à déterminer la/les meilleure(s) modalité(s) à associer à chaque niveau d'accès (spatial, typologique, substantiel) en fonction du profil de l'utilisateur (braille/non braille, non-voyant de naissance ou pas, niveau scolaire, âge, etc.) dans le but de proposer ensuite une méthode d'accès adaptée à chaque profil.

Thème Image

L'image représente un des moyens les moins intrusifs qui existe pour l'acquisition d'informations sur le contexte d'interaction. Les recherches commencées récemment en reconnaissance d'activités humaines et en analyse de la communication visuo-gestuelle seront renforcées et approfondies au cours des prochaines années. En plus des deux thèses en cours actuellement sur le sujet depuis octobre 2017, il est prévu de reprendre la collaboration avec Fabio Martinez (anciennement post-doctorant au LIMSI en 2014–16 et maintenant assistant Professor à Bogota, Colombie) notamment par le co-encadrement d'un étudiant en master (pendant 2 ans entre 2018 et 2020) et par la mise en place de séminaires réguliers par visio-conférence.

Il s'agira également renforcer les compétences en apprentissage profond pour l'analyse de vidéos. Dans le cadre de l'analyse de langue des signes, nous comptons proposer des approches d'estimation de la pose 3D du signeur à partir des données image 2D (corps et visage) par réseaux de neurones convolutionnels et réseaux récurrents (LSTM).

Enfin, les travaux de recherche menés sur l'analyse de scènes à partir d'un capteur en mouvement (détection de plans et reconstruction 3D) seront poursuivis, notamment en approfondissant le concept prometteur de UV-vélocité développé dans le cadre de la thèse de T.K. Mai et en essayant d'en étendre les domaines d'application.

Thème Environnements Intelligents

Les travaux du thème « Environnements intelligents » porteront d'une part sur les processus de captation (nouveaux capteurs : smart textile, capteurs imprimés) et le traitement de données (incertitudes de mesures, fusion de données, etc.) pour l'analyse de l'activité humaine (reconnaissance d'activité en collaboration avec le thème « Image », modélisation de la perception, ...). D'autre part, il s'agira de coupler des techniques issues de l'Intelligence artificielle (Machine Learning, traitement statistique, ...) avec les facteurs humains dans leurs dimensions psychologique (en collaboration avec le groupe CPU) et physiologique (en collaboration avec le CIAMS) pour la conception des environnements et systèmes. Les domaines d'application cibleront principalement le vieillissement, la santé et le bien-être.

ANNEXE 4 : AMI – Sélection des produits et activités de la recherche

I - PRODUCTION DE CONNAISSANCES ET ACTIVITÉS CONCOURANT AU RAYONNEMENT ET A L'ATTRACTIVITE SCIENTIFIQUE

1°) Journaux / Revues

Articles scientifiques

1. **Besancon, L., P. Issartel, M. Ammi,** and T. Isenberg. "Hybrid Tactile/Tangible Interaction for 3D Data Exploration". In: *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics* 23.1 (2017), pp. 881–890.
2. **Perin, C.,** P. Dragicevic, and J.-D. Fekete. "Revisiting Bertin Matrices: New Inter- actions for Crafting Tabular Visualizations." In: *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics* 10.1109 (2014), 10p.
3. Simard, J., **M. Ammi,** and A. Mayeur. "Comparative study of the bimanual and collaborative modes for closely coupled manipulations". In: *International Journal of Human-Computer Studies* 72.4 (2014), pp. 408–421.
4. **Bouchara, T., C. Jacquemin,** and B. Katz. "Cueing multimedia search with audio- visual blur". In: *ACM Transactions on Applied Perception* 10.2 (2013), 7 1–7 21.
5. **Gaffary, Y.,** M. V. Eyharabide, J.-C. Martin, and **M. Ammi.** "Clustering approach to characterize haptic expressions of emotions". In: *ACM Transactions on Applied Perception* 10.4 (2013), 18p.



6. Afonso, A., S. Buisine, J. Barre', A. Aoussat, and **F. Vernier**. "Trains of thought on the tabletop: visualizing association of ideas improves creativity". In: *Personal and Ubiquitous Computing* 18.5 (2014), pp. 1159–1167.
7. **Ammi, M.**, and B. Katz. "Intermodal audio-haptic metaphor: Improvement of target search in abstract environments". In: *International Journal of Human-Computer Interaction* 30.11 (2014), pp. 921–933.
8. **Gaffary, Y.**, V. Yharabide, J.-C. Martin, and **M. Ammi**. "The impact of combining kinesthetic and facial expression displays on emotion recognition by users". In: *International Journal of Human-Computer Interaction* 30.11 (2014), pp. 904–920.
9. Chamseddine Ben Abdallah, A., **M. Gouiffès**, and L. Lacassagne. "A modular system for global and local abnormal event detection and categorization in videos". In: *Machine Vision and Applications* 27.3 (2016), pp. 463–481.
10. **Perin, C.**, J. Boy, and **F. Vernier**. "Gap Charts: Using a Gap Strategy to Visualize the Temporal Evolution of both Ranks and Scores". In: *IEEE Computer Graphics and Applications* 36.5 (2016), pp. 38–49.

2°) Ouvrages

Direction et coordination d'ouvrages / édition scientifique

1. **Y. Bellik**, C. Kolski, "Informatique ambiante", *Technique et Science Informatiques*, vol. 32(5), pp. 539-662, Editions Lavoisier, Hermes, (2013)
2. **C. Jacquemin**, A. Lioret, "Art et informatique", *Technique et Science Informatiques*, vol. 32(3-4), pp. 307-530, Editions Lavoisier, Hermes, (2013)

Chapitres d'ouvrage

1. **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*. Springer, 2016, pp. 221–263. ISBN: 978-3-319-23452-6.
2. **Jacquemin, C.**, **P.-A. Bokaris**, **M. Gouiffès**, and **A. Setkov**. "Some Technical and Scientific Issues in Mobile: Video-Projection and Possible Applications". In: *Digital interfaces in situations of mobility: cognitive, artistic, and game devices*. Common Ground Research Networks, 2017, pp. 67–86. ISBN: 9781612298535.

3°) Colloques / congrès, séminaires de recherche

Éditions d'actes de colloques / congrès

- **M. Ammi**, Conférence de l'Internet des Objets : Nouveaux défis de l'Internet des Objets : technique, usage et éthique, Fès-Maroc, 18-19 Mai 2017

Articles publiés dans des actes de colloques / congrès

1. **Besançon, L.**, **P. Issartel**, **M. Ammi**, and T. Isenberg. "Mouse, Tactile and Tangible Input for 3D Manipulation". In: *ACM SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems, CHI'17*, Denver, CO- US, 2017, pp. 4727–4740.
2. **Perin, C.**, R. Vuillemot, and J.-D. Fekete. "A Table! Improving temporal navigation in soccer ranking tables". In: *ACM SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems, CHI'14*, Toronto- CA, 2014, 10p.
3. **Perin, C.**, **F. Vernier**, and J.-D. Fekete. "Interactive horizon graphs: improving the compact visualization of multiple time series". In: *ACM SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems, CHI'13*, Paris- FR, 2013, pp. 3217–3226.
4. **Gueniat, F.**, J. Christophe, **Y. Gaffary**, **A. Girard**, and **M. Ammi**. "Tangible Windows for a free Exploration of Wide 3D Virtual Environment". In: *ACM Symposium on Virtual Reality Software and Technology*. Singapore- SG, 2013, pp. 115–118.
5. **Fdili Alaoui, S.**, **C. Jacquemin**, and F. Bevilacqua. "Chiseling Bodies: an Augmented Dance Performance". In: *ACM SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems, CHI'13*, Paris- FR, 2013, pp. 2915–2918.
6. Savary, M., D. Schwarz, D. Pellerin, F. Massin, C. Jacquemin, and R. Cahen. "Dirty tangible interfaces: expressive control of computers with true grit". In: *ACM SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems, CHI'13*, Paris- FR, 2013, pp. 2991–2994.
7. **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*. Arles- FR, 2015, pp. 41–46.
8. **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*. Phuket- TH, 2016, 6p.
9. **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*. Munich- DE, 2016, pp. 187–190.
10. **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, ASSETS'16*. Reno- US, 2016, pp. 313–314.
11. **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*. Mérida- MX, 2016, pp. 215–220.



12. **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*. Tokyo- JP, 2016, pp. 357–361.
13. **Gharsellaoui, A., Y. Bellik,** and C. Jacquet. “A run time executable task model for ambient intelligent environments”. In: *IEEE International Conference on Ubiquitous Intelligence and Computing*, Vietri sul Mare, Italy, 2013, pp. 691–696.
14. **Girard, A., Y. Bellik,** M. Auvray, and **M. Ammi.** “Collaborative approach for dynamic adjustment of selection areas in polygonal modelling”. In: *IEEE Symposium on 3D User Interfaces*. Orlando- US, 2013, pp. 135–136.
15. Romero, A., and **M. A. Gouiffès.** “Total Bregman divergence for multiple object tracking”. In: *IEEE International Conference on Image Processing*. Melbourne- AU, 2013, 4p.
16. **Issartel, P., F. Gueniat,** and **M. Ammi.** “Slicing techniques for handheld augmented reality”. In: *IEEE Symposium on 3D User Interfaces*. Minneapolis- US, 2014, pp. 39–42.
17. **Tsalamlal, M. Y., P. Issartel,** N. Ouarti, and **M. Ammi.** “HAIR: HAptic feedback with a mobile AIR jet”, In: *IEEE International Conference on Robotics and Automation*, Hong Kong- HK, 2014, pp. 2699–2706.
18. Xianyong, F., S. Feng, G. Yanwen, **C. Jacquemin,** Z. Jian, and H. Shanchun. “A consistent pixel-wise blur measure for partially blurred images”. In: *IEEE International Conference on Image Processing*. Paris- FR, 2014, pp. 496–500.
19. **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*. Québec City- CA, 2015, pp. 2675–2679.
20. **Martinez, E.,** 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*. Rome- IT, 2016, pp. 442–448.

4°) Organisation de colloques / congrès

- TeC, IHM 2017, Co-Chair
- Alt-IHM 2016, Co-Chair
- Comité d'organisation de CURIOSITas 2017
- Comité d'organisation de CURIOSITas 2015
- Comité d'organisation de CURIOSITas 2014
- ACM Digital Tools & Uses Congress, Track: Internet of Things Challenges: Technologies, usages and ethics, Paris, 2018, Co-chair
- IEEE Haptic Symposium, USA, 2016, Publicity chair,
- International Conference on Social Robotics, Paris, 2015 Local organization committee
- IEEE Virtual Reality 2015, Arles-France Web & media chair
- IEEE ICRA 2014, Workshop on Affective Haptics for Human-Robot Interaction, Co-chair
- EuroHaptics, Versailles, 2014, Communication chair
- IoTWorld/IoT Lab C9, IoT Lab TR2, Paris, 2018, Co-chair
- Journée E-Santé Paris-Saclay: La santé de demain, NanoInnov-Palaiseau, 2017, General chair
- Conférence de l'Internet des Objets: Nouveaux défis de l'Internet des Objets : technologie, usage et éthique, Fès-Maroc, 2017 General co-chair
- Open Source Innovation Spring: Journée Open source et sécurité pour l'internet des objets, Paris, 2017, General co-chair
- Journée Nationale de l'Internet des Objets: Nouveaux défis de l'Internet des Objets, NOKIA-Nozay, 2016, General co-chair

5°) Produits et outils informatiques

Logiciels

- UNOPORUNO: méta-moteur de recherche servant à identifier des groupes de personnes à interroger dans le cadre des enquêtes sociologiques

Corpus

- DACIMPRO : The Database of ACquired IMage PROjections, <https://dacimpro.limsi.fr/>
- TIXEL : Vidéos montrant les mains de personnes déficientes visuelles en train d'explorer des formes géométriques sur une matrice tactile.



6°) Développements instrumentaux et méthodologiques

Prototypes et démonstrateurs

- Prototypes de capteurs textiles
- Plan 3D Energy : plateforme pour la rénovation énergétique
- Plan 3D Capture : plateforme de reconstruction 3D
- ICube : Dispositif tangible self-content pour l'interaction 3D
- SpECTRUM: Smart ECosystem for sTRoke patient's Upper limbs Monitoring
- PTRONICS : plateforme pour l'impression 3D mécatronique
- Interface tactile pour le pilotage de fauteuils roulants électriques
- Démonstrateurs d'outils de visualisation d'information : <http://vernier.frederic.free.fr/Infovis/>, Flow, Stratum Graphs, GapChart, Atlas linguistique des langues regionals, HeatMap Multiplexing, StripMap, VoroMap, TimeVisu, Exploded HeatMap, Horizon Maps

Plateformes et observatoires

- IRoom : Intelligent Room (Pièce intelligente pour mener des études sur les environnements ambiants)

7°) Activités éditoriales

Participation à des comités éditoriaux (journaux scientifiques, revues, collections, etc)

- JIPS (Journal d'Interaction Personne-Système) (2010-)
- Human-Media Interaction – Frontiers (2017-)
- ISTE OpenScience Internet of Things (2016-)
- TSI Technique et Science Informatique (2013)

8°) Activités d'évaluation

Évaluation d'articles et d'ouvrages scientifiques (relecture d'articles / reviewing)

- ACM CHI 2018, 2017, 2016, 2014, 2013
- INTERACT 2013, 2015, 2017
- EICS 2013, 2014
- Journal of Autism and Developmental Disorders
- Smart Graphics 2015
- ACM Multimedia 2014
- Smart Graphics 2014
- VRIC 2014
- ITS2014, ITS2013
- MOCO 2014, MOCO 2015, MOCO 2018
- IEEE VR 2018
- IEEE IROS 2014, 2015, 2016, 2017
- ACM ICMI 2016, 2017, 2018
- IEEE VR 2017, 2018
- EuroVR 2014, 2015, 2016
- EuroHaptics 2014
- IHM 2017
- AMBIENT 2017, 2018
- HANDICAP 2016
- Computer Music Journal
- Journal of Multimodal User Interfaces
- JAISE (Journal of Ambient Intelligence and Smart Environments)
- JMUI (Journal on Multimodal User Interfaces)

Évaluation de projets de recherche

- ANR, Generic call for proposals, 2018
- ANR, Generic call for proposals, 2016
- ANR, Generic call for proposals, 2014
- ANR, Young Researchers Programme, 2016
- ANR, Young Researchers Programme, 2015

- Natural Sciences and Engineering Research Council of Canada (NSERC), 2018
- Angers TourismLab, 2017
- IOTWorld, "IOT AWARDS", 2017
- NYU Abu Dhabi Institute, Research Programme, 2016
- Singapore Academic Research Council, 2013
- Appel à projets émergents 2017 du département STIC Université Paris Saclay
- Appel à projets du Labex DigiCosme Session printemps 2017
- Appel à projets Digiteo-DigiCosme 2016
- Responsabilités au sein d'instances d'évaluation
- Comité d'Evaluation Scientifique (CES33) de l'ANR 2016
- Comité de programme du RTRA Digiteo 2013, 2014, 2015

Responsabilités au sein d'instances d'évaluation

- Comité d'Evaluation Scientifique (CES33) de l'ANR 2016
- 2. Comité de programme du RTRA Digiteo 2013, 2014, 2015

9°) Contrats de recherche financés par des institutions publiques ou caritatives

AMI : Contrats institutionnels sur financement public

	Acronyme	Financier/ Partenaire	Programme/ Instrument	Coordinateur	Responsable LIMSI	Début	Fin	Part LIMSI €
Collaborations de recherche	SUSTAINS	OSEO	Pôle de compétitivité	Mahe Erwan (Artefacto)	Vernier Frédéric	10/12/2010	09/01/2014	122 300
	HUMAN TOUCH	Digiteo		O	Ammi Mehdi	01/10/2012	30/09/2015	102 200
	Gardien du Temple	Investissements d'avenir	La Diagonale	N	Gouiffès Michèle	09/06/2014	30/06/2016	17 400
		Investissements d'avenir	IDI	O	Ammi Mehdi	01/10/2014	30/09/2017	115 000
	MAPOCA	Digiteo		O	Gouiffès Michèle	01/11/2014	30/06/2016	76 950
	GT "Soutien aux Réseaux Profonds"	Investissements d'avenir	Labex Digosme	N	Frenoux Emmanuelle et Allauzen Alexandre	30/01/2015	31/12/2015	2 700
	IRON	Investissements d'avenir	LidEx ISN	N	Ammi Mehdi	12/02/2015	30/06/2016	105 000
	PINO	Investissements d'avenir	Prématuration	O	Ammi Mehdi	01/03/2015	29/02/2016	63 440
	Zoomit	Investissements d'avenir	La Diagonale	N	Jacquemin Christian	01/04/2015	30/06/2016	17 000
	P-TRONICS	SATT	Maturation	O	Ammi Mehdi	30/06/2016	29/04/2018	35 000
	TexSensor	Investissements d'avenir	Prématuration + Labex Lasips	N	Bimbard Franck	23/06/2017	31/12/2017	46 800
	Vera Iconica	Investissements d'avenir	La Diagonale	O	Gouiffès Michèle	01/07/2017	30/06/2018	5 000
		Investissements d'avenir	IDI	O	Ammi Mehdi	01/10/2017	30/11/2020	39 700
	LTS	Investissements d'avenir	La Diagonale	O	Bimbard Franck	24/11/2017	30/06/2018	2 600
	10 Clichés	Investissements d'avenir	La Diagonale	O	Frenoux Emmanuelle	12/12/2017	30/06/2018	2 500
	ELEMENTA	MSH	AAP Maturation 2017	O	Delprat Nathalie	01/01/2018	31/12/2018	23 000
	Live-Coding et Danse Augmentée	UNIV PARIS-NORD	DIM RFSI	O	Françoise Jules	06/02/2018	31/12/2019	13 500
	Investissements d'avenir	IDI	O	Yacine Bellik	01/09/2016	30/11/2019	120 640	

10°) Post-doctorants et chercheurs seniors accueillis

Post-doctorants

- Ding Hui,
- Fdili Alaoui Sarah,
- Girard Adrien,
- Issartel Paul,
- Longnos Florian,
- Martinez Fabio,
- Setkov Aleksandr,
- Tsalamlal Mohamed Yacine.

11°) Indices de reconnaissance

Prix

- ELEMENTA : prix CNRS-Image au concours « Filmer sa recherche » du Festival Sciences en Lumière organisé par le CNRS et l'université de Lorraine à Vandoeuvre-les-Nancy, 2018.
- ACM CHI 2017, Honorable Mention Award
- ACM VRST 2014, Best poster
- ICAICS 2018, Best Presentation Award
- IEEE SMC 2017, Second best student paper
- IEEE SMC 2017, Nominated for the best student paper

Responsabilités dans des sociétés savantes

- Member of the Steering Committee MOCO (MOvement and Computing)
- Vice-chair for Publication at IEEE Technical Committee on Haptics (IEEE TCH)
- Member of the Scientific Committee of the French Associations for Rapid Prototyping (AFPR)
- Vice-chair for Industrial Relationship at the IEEE Technical Committee on Haptics (IEEE TCH)
- Leader of the EuroVR Special Interest Group on Haptics (EuroVR Haptic SIG)
- Vice-leader of the EuroVR Special Interest Group on Haptics (EuroVR Haptic SIG)
- Comité Scientifique du CRIIGEN (Comité de Recherche et d'Information Indépendant sur le Génie Génétique)

Invitations à des colloques / congrès à l'étranger

- Invited speaker at SIGRAD2014
- Invited speaker at Affective Haptics Workshop, Univ. of Twente, June 2017
- Invited speaker at Next generation of HCI, CDTA, Algeria, June 2015

II - INTERACTION AVEC L'ENVIRONNEMENT, IMPACTS SUR L'ÉCONOMIE, LA SOCIÉTÉ, LA CULTURE, LA SANTÉ

1°) Brevets, licences et déclarations d'invention

AMI : Brevets, Dépôts APP, licences...

Brevet	Inventeur LIMSI	co-déposant	Date
Système de rendu haptique sans contact numérique	Ammi Mehdi	_	04/2012
TVIZ tablet based 3D visualization	Ammi Mehdi	Université Pierre et Marie Curie	04/2013
Dispositif d'interface Homme Machine pour l'internet des objets	Ammi Mehdi	Rénovation Plaisir Energie	03/2016
Système interactif de diagnostic de performance énergétique	Ammi Mehdi	Rénovation Plaisir Energie	03/2016
Echantillon piézo-électrique (PTRONICS 3ème famille)	Ammi Mehdi	SATT, IJL	11/2017
Plateforme d'impression 3D d'objets mécatroniques	Ammi Mehdi	Longnos Florian	11/2015
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.	11/2012

2°) Interactions avec les acteurs socio-économiques

	Acronyme	"Financier/ Partenaire"	Programme	Coordinateur	Responsable LIMSI	Date de début	Date de fin	Part LIMSI €
Collaboration de recherche	3D RENO	Rénovation Plaisir Energie		O	Ammi Mehdi	30/10/2014	29/10/2018	297 165
	GIS IOSP	Rénovation Plaisir Energie	Chaire industrielle	O	Ammi Mehdi	26/10/2015	25/10/2020	0
	EGG	IOFME		O	Ammi Mehdi	01/12/2015	31/05/2019	466 458
	CLEEX	ENOVAP		O	Ammi Mehdi	01/04/2017	07/09/2018	45 000
	DOCTI	CEFIPA		O	Vernier Frédéric	20/09/2017	19/12/2017	31 289
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

3°) Activités d'expertise scientifique

Activités de consultant

- Scientific consultant, Direction Générale de l'Armement, 2017

Participation à des instances d'expertise (type Anses) ou de normalisation

- REPRISE (Register of Expert Peer-Reviewers for Italian Scientific Evaluation) of Italian Ministry of Education, Universities and Research (MIUR), 2018

4°) Produits destinés au grand public

Produits de vulgarisation : articles, interviews, éditions, vidéos, etc.

- "Researchers are teaching robots to respond to touch", Newspaper article, ResponseSource, September 2017
- "Engineers teach robots to understand emotion through touch", Newspaper article, Techradar, August 2017
- "The jets of air that can alter your emotions", Newspaper article, NewScientist, September 2013
- "HumanTouch: Affective haptics", Newspaper article, Digiteo Magazine, July 2014.
- "Transition énergétique : le grand bond en avant", Newspaper article, Usine Nouvelle, July 2016
- "3D Reno : le bilan énergétique et la modélisation 3D à portée de tablette", Newspaper article, CNRS Innovation, June 2016
- "La lente percée de l'Internet des objets", Newspaper article, Leconomiste.com, May 2017.
- "La révolution des textiles intelligents", Newspaper article, Techniques de l'ingénieur, February 2018.
- "L'Intelligence artificielle au service du sevrage tabagique", Newspaper article, Vapingpost, June 2017.
- "Une appli pour modéliser un environnement avec une tablette", TV interview, Sciences et Avenir, January, 2017.
- "Chantiers connectés", TV program, www.btp.tv, May 2016
- "Travailler sur les Interactions Homme-machine liées à la rénovation énergétique", Newspaper article, Batiactu, March 2015

Produits de médiation scientifique

- Exposition sur le thème "informatique et écologie" au Festival de Robotique de Cachan (mai 2018) et la semaine du développement durable de l'U-PSud (juin 2018)
- Projet "Liquide Transformation Science". Médiation autour du brassage de la bière avec différents chercheurs de l'université: Chimistes, biologistes, écologistes, électroniciens, etc.
- Atelier Fauteuil Roulant Electrique lors des rencontres nationales de la FEDEEH, 11/02/2018

Débats science et société

- Piloter son fauteuil roulant électrique à l'aide d'un téléphone : Fête de la science, octobre 2017
- Piloter son fauteuil roulant électrique à l'aide d'un téléphone : Fête de la science, octobre 2016
- La géométrie sur le bout des doigts, Fête de la science, octobre 2015
- Débat FACTS 2015 Bordeaux
- Conférence LASER (Leonardo) 2017
- Participation au Forum CNRS 2017
- Journée mondiale sans tabac, Hôpital Salpêtrière, Mai, 2018
- Association Aristote, Ecole Polytechnique, Seminar, October 2017

- Univ. of Paris 8, Seminar, June 2017
- Paris-Saclay Connexion- EDF, June 2017
- Vitagora Café, "Robots et cobots de demain pour l'agroalimentaire", May 2017
- PARIS REGION IoT PHOTONICS, Paris, May 2017
- IOT World, Paris, March 2017
- SATT Paris-Saclay / HEC, October 2016
- Les 10^{èmes} Rencontres de la Performance Energétique, Paris, June 2016.
- 10th European e-Accessibility Forum e-Accessibility in a connected world, Paris, May 2016.
- IOT World, Paris, March 2016

III - IMPLICATION DANS LA FORMATION PAR LA RECHERCHE

1°) Liste exhaustive des thèses et HDR

Thèses

1. **Gueniat, F.** "Détection de Structures Cohérentes dans des Ecoulements Fluides et Interfaces Homme-Machine pour l'Exploration et la Visualisation Interactive de Données Scientifiques." Orsay, 2013, 199p.
2. **Hui Ding.** "Level of detail for granular audio-graphic rendering : representation, implementation, and user-based evaluation", Orsay, France, 2013.
3. **Mohamed, A.** "Fault detection in Ambient Intelligence based on the modeling of physical effects". Gif-sur-Yvette, France, 2013, 235p.
4. **Pruvost, G.** "Modélisation et conception d'une plateforme pour l'interaction multimodale distribuée en intelligence ambiante". Orsay, France, 2013, 269p.
5. **Girard, A.** "Interactions visio-haptiques pour la coordination et la conscience situationnelle partagée en environnement virtuel collaboratif". Orsay, France, 2014, 180p.
6. **Perin, C.** "Direct Manipulation for Information Visualization". Orsay, 2014, 215p.
7. **Setkov, A.** "IVORA (Image and Computer Vision for Augmented Reality): color invariance and correspondences for the definition of a camera/video-projector system". Orsay, 2015, 157p.
8. **Bokaris, P.-A.** "Réalité augmentée vidéoprojetée: Compensation photométrique pour l'effacement statique et dynamique". Orsay, France, 2016, 153p.
9. **Tsalamlal, M. Y.** "Communication affective médiée via une interface tactile". Orsay, 2016, 140p.
10. **Gaffary, Y.** "Communication kinesthésique des émotions dans un contexte d'interaction homme-machine". Orsay, France, 2017.
11. **Issartel, P.** "Nouvelles approches pour la portabilité, la non-intrusivité et l'accessibilité des interfaces de manipulation 3D". Orsay, France, 2017, 192p.
12. **Besançon, L.** "An interaction Continuum for 3D Dataset Visualization", Orsay, France, 2017.

HDR

1. **Ammi, M.** "Haptics: from Collaborative Interaction to Affective Interaction". Orsay, France, 2013, 170p.
2. **Gouiffès, M.** "De la couleur au mouvement, de l'apparence à l'action". Orsay, 2018, 100p.

2°) Productions scientifiques (articles, ouvrages, etc.) issues des thèses

1. **Bouchara, T., C. Jacquemin,** and B. Katz. "Cueing multimedia search with audio- visual blur". In: *ACM Transactions on Applied Perception* 10.2 (2013), 7 1–7 21.
2. **Gaffary, Y.,** M. V. Eyharabide, J.-C. Martin, and **M. Ammi.** "Clustering approach to characterize haptic expressions of emotions". In: *ACM Transactions on Applied Perception* 10.4 (2013), 18p.
3. **Gaffary, Y.,** V. Eyharabide, J.-C. Martin, and **M. Ammi.** "The impact of combining kinesthetic and facial expression displays on emotion recognition by users". In: *International Journal of Human-Computer Interaction* 30.11 (2014), pp. 904– 920.
4. **Perin, C.,** P. Dragicevic, and J.-D. Fekete. "Revisiting Bertin Matrices: New Interactions for Crafting Tabular Visualizations." In: *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics* 10.1109 (2014), 10p.
5. **Tsalamlal, M. Y.,** W. Rizer, J.-C. Martin, **M. Ammi,** and M. Ziat. "Affective Communication through Air Jet Stimulation: Evidence from Events-Related Potentials". In: *International Journal of Human-Computer Interaction* (2018), 33p.
6. **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*. Springer, 2016, pp. 221–263. ISBN: 978-3-319-23452-6.
7. **Fdili Alaoui, S., C. Jacquemin,** and F. Bevilacqua. "Chiseling Bodies: an Augmented Dance Performance". In: *ACM SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems*. Paris- FR, 2013, pp. 2915–2918.

8. **Gharsellaoui, A., Y. Bellik,** and C. Jacquet. "A run time executable task model for ambient intelligent environments". In: *IEEE International Conference on Ubiquitous Intelligence and Computing*. Italy, 9, 2013, pp. 691–696.
9. **Girard, A., Y. Bellik,** M. Auvray, and M. Ammi. "Collaborative approach for dynamic adjustment of selection areas in polygonal modelling". In: *IEEE Symposium on 3D User Interfaces*. Orlando- US, 2013, pp. 135–136.
10. **Gueniat, F.,** J. Christophe, **Y. Gaffary,** A. Girard, and **M. Ammi.** "Tangible Windows for a free Exploration of Wide 3D Virtual Environment". In: *ACM Symposium on Virtual Reality Software and Technology*. Singapore- SG, 2013, pp. 115–118.
11. **Perin, C., F. Vernier,** and J.-D. Fekete. "Interactive horizon graphs: improving the compact visualization of multiple time series". In: *ACM SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems*. Paris- FR, 2013, pp. 3217–3226.
12. **Issartel, P., F. Gueniat,** and **M. Ammi.** "Slicing techniques for handheld augmented reality". In: *IEEE Symposium on 3D User Interfaces*. Minneapolis- US, 2014, pp. 39–42.
13. **Perin, C.,** R. Vuillemot, and J.-D. Fekete. "A Table! Improving temporal navigation in soccer ranking tables". In: *ACM SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems*. Toronto- CA, 2014, 10p.
14. **Tsalamlal, M. Y., P. Issartel,** N. Ouarti, and **M. Ammi.** "HAIR: HAptic feedback with a mobile AIR jet". In: *IEEE International Conference on Robotics and Automation*. Hong Kong- HK, 2014, pp. 2699–2706.
15. **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*. Québec City- CA, 2015, pp. 2675–2679.
16. **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*. Arles- FR, 2015, pp. 41–46.
17. **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*. Phuket- TH, 2016, 6p.
18. **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*. Munich- DE, 2016, pp. 187–190.
19. **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*. Tokyo- JP, 2016, pp. 357–361.
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*. Mérida- MX, 2016, pp. 215–220.
21. **Besançon, L., P. Issartel,** **M. Ammi,** and T. Isenberg. "Mouse, Tactile and Tangible Input for 3D Manipulation". In: *ACM SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems*. Denver, CO- US, 2017, pp. 4727–4740.

3°) Efficacité de l'accompagnement des étudiants et qualité de leur encadrement (financement, durée des thèses, taux d'abandon)

- Durée moyenne des thèse : 3 ans et demi.
- Taux d'abandon : moins de 4% (1 sur 26)

4°) Mobilisation des chercheurs dans le montage de formation de niveau master

- Master 1 HCID (Human Computer Interaction and Design)- EIT Digital
- Master 2 HCID (Human Computer Interaction and Design)- EIT Digital
- Master 2 Interaction- Human Computer Interaction (HCI)

ÉQUIPE 7 : CPU

COGNITION, PERCEPTION ET USAGES

Responsable : Jean-Claude Martin

I - Présentation de l'équipe CPU

À la frontière entre informatique, psychologie et ergonomie, le groupe CPU (Cognition, Perception et Usages) est composé d'enseignants-chercheurs de ces trois disciplines. Il conduit des recherches pluridisciplinaires sur la cognition humaine et la conception, l'évaluation et les usages des interactions homme-machine. Les interactions entre les trois disciplines sont illustrées sur la figure 1. Ainsi les interactions entre informatique et psychologie visent à comprendre le comportement humain. En psychologie, on s'intéressera aux dimensions essentielles en interaction homme-machine : la cognition sociale, les dimensions affectives de l'interaction, la perception et les différences interindividuelles. En Informatique on s'intéressera donc aux interactions non-verbales telles qu'elles sont permises avec les agents conversationnels animés et avec les robots sociaux, mais aussi à la simulation du comportement humain. Les interactions entre psychologie et ergonomie visent à analyser les caractéristiques des utilisateurs. En ergonomie, on se focalisera sur un domaine pertinent pour ces recherches pluridisciplinaires : la conception de formation, le développement de compétences, l'anticipation des usages, la prise de décision et la gestion d'environnements dynamiques.

Ces recherches ont un double objectif :

- étudier l'humain pour mieux concevoir les interactions homme-machine et les systèmes;
- concevoir des interactions homme-machine pour étudier et mieux comprendre l'humain.

Ces recherches sont appliquées à l'analyse et à l'apprentissage de compétences sociales et professionnelles, à la simulation de comportements et aux technologies motivationnelles/persuasives.

Outre des collaborations intra-groupe (par exemple via les projets ANR VICTEAMS, NARECA ou INGREDIBLE) fédérant

les recherches de plusieurs permanents du groupe CPU, des collaborations avec d'autres groupes du laboratoire sont mises en œuvre (par exemple sur l'interaction en environnement immersif avec le groupe VENISE et 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 recherches réalisées dans le groupe CPU s'inscrivent dans plusieurs paradigmes complémentaires de la cognition tels que la cognition sociale, la cognition située, et la cognition incarnée. Elles sont menées au moyen de collaborations avec des partenaires académiques et industriels, de réponses à des 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 (*Figure 1*) 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. Interactions entre informatique, psychologie et ergonomie dans le groupe CPU.

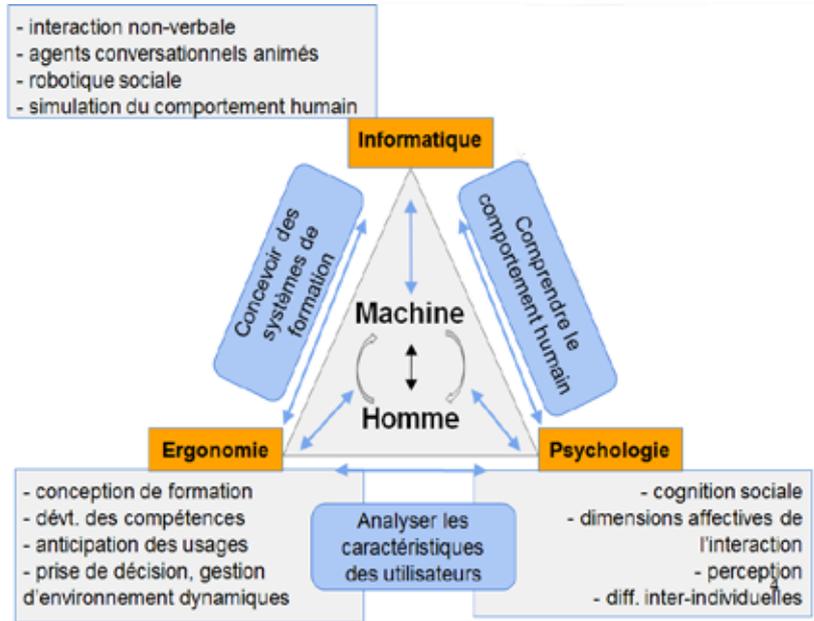


Figure 2 : Exemple de mise en œuvre des quatre axes de recherche du groupe CPU lors de la conception et l'évaluation d'agents virtuels expressifs.

Effectifs : Permanents

Nom	Prénom	Position	HDR	Organisme	Arrivée	Départ
Auvray	Malika	CR1		CNRS	10/08	12/14
Boccaro	Vincent	MCF		U Paris-Sud	09/13	
Clavel	Céline	MCF		U Paris-Sud	09/11	
Daniel	Marie-Paule	MCFHC	x	U Paris-Sud	01/92	10/17
Demulier	Virginie	MCF		U Paris-Sud	09/13	
Denis	Michel	DREM	x	CNRS	01/92	
Martin	Jean-Claude	Pr1	x	U Paris-Sud	09/97	
Prigent	Elise	MCF		U Paris-Sud	09/15	
Sabouret	Nicolas	Pr2	x	U Paris-Sud	09/12	
Tarroux	Philippe	Pr2	x	ENS Paris	11/98	09/13

Non-permanents (doctorants)

Nom	Prénom	Statut	Début de thèse	Fin de thèse
Albouys Perrois	Jérémy	Doctorant	01/02/2018	
Arnold	Ludovic	Doctorant	01/01/2010	25/06/2013
Boukhris	Mehdi	Doctorant	02/05/2012	04/12/2015
Brunet	Lucie	Doctorant	01/10/2011	
Chevalier	Pauline	Doctorant	01/12/2013	08/12/2016
Cornuet	Mélanie	Doctorant	04/12/2016	
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
Giraud	Tom	Doctorant	01/10/2011	26/03/2015
Hemamou	Léo	Doctorant	01/10/2017	
Huguet	Lauriane	Doctorant	09/09/2015	
Hurax	Thomas	Doctorant	01/06/2014	02/10/2015
Jaber	Ghazal	Doctorant	01/10/2010	18/10/2013
Kueviakoe	Kangni	Doctorant	01/10/2010	30/09/2014
Ould Ouali	Lydia	Doctorant	01/10/2014	
Philip	Léonor	Doctorant	01/02/2012	08/04/2015
Potdevin	Delphine	Doctorant	03/04/2017	
Thery	David	Doctorant	01/11/2016	
Yacoubi	Alya	Doctorant	23/05/2016	

Non-permanents (CDD)

Nom	Prénom	Statut	Arrivée	Départ
Alès	Zacharie	Post-Doc	01/15	09/15
Arnold	Gabriel	Post-Doc	10/12	09/14
Ben Youssef	Atef	Post-Doc	02/14	08/15
Brunet	Lucie	Post-Doc	10/14	10/16
Courgeon	Mathieu	Post-Doc	10/12	03/13
Dubuisson	Jean-Baptiste	Post-Doc	01/13	12/13
Fourati	Nesrine	Ch contractuel	12/15	11/16
Giraud	Tom	CDD	10/14	01/15
Giraud	Tom	Post-Doc	02/18	05/19
Gomez Jauregui	David Antonio	Post-Doc	10/12	12/15
Gras	Doriane	Ch contractuel	03/13	03/13
Hartcher-O'Brien	Jessica	Post-Doc	11/12	11/14
Jegou	Mathieu	Post-Doc	02/17	04/18
Kueviakoe	Kangni	Post-Doc	09/13	08/15
Laneyrie	Elsa	Post-Doc	05/15	08/16
Rendu	Christophe	Ch contractuel	11/13	12/13
Rendu	Christophe	CDD	05/14	09/14
Reynaud	Quentin	Ch contractuel	04/16	03/16

II - Bilan Scientifique

Axe "Cognition Humaine et Artificielle"

J.-C. Martin, N. Sabouret, V. Boccara, C. Clavel, A. Ben Youssef, K. Brousmiche, M. Courgeon, K. Darty, M.-P. Daniel, M. Denis, C. Faur, L. Huguet, L. Ould Ouali, A. Yacoubi, R. Delmas

Cet axe s'intéresse à l'étude et à 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 aux dimensions affectives et sociales 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 (neuro-typiques ou pathologiques) 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 la part non-rationnelle (erreurs de communication provoquées par le stress ou influence d'une émotion sur une prise de décision).

Les composantes que nous envisageons 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 supporter les processus de conceptualisation dans l'action¹, de prise de décision et, plus largement, le développement des compétences professionnelles. Ainsi, la thèse de Renaud Delmas (2015-18) vise à comprendre l'implication de compétences non-techniques sur la performance de leaders médicaux à partir de l'étude des représentations mentales des formateurs. Un des buts est de contribuer à la conception d'un environnement virtuel de formation à la prise en charge de blessés. Elle a notamment permis de mettre en évidence 230 descripteurs de la performance des leaders médicaux, dont 30 identifiés comme uniquement non-techniques par les formateurs.

Le post-doctorat de Lucie Brunet (2014–16), réalisé en co-encadrement avec EDF R&D, visait à anticiper, à partir d'analyses 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. Le but est 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. Cette recherche a notamment permis de construire une méthode projective pour analyser les transformations professionnelles lors de changements technologiques.

Dans la même perspective, la conception d'un environnement virtuel de formation à la maintenance gazière en partenariat avec GRT-GAZ est l'occasion d'analyser les compétences professionnelles qu'il serait souhaitable que les primo-intervenants développent pour agir en sécurité (2017-2018).

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, dans le cadre de la thèse de Caroline Faur (2012–16), un modèle informatique intégrant certains aspects de la théorie développée en psychologie de la personnalité sur la régulation du soi² a été proposé

¹ Pastré, P. (2011). *la didactique professionnelle. Approche anthropologique du développement chez les adultes*. 318p, Paris : PUF

² Higgins, E. T. (1998). *Promotion and prevention: Regulatory focus as a motivational principle*. *Advances in experimental social psychology*, 30, 1-46

pour des compagnons artificiels. L'une des originalités de la thèse est de combiner une approche mixte (*data et theory driven*) dans le cadre d'une interaction ludique autour du jeu de plateau pour étudier la perception que des utilisateurs ont de la personnalité d'une entité artificielle.

Nous avons également proposé un modèle informatique pour des dialogues de négociation collaborative avec un agent virtuel dans la thèse de Lydia Ould-Ouali (2014–18). Ce modèle s'appuie sur les travaux en psychologie sociale³ qui identifient des principes de négociation en relation avec les interactions sociales. Ces principes définissent les mécanismes de contrôle en temps réel de l'interaction avec un agent conversationnel. Un modèle de théorie de l'esprit permet à l'agent de s'adapter à l'interlocuteur pour faciliter l'interaction.

Suivant une approche similaire, dans la thèse de Kei Brousmiche (2012–2015), nous avons proposé un modèle d'attitude sociale basé sur la théorie de Fazio⁴. Le modèle informatique a été publié dans la revue JASS (Brousmiche et al., 2017) et les simulations produites ont permis de mieux comprendre les mécanismes de construction de l'attitude des populations civiles face aux armées occidentales lors d'opérations de maintien de la paix.

Enfin, dans la thèse d'Alya Yacoubi (2016–2019), nous construisons des modèles de dialogues basés sur la théorie des tendances à l'action⁵. Les premiers résultats montrent qu'il est possible d'exprimer verbalement des tendances à l'action pour améliorer la crédibilité des agents conversationnels.

Dans tous ces travaux, les modèles issus de la psychologie et de l'ergonomie sont utilisés pour concevoir des modèles informatiques qui, en retour, informent la compréhension des processus cognitifs.

En *informatique*, toujours dans le cadre de cet axe "Cognition Humaine et Artificielle", nous nous appuyons sur la simulation multi-agents pour étudier les phénomènes collectifs. Un des objectifs est par exemple 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 Huguet (2015–18), nous proposons des modèles informatiques de prise de décision et de communication en situation de stress pour une équipe de secouristes virtuels. Ce modèle est utilisé pour concevoir un environnement virtuel de formation pour des équipes de secouristes dans le cadre de l'ANR VICTEAMS (Figure 3).

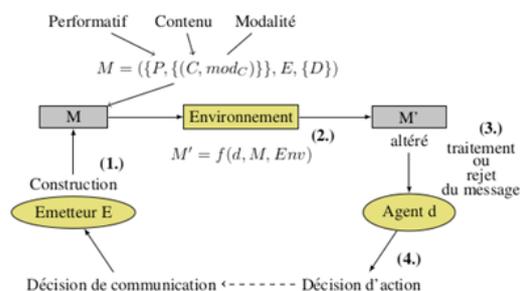


Figure 3. L'environnement virtuel de formation développé dans le projet ANR VICTEAMS comprend une équipe de secouristes virtuels autonomes reproduisant des processus cognitifs. Le schéma de droite décrit le processus de communication qui intègre un mécanisme de synthèse / simulation d'erreurs. À partir d'une décision de communication, un message multimodal est construit puis éventuellement altéré par l'environnement, pour permettre des erreurs de compréhension et d'interprétation au niveau de destinataire.

3 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.

4 Fazio, R. H. Attitudes as object-evaluation associations of varying strength. *Social Cognition*, 25(5):603, 2007.

5 Frijda, N. H. (2010). Impulsive action and motivation. *Biological psychology*, 84(3):570–579

Axe "Interaction Affective Multimodale"

J.-C. Martin, C. Clavel, V. Demulier, E. Prigent, P. Chevalier, M. Cornuet, M. Courgeon, F. Focone, N. Fourati, T. Giraud, D. Gomez Jauregui, L. Hémamou, M. Jégou, L. Philip, D. Potdevin, C. Rendu

Les recherches conduites dans cet axe visent deux objectifs principaux :

- d'une part à mieux comprendre comment l'humain intègre les informations multimodales affichées par d'autres humains ou des agents virtuels expressifs lors d'interactions sociales,
- d'autre part à répondre à des enjeux tels que la modélisation, la conception et l'évaluation de nouveaux dispositifs d'interaction multimodale intuitive.

Les modalités de communication 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 (non réflexifs et automatiques) et haut niveau (réflexifs) dans l'intégration des informations pour 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 section 16 dans le groupe en 2015. Ses recherches en *psychologie* cognitive 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 (*Information Integration Theory*⁶) et sur l'utilisation de paradigmes expérimentaux issus de la psychophysique (e.g., representational moment, time-to-contact evaluation). 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 (*figure 4*) (collaboration avec le laboratoire SFL). 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.



Figure 4. Exemples de 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.

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) ayant donné lieu à une publication dans *International Journal of Psychophysiology* (Philip et al. 2017). Une des dimensions était la perception d'expressions congruentes et incongruentes (par exemple un mot de contexte négatif affiché avant une expression faciale de joie).

Les travaux de thèse de Yacine Tsalamlal (2012-16) menées en coopération avec Mehdi AMMI du groupe AMI s'inscrivent aussi dans cette perspective multimodale et interrogent, via l'utilisation de l'*Information Integration Theory*, 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) (Tsalamlal et al. 2016). La perception tactile et l'expression haptique des affects a été également étudiée dans la thèse de Yoren Gaffary (2011-15) sur des données collectées expérimentalement et dans le cadre d'une application de jeu élicitant du stress. Ces travaux ont eux aussi donné lieu à une publication dans la revue *IEEE Transactions on Affective Computing* acceptée en Mars 2018 (Gaffary et al. 2018).

Les différentes études menées sur la manière dont les utilisateurs perçoivent des combinaisons d'expressions congruentes et incongruentes d'émotions sur différentes modalités (expressions faciales, postures, texte, ...) ont donné lieu à un chapitre d'un ouvrage collectif international sur les interactions multi-sensorielles et multimodales (Martin et al. 2018).

Dans le cadre de différentes collaborations entre les groupes AMI et CPU, nous étudions la manière dont les modalités d'interaction (haptique, tactile, tangible,...) avec des dispositifs favorisent la construction d'une représentation spatiale que ce soit celle d'un appartement ou celle d'une figure géométrique. Cela a notamment donné lieu à une publication lors de la conférence ICMI 2016 (Arnaud, Corrége, Clavel & Ammi, 2016), à une démonstration à la conférence IHM 2016 (Bellik & Clavel, 2016) et une publication lors de la conférence IHCI 2017 (Bellik & Clavel, 2017).

⁶ Anderson, N.H. (1982). *Methods of Information Integration Theory* (New York: Academic Press).

Les processus de 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) par 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 lors de l'expression d'émotions.

Depuis 2017, dans le cadre de la thèse de Delphine Potdevin (2017–2020), nous étudions comment les modalités d'interaction avec un agent conversationnel animé peuvent jouer sur différentes dimensions de l'expérience utilisateur: intimité perçue, image de l'entreprise, etc.

Axe "Modélisation des Variabilités Intra et Interindividuelles"

J.-C. Martin, C. Clavel, V. Demulier, E. Prigent, M. Boukhris, G. Demary, J.-B. Dubuisson, C. Faur, F. Focone, T. Giraud, L. Philip

Cet axe de recherche vise à mieux comprendre les caractéristiques individuelles et à envisager leur variabilité tant à un niveau intra-individuel qu'à un niveau inter-individuel pour

- étudier leurs impacts dans le cadre des interactions non-verbales humain-humain (HH) mais aussi les interactions homme-machine,
- proposer de nouveaux outils pour évaluer ces différences,
- aider à la conception et l'évaluation d'agents interactifs dotés de caractéristiques individuelles crédibles.

Les recherches menées en *informatique* et en *psychologie* se sont penchées, entre autres, sur les caractéristiques liées aux émotions et à l'interaction sociale. Ainsi, nous avons pris en considération différentes approches de la personnalité qui vont au-delà de celles utilisées habituellement en informatique affective comme les traits de personnalité OCEAN (Ouverture, Conscience, Extraversion, Agréabilité, Neuroticisme) mais aussi d'autres approches plus originales dans le domaine des interactions homme-machine et pourtant pertinentes pour la multimodalité et les émotions : préférences sensorielles, trait anxiété, empathie, et alexithymie.

Ces cadres théoriques ont été par exemple 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 neurotypiques (*Figure 5*) (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 humain-humain ou humain-machine (e.g., sexe, statut social).

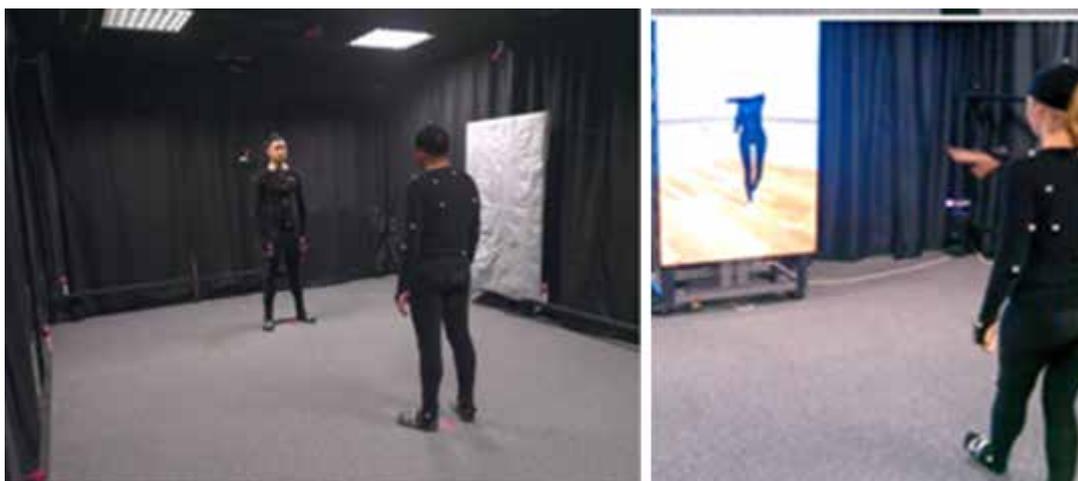


Figure 5.
Interactions corporelles dyadiques.
À gauche : entre deux participants.
À droite : entre un utilisateur et un agent virtuel expressif lors d'une tâche de réalisation d'un mouvement de fitness.

Les caractéristiques socio-émotionnelles telles que l'alexithymie, l'anxiété (trait et état) ou encore la gestion du stress ont été aussi étudiées dans le cadre d'interaction avec différents dispositifs lors d'une situation de stress social (simulation d'entretien d'embauche dans le projet ANR COMPARSE). Les stratégies adaptatives des adolescents face à des personnages virtuels (i.e., comportement d'approche et d'évitement) ont pu aussi être testées via l'utilisation d'outils de détection automatique par vidéo (projet Investissement d'Avenir INTELLILANGUE).

Dans le cadre du projet ANR INGREDIBLE, la thèse de Florian Focone (2012-2015) visait, en s'appuyant sur les sciences du mouvement, la compréhension de l'action et de la perception de mouvement expressif lors d'une interaction dyadique. La

visée applicative était la conception d'un coach virtuel qui, au moyen de ces mouvements expressifs, permet une interaction plus dynamique et crédible. Pour cela, l'impact de l'émotion et du statut social au sein de la dyade sur l'expressivité du mouvement ont été étudiés.

Dans le cadre du projet ANR VICTEAMS, la thèse de Guillaume Demary (2015-2018) vise à identifier la variabilité intra-individuelle des comportements de leadership en fonction de la perception du comportement de subordonnés/suiveurs en situation d'interaction dyadique. On s'intéresse donc ici aux attentes qu'à un leader donné vis à vis de ses subordonnés (Implicit Followership Theories⁷). Ces recherches menées auprès de pompiers professionnels (et autres professions) ont pour objectif (1) de mettre en évidence les indices comportementaux (*i.e.*, comportements non verbaux) des subordonnés permettant leur catégorisation par les leaders, (2) de collecter un répertoire de comportements non verbaux pouvant être implémentés dans un environnement virtuel de formation, et (3) d'identifier les processus implicites de catégorisation mis en œuvre par les leaders.

Par ailleurs, des outils (par exemple questionnaires) visant à mesurer des dimensions de la personnalité ont également été développés notamment dans le cadre des thèses de Tom Giraud et de Caroline Faur. Ainsi une échelle psychométrique visant à mesurer le *regulatory focus* chronique des individus a été élaborée et a fait l'objet d'une publication dans le journal *Personality and Individual Differences* (Impact Factor = 2).

Enfin, la mise en évidence de profils individuels d'intégration multimodale via l'interaction haptique affective (collaboration déjà mentionnée plus haut avec Mehdi AMMI du groupe AMI) permet d'étudier comment chaque utilisateur exprime ou perçoit des émotions via le toucher (thèse de Yacine Tsalamlal, 2012–16). La personnalité a aussi été considérée dans une étude sur l'intégration d'expressions faciales et de signaux haptiques lors d'une tâche de serrage de main avec le robot MEKA (collaboration AMI, CPU et la cellule P2i, ENSTA avec publication à la conférence HRI'2015).

Axe "Conception et Usages"

M.-P. Daniel, N. Sabouret, V. Boccara, C. Clavel, J. Albuys-Perrois, J.-B. Corrége, R. Delmas, T. Huraux, A. Marquet, Q. Reynaud, D. Thery

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. L'objectif est de concevoir des dispositifs technologiques plus adaptés et adaptatifs aux activités humaines ou orienter de nouvelles politiques dans une perspective de développement durable (e.g. projets SMACH, 3DReno, etc.). Ces travaux ont ainsi pour fil conducteur une meilleure compréhension des activités humaines instrumentées, les usages des technologies ainsi que les facteurs internes et externes les influençant. Ils permettent d'agir dans les processus de conception et d'innovation technologique et de les orienter.

En ergonomie, nous menons des recherches-actions qui ont quatre principales orientations : 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.

Plusieurs projets ont été l'occasion de construire et mettre en œuvre des démarches de co-conception d'outils innovants mobilisant des mises en situations écologiques ou de la réalité virtuelle :

- pour former de futurs agents de maintenance dans le domaine du nucléaire (EDF R&D : projet CERNUM, post-doc, Lucie Brunet, 2014–16), de la médecine militaire (Ecole du Val-de-Grâce & Brigade des Sapeurs-Pompiers de Paris : ANR VICTEAMS, Thèse Renaud Delmas, 2015–18) ou encore de la maintenance gazière (GRT-GAZ, projet Gaz Educ, 2017-2018);
- pour anticiper les usages en vue de concevoir un outil de travail performant et adapté au domaine professionnel cible (Thèse David Thery, 2016–19).

Un autre axe de recherche renvoie à la construction de démarches d'évaluation d'outils innovant de formation pour alimenter des processus d'amélioration continue de modules de formation dans lesquels ils sont déployés, au regard des compétences qu'ils devraient permettre de développer chez les formés pour agir en sécurité. Deux projets ont été

⁷ Carsten, M. K., & Uhl-Bien, M. (2009). *Implicit Followership Theories (IFT): Developing and Validating an IFT Scale for the Study of Followership*. Paper presented at the Annual Meeting of the Southern Management Association

Sy, T. (2010). *What do you think of followers? Examining the content, structure, and consequences of implicit followership theories*. *Organizational Behavior and Human Decision Process*, 113, 73-84.

réalisés : le premier dans le domaine du nucléaire civil (EDF R&D : projet PSPR, post-doc, Elsa Laneyrie, 2015–2016) et le second dans le ferroviaire (SNCF-FONCSI, projet E-Safety, thèse Audrey Marquet, 2017–20).

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 R&D, 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.

Le post-doctorat de Quentin Reynaud, réalisé dans le cadre du projet SMACH en collaboration avec EDF R&D, visait à concevoir un modèle multi-agent de simulation des activités humaines en rapport avec la consommation énergétique dans les foyers (figure 6). Le modèle s'appuie sur des études statistiques de l'INSEE pour synthétiser des diagrammes d'activité et des courbes de charges synthétiques. Il permet aux chercheurs d'EDF R&D d'étudier différentes hypothèses sur le comportement des individus en relation avec la politique énergétique, par exemple pour répondre à des demandes de l'ADEME.

Nous avons aussi développé, dans la thèse de Kévin Darty (2011–2015), une méthodologie de validation pour les systèmes multi-agents qui s'appuie sur des méthodes de classification automatique pour extraire des classes de comportements.



Figure 6. Simulation participative pour l'étude de l'activité quotidienne des ménages, une approche combinant informatique et ergonomie. Le projet SMACH permet de produire des diagrammes d'activité et des courbes de charges synthétiques.

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.

La thèse de Jean-Baptiste Corrége (2016-2019) vise à expliquer comment les processus normatifs peuvent être intégrés dans un dispositif interactif et modifier l'activité de l'utilisateur. Ainsi, nous avons montré que l'utilisation des normes injonctives pour promouvoir des choix éco-énergétiques lors de l'utilisation d'une application de simulation de rénovation de bâtiments influence non seulement les résultats obtenus par les utilisateurs mais également les stratégies employées lors de l'élaboration de leur projet ainsi que leurs priorités.

Dans le cadre du projet ANR NARECA, nous avons étudié l'impact de l'expressivité émotionnelle d'un agent virtuel narrateur lors de ses interactions avec des enfants. Nous avons étudié dans quelle mesure l'enfant est attentif à l'expressivité de l'agent en utilisant notamment l'oculométrie. 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).

Rayonnement et coopérations internationales

Les échanges internationaux se sont développés durant la période couverte (coopération avec le MIT Media Lab; accueil de 2 professeurs invités : Elisabeth André de l'Université d'Augsburg et Charles Rich du Worcester Institute à Boston ; préparation et accueil en Juillet 2018 de Steve WHITTAKER de l'Université de Californie à Santa Cruz aux Etats-Unis).

Organisation du groupe CPU

L'organisation et l'animation du groupe CPU se sont renforcées au cours des années : réunion réservée aux permanents tous les 15 jours, séminaire pour tout le groupe CPU tous les 15 jours précédé d'un point d'information envers les doctorants, journal club animé par les doctorants, commission doctorants et post-doctorants, séminaire annuel avec présentation et animations pour renforcer l'esprit d'équipe.

III - Faits marquants et Analyse SWOT

Faits marquants

- Fondation du GIS IthACA (Interactions Humain-ACA): chaire industrielle co-financée par l'U-PSud, le CNRS et DAVI.
- FP7 TARDIS (2011-2015) : coordination scientifique du projet européen (3,2 M€, 8 partenaires), conception d'un prototype, démonstrations, prix du meilleur article à la conférence ACE 2015.
- ANR VICTEAMS (2014-2019) : un projet fédérateur auquel 4 permanents du groupe participent : modélisation et conception d'un prototype avec démonstrations (Fête de la science, Laval virtual, ...), prix du meilleur poster à la biennale de l'IRBA en 2017.
- ICSR 2015 : Co-organisation de la conférence International Conference on Social Robotics October 26-30 2015 à Paris au siège social du CNRS (200 participants et édition des actes par Springer)
- WACAI 2016 et 2018 : Organisation du workshop "Artificial Companion Affect Interaction" (WACAI 2018), Ile de Porquerolles, 13-15 Juin 2018. Jean-Claude Martin (co-président Comité Scientifique), Nicolas SABOURET (GT ACAI), Céline Clavel (co-présidente Comité Scientifique WACAI 2016)
- MIT Media Lab : Collaboration avec Rosalind Picard : Best Paper Award à la conférence UBICOMP 2013.
- Publication du livre "Petit traité de l'espace : Un parcours pluridisciplinaire" par Michel Denis, chez Mardaga (Bruxelles), 2016.
- Michel Denis Lauréat de l'Académie des sciences morales et politiques (Prix Dagnan-Bouveret 2017).

Analyse SWOT

FORCES

- Interdisciplinarité : EC et doctorants rattachés aux sections CNU 16 et 27,
- co-directions de thèses, projets pluridisciplinaires
- Diversité de financements (ANR, CIFRE, fondations, région, conventions industrielles)
- Présence dans des réseaux et sociétés savantes (GT ACAI, AAAC, SELF, AFIA)
- Dynamique de recrutements récents (3 MCF section 16 depuis 2013)
- Animation (séminaire de groupe, journal club doctorants, journée annuelle de cohésion de groupe)
- Publications journaux et conférences internationales et nationales
- Attractivité PR invités international

FAIBLESSES

- Pas de CR CNRS
- Pas de PR en psychologie
- Pas de MCF en informatique
- Moins d'informaticiens que de psychologues
- Charges pédagogiques et administratives lourdes pour les EC
- Pas de projets Européens depuis 2015
- Faible accès et attractivité aux étudiants de master STIC et psychologie

OPPORTUNITÉS

- Construction Université Paris-Saclay : Dynamique du pôle IHM Saclay et originalité / force pluridisciplinaire de CPU
- Dynamique autour des sciences du mouvement (Structure Fédérative de Recherches FEDEV)
- Appel d'offre Financements Institut Carnot Cognition
- Dynamique scientifique et sociétale autour des agents conversationnels et de l'IA, technologies motivationnelles / persuasives, eSanté
- Financements ED STIC et Digicosme
- Participation ED SSMMH

MENACES

- Construction Université Paris-Saclay : manque de visibilité de la section 16 dans la structure académique (CCSU, pôle IHM, pas de mention "Psychologie" à l'ED SSMMH)
- Sur-sollicitation des composantes de formation et de recherche au niveau local et national
- Attractivité du plateau de Saclay
- Pas de master psychologie
- Contraintes d'accès (ZRR) rendant difficiles les expérimentations et l'accès aux étudiants
- Faible nombre de financements ED SSMMH

IV - Projet scientifique

Les recherches pluridisciplinaires alliant psychologie et informatique sont de plus en plus pertinentes scientifiquement et socialement. En cohérence avec les recherches menées entre 2013 et 2018, le groupe CPU gardera donc son double objectif qui consiste :

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

Nous n'envisageons pas non plus de changements importants de la structuration actuelle en quatre axes : Cognition Humaine et Artificielle ; Interaction Affective Multimodale ; Modélisation des Variabilités Intra et Interindividuelles ; Conception et Usages. Cette structuration permet en effet de représenter logiquement les perspectives du groupe comme nous allons le voir dans cette section.

Cette section prospective est structurée comme suit. Nous commençons par décrire des enjeux et défis qui soulèvent des questions de recherche scientifiques et/ou sociétales auxquelles le groupe s'intéresse déjà et envisage de développer de manière plus significative dans les cinq prochaines années. Nous expliquons ensuite comment nous envisageons de mettre en place ces recherches via trois types de projets transversaux à nos quatre axes. Finalement, nous envisageons les moyens nécessaires, notamment en termes méthodologiques.

Comme pour nos recherches précédentes, nous envisageons des coopérations et co-encadrements de thèse psychologie et informatique via des réponses à des appels d'offres et demandes d'allocations doctorales.

Chacun de ces projets contribuera à plusieurs axes.

Prochains enjeux, défis et questions de recherche

► Santé et handicap

La santé et le handicap représentent un domaine d'études particulièrement pertinent pour les recherches pluridisciplinaires en cognition, perception et usages. Ainsi, le groupe CPU a déjà par le passé conçu et évalué des interactions multimodales pour l'apprentissage de compétences sociales à l'aide d'agents virtuels expressifs pour des utilisateurs souffrant de Trouble du Spectre de l'Autisme (TSA) ou de Schizophrénie.

D'autres recherches seront menées afin d'améliorer l'accessibilité aux informations à des personnes atteintes de handicap, telles que les personnes sourdes. Les conséquences biomédicales du handicap réduisent en effet la possibilité de développer, entre autres, des compétences psychosociales indispensables à la réalisation d'une activité professionnelle parmi les travailleurs en situation de handicap (TSH)⁸. Or, ces compétences deviennent, quand elles sont conscientisées et mises en œuvre, de réelles ressources professionnelles et/ou personnelles préservant les effets délétères des risques psychosociaux (RPS) sur la santé. Des recherches menant au développement des compétences psychosociales des TSH seront envisagées afin de prévenir les RPS et d'améliorer la qualité de vie au travail de cette population.

Le groupe CPU mène aussi, en collaboration avec le Groupe ILES, des recherches autour de la Langue des Signes Française (LSF). Un des enjeux de ces recherches est d'améliorer la compréhensibilité des agents virtuels qui communiquent des informations via la LSF. D'autres populations pourront bénéficier de telles recherches pluridisciplinaires en interaction homme-machine pour des approches de remédiation ou pour des études expérimentales permettant de mieux comprendre les troubles sociaux et moteurs d'utilisateurs.

En comparant les résultats obtenus avec des utilisateurs présentant une pathologie et des utilisateurs typiques, ces recherches permettent d'aborder des questions fondamentales de la psychologie sociale liées à la perception multimodale, aux émotions et aux bases sensori-motrices de la cognition sociale.

► Technologies persuasives pour le changement de comportement

Les besoins sociétaux très actuels liés à différentes maladies et pathologies comme le diabète ou la lombalgie nécessitent de la part des malades des changements de comportement pour lesquels des recherches pluridisciplinaires peuvent apporter des solutions. L'évolution des comportements est plus globalement au cœur de grands enjeux sociétaux. Ainsi, l'Organisation Mondiale de la Santé souligne le rôle et les impacts sur la santé de l'alimentation, de la consommation

⁸ Pachoud B, Corbière M. (2014) Practices and interventions related to the work integration of people with a severe mental illness: work outcomes and avenues of research. *Encephale*. 2014 Jun ; 40 Suppl 2:S33-44.

d'alcool, du tabagisme et du manque d'exercice physique. Dans le domaine du développement durable, le respect des accords de Paris sur le climat engage la France sur des objectifs de réduction des émissions de gaz à effets de serre et de consommation énergétique.

Les recherches pluridisciplinaires en technologies dites « persuasives » (ou “technologies motivationnelles”) visent à concevoir des nouvelles technologies pour aider les utilisateurs à adopter de meilleurs comportements, par exemple dans le domaine de la santé ou du développement durable.

Les possibilités de changement de comportement via le développement de ces technologies persuasives soulèvent de multiples questions de recherche en psychologie, ergonomie et informatique : comment concevoir une aide personnalisée efficace ? comment faire en sorte qu'elle soit bien acceptée par les utilisateurs ? quelles interactions homme-machine doit-on mettre en place sur différents dispositifs et contextes d'utilisation (téléphone portable, montre connectée, bâtiment intelligent) ? quels protocoles d'évaluation mettre en place pour évaluer l'impact de ces technologies sur le long-terme ? quelles questions ces technologies soulèvent-elles en termes d'éthique et de données personnelles ?

Ainsi, la recherche dans les objets connectés et les technologies persuasives suggère qu'un coach destiné à promouvoir les activités physiques doit fournir une interaction personnalisée afin que le changement de comportement soit maintenu sur le long-terme⁹. Alors que les recherches en eSanté, objets connectés et technologies persuasives pour le changement de comportement se développent depuis plusieurs années, peu d'équipes développent de manière conjointe des modèles d'interaction personnalisée et dynamique intégrant de manière homogène les différents dispositifs et objets connectés dont peut avoir besoin un utilisateur donné. Ces interactions sont pourtant nécessaires pour considérer les différences interindividuelles et les différences de besoins nécessaires pour différents utilisateurs (personne âgées, stress, patients avec différentes pathologies : diabète, obésité...).

Dans cette perspective, le groupe CPU mobilise conjointement les théories et méthodes de la psychologie et de l'ergonomie pour modéliser d'une part le fonctionnement perceptif, cognitif et émotionnel contribuant à l'élaboration des activités humaines instrumentées et, d'autre part, les usages personnalisés des technologies multimodales en situation. De cette manière, elles constituent des guides et des données d'entrée pour l'élaboration des modèles informatiques avancés, des caractéristiques fonctionnelles ainsi que de la conception des technologies multimodales personnalisées.

► Compétences sociales et adaptation

Le développement des compétences sociales (en particulier l'intelligence affective et le contrôle des émotions) a été identifié comme un enjeu majeur dans le milieu professionnel et pour le développement personnel¹⁰. Nous continuerons à étudier les bases sensori-motrices de la cognition sociale, comme par exemple les expressions motrices des attentions sociales¹¹.

La conception de systèmes de formation aux compétences sociales passe notamment par la compréhension et la modélisation des processus de théorie de l'esprit. La théorie de l'esprit désigne les processus permettant à un individu de reconnaître un type d'état mental, pour lui-même ou pour une autre personne. Elle joue un rôle fondamental dans les interactions sociales entre les individus ou au sein de petits groupes. Le développement de cette compétence constitue un enjeu aussi bien dans le domaine de la santé que dans le domaine professionnel (cohésion d'équipe). Comprendre la théorie de l'esprit et l'utiliser pour la conception de systèmes intelligents pour le développement des compétences sociales nécessite de répondre à des questions en psychologie et en informatique sur la modélisation des processus cognitifs : comment est perçu l'état mental de l'interlocuteur ? Quelle représentation de l'activité ou des processus de décision est nécessaire ? Comment la théorie de l'esprit impacte-t-elle les interactions humain-machine ? Le groupe CPU mobilisera ses compétences en psychologie, en informatique et en ergonomie pour développer de tels systèmes de formation aux compétences sociales, en se basant sur les théories en psychologie cognitive pour implémenter des agents virtuels munis de théories de l'esprit dans un objectif de formation.

► Modélisation des activités lors d'interactions avec un système

La conception des systèmes mettant en jeu des humains et des outils informatiques nécessite d'étudier et de modéliser les activités humaines. Le groupe CPU développe depuis plusieurs années des recherches entre ergonomie et informa-

9 R.A.J. de Vries, K.P. Truong, C. Zaga et al. 2017. A word of advice: how to tailor motivational text messages based on behavior change theory to personality and gender. *Pers Ubiquit Comput* (2017) 21: 675.

10 Marc A Brackett, Susan E. Rivers, Peter Salovey (2011) *Emotional Intelligence: Implications for Personal, Social, Academic, and Workplace Success. Social and Personality Psychology Compass* 5(1):88 - 103

11 Quesque, F., Mignon, A., Coello, Y. (2017). Cooperative and competitive contexts do not modify the effect of social intention on motor action. *Consciousness and Cognition*. doi: 10.1016/j.concog.2017.06.011.

tique autour de la simulation et de la modélisation des activités humaines finalisées dans des domaines variés allant de la conception de formations professionnelles à la maîtrise de l'énergie. Les questions de recherche dans ces domaines sont encore largement ouvertes.

Dans le domaine de la *gestion intelligente de l'énergie*, nous souhaitons développer des travaux autour des comportements individuels et collectifs liés à l'autoconsommation des bâtiments. Notre objectif est de concevoir des outils informatiques de simulation pour étudier et anticiper les nouveaux usages et les nouvelles pratiques de consommation dans l'habitat. Les questions soulevées par ces travaux portent d'une part sur l'organisation des activités humaines- Comment l'autoconsommation modifie-t-elle l'activité ? Quelles sont les activités liées à l'autoconsommation ou au partage d'énergie ?- et, d'autre part, sur la coordination entre les foyers d'un quartier.

Dans le domaine de la formation professionnelle, les nouvelles technologies (réalité virtuelle, augmentée, mixte, outils de simulation numérique) sont souvent l'occasion de transformer les situations de formation dans l'objectif d'améliorer leur efficacité. L'insertion de nouveaux outils de travail pour les formateurs et les formés correspond alors à un changement organisationnel et, dans de nombreux cas à des transformations professionnelles majeures. Il s'agit alors de mieux comprendre ces processus de changement et leurs impacts sur les activités humaines qu'ils concernent pour orienter la conception de ces nouveaux outils numériques de formation.

Mise en œuvre via des projets transversaux aux axes du groupe CPU

Ces différentes questions de recherche seront étudiées via des projets transversaux aux axes du groupe CPU. Nous décrivons brièvement ci-dessous à titre illustratif trois types de projets pour lesquels des coopérations ont déjà été mises en place.

► Coach pour la santé et le bien-être

Afin de répondre aux besoins de santé mentionnés plus haut, les initiatives autour du coaching personnel se développent dans l'industrie et dans la recherche. De très nombreuses applications sont ainsi disponibles sur téléphone et tablettes (sport, alimentation, stress, méditation, ...). Cependant celles-ci restent très limitées en termes de validation expérimentale et psychologique ainsi qu'en termes d'interaction homme-machine multimodale et personnalisée. Alors que de nombreux capteurs et équipements sont déjà disponibles, leur intégration et les services qui sont attendus restent encore limités. Des recherches pluridisciplinaires sont nécessaires pour concevoir des systèmes de coaching pour les activités physiques et sportives et permettre des interactions avec l'utilisateur qui soient (Martin et al. 2017) : 1) multi-supports (montre connectée programmable, application sur téléphone portable, site web), 2) personnalisées et adaptées (à la personnalité de l'utilisateur (Faur et al. 2017), au contexte (par exemple avant et après, mais aussi pendant une activité), aux usages), et 3) multimodales (graphisme, texte, audio et vibration sur montre, personnage virtuel sur téléphone portable, visualisation de données de quantification de soi). Un tel coaching personnalisé est utile pour motiver des patients (diabétiques ou souffrant de lombalgie par exemple) à pratiquer des activités physiques et sportives ou à fournir une aide pour la gestion du stress à des employés en entreprise. Développer un tel service de coaching personnel nécessite de développer des recherches pluridisciplinaires en technologies persuasives, adaptation à l'utilisateur, interaction homme-machine multimodale, traitement informatique des émotions et de la motivation, analyse d'activité, ainsi qu'appropriation et acceptabilité des technologies.

Ce type de projet donnera lieu à des recherches dans les différents axes du groupe. Dans l'axe "Cognition Humaine et Artificielle", il s'agira de modéliser les étapes cognitives impliquées dans le changement de comportement. Dans l'axe "Interaction Affective Multimodale", il s'agira de concevoir des interactions multimodales avec les différents dispositifs (montre connectée) et modalités (agent virtuel expressif). Dans l'axe "Modélisation des Variabilités Intra et Interindividuelles", il s'agira d'évaluer et de prendre en compte dans la conception du coach les différences existantes entre les individus (*regulatory focus*, traits de personnalité) pour personnaliser les interactions et les rendre plus persuasives. Enfin dans l'axe "Conception et Usages", il s'agira par exemple d'étudier l'acceptabilité du coach virtuel.

► Entraînement à des compétences sociales

Les avancées récentes en traitement informatique des signaux sociaux et des émotions, et plus généralement en interaction homme-machine permet d'envisager des dispositifs sophistiqués pour l'entraînement à des compétences sociales. La conception et l'évaluation de ces dispositifs permet en retour des études expérimentales en psychologie pour étudier les compétences sociales (e.g., percevoir et anticiper les comportements non-verbaux, gérer un dialogue moteur avec autrui) mais aussi pour chercher à les développer dans le but de faciliter les interactions sociales.

Les capacités à percevoir les comportements non-verbaux chez autrui semblent essentielles dans le cadre des interactions sociales, et le développement de celles-ci reste un enjeu primordial, notamment pour des individus atteints de certaines pathologies (e.g., Trouble du Spectre de l'Autisme- TSA, Alzheimer). Ainsi, le projet intitulé "Entraînement combiné à l'interaction sociale coopérative et à l'apprentissage moteur" a démarré en 2017. Ce projet est financé par l'appel d'offres « Autisme et Nouvelles Technologies » de la Fondation Internationale de Recherche Appliquée sur le Handicap (2017- 2020). Il vise à concevoir et évaluer un dispositif virtuel et tangible entraînant des enfants avec TSA à réaliser des actions conjointes (par exemple porter une table à deux). Il s'agit là de combiner apprentissage moteur et apprentissage social. Outre l'apport potentiel en termes d'amélioration des compétences sociales et motrices, ce projet vise à mieux comprendre les capacités de collaboration motrice chez des individus avec TSA ainsi que le rôle de la capacité d'anticipation des mouvements de l'autre dans la collaboration. Il est développé en partenariat avec Jacqueline Nadel (DREM CNRS et responsable pédagogique des centres TEDyBEAR). Les nouvelles technologies peuvent aussi servir à entraîner le personnel soignant à adapter sa communication avec des patients. C'est le cas dans le projet ANR VIRTUALZ (2018-2021) qui vise à concevoir un outil de formation par simulation d'un "Patient Virtuel" pour des professionnels des secteurs sanitaire et médico-social travaillant auprès de personnes atteintes de la maladie d'Alzheimer ou maladies apparentées. Il s'agit de réaliser un agent virtuel simulant un patient Alzheimer interactif sensible aux comportements non-verbaux des utilisateurs. Nous envisageons aussi des recherches avec des utilisateurs présentant d'autres types de pathologies nécessitant un entraînement à des compétences sociales comme par exemple des patients ayant eu un accident vasculaire cérébral.

Les interactions sociales sollicitant des comportements non-verbaux nécessitent des capacités à anticiper les mouvements de l'interlocuteur. Nous souhaitons utiliser de nouveaux dispositifs d'IHM pour explorer les aspects bas niveaux de cette anticipation automatique (Hubbard 2005) face à un agent virtuel ou un humain. Ce dispositif développé dans un premier temps avec des individus sains pourra être adapté aux individus nécessitant un entraînement à l'acquisition de compétences sociales en communication non-verbale essentiellement. Cette direction fait suite à des axes de recherches déjà initiés au sein de CPU dans le projet INGREDIBLE par exemple.

Comme vu précédemment, les mouvements du corps peuvent servir à exprimer des intentions et des émotions mais servent parfois de support d'une langue à part entière telle que la langue des signes. Dans ce cadre, et en collaboration avec le groupe ILES, notre objectif sera d'améliorer la qualité et la compréhensibilité des agents virtuels s'exprimant en langue des signes, appelés signeurs virtuels. Il faudra pour cela mener des expériences en psychologie cognitive afin de comprendre les processus cognitifs de pondération des différentes informations visuelles fournies par le buste, le visage, les mains et les bras du signeurs virtuels. Ces recherches à plus long terme pourront servir de support pour le développement de jeux sérieux pour l'apprentissage de la langue des signes.

Le développement et l'entraînement à d'autres compétences sociales peut également être envisagé pour l'adaptation au contexte professionnel. Le groupe CPU souhaite ainsi effectuer des études sur l'exploitation d'agents virtuels pour simuler des situations rencontrées par exemple par les jeunes diplômés en entreprises (par exemple person-nages et environnement virtuel simulant une réunion avec conflits).

Ce type de projet donnera lieu à des recherches dans les différents axes du groupe. Dans l'axe "Cognition Humaine et Artificielle", il s'agira par exemple dans le cadre du projet ANR VIRTUALZ de modéliser des évaluations cognitives pathologiques typiques de patients Alzheimer. Dans l'axe "Interaction Affective Multimodale", il s'agira de pouvoir analyser les comportements sociaux des utilisateurs, par exemple dans le cas d'entretiens d'embauche afin de pouvoir aider les recruteurs. Dans l'axe "Modélisation des Variabilités Intra et Interindividuelles", des différences en termes de capacités à anticiper les expressions motrices d'interactions sociales devront être considérées.

► Environnement de simulation pour l'apprentissage humain et le développement de compétences : réalité virtuelle, augmentée et mixte

Les évolutions technologiques permettent aujourd'hui de bâtir des environnements de simulation toujours plus performants mobilisant des technologies variées : simulation numérique, intelligence artificielle, système multi-agent ou encore la réalité virtuelle, augmentée, mixte. Ces technologies pénètrent de façon massive aussi bien les domaines professionnels que le domaine scolaire en promettant de grandes avancées pour construire des environnement d'apprentissage scolaire et professionnel dédié à « *l'actualisation des connaissances et des compétences techniques (...)* et non techniques (...), *l'évaluation des connaissances et des pratiques en faisant porter un nouveau regard sur soi-même (...)*, *d'aborder les situations dites à risque pour le patient, et d'améliorer la capacité à y faire face en participant à des scénarios qui peuvent être répétés* » (Granry & Moll, 2012).

Dans ce contexte, l'équipe CPU a identifié plusieurs directions de recherche :

- La première direction de recherche porte sur l'enseignement à distance et sur les dimensions sociales de cet enseignement. Quels sont les liens entre téléprésence et apprentissage? Qu'est-ce que le sujet apprend ? À quel point se sent-il présent ? Comment concevoir un système de formation à distance ?
- La deuxième direction de recherche porte sur l'apprentissage virtuel de compétences sociales en immersion ou en réalité augmentée, en présence d'agents virtuels expressifs mobilisant différentes modalités (expressions faciales, regard, parole, gestes, postures...), dans des situations collaboratives.
- Une troisième direction de recherche à plus long terme est envisagée dans le cadre de collaborations avec l'équipe VENISE : étude des liens entre perception, niveau d'anticipation et "mal du simulateur", développement d'une mesure de la (télé)-présence intégrant une dimension sociale, conception d'Environnement Virtuel Sémantique (EVS).
- Une quatrième direction vise l'amélioration de la scénarisation de ces environnements d'apprentissage. Force est de constater qu'une des limites actuelles reste la scénarisation de situations complexes et fortement évolutives. L'originalité est ici de proposer une démarche d'ergo-scénarisation basée sur une analyse ergonomique et didactique du travail. La scénarisation est ainsi centrée sur la notion de situation professionnelle, plutôt que de procédure, règle ou tâche comme cela est classiquement fait aujourd'hui à notre connaissance.

Ce type de projet mobilise des travaux issus des différents axes du groupe: l'axe "Cognition Humaine et Artificielle", pour la compréhension des processus d'apprentissage, l'axe "Interaction Affective Multimodale" pour le développement de modalités d'interaction en environnement virtuel, l'axe "Modélisation des Variabilités Intra et Interindividuelles" pour l'étude de la relation entre perception et anticipation et enfin l'axe "Conception et Usages" pour la scénarisation d'environnements d'apprentissage et la mise en place de dispositifs de téléprésence.

ANNEXE 4 : CPU – Sélection des produits et activités de la recherche

I - PRODUCTION DE CONNAISSANCES ET ACTIVITÉS CONCOURANT AU RAYONNEMENT ET À L'ATTRACTIVITÉ SCIENTIFIQUE

1°) Journaux / Revues

Articles scientifiques

1. **Philip, L., Martin, J.-C., Clavel, C.** (2017). Suppression of Facial Mimicry of Negative Facial Expressions in an Incongruent Context. *International Journal of Psychophysiology*. [Impact Factor 2015 = 2.596]
2. **Prigent, E.,** Amorim, M.-A., & Oliveira, A. M. (2017). Representational momentum in dynamic facial expressions is modulated by the level of expressed pain: Amplitude and direction effects. *Attention, Perception & Psychophysics*, DOI 10.3758/s13414-017-1422-6. [Impact Factor 2016 = 1.86]
3. **Boccara, V.** & Delgoulet, C. (2015) Works analysis in training design. How ergonomics helps to orientate upstream design of virtual training environments, 12(2), 137-158, <http://www.activites.org/v12n2/v12n2.pdf> (Sans IF)
4. **Boccara, V.,** Vidal-Gomel, C., Rogalski, J., & Delhomme, P. (2015). A longitudinal study of driving instructor guidance from an activity-oriented perspective. *Applied ergonomics*, 46, pp. 21-29. (IF=1,866 : Q1 SJR)
5. **Corrégé, J.-B., Clavel, C.,** Christophe, J., & Ammi, M. (2018). Social norms from a goal-system point of view: Contributions of activity analysis. *Basic and Applied Social Psychology*.
6. **Faur, C., Martin, J.-C., Clavel, C.** (2017). Measuring Chronic Regulatory Focus with Proverbs: the Developmental and Psychometric Properties of a French Scale, *Journal of Personality and Individual Differences*. Volume 107, 1 March 2017, Pages 137–145. <http://dx.doi.org/10.1016/j.paid.2016.11.037>
7. K.-L. Brousmitche, J.-D. Kant, **N. Sabouret**, F. Prenot-Guinard. From Beliefs to Attitudes: Polias, a Model of Attitude Dynamics Based on Cognitive Modeling and Field Data, In *Journal of Artificial Societies and Social Simulation*, vol 19(4):2, 2016. IF 1.733
8. Y. Charif, **N. Sabouret**: Dynamic service composition enabled by introspective agent coordination. In *Autonomous Agents and Multi-Agent Systems* 26(1): 54-85 (2013). IF 1.606
9. **Giraud, T., Focone, F.,** Isableu, B., **Martin, J.-C., & Demulier, V.** (2016). Impact of elicited mood on movement expressivity during a fitness task. *Human Movement Science*. doi:10.1016/j.humov.2016.05.009 [Impact Factor = 1.39]
10. **Giraud, T., Focone, F., Demulier, V., Martin, J.-C., & Isableu, B.** (2015). Perception of emotion and personality through full-body movement qualities: A sport coach case study. *ACM Trans. Appl. Percept.* 13, 1. DOI: <http://dx.doi.org/10.1145/2791294> [Impact Factor = 1.02]
11. Chevalier, P., **Martin, J.-C.,** Isableu, B., Bazile, C., Tapus, A. (2016). Impact of Sensory Preferences of Individuals with Autism on the Recognition of Emotions Expressed by Two Robots, an Avatar, and a Human. *Journal Autonomous Robots* · May 2016. · DOI: 10.1007/s10514-016-9575-z [Impact Factor = 2.07]
12. **Tsalamlal, M. Y.,** Amorim, M. A., **Martin, J. C.** and Ammi, M. (2016) Combining facial expression and touch for perceiving emotional valence. *IEEE Transactions on Affective Computing*. <https://ieeexplore.ieee.org/document/7752812/>
13. **Gaffary, Y., Martin, J. C.,** Ammi, M. (2018) Haptic Expression and Perception of Spontaneous Stress. *IEEE Transactions on Affective Computing*. DOI: 10.1109/TAFFC.2018.2830371

Articles de synthèse / revues bibliographiques

- André, E., **Martin, J.C.,** Lingenfelter, F., Wagner, J.: Multimodal fusion in human-agent dialogue. In Rocj, M., Campbell, N., eds.: *Coverbal Synchrony in Human-Machine Interaction*, CRC Press, Taylor & Francis Group (2014) 387–410
- André, E., **Martin, J.C.:** Multimodal systems. In Mitkov, R., ed.: *The Oxford Handbook of Computational Linguistics* 2nd edition, Oxford University Press (2014) 15 pages
- **Jean-Claude Martin, Céline Clavel,** Matthieu Courgeon, Mehdi Ammi, Michel-Ange Amorim, Yacine Tsalamlal, Yoren Gaffary (2018) How Do Users Perceive Multimodal Expressions of Affects? Chapter 9. Section VI Multimodal Processing of Social and Emotional States. *ACM Morgan Claypool. The Handbook of Multimodal-Multisensor Interfaces*. Volume 2.

2°) Ouvrages

Direction et coordination d'ouvrages / édition scientifique

- **Denis, M.** (2018) *Space and Spatial Cognition- A Multidisciplinary Perspective*. Routledge. 246 pages.

Chapitres d'ouvrage

- **Denis, M.** (2018). Arrows in diagrammatic and navigational spaces. In J. M. Zacks & H. A. Taylor (Eds.), *Representations in mind and world: Essays inspired by Barbara Tversky* (pp. 63-84). New York: Routledge.
- **Martin, J.-C., Clavel, C.,** Courgeon, M., Ammi, M., Amorim, M.-A., Tsalamlal, Y., Gaffary, Y. (to appear) How Do Users Perceive Multimodal Expressions of Affects? "Chapter 9: How do Users Perceive Multimodal Expressions of Affects? Handbook of Multimodal Multisensor Interfaces, Volume Two "Signal Processing, Architectures, and Detection of Emotion and Cognition". Morgan & Claypool Publishers.

3°) Colloques / congrès, séminaires de recherche

Éditions d'actes de colloques / congrès

- Revue d'Intelligence Artificielle- vol 28/1- 2014- Affects, compagnons artificiels et interactions sous la direction de M. Morge, A. Pauchet et **N. Sabouret**. WACAI 2012
- Revue d'Intelligence Artificielle- vol 31/5- 2017- Interactions entre compagnons virtuels et humains sous la direction de E. Bevacqua et **C. Clavel**. WACAI 2016
- A. Tapus, E. André, **J.-C. Martin**, F. Ferland, M. Ammi (Eds.) (2015) Social Robotics. 7th International Conference, ICSR 2015, Paris, France, October 26-30, Lecture Notes in Artificial Intelligence, Volume 9388.

Articles publiés dans des actes de colloques / congrès

1. Chevalier, S., Fouquereau, E., Benichoux, F., Gimenes, G., **Demulier, V.**, & Colombat, P. (2016.). Au-delà des conditions de travail, l'importance des facteurs psychosociaux dans l'étude de la satisfaction et de l'engagement au travail des dentistes et assistant(e)s dentaires. *XIX^{ème} congrès de l'Association Internationale de Psychologie du Travail de Langue Française*. Bruxelles, Belgique.
2. Ammi, M., **Demulier, V.**, Caillou, S., **Gaffary, Y.**, Ballik, Y., **Martin, J.-C.**, and Tapus, A. (2015) "Haptic Human-Robot Affective Interaction in a Handshaking Social Protocol", In *Proceedings of IEEE Human-Robot Interaction Conference (HRI)*, Oregon, USA, March 2015 (25% acceptance rate).
3. **Giraud, T., Demulier, V.**, Focone, F., Isableu, B. and **Martin, J.C.** A protocol for studying the impact of positive vs. negative emotions on a predefined sequence of full-body movements. *Consortium of European Research on Emotion Conference (CERE)*, (2014)
4. **Demary, G., Demulier, V., Martin, J.-C.** (2017). Comment le leader perçoit-il les comportements non verbaux de son suiveur : une étude sur le processus de catégorisation du leader. *LVIII^{ème} Congrès de la Société Française de Psychologie (SFP)*. Nice, France, 30 Août – 1er Septembre.
5. **Giraud, T., Focone, F., Demulier, V., Martin, J.-C.**, Isableu, B. (2015). Latence de la synchronie dans une tâche de fitness : exploration de l'influence des traits de personnalité. *XV^{ème} Congrès International de l'Association des Chercheurs en Activités Physiques et Sportives (ACAPS)* (pp.669-670). Nantes, France, Octobre 2015.
6. **Marquet, A.**, Duvenci-Langa, S., **Boccaro, V.**, & Delgoulet, C. (2017). Vers une évaluation des dispositifs de professionnalisation à la sécurité des salariés du secteur ferroviaire, articulant : travail, acteurs et parcours. *Communication présentée au 52^e congrès de la SELF : Présent et Futur de l'ergonomie*, 20-22 septembre, Toulouse, France.
7. **Laneyrie, E., Brunet, L.**, Fucks, I., & **Boccaro, V.** (2016). Orienter la conception d'outils innovants de formation professionnelle par l'analyse des travaux. Exemples de deux projets de conception de formation dans le domaine nucléaire. *86^{ème} Congrès de l'ACFAS, Symposium : Les pratiques en formation professionnelle : des actions, des processus et des relations à la croisée des systèmes*, 9-13 mai Montréal : Canada.
8. Delgoulet, C., **Boccaro, V.**, Carpentier, K., & Lourdeaux, D. (2015). Designing a virtual environment for professional training from an activity framework. Dialog between ergonomists and computer scientists. *19th World Congress Ergonomics*, 9-14 Août. Melbourne: Australia.
9. Barthe, B., **Boccaro, V.**, Delgoulet, C., Gaillard, I, Meylan, S., & Meylan, V. (2017). Outiller l'observation de l'activité de travail. Quels processus de conception d'un dispositif technique ?. Communication présentée au *52^e congrès de la SELF : Présent et Futur de l'ergonomie*, 20-22 septembre, Toulouse, France.
10. **Delmas, R., Boccaro, V.**, & Darses, F. (2015). Analyse de la prise de décision collective en situation de crise pour la conception d'environnement virtuel de formation. *8^{ème} colloque EPIQUE*, 8-10 juillet, Aix-Marseille.
11. Bellik, Y., & **Clavel, C.** (2017, December). Geometrical Shapes Rendering on a Dot-Matrix Display, in *Proc. of the 9th International conference on Intelligent Human Computer Interaction, IHCI 2017*, Evry, Paris, France, 10 pages
12. **Corrégé, J.-B., Clavel, C., Sabouret, N.**, Hadoux, E., Hunter, A. & Ammi, M. (2017, Avril). Persuasive Dialogue System for Energy Conservation. Communication affichée à la *12th International Conference on Persuasive Technologies (PT-17)*, Amsterdam.



13. Arnaud, A., **Corrégé, J.-B., Clavel, C.,** Gouiffès, M., & Ammi, M. (2016, Novembre). Exploration of Virtual Environments on Tablet : Comparison Between Tactile and Tangible Interaction Techniques. *Communication présentée à la 18th International Conference on Multimodal Interaction (ICMI 2016)*, Tokyo. pp. 357-361.
14. **Faur, C., Martin, J.-C., Clavel. C.** (2015). Matching artificial agents' and users' personalities: designing agents with regulatory-focus and testing the regulatory fit effect. *37th annual meeting of the Cognitive Science Society (CogSci 2015)*, pp 662-667, July 23-25, Pasadena, USA.
15. **Faur, C.,** Caillou, P., **Martin, J.-C., Clavel. C.** (2015). A Socio-cognitive Approach to Personality: Machine-learned Game Strategies as Cues of Regulatory Focus. *6th biannual Humaine Association Conference on Affective Computing and Intelligent Interaction (ACII 2015)*, pp 581-587, Xi'An, China, September 21-24, 2015. Published by IEEE Computer Society.
16. Malala, V. D., **Prigent, E.,** Braffort, A., & Berret, B. (2018) Which Picture? A Methodology for the Evaluation of Sign Language Animation Understandability. *Language Resources and Evaluation Conference (LREC)*, 2018.
17. **N. Sabouret,** B. Schuller, L. Paletta, E. Marchi, H. Jones, **A. Ben Youssef.** Intelligent User Interfaces in Digital Games for Empowerment and Inclusion, In *Proc. 12th International Conference on Advances in Computer Entertainment Technology (ACE)*, 2015.
18. K. Anderson, E. André, T. Baur, S. Bernardini, M. Chollet, E. Chryssafidou, I. Damian, C. Ennis, A. Egges, P. Gebhard, H. Jones, M. Ochs, C. Pelachaud, K. Porayska-Pomsta, P. Rizzo, **N. Sabouret.** The TARDIS framework: intelligent virtual agents for social coaching in job interviews, In *Proc. Advances in Computer Entertainment (ACE 2013)*, LNCS 8253, pp. 476-491, Springer-Verlag, 2013.
19. S. Campano, E. de Sevin, V. Corruble, **N. Sabouret.** An Evaluation of the COR-E Computational Model for Affective Behaviors, In *Proc. International Conference on Autonomous Agents and Multi-Agent Systems (AAMAS)*, 2013.
20. **L. Ould Ouali, N. Sabouret,** C. Rich. A Computational Model of Power in Collaborative Negotiation Dialogues, In *Proc. 17th International Conference on Intelligent Virtual Agents (IVA)*, LNAI/LNCS vol. 10498, pp. 259-272, Springer Verlag, 2017.
21. K. Darty, J. Saunier, **N. Sabouret.** Agents behavior semi-automatic analysis through their comparison to human behavior clustering, In *Proc. Intelligent Virtual Agents (IVA)*, LNAI 8637, pp. 154-163, Springer-Verlag, 2014.
22. Courgeon, M., Clavel, C., **Martin, J.-C.** (2014) Modeling Facial Signs of Appraisal During Interaction; Impact on Users' Perception and Behavior. Long paper (8 pages). *Proceedings of the 13th International Conference on Autonomous Agents and Multiagent Systems (AAMAS'2014)*, Paris, France. Acceptance rate for long papers = 24%.
23. M. E. Hoque, M. Courgeon, B. Mutlu, **J.-C. Martin,** R. W. Picard (2013) MACH: My Automated Conversation coach, *ACM International Joint Conference on Pervasive and Ubiquitous Computing (UBICOMP 2013)* Best Paper Award (392 submissions, 92 accepted papers (acceptance rate: 23.4%), 5 Best Paper Awards).

4°) Organisation de colloques / congrès

- Journée Interaction Homme-Machine et Intelligence Artificielle- 17 mars 2017, Université Pierre et Marie-Curie (UPMC), Campus Jussieu, Paris- organisée par G. Bailly et N. Sabouret
- Workshop "ARTIFICIAL COMPANION • AFFECT • INTERACTION" (WACAI 2018), Ile de Porquerolles, 13-15 Juin 2018. J.-C. Martin (co-président Comité Scientifique)
- Workshop "ARTIFICIAL COMPANION • AFFECT • INTERACTION" (WACAI 2016), ENIB • Technopôle Brest-Iroise Brest, 13-14 Juin 2016. C. Clavel (co-présidente Comité Scientifique)
- Symposium « des pratiques de l'ergonomie à la formation des ergonomes ». 51 me congrès de la SELF « Ergonomie(S), Ergonome(S) Quelles évolutions à la croisée d'une discipline et d'un métier ? ». Marseille : Palais du Faro, 21-23 septembre 2016. V. Boccara (Co-organisateur).

5°) Développements instrumentaux et méthodologiques

Prototypes et démonstrateurs

- TARDIS : plate-forme de simulation d'entretien d'embauche, réalisée dans le cadre d'un projet européen, destiné à améliorer les compétences sociales des jeunes en recherche d'emploi (N. Sabouret)
- MACH : plateforme d'entraînement à passer des entretiens d'embauche (coopération avec le MIT Media Lab, Roz Picard et Ehsan Hoque (J.-C. Martin)
- VICTEAMS : environnement virtuel de formation aux compétences non-techniques pour des leaders d'équipe médicale, réalisée dans le cadre d'un projet ANR (N. Sabouret, J.-C. Martin, V. Demulier, V. Boccara, L. Bolot (P21))

Plateformes et observatoires

- Participation à la création d'un Observatoire de l'Action Collective à la MSH Paris Saclay 2017 (V. Demulier)
- Participation au Comité d'Ethique pour la Recherche (CER) Paris-Saclay (E. Prigent, C. Clavel)

6°) Activités éditoriales

Participation à des comités éditoriaux (journaux scientifiques, revues, collections, etc)

- Springer Journal on Multimodal User Interfaces (JMUI) (JCM Editeur en Chef), IF = 1.031 <http://www.springer.com/computer/hci/journal/12193>
- Journal of Synthetic Emotions (JCM) Editorial Review Board. <https://www.igi-global.com/journal/international-journal-synthetic-emotions-ijse/1144>

7°) Activités d'évaluation

Évaluation d'articles et d'ouvrages scientifiques (relecture d'articles / reviewing)

- IEEE Transactions on Affective Computing, 2015, 2016, 2017 (N. Sabouret)
- Artificial Intelligence (Journal), 2016 (N. Sabouret)
- Journal on Multimodal User Interfaces, 2015, 2017 (E. Prigent, N. Sabouret, V. Boccara)
- Computer Animation and Virtual World, 2017 (N. Sabouret)
- Journal on Autonomous Agents and Multi-Agent Systems, 2015 (N. Sabouret)
- Pistes (Depuis 2013, V. Boccara),
- Activités (Depuis 2014, V. Boccara),
- Applied ergonomics (Depuis 2014, V. Boccara),
- Ergonomics (Depuis 2015, V. Boccara),
- Le Travail Humain (Depuis 2015, V. Boccara, V. Demulier),
- Formation Emploi (2016, V. Boccara),
- Recherche en soin infirmier (2017, V. Boccara)
- Research in Autism Spectrum Disorders 2017 (JCM, E. Prigent)
- Personality and Individual Differences (V. Demulier)
- Journal of Applied Sport Psychology (V. Demulier)
- Scientific Report (2015, E. Prigent)
- European Review of Applied Psychology (2015, C. Clavel)
- Interactive Learning Environments (2014, C. Clavel)
- International Joint Conference on Artificial Intelligence (IJCAI), 2015, 2017, 2018 (N. Sabouret)
- European Conference on Artificial Intelligence (IJCAI), 2014, 2016, 2018 (N. Sabouret)
- International Conference on Autonomous Agents and Multi-Agent Systems (AAMAS), 2013, 2014, 2015, 2016, 2017, 2018 (N. Sabouret, C. Clavel)
- International Conference on Practical Applications of Agents and Multi-Agent Systems (PAAM), 2013, 2014, 2015, 2016, 2017 (N. Sabouret)
- International Conference on Intelligent Virtual Agents (IVA), 2014, 2015, 2016, 2017, 2018 (N. Sabouret, C. Clavel)
- International Conference on Affective Computing and Intelligent Interactions (ACII), 2013, 2015, 2017 (N.Sabouret, J.C. Martin, C. Clavel)
- Conférence Nationale d'Intelligence Artificielle, 2015, 2017, 2018(N. Sabouret)
- Conférence nationale de Reconnaissance des Formes et d'Intelligence Artificielle, 2014, 2016 (N. Sabouret)
- Journées Francophones des Systèmes Multi-Agents (JFSMA), 2013, 2014, 2015, 2016, 2017, 2018 (N. Sabouret, C. Clavel)
- Workshop francophone sur les Affects, Compagnons Artificiels et Interactions (WACAI), 2014, 2016, 2018 (N.Sabouret, C. Clavel, J.C. Martin)
- Congrès international de la Société d'Ergonomie de Langue Française, 2015, 2016, 2017, 2018 (V. Boccara)
- Congrès national de psychologie ergonomique (EPIQUE), 2017 (V. Boccara)
- Congrès internationale de didactique professionnelle, 2014, 2017 (V. Boccara)
- Humain Robot Interaction (HRI), 2014, 2016 (V. Demulier, C.Clavel)
- Environnement Informatique pour l'Apprentissage Humain (EIAH), 2017 (V. Demulier)
- Conférence francophone Intéraction Homme-Machine (IHM), 2017, 2014 (E. Prigent, C.Clavel)
- Persuasive Technologies, 2016 (C.Clavel)

Évaluation de projets de recherche

- ANR 2013, 2014, 2015, 2016, 2017 (NS, V. Boccara)
- Netherlands Organisation for Scientific Research (NWO), 2015 (N.Sabouret)
- Icelandic Research Fund, 2017 (N.Sabouret)
- Institut de recherche Robert-Sauvé en Santé et en sécurité du Travail, Canada, 2017 (V. Boccara)

- 1 ERC Advanced Grant 2017 (J.C. Martin)
- 1 ERC Starting Grants 2015 (J.C. Martin)
- 1 projet financé par la société VELUX, Danemark (J.C. Martin)

Évaluation de laboratoires (type Hcéres)

- Membre du comité d'évaluation CNRS USR SANPSY 2017 (J.C. Martin)

Responsabilités au sein d'instances d'évaluation

- Membre nommé de la section 07 du CoNRS depuis Septembre 2016 (J.C. Martin)

8°) Contrats de recherche financés par des institutions publiques ou caritatives

CPU : Contrats institutionnels sur financement public

	Acronyme	Financier/ Partenaire	Programme/ Instrument	Coordinateur	Responsable LIMSI	Début	Fin	Part LIMSI €
ANR	FRESCO	ANR	JCIC	O	Auvray Malika	01/10/2011	30/09/2014	169 941
	COMPARSE	ANR	EMCO	O	Martin Jean-Claude	01/01/2012	31/12/2014	165 468
	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
	VIRTUALZ	ANR	AAP GENERIQUE	O	Martin Jean-Claude	01/10/2017	30/09/2020	105 899
Collaboration de recherche	ADN-TR	Région Ile de France	Pôle de compétitivité	N	Martin Jean-Claude	01/10/2011	30/09/2014	531 140
	Intellilangue	Investissements d'avenir		O	Martin Jean-Claude	01/01/2012	31/12/2013	136 429
	C3E	Investissements d'avenir	Département STIC COMUE	O	Prigent Elise	01/06/2017	30/06/2018	4 000
	Financement invitation S. Whittaker et M. Walker	Investissements d'avenir	Labex Digicosme	N	Martin Jean-Claude	06/11/2017	31/12/2018	9 600
	Ergonomics	Investissements d'avenir	La Diagonale	O	Prigent Elise	24/11/2017	30/06/2018	2 080
	FormHuLog	CNRS	PEPS	O	Sabouret Nicolas	01/01/2018	31/12/2018	10 000

9°) Post-doctorants et chercheurs seniors accueillis

Post-doctorants

- Alès, Zacharie (01/15-09/15)
- Arnold, Gabriel (10/12-09/14)
- Ben Youssef, Atef (02/14-08/15)
- Brunet, Lucie (10/14-10/16)
- Courgeon, Matthieu (10/12-03/13)
- Dubuisson, Jean-Baptiste (01/13-12/13)
- Giraud, Tom (02/18-05/19)
- Gomez Jauregui, David Antonio (10/12-12/15)
- Hartcher-O'Brien, Jessica (11/12-11/14)
- Jegou, Mathieu (02/17-04/18)
- Kueviakoe, Kangni (09/13-08/15)
- Laneyrie, Elsa (05/15-08/16)

Chercheurs seniors accueillis

- **Charles Rich** (WPI, Boston, USA), *Plan Recovery in Hierarchical Task Networks with Incomplete Models* (1^{er} au 31 Octobre 2013 et du 8 janvier au 7 février 2014)
- **Elisabeth André** (Université de Augsburg), *Multimodal Human-Computer Interaction*, (12 mai au 30 juin 2014)

10°) Indices de reconnaissance*Prix***J.-C. Martin :**

- Best Paper Award ACM International Joint Conference on Pervasive and Ubiquitous Computing (UBICOMP 2013) (392 submissions, 92 accepted papers (acceptance rate: 23.4%), 5 Best Paper Awards).
- Prix pour la thèse de Pauline Chevalier (Prix Doctorant Demeny-Vaucansson 2015 FEDEV (thèse co-encadrée par J.C. Martin)
- Prix pour la thèse de Pauline Chevalier Best Student Paper Award, RAAD 2015) (thèse co-encadrée par J.C. Martin)

N. Sabouret :

- Gold Paper Award, 12th International Conference on Advances in Computer Entertainment Technology (ACE 2015). Best Student Paper Award, 11th Conference of the European Social Simulation Association (ESSA 2015).
- Best Poster Award, 22nd Medicine Meets Virtual Reality Conference (MMVR 2016).

Responsabilités dans des sociétés savantes

- Membre élu Executive Board Association for the Advancement of Affective Computing (AAAC) de 2012 à 2017 <http://emotion-research.net/>. **J.-C. Martin**
- Coordinateur AAAC-LIG France / GT-ACAI 2013-2017. **N. Sabouret**
- Vice-président du Collège des Enseignants-Chercheurs en Ergonomie (CE2, 2014, 2015, 2016, 2017, 2018). **V. Boccara**
- Responsable d'une commission thématique de l'Association de Recherche et Pratique en Psychologie Ergonomique et Ergonomie (ARPEGE, 2016, 2017, 2018). **V. Boccara**

Invitations à des colloques / congrès

- N. Sabouret : Journée Simulation Sociale organisée par l'Institut Henri Poincaré de Nancy, 2017
- Martin, J.-C. : Conférence invitée à la Journée Mondiale sur l'Autisme "Regards et perspectives sur les nouvelles technologies", Université de Picardie Jules Vernes, Amiens, 2016-04-02
- Martin, J.-C. : Présentation invitée à COGITER (Réseau en Ingénierie Cognitive), Lille, 20 Novembre 2015
- Martin, J.-C. : Invited talk at the IUI'2015 Symposium on Interacting with Smart Objects. 2015-03-29.
- Martin, J.-C. : Quelques recherches en sciences affectives et leur intérêt potentiel pour les EIAH. Conférence invitée. 7^{ème} conférence EIAH (EIAH'2015), Agadir (Maroc), 2 au 5 juin 2015

Séjours dans des laboratoires étrangers

- University Santa Cruz, October 2016, 2 weeks (J.-C. Martin) : la coopération initiée dans le cadre de ce séjour à permis d'initier les demandes de séjours de professeurs invités pour Steve Whittaker (hébergé par le groupe CPU) et Marilyn Walker (hébergée par le groupe ILES) au LIMSI en Juillet 2018 .
- IIIT Bangalore 2017, 2 weeks (J.-C. Martin)
- MIT Media Lab 2013 (M. Courgeon)

II - INTERACTION AVEC L'ENVIRONNEMENT, IMPACTS SUR L'ÉCONOMIE, LA SOCIÉTÉ, LA CULTURE, LA SANTÉ

1°) Interactions avec les acteurs socio-économiques

CPU : Brevets, dépôts APP, licences

Création d'entreprise	Créateur	Responsable LIMSI	Date
Nomoseed	Coussinet Cédric, doctorant	-	2012

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	31/03/2017	130 922
	PSPR	EDF		O	Boccaro Vincent	24/04/2015	23/04/2017	133 377
		FIRAH	Autisme et nouvelles technologies- Axe 1	O	Martin Jean-Claude	01/01/2016	31/12/2019	8 000
	SMACH	EDF		O	Sabouret Nicolas	01/04/2016	31/03/2017	74 177
		FIRAH	Autisme et nouvelles technologies- Axe 3	O	Martin Jean-Claude	02/05/2017	30/04/2020	94 371
		GRTGAZ	Environnement virtuel Gaz'Educ V2	O	Boccaro Vincent	06/04/2018	30/03/2018	15 600
Encadrement de thèse		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
		DAVI		O	Sabouret Nicolas	01/06/2016	30/06/2019	45 000
		SNCF	CIFRE	N	Boccaro Vincent	01/03/2017	29/02/2020	0
		DAVI	CIFRE	O	Sabouret Nicolas	03/04/2017	02/04/2020	42 000

2°) Activités d'expertise scientifique

Activités de consultant

- Contribution à un séminaire d'expert organisé par la Fondation pour une culture de sécurité industrielle (FONCSI), Is professionalization a safety issue... or the other way around? (2015, V. Boccaro)

3°) Produits destinés au grand public

Produits de vulgarisation : articles, interviews, éditions, vidéos, etc.

- Nicolas Sabouret 4 (Arte x2, Sciences & Vie, journal interne OrangeLabs)

Produits de médiation scientifique

- Fête de la science, Orsay, 2017 : prototype VICTEAMS avec le casque immersif

III - IMPLICATION DANS LA FORMATION PAR LA RECHERCHE

Les enseignants-chercheurs du groupe CPU ont d'importantes responsabilités pédagogiques :

- Co-direction du parcours Ergonomie et Facteurs humains de la mention Ingénierie de la santé de l'Université Paris-Sud. (Depuis 2015) Vincent Boccaro
- Co-direction du département informatique de l'IUT d'Orsay (2013-2015) Jean-Claude Martin
- Vice-présidence du département informatique de l'UFR d'Orsay (2013-2017) Nicolas Sabouret
- Direction des études des départements TC1 et GEA1 de l'IUT de Sceaux (Céline Clavel, Virginie Demulier: 2014-2018)

1°) Produits des activités pédagogiques et didactiques

Ouvrages

- Supports de cours de l'option Virtual Humans de la spécialité Interaction du Master de Paris-Sud par Jean-Claude Martin (exploitation lors d'un cours en tant que Professeur Invité à l'Université d'Augsburg en 2012)

2°) Liste exhaustive des thèses et HDR

1. **Brunet, L.** “Étude ergonomique de la modalité haptique comme soutien à "l'activité" de déplacement piéton urbain - Un projet de conception de produit innovant”. Orsay, France, 2014, 216p.
2. **Boukhris, M.** “Modélisation et Évaluation de la Fidélité d'un Clone Virtuel”. Orsay, 2015, 166p.
3. **Brousmiche, K.-L.** “Modélisation et simulation multi-agent de la formation et de la dynamique d'attitudes basées sur les croyances”. Paris, 2015, 141p.
4. **Darty, K.** “Évaluation de la qualité des comportements des agents en simulation: application à un simulateur de conduite en environnement virtuel”. Paris, 2015, 183p.
5. **Focone, F.** “Le mouvement expressif du corps entier : variabilités intra-individuelles dans des contextes affectifs et interactifs.” Orsay, France, 2015, 139p.
6. **Giraud, T.** “Full Body Interaction. Toward an integration of individual differences”. Orsay, France, 2015, 283p.
7. **Huraux, T.** “Simulation multi-agent d'un système complexe : combiner des domaines d'expertise par une approche multi-niveau – Le cas de la consommation électrique résidentielle”. Paris, France, 2015, 166p.
8. **Philip, L.** “Influence des informations contextuelles sur la perception des émotions: étude des Réactions Faciales Rapides”. Orsay, 2015, 191p.
9. **Faur, C.** “Approche computationnelle du regulatory focus pour des agents interactifs : un pas vers une personnalité artificielle”. Orsay, 2016, 191p.
10. **Tsalamlal, M. Y.** “Communication affective médiée via une interface tactile”. Orsay, 2016, 140p.

3°) Productions scientifiques (articles, ouvrages, etc.) issues des thèses

Revue internationale

1. **K.-L. Brousmiche, J.-D. Kant, N. Sabouret, F. Prenot-Guinard.** From Beliefs to Attitudes: Polias, a Model of Attitude Dynamics Based on Cognitive Modeling and Field Data, In *Journal of Artificial Societies and Social Simulation*, vol 19(4):2, 2016.
2. **Courgeon, M. and C. Clavel.** “MARC: a Framework that Features Emotion Models for Facial Animation during Human-Computer Interaction”. In: *Journal on Multimodal User Interfaces 7.4* (2013), pp. 311–319.
3. **Gaffary, Y., M. V. Eyharabide, J.-C. Martin, and M. Ammi.** “Clustering approach to characterize haptic expressions of emotions”. In: *ACM Transactions on Applied Perception 10.4* (2013), 18p.
4. **Gaffary, Y., V. Eyharabide, J.-C. Martin, and M. Ammi.** “The impact of combining kinesthetic and facial expression displays on emotion recognition by users”. In: *International Journal of Human-Computer Interaction 30.11* (2014), pp. 904–920.
5. **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”. In: *ACM Transactions on Applied Perception 13.1* (2015), 27p.
6. **Tsalamlal, M. Y., N. Ouarti, J.-C. Martin, and M. Ammi.** “Haptic communication of dimensions of emotions using air jet based tactile stimulation”. In: *Journal on Multimodal User Interfaces 9.1* (2015), pp. 69–77.
7. **Giraud, T., F. Focone, B. Isableu, J.-C. Martin, and V. Demulier.** “Impact of elicited mood on movement expressivity during a fitness task.” In: *Human Movement Science 49* (2016), pp. 9–26.
8. **Chevalier, P., J.-C. Martin, B. Isableu, C. Bazile, and A. Tapus.** “Impact of Sensory Preferences of Individuals with Autism on the Recognition of Emotions Expressed by Two Robots, an Avatar, and a Human”. In: *Autonomous Robots 41.3* (2017), pp. 613–635.
9. **Corrège, J.-B., C. Clavel, J. Christophe, and M. Ammi.** “Using social injunctive norms to nudge users to build green houses”. In: *Psychology 8.3* (2017), pp. 297–322.
10. **Faur, C., J.-C. Martin, and C. Clavel.** “Measuring chronic regulatory focus with proverbs: The developmental and psychometric properties of a French scale”. In: *Personality and Individual Differences 107* (2017), 137–145.
11. **Philip, L., J.-C. Martin, and C. Clavel.** “Suppression of Facial Mimicry of Negative Facial Expressions in an Incongruent Context”. In: *Journal of Psychophysiology* (2017), pp. 1–12.
12. **Tsalamlal, M. Y., M.-A. Amorim, J.-C. Martin, and M. Ammi.** “Combining facial expression and touch for perceiving emotional valence”. In: *IEEE Transactions on Affective Computing PP.99* (2017), pp. 1–15.
13. **Tsalamlal, M. Y., M.-A. Amorim, J.-C. Martin, and M. Ammi.** “Haptic Expression and Perception of Spontaneous Stress”. In: *IEEE Transactions on Affective Computing* (2018), 14p.
14. **Tsalamlal, M. Y., W. Rizer, J.-C. Martin, M. Ammi, and M. Ziat.** “Affective Communication through Air Jet Stimulation: Evidence from Events-Related Potentials”. In: *International Journal of Human-Computer Interaction* (2018), 33p.



Revue nationale

1. **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”. In: *Enfance* 1 (2015), pp. 15–34.
2. **Darty, K., J. Saunier, and N. Sabouret.** “Évaluation et calibration des comportements des agents pour les simulations immersives”. In: *Revue d’Intelligence Artificielle (RIA)* 2016.1-2 (2016), pp. 237–260.
3. **Boccaro, V., R. Delmas, and F. Darses.** “L’ergoscénarisation : un enjeu majeur des environnements virtuels de formation”. In: *Médecine et Armées* 45.5 (2017), pp. 603–611.

4°) Accompagnement des séminaires de doctorants par des chercheurs ; degré de participation des doctorants à la vie de l’entité de recherche

Des séminaires CPU sont organisés le mardi après midi environ deux fois par mois. Ces séminaires sont l’occasion pour les doctorants de présenter leurs travaux aux membres de l’équipe et de discuter de leurs perspectives de recherche. Les doctorants animent eux-même un journal club sur des articles et thèmes qu’ils choisissent (par exemple sur l’éthique, sur la psycho-informatique, etc).

En plus des séminaires, des répétitions pour les soutenances de thèse sont systématiquement organisées au sein de l’équipe.

5°) Mobilisation des chercheurs dans le montage de formation de niveau master

- Vincent Boccaro est responsable du master 2 d’ergonomie de l’Université Paris-Sud.
- Nicolas Sabouret participe au montage d’un Master of Science (Msc) en Intelligence Artificielle à CentraleSupélec.



ÉQUIPE 8 : VENISE

VIRTUAL & AUGMENTED ENVIRONNEMENTS FOR SIMULATION & EXPERIMENTS

Responsable : Patrick Bourdot

I - PRÉSENTATION DE L'ÉQUIPE

VENISE (**V**irtual & augmented **ENV**ironnements for **S**imulation and **E**xperiments) a pour objectif scientifique de comprendre et faire progresser le domaine de la Réalité Virtuelle et Augmentée (RV&A). Nos recherches visent, d'une part des travaux génériques concernant la conception et l'évaluation de nouveaux modèles d'interaction en RV&A (thème 1), et d'autre part, l'élaboration des modèles de données ou de simulation pour accroître l'utilisabilité de la RV&A dans différentes applications phares (thème 2). Transversalement à ces deux thèmes, nous étudions les problématiques perceptives et cognitives qui sont propres à ce domaine, telles que les Incohérences sensorimotrices, la Cybersickness, les sensations d'Immersion ou de Présence, et nous travaillons sur les évolutions de leurs formalisations théoriques.

VENISE s'efforce de rendre les modèles qu'il élabore 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 IHM. 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 du 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 4 DdL permettant des retours d'efforts sur les 13 m² du système EVE. Ces évolutions résultent de notre partenariat avec l'Equipex DIGISCOPE (labellisé en 2010) et le projet DIGIPODS (SESAME 2012 du Conseil Île de France). Durant la période 2013 à 2018, Ces projets ont aussi 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.

Enfin, le groupe VENISE développe un certain nombre d'actions de rayonnement scientifique tant local que national et international, avec des partenariats industriels (PSA, Haption, UCB Pharma), de collaborations et d'animations scientifiques (Vice-présidence de EuroVR, organisations de plusieurs conférences internationales du domaine), ainsi que de formations pour la recherche (implication forte dans le M2 Interaction de Paris-Saclay).

Entre 2013 et 2016, le groupe comprenait un directeur de recherche, un maître de conférences à l'IUT d'Orsay (Université Paris-Sud) et deux ingénieurs de recherche. Depuis le départ du CNRS d'un des ingénieurs en 2016, il s'appuie sur l'expertise d'un ingénieur de recherche recruté dans le pôle commun de développement P2I du laboratoire, Nicolas Ladevèze, ancien post-doctorant du groupe. Pour le reste, ses effectifs sont essentiellement constitués à ce jour d'un post-doctorant, de cinq doctorants et de stagiaires niveau Master.

Effectif : personnel permanent

Nom	Prénom	Position	HDR	Organisme	Arrivée	Départ
Bourdot	Patrick	DR2	x	CNRS	10/92	
Ferey	Nicolas	MCF		U Paris-Sud	11/09	
Touraine	Damien	IR		CNRS	12/06	10/14
Vézien	Jean-Marc	IR		CNRS	01/02	

Personnel non-permanent : doctorants

Nom	Prénom	Statut	Organisme	Début de thèse	Soutenance
Chen	Weiya	Doctorant	U Paris-Sud	01/10/2012	15/12/2015
Khenak	Nawel	Doctorant	U Paris-Sud	01/10/2017	
Kouyoumdjian	Alexandre	Doctorant	U Paris-Sud	01/10/2013	
Martin	Pierre	Doctorant	PSA	01/05/2011	07/07/2014
Martinez	Xavier	Doctorant	U Paris-Sud	01/10/2014	10/10/2017
Okuya	Yujiro	Doctorant	CNRS	01/10/2015	
Trellet	Mikaël	Doctorant	CNRS	01/10/2012	18/12/2015
Wang	Mengchen	Doctorant	China Scholarship Council	15/11/2017	
Zhang	Yiran	Doctorant	U Paris-Sud	01/10/2017	

Personnel non-permanent : CDD

Nom	Prénom	Statut	Arrivée	Départ
Chen	Weiya	Post-Doc	10/15	03/16
Kooli	Amani	CDD	10/13	12/17
Ladevèze	Nicolas	CDD	10/13	03/16
Martinez	Xavier	Post-Doc	10/17	10/18
Tezier	Gabriel	CDD	06/12	05/15
Thorpe	Jonathan	Ch contractuel	10/13	12/17

II - BILAN SCIENTIFIQUE

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

P. Bourdot, N. Férey, J.-M. Vézien, N. Ladevèze (P2I), W. Chen, M. Trellet, X. Martinez, Y. Okuya, N. Khenak, Y. Zhang.

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 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 problématique, en particulier sur un paradigme nommé HCNavig (*Hand-free Control for virtual Navigations*, ou *Head Control for virtual Navigations*). 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 très largement 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 Mikael Trellet, recruté en octobre 2012 sur le projet ANR « ExaViz » et qui a soutenu sa thèse en décembre 2015, 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 » appliquées à la navigation qui dépendent 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 et ainsi que 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 (LBT), 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 un 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 (*M. Trellet et al. 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.

Cette recherche a été initiée dans le cadre du projet ANR « CoRSAIRE » porté par le groupe VENISE et achevé durant la période précédente. En 2014, nous avons finalisé avec Bob Ménélas (ancien doctorant du groupe, aujourd'hui Professeur assistant à l'Université du Québec à Chicoutimi, Canada) et Brian Katz (ancien membre du laboratoire), un article dans *Journal of Multimodal User Interfaces* (Springer) sur la combinaison haptique et audio 3D pour l'identification, la localisation et la sélection de cibles dans des situations immersives (*B. Menelas et al. 2014*).

Par ailleurs, 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. 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. Cette évolution 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 du seul mouvement de sa main comme nativement géré sur ce dispositif. Nicolas Ladevèze a donc travaillé sur cette question dans le cadre du projet post-doctoral « IDCoM » du RTRA Digiteo (2013-2014), en modifiant le contrôleur de ce périphérique en collaboration avec la société HAPTION. Ce faisant, il a développé une librairie de rendu Visuo-Haptique (VHR) qui vise à répondre à plusieurs problématiques de l'équipe. VHR sert d'ores-et-déjà pour les travaux de thèse de Yujiro Okuya pour le rendu d'abaques haptiques pour l'aide à la modification d'objets CAO (voir sous-thème 2.3). Cette librairie concernera à moyen terme la plupart de nos travaux requérant des rendus haptiques

VENISE a aussi poursuivi sa collaboration initiée en 2011 avec l'ex groupe AA pour factoriser, dans la plateforme logicielle open source BlenderVR, nombre des paradigmes interactifs de RV&A que nous concevons. Ainsi en 2014, avec Dalai Felinto, un ingénieur de recherche en CDD financé par l'ancien groupe AA, nous avons participé à l'extension aux visiocasques de type HMD des paradigmes et fonctionnalités que nous avons conçus pour les grands dispositifs immersifs de type CAVE. Cette activité a fait l'objet d'un papier court dans les actes de IEEE VR 2015.

Cette plateforme a servi de cadre logiciel pour les différentes expérimentations des travaux de thèse de Weia Chen concernant la gestion de la cohabitation des utilisateurs lors de la collaboration immersive co-localisée dans des dispositifs multi-stéréoscopiques (voir sous-thème 1.4).

1.3 Supervision multimodale des interactions immersives

Nos travaux sur la fusion multimodale en situation immersive ont été étendus au cours de la période précédente aux interactions immersives en Environnement Virtuel Collaboratif (CVE). Dans ce contexte, une version Scale One / Boom 3D de l'application MalCoMIICs (*Multimodal and Co-localized Multi-user Interactions for Immersive Collaborations*) a été montrée lors de la conférence internationale JVRC 2013 dont nous étions organisateurs sur le campus Paris-Saclay. Pour conclure cette séquence, une présentation étendue de ce travail a été publiée dans les actes de *The Engineering Reality of Virtual Reality at IS&T/SPIE Electronic Imaging 2014 conference*, San Francisco, US (P. Martin et al. 2014).

Les résultats opérationnels de ces travaux ont mis en évidence la nécessité de « sémantiser » les contenus et le contexte des événements interactifs en utilisant un formalisme commun, afin de mieux comprendre les intentions des utilisateurs dans les situations collaboratives. Une telle approche fournira des interfaces adaptables capables d'apprendre les préférences de l'utilisateur à partir de leur interaction et de leur comportement, et rendra possible des annotations de haut niveau pendant l'expérience immersive. Une collaboration sur ce thème a été initiée avec le *Department of Information Technology of the Poznań University* (Pologne) à l'occasion de la visite de Jakub Flotyński en Oct. – Nov. 2017.

1.4 Collaboration immersive

Nos travaux sur ce sous-thème s'appuient sur les capacités multi-stéréoscopiques du système EVE du groupe VENISE, ainsi que sur sa connexion avec les autres plateformes de l'Equipex DIGISCOPE (CAVE du CEA/LIST, Mur stéréoscopique de l'ENS Cachan, WILDER des équipes LRI/Inria...).

Jusqu'en décembre 2015, la plus grande partie de notre activité s'est concentrée sur la problématique de la collaboration immersive co-localisée. Bien que réputés propices à ce type de tâche, la plupart des systèmes immersifs à base de grands écrans ne calcule qu'un seul relief stéréoscopique par écran, soit pour un point de vue moyen, 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. Cependant, 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.

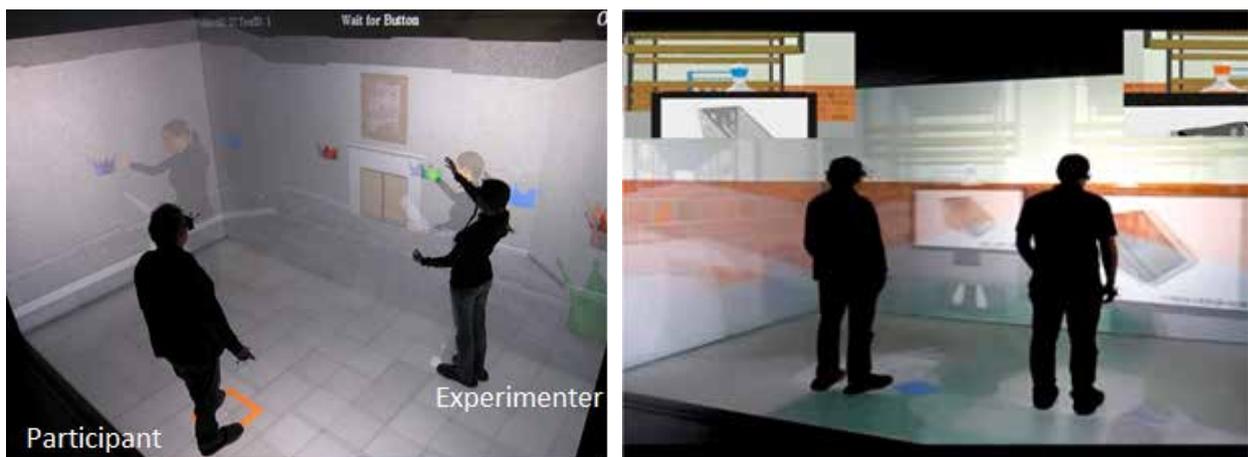
Le premier concerne l'impact de certaines incohérences perceptives liées à la multi-stéréoscopie. En particulier, nous avons examiné les conflits perceptuels (visuels et audio) générés par la double présence des collaborateurs (utilisateur réel vs. leur représentation en avatar dans le monde virtuelle). Les résultats de nos expérimentations ont montré que les participants faisaient un choix *a priori* de collaborateur (avatar ou personne réelle) et que ce choix ne changeait pas selon les différentes conditions expérimentales. Conformément à notre hypothèse, nous avons pu vérifier que les conflits perceptuels engendrés ont bien un impact sur les performances des utilisateurs (temps d'exécution des tâches). Nous avons de plus constaté que la performance des utilisateurs est meilleure avec des ins-

tructions verbales, plutôt qu'avec des instructions multimodales ou gestuelles. Cette étude, menée en collaboration avec C. Clavel du groupe CPU, a été publiée dans la revue *Presence: Teleoperators and Virtual Environments* (W. Chen et al 2014).

L'autre aspect de cette problématique concerne la gestion de la cohabitation des utilisateurs dans l'espace physique d'un dispositif immersif multi-stéréoscopique. En effet, dans un tel dispositif les utilisateurs peuvent d'une part, occulter mutuellement leurs champs visuels stéréoscopiques, et d'autre part, entrer en collision dans l'espace physique du dispositif lorsque qu'ils se déplacent sans se faire face. L'approche générale choisie consistait à élaborer un nouveau paradigme de navigation virtuelle pour repositionner les utilisateurs de sorte à empêcher ces occultations et collisions entre utilisateurs. Cependant, « rediriger » des utilisateurs dans des mondes virtuels a pour effet connu de produire du *cybersickness*. Il était donc judicieux d'exploiter une technique de navigation réputée limiter ce type de trouble, propriété que nous avons pu démontrer en 2013 sur notre paradigme du HCNavig (voir sous-thème 1.1). Nous avons donc fait évoluer ce paradigme pour qu'il puisse gérer la cohabitation spatiale de plusieurs utilisateurs dans des systèmes multi-stéréoscopiques.

Afin d'éviter les collisions entre collaborateurs, tout en leur permettant de disposer d'une espace de travail individuel d'aire maximale, nous avons introduit une frontière mobile séparant les deux espaces de travail des utilisateurs (cas de la double stéréoscopie). Pour empêcher les collisions avec les limites physiques du dispositif, nous avons également proposé une fonction divergente pour le calcul de la vitesse de déplacement en translation des collaborateurs dans le monde virtuel. Enfin pour gérer les occultations réciproques de leurs champs visuels, nous avons choisi une fonction quadratique pour le contrôle de la vitesse de déplacement en rotation, et aussi introduit une direction neutre adaptative par rapport au placement de l'autre utilisateur. Une expérimentation nous a permis de montrer que la solution proposée ne perturbe pas 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 ont été publiés à IEEE VR 2015. Cette approche restait cependant décevante sur la gestion des collisions entre utilisateurs. Ayant observé que les sujets utilisaient rarement la portion de la fonction divergente de gain en translation au-delà de l'intersection avec le gain linéaire, nous avons modifié en conséquence la pente de cette fonction divergente. Une nouvelle expérimentation visant à analyser toutes les combinaisons de nos différentes altérations a mis en évidence que la modification de cette pente 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 du 2nd IEEE VR 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 des travaux menés sur ce sujet nous a amené à faire deux conférences invitées, l'une en septembre 2015 au 2nd International Conference on Augmented and Virtual Reality (AVR 2015), et l'autre en mars 2016 dans le cadre d'une Journée du GT « Réalité Virtuelle & Interaction » du GDR IG-RV de l'INS2I.



Etudes sur l'Immersion Multi-Stéréoscopique dans le Système EVE

(1.a) *Conflicts perceptifs en Multi-Stéréoscopie : cas de la présence duale entre utilisateur et avatar [W. Chen et al, 2014].*

(1.b) *Cohabitation des utilisateurs en Multi-Stéréoscopie pour des tâches collaboratives requérant des navigations individuelles [W. Chen et al, 2015]*

Des travaux sur la collaboration distante ont aussi été initiés au cours de cette période. Certains d'entre eux seront abordés dans le sous-thème 2.3 puisqu'ils concernent la revue modificative de prototypes en RV (cf. thèse de Yujiro Okuya débutée en octobre 2015). D'autres travaux ont été lancés plus récemment sur la problématique de la téléprésence, suite au recrutement de deux doctorantes en octobre 2017. Les uns visent une étude formelle de la sensation d'être présent dans un environnement distant, particulièrement importante dans les applications de télé-opération (thèse de Nawel Khenak). Les autres visent l'élaboration de nouveaux paradigmes d'interaction permettant d'avoir conscience d'autrui (collaborateur) et de sa tâche dans des environnements collaboratifs distants aux capacités immersives hétérogènes (thèse de Yiran Zhang). En l'occurrence l'une des questions centrales est de trouver une alternative aux approches basées sur les avatars, qui s'avèrent un mode de communication inopérant avec les autres collaborateurs, dès lors que la scène n'est pas à l'échelle humaine et/ou que l'un des sites distants n'est pas doté de capacités immersives.

1.5 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 sur des cas spécifiques d'application. Sur ces technologies nos recherches ont porté, 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'apport de la Réalité Augmentée pour l'aide à l'assemblage dans des situations d'occultation entre pièces à assembler (voir sous-thème 2.3). Enfin des travaux prospectifs viennent d'être lancés dans le cadre d'une collaboration avec Caroline Appert de l'équipe LRI/Inria ILDA (projet PEPS S2IH 2018). Ils visent l'assistance à l'interaction gestuelle via des approches de réalité mixte ou augmentée.

Thème 2 « Modèle de Données et de Simulation »

N. Férey, J.-M. Vézien, P. Bourdot, N. Ladevèze (P2I), P. Martin, M. Trellet, A. Kouyoumdjian, X. Martinez, Y. Okuya, N. Khenak, M. Wang

2.1 Interaction avec des Simulations Moléculaires

Ce sous-thème concerne tout d'abord une autre partie des travaux de thèse de Mikael 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. Pour répondre à cet objectif et dans la lignée des conclusions du sous-thème 1.3, nous avons 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'une nouvelle génération d'application 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 feedbacks visuels les liens qui existent entre ces différents concepts malgré la variété de leurs représentations. Cette formalisation sémantique des faits caractérisant le contenu moléculaire s'appuie sur RDFS (RDF Schema), un outil classique de Web Sémantique basé sur RDF (*Resource Description Framework*), elle-même complétée par OWL pour la formalisation des connaissances du domaine. Chaque événement d'interaction sur les différentes représentations conduit à une requête SPARQL, un langage de requêtes et un protocole qui permet non seulement d'accéder à des données au format RDF, mais aussi de modifier, ajouter ou supprimer de telles données, 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 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). Ces travaux ont été publiés dans les actes du *IEEE VR 2016 International Workshop on Immersive Analytics (IA 2016)*, et un article de revue vient d'être accepté à la publication dans *Journal of Integrative Bioinformatics*.

En parallèle, nous menons aussi des travaux fondamentaux en IHM, concernant le picking de cibles mobiles. Cette problématique est née du fait de difficultés observées lors du contrôle de simulation moléculaire, où l'utilisateur doit sélectionner un ou plusieurs atomes très mobiles, pendant que se déroulent des simulations. Ce travail est mené dans le cadre de la thèse de Alexandre Kouyoumdjian commencée en octobre 2013, que nous codirigeons avec Séphane Huot (Equipe Mjolnir, Inria-Lille). 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 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. La motivation de ces travaux est de revisiter nos approches haptiques et audio-haptiques abordées antérieurement pour les étendre à des cibles mobiles. À terme elle vise à étudier la généralité de ces paradigmes de sélection pour qu'ils puissent être mis en œuvre avec des rendus visuels pseudo-haptiques, de sorte à disposer de solutions alternatives en l'absence de périphérique à retour d'effort.

Une de nos premières contributions, présentée en poster à *Molecular Simulations and Visualization, Faraday Discussion 169 (May 2014; Nottingham, UK)*, 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 publié dans les actes de la conférence internationale INTERACT 2015 (A. Kouyoumdjian et al. 2015).

Une autre activité de recherche marquante de ce sous-thème concerne l'utilisation d'interface tangible dédiée à la biologie structurale. Le projet ANR « CoRSAIRe » avait notamment 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 commencée en octobre 2014, nous avons abordé 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.



Le jeu sérieux Molego, dispositif pseudo-haptique appliqué à la manipulation d'objets moléculaires - Voir <https://perso.limsi.fr/martinez/Molego.html> & Mémoire de Thèse X. Martinez (2017).

Pour atteindre ces objectifs nous avons établi une collaboration avec Promita Chakraborty (Quezy Lab, USA) qui a conçu un modèle physique modulaire et flexible nommée Peppyptides, incluant un rendu réaliste d'énergies à base de petits aimants. Grâce à cette collaboration, nous avons pu disposer d'une représentation numérique exacte des composants moléculaires du modèle physique, que nous avons pu par ailleurs imprimer au FabLab de l'Equipex DIGISCOPE. Nous nous sommes ensuite concentrés sur la reconstruction 3D permettant de transformer ce modèle physique en interface tangible de peptide. En particulier, nous avons fortement adapté la technique de *Structure from Motion* (SFM) initialement conçue pour des objets beaucoup plus denses, en aidant et complétant la reconstruction 3D par des informations biologiques.

Le principe de cette approche a été publié en papier court au *IEEE VR 2015 International Workshop in Virtual and Augmented Reality for Molecular Science* (X. Martinez et al 2016). 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 (X. Martinez et al 2016). 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.

Ce travail a déjà des retombées pédagogiques, notamment avec Antoine Taly (LBT), qui a commencé à intégrer dans ses outils d'enseignement notre approche par interface tangible et réalité mixte, et est à l'origine d'une nouvelle collaboration avec le SATIE (Bastien Vincke) pour améliorer la robustesse du tracking de l'interface tangible grâce à l'intégration de capteurs embarqués.

2.2 Exploration de simulations en Mécanique des fluides

Dans le cadre du projet FluidMEAT financé par le « Center for Data Science » de Paris-Saclay, l'objectif était de développer des outils d'aide à l'annotation 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. C'est dans ce contexte que Nicolas Ladevèze a de nouveau été recruté en CDD, en amont de son recrutement IR.

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 de mécanique des fluides massives 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 couteuse en temps de calcul (puisque'il s'agit de générer 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.

De plus en septembre 2017, nous avons recruté en thèse Mengchen Wang, co-encadré avec Frédéric Magoules (CentraleSupélec), sur la problématique des jeux sérieux en Réalité Virtuelle pour l'enseignement et la recherche en Mécanique des Fluides. Le type de jeu visé est plus particulièrement l'aide à la décision dans un contexte immersif appliquée à la prospection pétrolière.

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 approches classiques centrées transfert de données de bas niveau (à savoir les approximations polyédriques des objets CAO ou Mesh), l'interfaçage RV-CAO que nous préconisons vise fondamentalement à exploiter toutes les potentialités des modèles et méthodes des systèmes de CAO existants (Graphe d'Historique, B-Rep, Naming, Features, modèles paramétriques...). Grâce à notre approche, il devient 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. Ces travaux ont été au cœur de deux thèses. La première, antérieure à ce rapport, avait abouti au démonstrateur VRAD (*Virtual Reality Aided Design*) faisant la preuve de faisabilité de nos concepts sur un modèleur open source (cf. Open CASCADE). La seconde, soutenue par Pierre Martin en Juillet 2014, avait pour cadre un CIFRE avec PSA Peugeot Citroën. Elle a mené à la réalisation du démonstrateur cRea-VR, généralisant et démontrant l'applicabilité de notre approche à des systèmes commerciaux et/ou fermés (en l'occurrence CATIA) sur lesquels la plupart des industriels appuient leurs activités de conception.

De nouveaux travaux ont été lancés sur cRea-VR en collaboration avec l'équipe LRI/Inria Ex Situ dans le cadre de la thèse que Yujiro Okuya a débuté 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.

Un premier volet de cette thèse visait à revisiter l'approche haptique d'aide à l'édition en CAO de notre ancien doctorant Flavien Picon, dans laquelle la procédure de modification de forme restait trop dépendante de l'expertise CAO de l'utilisateur. Nous avons donc préféré étudier une nouvelle approche orientée « abaque de déformation » (appelée aussi ShapeGuide). Le principe est de donner à percevoir en temps réel de façon visuo-haptique, ou alternativement purement visuelle, plusieurs états valides d'un modèle CAO générées 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 d'un asservissement sur 4 DdL (3 DdL en position, 1 DdL en paramètre), exprimé à la fois sur et entre abaques successives. Le paradigme ShapeGuide a fait l'objet d'une première expérimentation sur les exemples tests du démonstrateur cRea-VR. Un papier a été publié sur le modèle VR-CAD de cRea-VR dans le LNCS 10324 (Springer) de la 4th *International Conference Augmented Reality, Virtual Reality, and Computer Graphics* (P. Martin et al. 2017), tandis qu'un poster de l'approche ShapeGuide a été présenté EuroVR 2017, et qu'un papier long est en soumission pour le *Special Issue* de cette conférence dans la revue *Frontiers*.

Un second volet de cette thèse porte sur la problématique d'architecture distribuée pour partager et interagir à distance sur les données natives d'un même objet CAO. Ce travail a fait l'objet d'une publication dans les actes du 4th *IEEE VR International Workshop on 3D Collaborative Virtual Environments* (Y. Okuya et al. 2018). Les travaux en cours visent à démontrer que le paradigme ShapeGuide est suffisamment générique pour être décliné non seulement dans des contextes interactifs très variés, avec ou sans capacité haptique, et sur des plateformes visuelles aux caractéristiques immersives différentes (CAVE vs. HMD), voire inexistantes pour certaines (cf. WILDER de l'équipe Ex Situ LRI/Inria), mais que plus globalement son interopérabilité le rend propice à des collaborations et en particulier des co-manipulations de formes via des dispositifs collaboratifs distants hétérogènes.

Par ailleurs, des travaux sur l'aide à l'assemblage par Réalité Augmentée ont été lancés, dans le cadre des stages M1 (2016) et M2 (2017) de Nawel Khenak. En effet, les interfaces haptiques étant parfois inexploitable dans certains contextes d'assemblages, nous avons étudié 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). Un prototype a été développé sur un support de type tablette durant le premier stage, puis porté et évalué sur un dispositif de type visiocasque (Hololens) avec objets tangibles lors du second stage. Un papier sur ces travaux est en cours de soumission à VRST 2018.

Rayonnement, stratégie, collaborations

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 Committee* depuis sa création, nous en assumons la Vice-Président depuis 2016, 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, 2016, 2017, 2018). Nous avons par ailleurs rédigé la charte des conférences annuelles de EuroVR, qui sert de base à leur organisation depuis 2017. Nous avons été *cochair* du Comité de Programme International de EuroVR 2017 (Laval Virtual, France) et le sommes à nouveau pour EuroVR 2018 (London, UK). Enfin nous avons élaboré un partenariat avec Springer pour que les actes scientifiques de ces différentes conférences soient publiés en *Lecture Notes in Computer Science*, ainsi qu'avec l'éditeur *Frontiers* pour la publication de versions étendues des meilleurs papiers.

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 la

collaboration immersive et multi-sensorimotrices, qu'elles soient co-localisées ou distantes. Dans ce contexte, nous avons poursuivi ou lancé plusieurs partenariats. Jusqu'en mars 2015 avec le LSI du CEA-LIST dans le cadre du projet IDCoM soutenu par le RTRA DIGITEO, nous avons pu accueillir en CDD chercheur Nicolas Ladevèze pour travailler sur l'haptique collaborative. Sa mission a été poursuivie jusqu'en mars 2016 sur des fonds propres du groupe afin de travailler sur le contrôleur Haptique du Scale One (pour la gestion d'un degré de liberté supplémentaire) en collaboration avec la société HAPTION. Nous nous félicitons de son recrutement en décembre 2016 sur le poste IR du CNRS (laissé vacant depuis le départ de Damien Touraine en novembre 2014) et qu'il ait pu ainsi rejoindre le laboratoire pour nous aider en particulier à maintenir le système EVE augmenté du Scale One. Nous avons poursuivi notre collaboration avec PSA Peugeot-Citroën, partenaire associé de l'Equipex DIGISCOPE, dans le cadre de la thèse qu'a débutée Yujiro Okuya en octobre 2015 sur les interactions collaboratives distantes entre dispositifs hétérogènes pour des applications au design industriel. Plus globalement, nous discutons avec cet industriel de scénarios collaboratifs pouvant servir de cas d'usage aux travaux de thèse de que Yiran Zhang a débutés en octobre 2017 sur la dimension dialogique des collaborations immersives distantes. Enfin en septembre 2017, une collaboration a été initiée avec CentraleSupelec, dans le cadre du co-encadrement de la thèse de Mengchen Wang sur les jeux sérieux immersifs pour l'enseignement et la recherche en Mécanique des Fluides.

Au niveau local, les membres du groupe VENISE ont poursuivi leurs implications dans le Master en Informatique de l'Université Paris-Sud. Dans la spécialité « Interaction » de ce Master, nous y assurons la responsabilité d'un module obligatoire (Cours et TDs), participons à plusieurs enseignements optionnels tous liés au domaine de la RV&A, et siégeons au comité de recrutement et au jury de cette formation. Le nombre d'étudiant de cette spécialité est en forte croissance depuis 2015, ce qui induit une augmentation significative des activités de management pédagogique pour une équipe de notre taille.

III - Faits marquants et SWOT

Faits marquants

W. Chen et al. dans Presence (Déc. 2014) et à IEEE VR (Mars 2015), respectivement revue et conférence internationale de référence du domaine.

Les deux papiers portent sur nos travaux concernant la multi-stéréoscopie, une technologie récente qui permet une perception exacte de la profondeur pour chaque utilisateur, et rend possible des collaborations immersives co-localisées dans des dispositifs de type CAVE.

C. De Hosson et al « Learning Scenarios for 3D Virtual Environment: the case of Special Relativity ». Frontiers of fundamental physics and physics education research. Springer Proceedings in Physics 145. Jan 2014

Cette publication couronne en la synthétisant l'activité conduite pendant le projet ANR EVEILS co-coordonné par le groupe VENISE, qui illustre parfaitement les classes de problèmes émergent lors de l'usage des technologies immersives sur une activité spécifique : définition des scénarios d'usage, création et développement des techniques d'interaction et de simulation, évaluation des apports.

X. Martinez et al. "Markerless tracking of modular molecular physical models: towards tangible interfaces. Journal of Virtual Reality and Broadcasting (accepté en Déc. 2017, à paraître)

L'utilisation d'interfaces tangibles associée aux simulations de Réalité Virtuelle et Augmentée reste un défi encore difficile à relever, du fait des difficultés de mise en œuvre conjointe de ces modalités combinées. Dans le domaine de la bio-informatique, plus spécifiquement dans celui du docking moléculaire, la création d'interfaces dynamiques articulées constitue une avancée récente, dans le sillage de l'émergence des FabLab, qui rendent leur prototypage rapide possible. Ce papier propose notamment des solutions en termes de tracking sans marqueurs, ainsi que de simulations temps-réel réalistes des interactions inter-peptides.

P. Bourdot – (Conférencier invité) Some unconventional uses of motion tracking in immersive systems. 3rd User Conference of ART (ARTDAYS 2017). Munich, Germany, June 2017.

La capture de mouvements est indispensable pour contrôler les avatars des utilisateurs dans les scènes virtuelles, ainsi que pour calculer leur point de vue stéréoscopique dans les systèmes immersifs. Dans le cas des systèmes de type CAVE, ceci est encore plus critique, car des cônes de vision stéréoscopique doivent être calculés à haute fréquence pour chaque écran. Dans cet exposé, nous avons présentés certaines applications non conventionnelles des technologies de suivi.

P. Bourdot - Vice-Président EuroVR « Academic issues & Conferences » (depuis 2016).

EuroVR (European Association for Virtual Reality and Augmented Reality) a été fondée en 2010 dans le prolongement des travaux du Network Of Excellence INTUITION (2004- 2008) du FP6-IST- Information Society Technologies. Membre fondateur d'EuroVR et membre de son comité exécutif depuis la création de cette association, les principaux défis de cette vice-présidence est d'accroître la qualité scientifique des conférences internationales annuelles de EuroVR et de lancer de nouveaux événements académiques internationaux soutenus par cette association.

J.-M. Vézien (interview)- Film DIGISCOPE (production CNRS, Août 2017, disponible sur le site du Journal du CNRS)

Ce film fait suite à un « teaser » court réalisé par le monde.fr pendant l'été 2017, et illustre la réalisation et l'utilisation du réseau des plateformes de DIGISCOPE. Ce projet de grande envergure (6 M€) a permis la réalisation d'une dizaine de plateforme dédiées à l'interaction avancée sur autant de sites de l'université Paris-Saclay, ainsi que leur interconnexion pour des usages collaboratifs.

Analyse SWOT

FORCES

- Dispositifs de réalité virtuelle et augmentée parmi les plus avancés au monde, associés à une expertise de recherche reconnue internationalement, à la fois au niveau des aspects fondamentaux du domaine (présence, navigation, mal du simulateur, collaboration immersive, haptique), qu'en terme d'usage et d'application pour la recherche, dans des domaines ciblés, en particulier pour l'industrie et les enseignements (CAO, biologie moléculaire, jeux sérieux pour l'apprentissage).
- Position centrale au niveau des activités de recherche en interaction sur le plateau de Saclay, étant un contributeur majeur de l'Equipex DIGISCOPE et ayant des collaborations scientifiques avec plusieurs des équipes impliquées.
- Acteur important de l'animation scientifique de la communauté de RV&A en Europe, où il s'est donné pour ambition depuis 2016 d'accroître significativement le niveau de sélection des publications scientifiques à la conférence annuelle de l'association EuroVR, en utilisant son réseau pour solliciter de nombreux scientifiques non européens de haut niveau dans le comité de programme international de cette conférence.
- Bonne implantation dans les dispositifs d'enseignement locaux (Master Interaction Paris-Saclay) et régionaux (Master biométrie à Paris-Est Créteil, Ecoles d'ingénieurs), ce qui lui fournit un vivier continu pour son recrutement en doctorants. En moyenne le groupe recrute un nouveau thésard par an, parfois deux. Les doctorants sortants contribuent au rayonnement de l'activité du groupe dans le monde académique et dans l'industrie.

Faiblesses

- L'équipe est petite en taille en termes d'enseignant-chercheurs et de chercheurs permanents, et n'est donc pas en mesure d'accroître significativement son activité de recherche telle qu'elle le souhaiterait, alors qu'elle dispose d'équipements de RV et RA de premier plan. Cette équipe nécessiterait un investissement en terme de ressources humaines à la hauteur de l'investissement matériel et des besoins de maintenance d'un équipement scientifique de cette ampleur, et à la hauteur de l'enjeu économique et industriel majeur que constitue la Réalité Virtuelle et Augmentée.
- En corollaire, le groupe VENISE aimerait collaborer plus étroitement avec d'autres groupes du LIMSI, comme en atteste par exemple la réflexion menée avec le groupe CPU sur 5 thèmes de collaborations possibles. Cependant, sans ressource humaine supplémentaire, il n'en aura pas les moyens au risque de se disperser et d'abandonner les recherches fondamentales qu'il mène dans le domaine de la RV&A.

Opportunités

- Le nombre d'acteurs demandeurs de transferts de compétence dans l'industrie est en forte croissance, du fait de la démocratisation des dispositifs de réalité virtuelle et augmentée. En effet, de nombreux verrous technologiques dans le domaine de la RV&A ayant été levés, de nombreux travaux passent dans la phase de valorisation industrielle.
- Le groupe intensifie donc ses partenariats avec les industriels ciblant des applications métiers pour intégrer la réalité virtuelle et augmentée dans leurs processus, et parallèlement se recentre sur la conception d'interaction intelligente (navigation, formalisation inférence et raisonnement sur les connaissances métier, supervision multimodale), c'est-à-dire sensible au contexte d'interaction (réalité augmentée, réalité virtuelle, interaction 3D située) et au domaine d'application.
- La structuration forte de pôles centrés sur l'intelligence artificielle (tels que dataIA) en région parisienne constitue une opportunité majeure pour l'activité de recherche en réalité augmentée, dont une des contraintes fortes est l'interprétation en temps-réel de l'environnement 3D dynamique de l'utilisateur.

Menaces

- La multiplicité des guichets pour l'obtention de subventions de recherche rend le fonctionnement au quotidien chronophage, du fait des effectifs réduits (50% du temps passé à chercher des subventions). Le mille-feuille administratif Paris-Saclay, couplé aux incertitudes sur la gouvernance de la recherche sur le plateau rend difficile l'élaboration d'une stratégie à plus long terme. La complexification des processus de demande, nécessite parfois des montages administratifs complexes pour des retours incertains et de faible volume.
- La perception de la RV&A comme une activité techno-centrée rend difficile le lancement d'actions de recherche amont, sans à chaque fois, justifier d'applications directes. De plus cette vision induit un danger constant, y compris pour les autres groupes du laboratoire, de nous considérer comme des prestataires de service. Ceci est peu valorisant et surtout sans intérêt pour l'activité scientifique des personnels de recherche du groupe.
- A l'échelle stratégique, la RV&A est trop « noyée » dans la thématique « interaction » en général. Le manque de postes de chercheurs ou enseignants-chercheurs fléchés RV&A rend impossible la croissance du groupe, alors que le contexte socioéconomique dans ce domaine mériterait au contraire un réel effort de recrutement de tels personnels. Le risque est donc réel de voir la recherche dans le domaine monopolisée par les entreprises innovantes, pour l'essentiel nord-américaines (GAFAM notamment).

IV - PROJET SCIENTIFIQUE

L'objectif scientifique du groupe VENISE est de développer les connaissances et faire progresser le domaine de la Réalité Virtuelle et Augmentée (RV&A). Les deux axes thématiques qui le structurent sont en fait l'illustration des travaux fondamentaux qu'il mène sur l'interaction et la collaboration en RV&A (thème 1), qu'il confronte par ailleurs sur quelques domaines d'applications mettant en jeu des données ou simulations complexes dans lesquelles les membres de l'équipe ont une expertise reconnue (thème 2).

Le groupe n'a pas, dans sa configuration actuelle, les ressources humaines suffisantes pour envisager de faire évoluer sa structuration suivant ces deux axes, qui ont l'avantage de la clarté des objectifs (plutôt théoriques sur le thème 1 et appliqués sur le thème 2), en même temps qu'une certaine plasticité sur leur mise en œuvre (flexibilité des sous-thèmes).

Cependant, si des opportunités de recrutement ou de regroupement thématiques inter-équipes se présentaient, nous envisagerions de le restructurer en y ajoutant un 3ème thème, pour y rendre plus visibles nos activités sur les problématiques perceptives et cognitives qui sont propres au domaine de la RV&A, à savoir la compréhension et la conception de nouvelles méthodes d'évaluation des incohérences sensorimotrices, du cybersickness, de l'immersion, de la présence, voire de la télé-présence.

Dans ce qui suit nous allons préciser les principales perspectives de recherche que nous entendons aborder au cours des 5 années à venir, puis esquisser quelques éléments futurs sur nos collaborations, notre implication dans l'enseignement supérieur et nos actions de visibilité.

► Thème 1 « Modèles d'interaction en RV&A »

Ce thème était centré à son origine sur la conception de modèles et de systèmes visant à rendre plus intuitive, voire plus « naturelle », l'interaction immersive au sein de mondes virtuels éventuellement couplés avec l'univers réel. C'est ainsi, par exemple, qu'un ensemble de travaux a vu le jour sur l'apport de la supervision multimodale à l'interactions immersives, tant en termes de commandes (parole, geste..) que de rendus multi-sensorimoteurs.

Concernant la commande multimodale en RV&A des approches IA (moteurs d'inférence) ont depuis longtemps été investiguées par le groupe. Elles tendent à évoluer vers des représentations à base d'ontologies multi-niveaux susceptibles de gérer les aspects génériques de l'interaction immersive, tout en supportant sa spécialisation selon des domaines d'application spécifiques vis-à-vis de la compréhension des contenus de la scène et de l'expertise spatiale des utilisateurs.

Ces perspectives concernent tout particulièrement les applications requérant la manipulation des données massives et / ou complexes (Bio-informatique, Design & Engineering...) et s'intéresse à la problématique de l'adaptation des interactions 3D, en situation immersive mono ou multiutilisateur, co-localisée et distante. De par leur coût encore prohibitif, l'usage de certaines technologies de RV&A n'a d'intérêt que pour des applications complexes manipulant souvent aussi de gros volumes de données. De fait, l'intégration de représentations sémantiques des objets manipulés, de leur contexte, et des tâches visées est depuis quelques années un axe majeur de recherche dans la communauté. Cependant la plupart des systèmes à base de représentations sémantiques ne supportent pas le temps réel requis en RV&A, posent la question de la place du raisonnement artificiel dans une interaction intuitive, ne résolvent pas la question de l'apprentissage et de l'évolution des adaptations de l'interaction 3D aux besoins et profils des utilisateurs, et ignorent les applications ayant des contenus sémantiques embarqués. Nous avons abordé cette problématique en travaillant à la conception de modules intelligents d'observateurs de contextes immersifs. A moyen terme nous entendons revisiter nos travaux sur la supervision multimodale des interactions immersives, non plus dans la perspective de la commande et/ou de la perception d'information, mais davantage dans celle de l'adaptation de l'interaction 3D au contexte immersif et aux besoins d'assistance, selon l'expertise de l'utilisateur par rapport à la tâche et à sa familiarisation avec l'interface immersive.

C'est dans ce contexte qu'une visite d'un chercheur Polonais du *Department of Information Technology of the Poznań University* a été organisé en Oct. – Nov. 2017 (Jakub Flotyński), de sorte à lancer une collaboration à long terme sur ce sujet. Une approche à base d'apprentissage profond est aussi envisagée en collaboration avec Hedi Tabia (équipe MIDI d'ETIS de l'ENSEA à Cergy-Pontoise). Un effort de recrutement d'un doctorant doit être mené pour contribuer à ces recherches.

Concernant les rendus multi-sensorimoteurs, les aspects perceptifs restent centraux avec la problématique des incohérences sensorimotrices, mais touchent aussi les techniques de navigation virtuelles avec le besoin de prévenir le *cybersickness*. Pour pallier la modestie de ses effectifs, le groupe va continuer ses collaborations avec des spécialistes de disciplines connexes utiles à la RV&A. Ainsi nous poursuivons l'accueil scientifique et expérimental de doctorant en audio 3D (David They) codirigé par Brian Katz et rattaché au groupe CPU, et collaborons plus largement avec certains chercheurs de ce groupe (Céline Clavel et Elise Prigent) mais aussi de l'Université Paris Descartes (Julien Nelson) pour les aspects liés aux sciences cognitives et aux évaluations ergonomiques.

Un premier volet d'activité visera l'étude approfondie des techniques de navigation virtuelle pour comparer les solutions automatiques par rapport à celles contrôlées par l'utilisateur, et mettre en évidence les approches qui permettent aux utilisateurs une meilleure implication vestibulaire, voire physique. Nos objectifs pour ces études sont par exemple de mieux comprendre la notion de conscience de mouvement, et d'évaluer les impacts des techniques existantes et celles que nous concevons en termes d'incohérence sensorimotrice et de cyber-sickness. Sur cette problématique un stage de Master est en cours (Iuliia Zhurakovskaia), avec une recherche préliminaire sur l'apport de capteurs bio-physiologiques pour évaluer de façon objective ce phénomène, ce que les questionnaires pré et post expérimentaux de type SSQ ou MSSQ ne permettent pas. L'originalité de notre approche réside dans l'exploitation en temps réel de ces données, sur des sujets en mouvement, comme c'est souvent le cas en interaction immersive.

Un second volet d'activité concernera les interactions collaboratives en immersion collaborative co-localisée. Il s'agit ici de poursuivre nos études sur les incohérences visio-auditive et visio-visuelle entre sujets réels et leurs avatars dans les dispositifs multi-stéréoscopiques. Mesurer ces incohérences et évaluer leur impact sur la tâche collaborative est nécessaire pour comprendre les limites des technologies multi-stéréoscopiques et proposer des approches logiciels qui permettent éventuellement de les dépasser.

Dans le contexte de l'Equipex DIGISCOPE, le positionnement scientifique de ce thème a aussi sensiblement évolué vers les interactions collaborative immersives distantes. Pour permettre cette évolution malgré sa petite taille, le groupe VENISE a amplifié ses collaborations avec l'équipe LRI/Inria Ex Situ (Michel Beaudouin-Lafon et Cédric Fleury) avec qui nous partageons des doctorants.

La collaboration immersive distante peut s'envisager comme une évolution du concept de téléopération, outillé par la RV&A. Dans la lignée des travaux relatifs à la plateforme SACARI (télépilotage en Réalité Mixte) développé durant la précédente décennie, de nouvelles recherches sur la caractérisation de la présence à distance ont été débutées avec la thèse de Nawel Khenak. Les nouveaux modèles élaborés dans les deux prochaines années vont être évalués dans un premier temps sur des tâches de télépilotage de drone, mais seront ensuite validés sur des scénarios plus complexes faisant intervenir la présence sociale dans des actions de collaboration immersive distante, aux nombreuses applications potentielles.

En parallèle à ces travaux fondamentaux sur la télé-présence, et en complément des travaux de thèse de Yujiro Okuya sur la problématique des interactions avec des contenus 3D complexes dans des environnements collaboratifs distants aux capacités immersives hétérogènes, la thèse que Yiran Zhang vient de commencer vise l'élaboration d'une plateforme dialogique et cognitive permettant d'avoir conscience d'autrui (collaborateur) et de sa tâche dans de tels environnements. L'objectif est ici double. Il s'agit d'une part d'élaborer une approche originale pour la communication des utilisateurs en immersion distante, allant de simples fenêtres 2D à des incrustations de l'utilisateur distant en Réalité Mixte, en passant par des billboards stéréoscopiques ou des avatars asservis aux utilisateurs, le tout audio localisable. D'autre part, cette plateforme intégrera des approches multimodales pour contrôler de façon intuitive et efficace cet ensemble d'interacteurs, immersifs dédiés au dialogue distant. Mais au-delà de communiquer avec autrui, les utilisateurs en immersion ont besoin de comprendre les focus de leurs collaborateurs. Un soin particulier sera donc aussi apporté à la conception d'outils permettant aux utilisateurs de percevoir ce que perçoit autrui (point de vue à la 2ème personne), ou ce qu'un observateur externe peut percevoir de l'activité immersive du groupe (point de vue à la 3ème personne).

Enfin en réalité mixte, outre les travaux qui seront évoqués dans le thème 2, nous allons développer notre collaboration avec l'équipe LRI/Inria ILDA (Caroline Appert) dans le cadre du projet PEPS S2IH obtenu 2018, qui vise à étudier dans quelles mesures la réalité augmentée peut être utilisée pour l'assistance contextuelle et l'aide à l'apprentissage de gestes interactifs *mid-air*.

► Thème 2 « Modèles de données et de simulations »

Le groupe VENISE présente comme autre particularité de posséder une expertise reconnue dans plusieurs champs applicatifs mettant en jeu des données ou simulations complexes : Mécanique des Fluides, Simulations moléculaires, Design & Engineering, Education des Sciences. Notre approche est d'élaborer des modèles pour l'interfaçage de ces applications très spécifiques avec les technologies de RV&A et nos différents modèles d'interaction immersive. Ces applications servent donc, d'une part à la mise en évidence de nouveaux besoins de recherche, d'autre part de support à l'évaluation des modèles d'interaction et de collaboration immersive que propose ou étudie le groupe VENISE (cf. thème 1).

Dans cet esprit, un premier volet d'activité concerne la poursuite des recherches issues des perspectives des projets ANR « CoRSAIRE » puis « ExaViz » qui a financé l'un de nos doctorants, sur l'exploration et l'analyse de données et/ou de simulations scientifiques.

Il s'agit plus spécifiquement, d'une part de développer nos travaux sur l'exploration immersive multi-sensorimotrice de données complexes, d'autre part de reconsidérer nos approches d'interaction virtuelle en élaborant des para-

digmes de navigation et d'interaction pilotés par le contenu moléculaire et le contexte d'interaction. L'interaction doit pouvoir s'adapter à l'aspect dynamique du contenu en particulier dans le cadre de simulation moléculaire interactive, en proposant de nouveaux paradigmes d'interaction intégrant les résultats théoriques et expérimentaux récents de Alexandre Kouyoumdjian sur la sélection de cibles dynamiques dans des scènes denses.

Par ailleurs, il s'agit de pouvoir fournir des plateformes logicielles permettant la visualisation, la simulation et l'analyse dans un contexte interactif homogène, en utilisant des technologies du web sémantique pour supporter l'interaction en reliant des objets représentés en visualisation scientifique moléculaire, et les résultats d'analyse sous forme de représentations issues de la visualisation d'information. La faisabilité a été établie dans la cadre de la thèse de Mikael Trellet, mais il reste de nombreux verrous à lever pour rendre ces concepts opérationnels, notamment pour intégrer dans la sémantisation des données la gestion du temps essentiel en simulation moléculaire, difficile à formaliser sans pénaliser des performances et le niveau de décidabilité qui doivent rester compatibles avec l'interaction. C'est l'objet de la collaboration en cours avec Jakub Flotynski de l'université de Poznan en Pologne.

Comme durant les deux dernières années, le résultats de ces recherches seront régulièrement mis à l'épreuve de l'utilisabilité en étant intégrés de manière continue dans le développement de UnityMol, pour toucher à la fois une communauté d'utilisateur industrielle dans le cadre du partenariat avec UCB Pharma, mais aussi la communauté de chercheur en biologie moléculaire, puisque UnityMol a une audience internationale et est utilisé par de nombreuses équipes de recherche, notamment l'équipe de Alexandre Bonvin à Utrecht.

Enfin, certains phénomènes physiques restent encore souvent incompatibles avec le temps interactif, notamment les phénomène de mécanique des fluides complexes, et nous sommes en cours d'exploration dans le cadre de la thèse de Mengchen Wang, d'utiliser de nouveaux modèles de simulation asynchrones développés à CentraleSupélec (Frédérique Magoules), permettant d'obtenir des résultats, certes partiels et incomplets, mais dans des temps compatibles avec l'interaction, dont il devra être démontré qu'ils devraient être suffisants pour permettre la prise de décision dans un contexte de jeux sérieux immersifs.

[Le deuxième volet des perspectives de ce thème concerne la RV-CAO.](#) Nous avons acquis depuis quelques années une certaine reconnaissance dans le domaine, en proposant un nouveau modèle d'interfaçage entre les technologies de RV et les modèles de données des systèmes CAO. Des mécanismes d'inférence, basés sur des chainages arrières de composants de B-Rep vers les opérateurs et paramètres qui les ont engendrés dans les graphes d'historique des systèmes CAO, permettent à l'aide de technologie de RV de modifier de façon immersive, directe et multimodale (parole, geste) des données CAO natives. Jusque-là démontré que dans un framework open source (Open CASCADE), nous avons fait la preuve, grâce aux travaux menés par Pierre Martin (cf. thèse CIFRE avec PSA achevée en Juillet 2014) et le démonstrateur associé cRea-VR, qu'il était possible d'étendre cette approche à des systèmes commerciaux fermés (e.g. CATIA), très utilisés par les industriels.

Dans l'immédiat, notre priorité est l'achèvement des travaux de thèse de Yujiro Okuya concernant un modèle d'interface sensorimotrice susceptible de polyvalence pour la revue de maquettes CAO dans des environnements collaboratifs distants aux capacités interactives hétérogènes. Après avoir finalisé le paradigme la conception et l'évaluation du paradigme ShapeGuide d'assistance à la modification d'objets CAO natifs via des abaques de forme représentatives de variation discrète des paramètres de ces objets, il vient d'achever une architecture distribuée permettant d'interagir à distance avec le système cRea-VR. Fort de cette architecture, l'objectif est aujourd'hui de démontrer par une ultime expérimentation, que le paradigme ShapeGuide est suffisamment interopérable pour s'adapter à l'hétérogénéité d'un environnement collaboratif distant, tel que la connexion entre le système WILDER de l'équipe Ex Situ et notre système immersif EVE et son dispositif haptique.

A moyen terme, nos perspectives sur ce modèle RV-CAO et ses applications à la revue collaborative distante d'objets CAO visent plutôt un transfert industriel vers des PME-PMI, en particulier via un Groupement d'Intérêt Économique.

[Le troisième volet de perspectives concerne l'émergence, à court ou moyen terme, de nouveaux domaines d'application très ciblés.](#)

La première perspective vise l'interfaçage des technologies d'interaction avancée avec les modèles de données urbains (*Building Information Model*), pour toutes les tâches relatives à la vie des infrastructures : conception, aménagement, construction, maintenance, signalétique, etc. Une collaboration portant sur l'apport des techniques de RV&A pour l'aménagement du plateau de Paris-Saclay est ainsi en cours de gestation, en collaboration avec l'établissement maître d'œuvre du projet. Les applications visées en priorité concernent d'abord l'interaction pour le design des espaces intérieurs (avec des problématiques telles que : quelles modalités utiliser, quel réalisme de rendu atteindre, quelles métaphores d'exploration sont le plus adaptées). À plus long terme, des partenaires industriels ont exprimé un intérêt particulier pour la main-

tenance des réseaux et systèmes en Réalité Augmentée, application pour laquelle les systèmes nomades à base de casques « see-through » vont connaître un développement important. Les travaux préliminaires de l'équipe relatifs à l'étude de l'insertion de pièces en aveugle constitue un premier pas vers ce nouveau domaine applicatif.

La deuxième perspective concerne les enseignements scientifiques, et entend capitaliser les collaborations initiées lors du projet ANR « EVEILS », compte-tenu des évolutions technologiques qui permettent désormais d'envisager le déploiement de systèmes portables de Réalité Virtuelle (visiocasques) dans des classes de collège ou de lycée. Un projet est ainsi en cours de préparation en collaboration avec le laboratoire André Revuz (EA 4434) de l'Université Paris Diderot sur les aspects directement liés à la didactique des sciences et à l'apprentissage. Il vise la création et l'évaluation de classes pilote utilisant les technologies de RV pour l'apprentissage de la Physique.

L'approche retenue combinera les jeux sérieux, c'est-à-dire utilisant des moyens ludiques pour un objectif autre que le jeu lui-même (dans notre cas, la compréhension de la physique), avec la possibilité qu'offre la Réalité Virtuelle d'expérimenter des situations physiques inédites à la première personne (mécanique newtonienne du solide, mécanique des fluides...). L'évaluation des scénarios expérimentaux se fera par le biais d'analyses de l'activité (analyses d'interactions spontanées, entretiens d'auto et d'allo-confrontation), afin de mesurer qualitativement et quantitativement l'impact de cette approche sur l'apprentissage effectif des élèves. Par ailleurs, le projet s'interrogera aussi sur les moyens d'optimiser ce processus d'analyse en tentant d'utiliser certains travaux récents en matière de biocapteurs de type Interface Cerveau-Ordinateur.

► Collaborations, implications dans l'enseignement et visibilité

En terme de collaborations, nous avons participé en début d'année au montage de deux projets qui vont avoir un effet structurant sur nos activités de recherche pendant les 4 années à venir.

Le premier projet VISIONAIR 2, soumis à l'appel européen « INFRAIA-01-2018-2019 Integrating Activity for Advanced Communities », n'a malheureusement pas été retenu. En lien avec plusieurs équipes de DIGISCOPE, il s'inscrit dans la politique que nous tentons de mener pour donner une suite à cet Equipex. Outre des actions de recherche conjointes (JRA) menées avec les partenaires du projet, il visait aussi à financer des accès transnationaux (TNA) sur les plateformes concernées pour y mener des collaborations ciblées avec des partenaires non français et externes au projet. Le consortium doit se réunir prochainement pour étudier les possibilités de re-soumission de ce projet, dont en particulier les TNA constituaient pour nous un vivier de cas d'usages propice à évaluer nos paradigmes et modèles d'interaction et de collaboration immersive.

L'autre collaboration est d'une dimension managériale beaucoup plus modeste, mais est néanmoins scientifiquement tout aussi importante pour notre groupe. Il s'agit du projet ECCODÉ (Évaluation de la Charge Cognitive du cOmbattant Débarqué) porté par Julie Albertosa et Françoise Darses de l'IRBA (Institut de Recherche Biomédicale des Armées). Pour ce qui nous concerne, notre objectif est d'élaborer un dispositif immersif de tests multitâches, incluant une interface multimodale et tangible, et doté de capteurs physiologiques, et susceptible d'être reconfigurable tant en terme de contenu (scénario de simulation virtuelle), qu'en terme d'interface proposée aux sujets. Au-delà du challenge technologique, plusieurs problématiques scientifiques seront centrales. En particulier, un volet de notre contribution portera sur l'étude de l'impact de la dynamique de l'interaction en situation immersive sur les signaux biologiques mesurés.

Sur le plan de l'interaction avec l'environnement social, économique et culturel, comme nous l'avons signalé, les travaux du groupe VENISE intéressent déjà plusieurs industriels pour les applications en *Design & Engineering*, soit dans le cadre de cas d'usages pour la revue collaborative de projets (PSA), soit du point de vue de la formation par la recherche par le biais du recrutement quasi direct de nos anciens doctorants (EADS). Nous allons poursuivre en ce sens et travaillons actuellement au développement d'une collaboration avec un Groupement d'Intérêt Économique sur nos approches RV-CAO.

Concernant l'implication dans la formation à la recherche, nous pouvons observer qu'au regard du nombre de HDR du groupe, nous avons un fort taux d'encadrements de thèses au sein du département CHM. Nous participons activement à l'ED STIC, en gérant un module obligatoire et contribuant à plusieurs enseignements optionnels dans un M2R. Des enseignements au niveau M2R sont aussi dispensés dans d'autres universités ou écoles d'ingénieurs de la région parisienne par certains permanents du groupe. Dans ce contexte, nous allons poursuivre notre politique de repérage et d'incubation de stagiaires très en amont du M1.

En termes de rayonnement, nous allons tout d'abord poursuivre notre politique de dissémination postdoctoral dans des équipes de recherche étrangères et élargir notre base de recrutement postdoctoral à l'international. Nous envisageons de compléter ce vecteur de collaborations scientifiques, en développant une action vers les équipes françaises dont les enseignants-chercheurs pourraient avoir une disponibilité sabbatique d'enseignement. Par ailleurs, fort du succès et de l'expérience acquise dans l'organisation des colloques, tant localement (AFRV 2010, JVRC 2013...), qu'en externalisation dans le cadre de nos responsabilités au sein de EuroVR (conférences annuelles à Laval en 2017 et à Londres en 2018, et co-organisateur de la conférences AVR 2014 à 2018 en Italie), nous n'excluons pas d'organiser à nouveau au cours des cinq années à venir un tel évènement.

ANNEXE 4 : VENISE – Sélection des produits et activités de la recherche

I - PRODUCTION DE CONNAISSANCES ET ACTIVITÉS CONCOURANT AU RAYONNEMENT ET A L'ATTRACTIVITE SCIENTIFIQUE

1°) Journaux / Revues

Articles scientifiques

1. M. Baaden, O. Delalande, **N. Ferey**, S. Pasquali, J. Waldispühl, T. Antoine, Ten simple rules to create a serious game, illustrated with examples from structural biology, 2018, vol. 14, n°3, 9, URL : <http://journals.plos.org/ploscompbiol/article?id=10.1371/journal.pcbi.1005955>, DOI : <https://doi.org/10.1371/journal.pcbi.1005955>
2. **X. Martinez**, **N. Ferey**, **J-M. Vézien**, **P. Bourdot**, 3D reconstruction with a markerless tracking method of flexible and modular molecular physical models: towards tangible interfaces, Journal of Virtual Reality and Broadcasting, 2017, 1-12
3. M. Dreher, J. PrevotEAU-Jonquet, **M. Trellet**, M. PiuZZi, M. Baaden, B. Raffin, **N. Ferey**, S. Robert, S. Limet, ExaViz: a flexible framework to analyse, steer and interact with molecular dynamics simulations, Faraday Discussion, 2014, n°169, 8, URL : <http://pubs.rsc.org/en/content/articlepdf/2014/FD/C3FD00142C>, DOI : [10.1039/C3FD00142C](https://doi.org/10.1039/C3FD00142C)
4. **W. Chen**, C. Clavel, **N. Ferey**, **P. Bourdot**, Perceptual Conflicts in a Multi-Stereoscopic Immersive Virtual Environment: Case Study on Face-to-Face Interaction through an Avatar, Presence: Teleoperators and Virtual Environments, 2014, vol. 23, n°4, 410-429

2°) Colloques / congrès, séminaires de recherche

Éditions d'actes de colloques / congrès

1. J. Barbic, M. D'Cruz, M. E. Latoschik, M. Slater, **P. Bourdot**. Virtual Reality and Augmented Reality. 14th EuroVR International Conference, EuroVR 2017, Laval, France, December 12–14, 2017, Proceedings. Lecture Notes in Computer Science 10700, Springer 2017, ISBN 978-3-319-72322-8

Articles publiés dans des actes de colloques / congrès

1. **Y. Okuya**, **N. Ladeveze**, O. Gladin, C. Fleury, **P. Bourdot**, Distributed Architecture for Remote Collaborative Modification of Parametric CAD Data, 4th IEEE VR International Workshop on 3D Collaborative Virtual Environments (3DCVE 2018), Reutlingen, Germany, du 18/03 au 19/03, 2018, 4p
2. **W. Chen**, **N. Ladeveze**, C. Clavel, **P. Bourdot**, Refined Experiment of the Altered Human Joystick for User Cohabitation in Multi-stereoscopic Immersive CVEs, 3rd IEEE VR International Workshop on 3D Collaborative Virtual Environments (3DCVE 2016), Greenville, South Carolina, USA, 20 March, 1-8
3. **M. Trellet**, **N. Ferey**, M. Baaden, **P. Bourdot**, Interactive Visual Analytics of Molecular Data in Immersive Environments via a Semantic Definition of the Content and the Context, IEEE Immersive Analytics Workshop (IA@IEEE-VR 2016), Greenville, South Carolina, USA., 20/03, 6p
4. **M. Trellet**, **N. Ferey**, M. Baaden, **P. Bourdot**, Content and task based navigation for structural biology in 3D environments, 1st International Workshop on Virtual and Augmented Reality for Molecular Science (VARMS@IEEEVR 2015), Arles, France, 24/03 au 24/03, 2015, 31-36. Paru dans 2015 IEEE 1st International Workshop on Virtual and Augmented Reality for Molecular Science (VARMS@IEEEVR)
5. **W. Chen**, **N. Ladeveze**, C. Clavel, D. Mestre, **P. Bourdot**, User cohabitation in multi-stereoscopic immersive virtual environment for individual navigation tasks, IEEE Virtual Reality (VR 2015), Arles, France, 23/03 au 27/03, 2015, 47-54. Paru dans IEEE Digital Library
6. **A. Kouyoumdjian**, N. Ferey, **P. Bourdot**, S. Huot, Characterizing the Influence of Motion Parameters on Performance when Acquiring Moving Targets, 15th IFIP TC13 Conference in Human-Computer Interaction (INTERACT 2015), Bamberg, Germany, du 14/09 au 18/09, 2015, 148-155. Paru dans Proc. of INTERACT 2015
7. **P. Martin**, A. Tseu, **N. Ferey**, **D. Touraine**, **P. Bourdot**, A hardware and software architecture to deal with multimodal and collaborative interactions in multiuser virtual reality environments, SPIE Electronic Imaging (SPIE 2014), San Francisco, USA, 03/02 au 06/02, 2014, 16p. Paru dans Proc. SPIE 9012, The Engineering Reality of Virtual Reality
8. **W. Chen**, A. Plancoulaine, **N. Ferey**, **D. Touraine**, J. Nelson, **P. Bourdot**, 6DoF navigation in virtual worlds: comparison of joystick-based and head-controlled paradigms, 19th ACM Symposium on Virtual Reality Software and Technology (VRST 2013), Nanyang, Singapore, 06/10 au 08/10, 2013, 111-114. Paru dans Proceedings of the 19th ACM Symposium on Virtual Reality Software and Technology (VRST'13)

3°) Organisation de colloques / congrès

- In 2017 at Laval (France) In 2018 at London (UK), General Cochair of the International Program Committee of the Annual EuroVR Conference, (15th issue in progress), **Patrick Bourdot**
- From 2014, with Univ. of Salento - Italy, Cochair of the International Conference on Augmented Reality, Virtual Reality, and Computer Graphics, AVR 2017 (5th issue in progress), **Patrick Bourdot**
- 2013, General Cochair of the 5th Joint Virtual Reality Conference (JVRC 2013) – Paris-Saclay, **Patrick Bourdot**

4°) Produits et outils informatiques

- 2016 : Jeu DocMolécules : prix étudiants IGamER 2016, **Nicolas Férey**
- Depuis Nov. 2015 : Molego : jeu sérieux d'assemblage de peptides en Réalité virtuelle, **Xavier Martinez, Nicolas Férey**
- De 2010 à 2015: UnityMol : Logiciel de visualisation moléculaire dans un contexte de bureau et de réalité virtuelle, développé en collaboration avec le Laboratoire de Biochimie Théorique (UPR 9080, Marc Baaden). **Xavier Martinez, Nicolas Férey**

5°) Développements instrumentaux et méthodologiques

Dates	Titre	Personnes impliquées
Depuis Juin 2017	Holobox : démonstrateur de l'apport de la Réalité Augmentée pour l'assemblage/insertion de pièces en aveugle	Nawel Khenak, Jean-Marc Vézien
Depuis Juin 2017	DYNAMICS : démonstrateur d'un modèle de navigation orienté contraintes physiques	Yiran Zhang, Nicolas Ladèveze, Patrick Bourdot
Depuis Mars 2017	ShapeGuide : démonstrateur d'un paradigme d'interaction visuo-haptique de modification d'objets CAO orienté « abaque de formes »	Yujiro Okuya, Nicolas Ladeveze, Patrick Bourdot
2016	Jeu DocMolécules : Jeux sérieux de vulgarisation scientifique	Nicolas Férey
Depuis Nov. 2015	Molego : jeu sérieux d'assemblage de peptides en Réalité Virtuelle	Xavier Martinez, Nicolas Férey
Depuis 2014	cRea-VR : démonstrateur du couplage RV-CAO pour la modification de données CAO natives (CATIA) avec des technologies immersives	Pierre Martin, Yujiro Okuya, Patrick Bourdot
De 2010 à 2015	UnityMol : Logiciel de visualisation moléculaire dans un contexte de bureau et de réalité virtuelle, développé en collaboration avec le Laboratoire de Biochimie Théorique (UPR 9080, Marc Baaden)	Xavier Martinez, Nicolas Férey

6°) Activités éditoriales

Participation à des comités éditoriaux (journaux scientifiques, revues, collections, etc)

P. Bourdot :

- Co-éditeur LNCS (Springer) – Proceeding of the 4th International Conference, AVR 2018 (in progress)
- Co-éditeur LNCS (Springer) – Proceeding of 15th EuroVR International Conference, EuroVR 2018 (in progress)
- Co-éditeur LNCS 10324-10325 (Springer). Proceeding of the 4th International Conference on Augmented Reality, Virtual Reality, and Computer Graphics, AVR 2017 (2 volumes)
- Co-éditeur LNCS 10700 (Springer) – Proceeding of 14th EuroVR International Conference, EuroVR 2017.

7°) Activités d'évaluation

Évaluation d'articles et d'ouvrages scientifiques (relecture d'articles / reviewing)

- EuroVR 2018 (P. Bourdot)
- AVR 2018 (P. Bourdot)
- Virtual Reality (Springer) (J.-M. Vézien)
- Virtual Reality (Springer) (J.-M. Vézien)
- IEEE VR 2018 (N. Férey)
- Virtual Reality (Springer) (J.-M. Vézien)
- EuroVR 2017 (P. Bourdot)
- AVR 2017 (P. Bourdot)
- Virtual Reality (Springer) (J.-M. Vézien)
- Virtual Reality (Springer) (J.-M. Vézien)
- DIVE 2016 (N. Férey)
- Virtual Reality (Springer)
- Virtual Reality (Springer) (J.-M. Vézien)

- Virtual Reality (Springer) (J.-M. Vézien)
- IEEE VR 2015 (P. Bourdot)
- AVR 2014 (N. Férey)
- IHM (N. Férey)
- IEEE WHC 2013 (P. Bourdot)
- Appel à projets émergents 2017 du département STIC Université Paris Saclay

Évaluation de projets de recherche, de laboratoire

- Expertise pour Institut Carnot MICA, Avril 2017, J.-M. Vézien
- CIFRE 2016/1571, Janvier 2017, N. Férey, J.-M. Vézien
- Expertise pour projet de recherche de l'institut FARMAN, 2017 et 2017, N. Férey
- CIFRE 2015/0721, Septembre 2015, J.-M. Vézien et P. Bourdot
- Expertise projet ANR, Mars 2013, P. Bourdot

Participation aux jurys de HDR, Thèses, Comités de sélection

- membre du Jury du Master 2 Interaction & HCID 2 et «responsable» du Module CM & TD d'Enseignement Obligatoire «Fondements de la Réalité Virtuelle et Augmentée» de ce même Mater 2

8°) Contrats de recherche financés par des institutions publiques ou caritatives

VENISE : Contrats institutionnels sur financement public

	Acronyme	Financier/ Partenaire	Programme/ Instrument	Coordinateur	Responsable LIMSI	Début	Fin	Part LIMSI €
ANR	ExaViz	ANR	Modèles Numériques	N	Ferey Nicolas	01/09/2011	31/08/2015	120 536
Collaborations de recherche	DIGISCOPE	Investissements d'avenir	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
	IDCoM	Digitéo		O	Bourdot Patrick	02/09/2013	01/03/2015	76 950
	FLuiMeAT	Investissements d'avenir	LidEx CDS	N	Ferey Nicolas	10/07/2014	31/12/2015	50 000
	SensoMotor-CVE	Digitéo		O	Bourdot Patrick	01/10/2015	30/09/2018	109 000
		Investissements d'avenir	Labex Digicosme	N	Bourdot Patrick	24/03/2016	30/06/2016	3 500

9°) Post-doctorants et chercheurs seniors accueillis

Post-doctorants

- Weiya Chen (10/15- 03/16)
- Xavier Martinez (10/17- 10/18)

Chercheurs senior accueillis

- Oct.- Nov. 2017: Jakub Flotyński de l'Université de Poznań (Pologne)
Intégration de technologies de web-sémantique pour l'interaction avancée dans un outil de visualisation et d'analyse de données biomoléculaire. (M. Trellet, N. Férey, P. Bourdot)

10°) Indices de reconnaissance

Prix

- Best paper award – EuroVR 2016 : Towards an A&VR molecular tangible interface based on a lightweight RGB markerless tracking of a modular physical model. (M. Trellet, N. Férey, P. Bourdot)
- Prix étudiants iGamER2016 : DocMolécules, jeux sérieux de vulgarisation scientifique. (N. Férey)

Responsabilités dans des sociétés savantes

- Depuis 2018; Membre élu du Conseil de la Faculté des Sciences d'Orsay; P. Bourdot
- Depuis 2016; Vice-President «Academic issues & Conferences» de EuroVR (European Association for Virtual Reality and Augmented Reality).; P. Bourdot

- Depuis 2010; Membre fondateur et membre élu à l'Executive Committee de EuroVR (European Association for Virtual Reality and Augmented Reality); P. Bourdot
- Juin 2017; Invited speaker- ARTDAYS 2017, Munich Germany; P. Bourdot
- Juin 2017; Invited speaker- Virtual Reality Summer School 2017. Torre dell'Orso, Italy; P. Bourdot
- Juin 2016; Invited speaker- AVR 2016, Otrento, Italy; P. Bourdot
- Mars 2016; Conférencier invité- Journée du GTRV Interaction du GDR IG-RV (Informatique Géométrique et Graphique, Réalité Virtuelle et Visualisation) de l'INS2i du CNRS; P. Bourdot
- Sept. 2015; Keynote speaker- AVR 2015, Lecce, Italy; P. Bourdot
- Mars 2015; Invited speaker- Lab presentation at IEEE VR 2015; P. Bourdot
- Sept. 2014; Keynote speaker- AVR 2014, Lecce, Italy; P. Bourdot

II - INTERACTION AVEC L'ENVIRONNEMENT, IMPACTS SUR L'ÉCONOMIE, LA SOCIÉTÉ, LA CULTURE, LA SANTÉ

1°) Activités d'expertise scientifique

Activités de consultant

- Juillet 2015 : Expertise Visuelles Parc Éolien Noirmoutier; J.-M. Vézien
- Nov 2016 : Expertise Visuelles Parc Éolien Saint-Brieuc; J.-M. Vézien
- Nov. 2017 : Expertise Visuelles Parc Éolien Leucate; J.-M. Vézien

2°) Interactions avec les acteurs socio-économiques

Dates	Titre	Personnes impliquées
2018	GIE VR-Connection	Patrick Bourdot
2016-2017	Valorisation industrielle de paradigmes d'interaction et de visualisation dans le processus de fabrication du médicament dans l'entreprise UCB Pharma (Belgique), dans le cadre du développement de UnityMol	Nicolas Férey, Xavier Martinez
2016	Collaboration avec l'entreprise PolyMorph et l'université de Rennes (Olivier Delalande), dans le cadre du développement d'un jeu sérieux pour la vulgarisation des sciences biomoléculaires	Nicolas Férey

Financement de thèse

Financier/ Partenaire	Programme/ Instrument	Responsable LIMSI	Début	Fin	Part LIMSI €
PCA	CIFRE	Bourdot Patrick	02/05/2011	01/05/2014	53 626

III - IMPLICATION DANS LA FORMATION PAR LA RECHERCHE

1°) Liste exhaustive des thèses et HDR

Thèses

1. **Xavier Martinez**, Tracking sans marqueur de modèles physiques modulaires et articulés : vers une interface tangible pour la manipulation de simulations moléculaires (2017)
2. **Weiya Chen**, Collaboration in Multi-user Immersive Virtual Environments (2015)
3. **Mikaël Trellet**, Exploration et analyse immersives de données moléculaires, guidées par la tâche et la modélisation sémantique des contenus (2015)
4. **Pierre Martin**, Modèle pour la conception immersive et intuitive : application à l'industrie automobile (2014)

ÉQUIPE 9 : AA

AUDIO ET ACOUSTIQUE

Responsables du groupe : Brian Katz puis Christophe d'Alessandro

I - PRÉSENTATION DE L'ÉQUIPE AA

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 traité surtout de la voix, parlée et chantée, avec 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, coordonnateur LIMSI), la spatialisation sonore binaurale (FUI-BiLi), l'acoustique du théâtre (ANR ECHO), les personnages virtuel (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. On peut noter des collaborations fructueuses entre le groupe AA et le groupe TLP (prosodie expressive, prosodie en dialectologie), le groupe AMI (interfaces haptiques et visuelles), le groupe CPU (son en cognition et interaction), le groupe AERO (source vocale, cavité-flux), et le groupe VENISE (acoustique virtuelle). Enfin, N. Delprat, membre du groupe, co-dirige l'action transversale VIDA (Virtualité, Interaction Design et Art).

Effectif : personnel permanent

Nom	Prénom	Position	HDR	Organisme	Arrivée	Départ
D'Alessandro	Christophe	DR1	x	CNRS	10/89	01/17
Delprat	Nathalie	MCF		Sorbonne U	01/08	
Katz	Brian	DR2	x	CNRS	11/02	12/16
Liénard	Jean-Sylvain	DREM	x	CNRS	10/72	
Rilliard	Albert	CR1	x	CNRS	01/07	
Sciamarella	Denisse	CR1		CNRS	10/02	08/17

Non-permanents : doctorants

Nom	Prénom	Statut	Début de thèse	Fin de thèse
Delalez	Samuel	Doctorant	01/10/2014	28/11/2017
Doukhan	David	Doctorant	01/10/2009	20/09/2013
Evrard	Marc	Doctorant	01/01/2012	30/09/2015
Feugère	Lionel	Doctorant	01/12/2009	26/09/2013
Luizard	Paul	Doctorant	01/10/2010	16/09/2013
Mathew	Justin	Doctorant	01/10/2014	02/10/2017
Nguyen	Thi Thu Trang	Doctorant	01/09/2010	24/09/2015
Perrotin	Olivier	Doctorant	01/10/2012	23/09/2015
Poirier-Quinot	David	Doctorant	15/10/2011	18/05/2015
Postma	Barteld	Doctorant	01/01/2014	28/04/2017
Rugeles Ospina	Felipe Enrique	Doctorant	01/11/2012	22/07/2016

Non-permanents : CDD

Nom	Prénom	Statut	Arrivée	Départ
Andreopoulou	Areti	Post-Doc	02/14	07/16
Do	Cong Thanh	Post-Doc	11/12	09/14
Emond	Caroline	Post-Doc	09/14	04/16
Feugère	Lionel	Post-Doc	09/13	07/14
Feugère	Lionel	Post-Doc	12/15	11/16
Guerry	Marine	Ch contractuel	03/14	08/14
Kozhevina	Varvara	CDD	03/14	12/14
Lehka-Lemarchand	Iryna	Post-Doc	01/12	01/13
Luizard	Paul	CDD	10/13	11/13
Perrotin	Olivier	Post-Doc	10/15	12/16
Simon	Laurent S. R.	Post-Doc	11/13	10/15
Stitt	Peter	Post-Doc	03/15	08/15

II - Bilan scientifique

Thème analyse et synthèse audio

► 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 (Rilliard et al. 2018). La qualité expressive de la synthèse est évaluée, et comparée à celle obtenue par un contrôle gestuel direct de la prosodie (Evrard et al. 2015). 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 Hanoi. 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 vietnamiens. 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 Nguyen 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 dimension principale : la synthèse paramétrique (Cantor Digitalis) et la synthèse par échantillonnage (VOKinesS). Cantor Digitalis est un instrument chanteur contrôlé par les doigts et un stylet sur une tablette graphique (Feugère et al. 2017). 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 (Perrotin & d'Alessandro, 2016). 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. Un système différent, qui utilise le traitement en temps réel de voix préenregistrée à fait l'objet de la thèse de Samuel Delalez (novembre 2017), à la fin du contrat ANR ChaNTeR.

► 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" (FDV) 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).

Après avoir porté sur des voyelles isolées, l'étude s'est orientée vers la prise en compte de séquences complètes. L'hypothèse de travail est restée la même, à savoir: "L'effort vocal, notion traditionnelle qualitative, est une cause majeure et mal connue de la variabilité du signal de parole; la mesure objective de l'intensité émise par le locuteur (force de voix), perdue en général dès la prise de son, peut être estimée a posteriori à partir des caractéristiques spectro-temporelles du signal".

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 : chaque locuteur a sa propre manière d'élever ou de baisser sa voix en réglant simultanément F0 et FDV. La difficulté est qu'il n'existe pas de grande base de données publique qui soit étalonnée en termes de force de voix.

Une collaboration dans ce sens est en cours avec l'Institut de Recherche Biomédicale des Armées à Brétigny sur Orge (Thibaut Fux).

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 et Acoustique seront présentés plus en détail dans la section VIDA de ce rapport. Plusieurs membres du groupe ont contribué à la vitalité de cette thématique transverse co-dirigée par N. Delprat, que ce soit dans la création ou l'augmentation d'instruments de musique, dans le développement du dispositif RêvA pour l'étude des liens entre matérialité et imaginaire ou dans la participation à des festivals et conférences art-science (Delprat et al. 2016).

Les implications de l'interprétation signal de la formule de Rossiter développée par N. Delprat en collaboration avec l'équipe AERO, ont continué à être étudiées pour caractériser les couplages entre mécanismes de modulation et interactions non-linéaires dans les écoulements de cavité. En particulier, les modulations très basses fréquences à l'intérieur de la cavité, jusqu'alors ignorées, et les liens entre les instabilités 3D et l'écoulement principal ont été analysés, à la suite des travaux menés sur la modélisation des distributions (Basley et al. 2013, 2014).

Thème Prosodie Expressive

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). La variation acoustique de la prosodie est liée à diverses fonctions linguistiques (récursivité, segmentation, focus, actes de paroles, affects) ou non (pathologies de la glotte, variation sociologique et dialectale).

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 trois aspects décrits ci-dessous.

► Expressivité socioaffective 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 (Moraes & Rilliard 2016). 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* »).

La comparaison interculturelle des affects sociaux, avec la description perceptive des similitudes et des différences de stratégies entre langues (notamment pour la réception du concept d'ironie—allemand, anglais, cantonais, français, japonais, portugais) permet d'analyser les différences d'interprétations (Mixdorff et al. 2017). Ainsi sont décrites 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 (Boula de Mareüil et al. 2013). Travailler sur des langues non standard et/ou non écrites permet aussi 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.

Un autre aspect de la variation linguistique apparaît dans les accents régionaux et langues de France. Le projet d'atlas interactif (collaboration avec TLP et AMI) montre la richesse des langues de France et de leurs variations dialectales (<https://atlas.limsi.fr/> ; > 250 points d'enquêtes). Ce projet a bénéficié d'une bonne visibilité auprès du grand public (>300 000 visites en aout 2017) et des médias.

► **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 et Espace

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

► **Acoustique des salles, acoustique virtuelle**

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. Testé sur les simulations de trois lieux parisiens (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 reverberance, 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 étudié les seuils de détectabilité et les préférences subjectives des paramètres de réverbération non-linéaire, présent dans les systèmes acoustiques avec des volumes couplés, comme la nouvelle salle de concert de la Philharmonie de Paris (Postma & Katz 2017).

Les travaux développés pendant le projet ANR-ECHO se poursuivent avec la thèse de D. Thery (2016-) en collaboration avec le groupe CPU, sur la simulation acoustique en réalité virtuelle pour les bureaux d'étude acoustique.

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 calcul de paramètres traditionnellement employés en acoustique des salles pour lequel nous avons proposé des améliorations. Ces améliorations sont spécifiquement dans les cas des mesures de réverbération dans des lieux très grands, car les variations de température de l'ordre de <0.01°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.

La plateforme de réalité virtuelle BlenderVR (projet entre AA & VENISE), logiciel libre et multiplateforme a été diffusée, et à reçu un bon accueil dans la communauté de la réalité virtuelle. Ces travaux en réalité virtuelle audio ont reçu un prix de la société de réalité virtuelle Oculus.

► Audition spatiale

Nos activités en audition spatiale et amélioration du rendu audio 3D ont été 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 (Katz & Noisterning 2014). 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) qui montre 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 de 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-latéral, Réalisme et Relief/Profondeur. Afin d'améliorer nos connaissances sur les liens entre la morphologie de l'oreille externe, l'acoustique des HRTFs et la qualité perçue des rendus 3D, nous avons été menés à explorer 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. Les résultats montrent aussi la capacité de regroupement des HRTFs basé sur des évaluations perceptives.

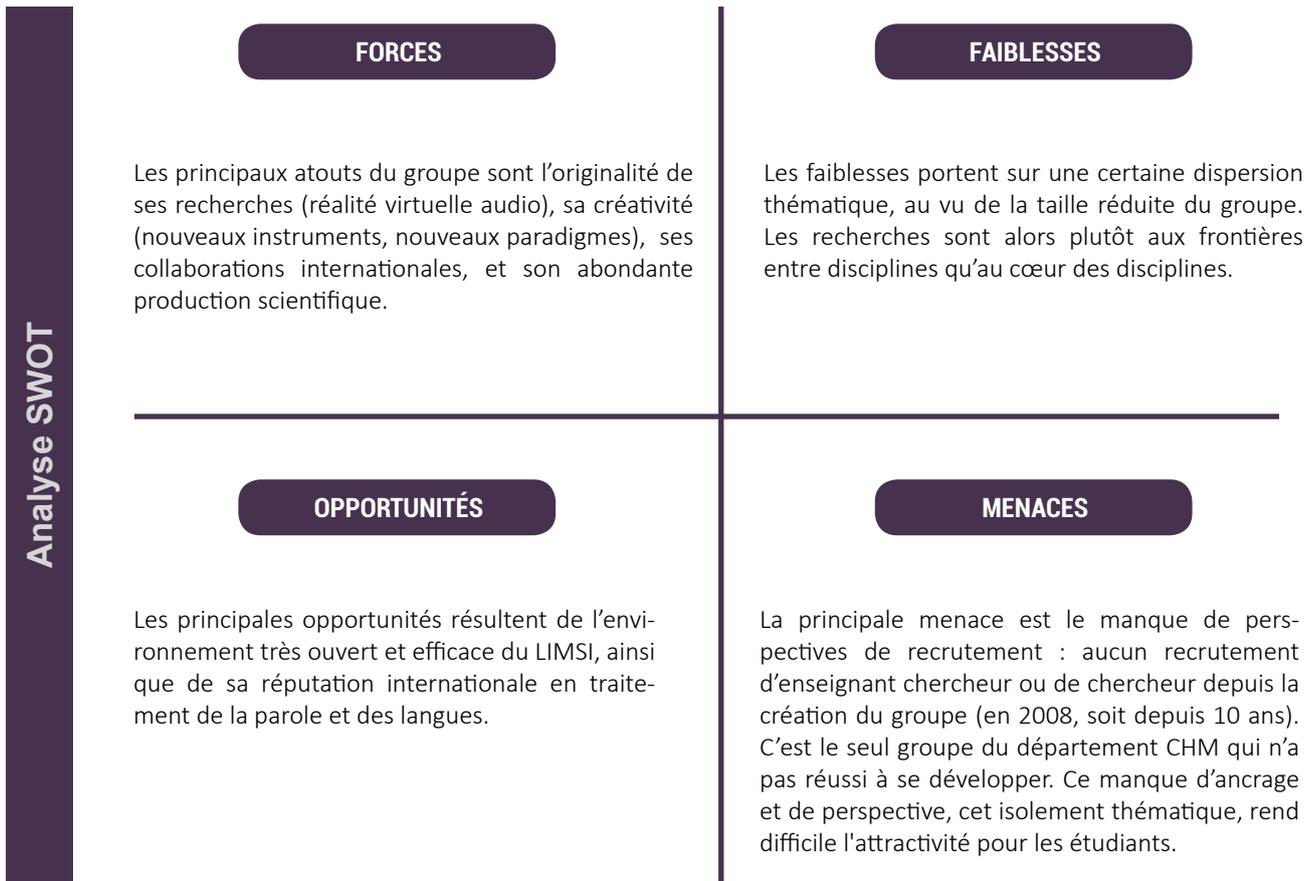
Ces travaux ont donné lieu à plusieurs collaborations industrielles, contrats et thèses CIFRE (Felipe Rugeles-Ospina, avec Orange Labs R&D, et David Poirier-Quinot, avec EADS-Astrium/Airbus).

III - Faits marquants et analyse SWOT

Faits marquants

Pour la période en cours, la production scientifique est abondante, sur des sujets très variés, dans les meilleures revues et conférences du domaine de l'acoustique, du traitement de la parole, de la linguistique appliquée. Parmi toutes ces réalisations, nous retenons comme faits marquants les éléments suivants :

- **Synthèse performative de voix chantée** : l'instrument chanteur Cantor Digitalis, développé par Christophe d'Alessandro, Lionel Feugère, Boris Doval et Olivier Perrotin a gagné le premier prix en 2015 de la Margaret Guthman Musical Instrument Competition (Georgia Tech).
- **Réalité virtuelle audio**. Les travaux sur la perception audio-visuelle de l'espace acoustique ont été distingués : Best "Scientific/Technical" Paper Award, 14th EuroVR international conference, 2017; David Thery, David Poirier-Quinot, Barteld Postma, Brian Katz, pour "Impact of the visual rendering system on subjective auralization assessment in VR".
- Albert Rilliard est professeur invité senior à l'Université Fédérale de Rio de Janeiro depuis 2016, et conférencier invité à la conférence de l'ABRALIN 2017 (Association Brésilienne de Linguistique)
- Nathalie Delprat a obtenu une délégation CNRS section 7 pour développer le projet RêvA, sur l'étude de l'impact cognitif et émotionnel d'un changement de densité virtuelle sous forme de matière nuage.



IV - Projet scientifique à cinq ans

Les activités du groupe audio et acoustique ont cessé au 31 décembre 2017. En effet, mi-2016, deux chercheurs (Brian Katz, puis Christophe d'Alessandro) ont envisagé un changement d'affectation. Brian Katz a été affecté au 1^{er} janvier 2017 à l'Institut Jean Le Rond D'Alembert (Sorbonne Université), et Christophe d'Alessandro a été affecté dans ce même laboratoire au 1^{er} février 2017. Comme les activités en acoustique ont disparu, il a semblé préférable de fermer le groupe, vu sa petite taille.

Les membres permanents du groupe ont rejoint d'autres groupes du laboratoire : le groupe TLP pour Albert Rilliard et Jean-Sylvain Liénard, le groupe AMI pour Nathalie Delprat.

ANNEXE 4 : AA – Sélection des produits et activités de la recherche

I - PRODUCTION DE CONNAISSANCES ET ACTIVITÉS CONCOURANT AU RAYONNEMENT ET A L'ATTRACTIVITE SCIENTIFIQUE

1°) Journaux / Revues

Articles scientifiques

1. Basley, J., L. Pastur, **N. Delprat**, and F. Lusseyran. "Space-time aspects of a three-dimensional multi-modulated open cavity flow". In: *Physics of Fluids* 25.6 (2013), 064105 1–064105 26.
2. Basley, J., L. Pastur, F. Lusseyran, J. Soria, and **N. Delprat**. "On the modulating effect of three-dimensional instabilities in open cavity flows". In: *Journal of Fluid Mechanics* 759 (2014), pp. 546–578.
3. **d'Alessandro**, C., L. Feugère, **S. Le Beux**, **O. Perrotin**, and **A. Rilliard**. "Drawing melodies: Evaluation of chironomic singing synthesis". In: *Journal of the Acoustical Society of America* 135.6 (2014), pp. 3601–3612.
4. **Katz**, B. and M. Noisternig. "A comparative study of interaural time delay estimation methods". In: *Journal of the Acoustical Society of America* 135.6 (2014), pp. 3530–3540.
5. Luizard, P., J.-D. Polack, and **B. Katz**. "Sound energy decay in coupled spaces using a parametric analytical solution of a diffusion equation". In: *Journal of the Acoustical Society of America* 135 (2014), pp. 2765–2776.
6. **Perrotin**, O. **d'Alessandro**, C. "Target Acquisition vs. Expressive Motion: Dynamic Pitch Warping for Intonation Correction". In: *ACM Transactions on Computer-Human Interaction* 23.3 (2016), 21p.
7. **Feugère**, L., C. **d'Alessandro**, B. Doval, and O. Perrotin. "Cantor Digitalis: chironomic parametric synthesis of singing". In: *EURASIP Journal on Audio, Speech, and Music Processing* 2017.2 (2017), pp. 1–19.
8. Mixdorff, H., A. Hönemann, **A. Rilliard**, T. Leed, and M. K. Ma. "Audio-visual expressions of attitude: How many different attitudes can perceivers decode?" In: *Speech Communication* 95 (2017), pp. 114–126.
9. **Postma**, B. and **B. Katz**. "The influence of visual distance on the room-acoustic experience of auralizations". In: *Journal of the Acoustical Society of America* 142.5 (2017), pp. 3035–3046.
10. **Rilliard**, A., C. **d'Alessandro**, and **M. Evrard**. "Paradigmatic variation of vowels in expressive speech: Acoustic description and dimensional analysis". In: *Journal of the Acoustical Society of America* 143.1 (2018), pp. 109–122.

Articles de synthèse / revues bibliographiques

1. **Katz**, B. and G. Marentakis. "Advances in auditory display research". In: *Journal on Multimodal User Interfaces* 10.3 (2016), pp. 191–193.
2. **d'Alessandro**, C. "Synthèse de la parole". In: *L'information grammaticale* 141 (2014), pp. 31–36.

Autres articles (articles publiés dans des revues professionnelles ou techniques, etc.)

1. Parseihian, G. and **B. Katz**. "Les technologies du son 3D au service des aides aux non-voyants". In: *Acoustique Techniques* 71 (2013), pp. 18–21.

2°) Ouvrages

Chapitres d'ouvrage

1. Moraes, J. A. de and **A. Rilliard**. "Illocution, attitudes and prosody: A multimodal analysis". In: *Spoken Corpora and Linguistic Studies*. John Benjamins Publishing Company, 2014, pp. 233–270. ISBN: 9789027203694.
2. **Rilliard**, A., D. Erickson, J. A. de Moraes, and T. Shochi. "Cross-cultural perception of some Japanese politeness and impoliteness expressions". In: *Linguistic approaches to emotions in context*. John Benjamins Publishing Company, 2014, pp. 251–276. ISBN: 9789027256461.
3. **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*. Collection Essais, Éditions de la lettre volée, 2016, pp. 171–195. ISBN: 978-2-87317-471-2.

3°) Colloques / congrès, séminaires de recherche

Articles publiés dans des actes de colloques / congrès

1. Boula De Mareüil, P., **A. Rilliard**, I. Lehka-Lemarchand, and F. Ivent. "Regional accents and languages in France: a contrastive prosodic analysis of Romance varieties". In: *Annual Conference of the International Speech Communication Association*. Lyon-FR, 2013, pp. 72–75.
2. **Poirier-Quinot**, D. and **B. Katz**. "BlenderCAVE: A multimodal scene graph editor for virtual reality". In: *International Conference on Auditory Display*. Lodz- PL, 2013, pp. 223–230.

3. **Rilliard, A.**, D. Erickson, T. Shochi, and J. A. de Moraes. "Social face to face communication – American English attitudinal prosody". In: *Annual Conference of the International Speech Communication Association*. Lyon- FR, 2013, pp. 1648–1652.
4. **Rilliard, A.**, D. Erickson, T. Shochi, and J. de Moraes. "US English attitudinal prosody performances in L1 and L2 speakers". In: *7th International Conference on Speech Prosody (SP 2014)*. Dublin-IR, 20-23/05 2014, pp. 895-899.
5. **Perrotin, O.** and **C. d'Alessandro**. "Visualizing gestures in the control of a digital musical instrument". In: *International Conference on New Interfaces for Musical Expression*. London- GB, 2014, pp. 605–608.
6. **Poirier-Quinot, D.** and **B. Katz**. "CAVE-based virtual prototyping of an audio radiogoniometer: ecological validity assessment". In: *International Conference on Auditory Display*. New York- US, 2014, 8p.
7. **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*. Graz- AT, 2015, pp. 13–20.
8. **Evrard, M.**, **S. Delalez**, **C. d'Alessandro**, and **A. Rilliard**. "Comparison of chiro-nomic stylization versus statistical modeling of prosody for expressive speechsynthesis". In: *Annual Conference of the International Speech Communication Association*. Dresden- DE, 2015, 5p.
9. Jurkiewicz, Y., E. Kahle, and **B. Katz**. "Stavanger Concert Hall, acoustic design and measurement results". In: *International Conference on Auditorium Acoustics*. Paris- FR, 2015, pp. 300–307.
10. Mixdorff, H., A. Hönemann, and **A. Rilliard**. "Acoustic-Prosodic Analysis of Attitudinal Expressions in German". In: *Annual Conference of the International Speech Communication Association*. Dresden- DE, 2015, pp. 1294–1298.
11. **Andreopoulou, A.** and **B. Katz**. "Investigation on subjective HRTF rating repeatability". In: *Convention of the Audio Engineering Society*. Paris- FR, 2016, 9597:1–10.
12. **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*. Boston- US, 2016, pp. 639–643.
13. **Perrotin, O.** and **C. d'Alessandro**. "Vocal effort modification for singing synthesis". In: *Annual Conference of the International Speech Communication Association*. San Francisco- US, 2016, pp. 1235–1239.
14. **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*. Paris- FR, 2016, 9591:1–8.

4°) Organisation de colloques / congrès

- C. d'Alessandro : Organisation du Singing Synthesis Challenge à la conférence Interspeech 2016 (San Francisco).

5°) Produits et outils informatiques

Logiciels

- Lionel Feugère, Sylvain Le Beux, Boris Doval, Christophe d'Alessandro, CANTOR DIGITALIS Logiciels de synthèse de voix chantée, avec contrôle gestuel temps-réel. <https://cantordigitalis.limsi.fr/>

Bases de données

- David Doukhan, Sophie Rosset, Albert Rilliard, Martine Adda-Decker, Christophe d'Alessandro, GVLEX : base de données de contes de fée, texte annoté, enregistrements audio étiquetés. Distribution par – ELDA LC/ELDA/ DISTR-S/FR/2015/01-LIMSI

6°) Activités éditoriales

Participation à des comités éditoriaux (journaux scientifiques, revues, collections, etc)

- C. d'Alessandro est éditeur associé pour : EURASIP Journal on Speech Audio and Music Processing, Journal of Speech Sciences, journal Musimédiane (musicologie)
- A. Rilliard est éditeur associé pour le Journal of Speech Sciences.
- B. Katz est membre du comité de lecture du J. Multiodal User Interfaces

7°) Activités d'évaluation

Évaluation d'articles et d'ouvrages scientifiques (relecture d'articles / reviewing)

- Les membres du groupe sont évaluateurs pour de nombreux journaux du domaine : J. Acoust. Soc. Am., Acta. Acoust., IEEE. Trans SAP, J. Voice, J. Multi Modal Interfaces. Plos One, Language and Speech, Revista de Estudos da Linguagem etc.
- Participation au comité scientifique de nombreuses conférences tous les ans (ICASSP, Interspeech, Eusipco, Speech Prosody, Journées d'Études sur la Parole etc.).

Évaluation de projets de recherche

- Les membres du groupe sont régulièrement sollicités pour des évaluation de projet (ANR, fonds de recherche belge, autrichien, europe ...)

Évaluation de laboratoires (type Hcéres)

- C. d'Alessandro a présidé les jurys d'évaluation de 2 UMR sur la période

Responsabilités au sein d'instances d'évaluation

- Participation des membres du groupe à plusieurs comités de recrutement universitaires.

8°) Contrats de recherche financés par des institutions publiques ou caritatives

AA : Contrats institutionnels sur financement public

	Acronyme	Financeur/ Partenaire	Programme/ Instrument	Coordinateur	Responsable LIMSI	Début	Fin	Part LIMSI €
Collaborations de recherche ANR	PADE	ANR	JCIC	O	Rilliard Albert	15/12/2010	30/11/2014	163 513
	ECHO	ANR	CULT	N	Katz Brian	01/01/2014	30/06/2017	174 267
	ChaNTeR	ANR	CONTINT	O	D'Alessandro Christophe	01/01/2014	31/12/2017	258 005
	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

9°) Post-doctorants et chercheurs seniors accueillis*Post-doctorants*

Le groupe a accueilli 8 post-doctorants sur la période :

- Andreopoulou, Areti (02/14- 07/16)
- Do, Cong Thanh (11/12- 09/14)
- Emond, Caroline (09/14- 04/16)
- Feugère, Lionel (09/13- 07/14)
- Feugère, Lionel (12/15- 11/16)
- Lehka-Lemarchand, Iryna (01/12- 01/13)
- Perrotin, Olivier (10/15- 12/16)
- Simon, Laurent S. R. (11/13- 10/15)
- Stitt, Peter (03/15- 08/15)

Chercheurs seniors accueillis

- Hansjoerg Mixdorff (Beuth-Hochschule für Technik Berlin), Zuleica Camargo (Pontificia Universidade Católica de São Paulo)

10°) Indices de reconnaissance*Prix*

- d'Alessandro, C., B. Doval, L. Feugère, and O. Perrotin. First Prize of the Margaret Guthman Musical Instrument Competition. 2015.

II - INTERACTION AVEC L'ENVIRONNEMENT, IMPACTS SUR L'ÉCONOMIE, LA SOCIÉTÉ, LA CULTURE, LA SANTÉ

1°) Interactions avec les acteurs socio-économiques

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

	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	DMS	CIFRE	KATZ Brian	KATZ Brian	Katz Brian	01/10/2011	15 000
	ASTRIUM	CIFRE	Katz Brian	KATZ Brian	02/02/2012	31/01/2015	39 600
	Orange		O	KATZ Brian	02/11/2012	01/11/2015	30 608

AA : Brevets, Dépôts APP, licences...

Brevet	Inventeur LIMSI	co-déposant	Date	Commentaire
Method for selecting perceptually optimal HRTF filters in a database according to morphological parameters	Katz Brian	Arkamys	04/2010	extension internationale
Dépôt APP	Auteur LIMSI	Co auteurs	Date	
LIMSI spatialisation engine (L S E)	Katz Brian	E. Rio Emmanuel, Picinali Lorenzo	07/2010	
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)	12/2010	

2°) Produits destinés au grand public

Débats science et société

- C. d'Alessandro Expositons par Elsa Daynac, Reportage avec un instrument du futur : Le cantor digitalis, France Musique, le mardi 1 mars 2016
- C. d'Alessandro Glossolalies chironomiques le contrôle manuel de la synthèse vocale, les 10 ans du Musée du quai Branly, <http://wikiradio.cnrs.fr/broadcast/1177-Glossolalies-chironomiques-le-contrôle-manuel-de-la-syn-thèse-vocale>, 2016

III - Implication dans la formation par la recherche

Liste des thèses et HDR

1. **Delalez, S.** Vokinesis: instrument de contrôle suprasegmental de la synthèse vocale. ED STIC, Université Paris-Saclay, 28 novembre 2017 ;
2. **Mathew J.** Design Framework for User Interfaces of 3D Audio Production Tools. ED STIC, Université Paris-Saclay, 2 octobre 2017 ;
3. **Postma, B.** Serious auralizations. ED STIC Université Paris-Saclay, 28 avril 2017 ;
4. **Rugeles Ospina, F. E.** Individualisation de l'écoute binaurale : création et transformation des indices spectraux et des morphologies des individus. ED SMAER, UPMC, 22 Juillet 2016 ;
5. **Evrard, M.** Synthèse de parole expressive à partir du texte : Des phonostyles au contrôle gestuel pour la synthèse paramétrique statistique. EDIPS, Université Paris-Sud, 30 septembre 2015 ;
6. **Nguyen, T. T. T.** HMM-based Vietnamese Text-To-Speech: Prosodic Phrasing Modeling, Corpus Design System Design, and Evaluation. EDIPS, Université Paris Sud, 24 septembre 2015 ;

7. **Perrotin, O.** Chanter avec les mains : Interfaces chironomiques pour les instruments de musique numériques. EDIPS, Université Paris-Sud, 23 septembre 2015 ;
8. **Poirier-Quinot, D.** Design of a radio direction finder for search and rescue operations: estimation, sonification, and virtual prototyping. ED SMAER, UPMC, 18 mai 2015 ;
9. **Feugère, L.** Synthèse par règles de la voix chantée contrôlée par le geste et applications musicales. ED SMAER, UPMC, 26 septembre 2013 ;
10. **Doukhan, D.** Synthèse de parole expressive au delà du niveau de la phrase : le cas du conte pour enfant : conception et analyse de corpus de contes pour la synthèse de parole expressive. EDIPS, Université Paris-Sud, 20 septembre 2013.
11. **Luizard, P.** Les espaces couplés : comportement, conception et perception dans un contexte de salle de spectacle. ED SMAER, UPMC, 16 septembre 2013 ;

HDR :

1. **A. Rilliard,** Prosodie et Interaction Homme-Machine : Étude de la variation démarcative, diatopique, diachronique & expressive

ACTION TRANSVERSE VIDA

VIRTUALITÉ, INTERACTION, DESIGN ET ART

Responsables du groupe :

Nathalie DELPRAT et Christian JACQUEMIN, jusqu'en septembre 2017

et

Nathalie DELPRAT et Jules FRANÇOISE, depuis janvier 2018

I - Présentation

La thématique transverse VIDA (Virtualité, Interaction, Design et Art) a pour objectif de favoriser les collaborations entre la recherche scientifique et les domaines du design et de la création artistique contemporaine. Au-delà de la simple valorisation d'applications artistiques de sujets scientifiques, le but est de développer une approche en recherche et création pouvant servir comme catalyseur de travaux interdisciplinaires et comme incubateur de projets sur des thèmes émergents ou exploratoires. De par sa transversalité, VIDA participe au développement des liens inter-groupes et inter-départements au sein du LIMSI mais aussi à l'interaction avec de multiples partenaires institutionnels et culturels. Les membres permanents, doctorants et stagiaires peuvent s'y impliquer sur des projets collaboratifs ou de manière plus théorique sur l'analyse des liens entre art-sciences et l'impact de cette démarche dans le dialogue sciences-société. Le LIMSI est désormais reconnu

pour son expérience et son expertise sur ces sujets depuis plusieurs années en France et à l'étranger. VIDA a participé, entre autres, à la création de lieux et d'évènements pour la diffusion et la valorisation de travaux en arts-sciences (comme la Diagonale Paris-Saclay qui soutient des projets collaboratifs entre scientifiques et artistes par des appels à projets et qui organise le festival arts-sciences CURIOSITAS à l'Université Paris-Saclay depuis 2015). Cette reconnaissance externe a consolidé la dynamique positive enclenchée avec sa mise en visibilité au sein du laboratoire depuis 2012 et favorisé les échanges avec le milieu artistique professionnel et académique. Deux axes complémentaires articulent et stimulent la thématique : la réalisation avec des artistes d'œuvres adossées à des recherches scientifiques et une réflexion méthodologique et épistémologique sur les enjeux actuels de la créativité en arts et en sciences et de ses rapports particuliers aux technologies numériques.

II - Activités et productions en recherche et création

En tant que thématique transverse, VIDA ne bénéficie pas de budgets ou de personnels dédiés. Le financement des projets se fait en réponse à des appels à projets, dans le cadre de thèses ou de collaborations inter-institutionnelles. Les activités et productions en recherche et création sont donc aussi variées que les sources de financement et les croisements explorés. Il est cependant possible de dégager trois grands thèmes qui regroupent une grande partie des projets arts-sciences et qui sont liées aux thématiques de recherche par ailleurs développées dans plusieurs groupes au LIMSI : il s'agit de la *réalité virtuelle et augmentée* pour les arts du spectacle, l'architecture et les arts plastiques, de *la multimodalité en communication homme-machine* pour la musique, le théâtre et la danse, et de *la matérialité virtuelle* pour des expériences cognitives en art et en science.

L'attractivité croissante de la thématique art-science dans la recherche scientifique a conduit à une évolution vers plus de diversité dans les problématiques abordées et dans la forme des œuvres produites. Les projets réalisés ou en cours de développement couvrent un champ scientifique de plus en plus vaste (thermo-acoustique, informatique graphique, audio, réalité augmentée, sciences cognitives) à travers une grande multiplicité de formats artistiques (dispositifs interactifs, installations multimédia, spectacle vivant). La diversification et l'augmentation des projets conduits dans le cadre de VIDA sont dues en partie à l'amplification significative durant ces cinq dernières années du nombre d'appels à projets arts-sciences, à l'intérêt renouvelé dans le cadre national et européen pour les interactions arts-sciences mais aussi en interne à une implication plus grande des collègues du département de Mécanique et Energétique. Même si la plupart des projets recensés dans VIDA utilise le numérique comme vecteur de production, y compris parfois de façon hybride, il est très important de ne pas réduire la production art-science au domaine de la recherche en informatique, de la communication homme-machine ou de l'ingénierie. L'élargissement des champs disciplinaires mais aussi les collaborations avec les sciences humaines (philosophie, anthropologie, psychologie...) ont considérablement enrichi le champ d'exploration de cette thématique. De la même façon, l'augmentation des festivals arts et sciences comme des sessions et des expositions sur cette thématique dans les conférences scientifiques a été profitable à la création d'œuvres collaboratives et à leur diffusion.

Au-delà de la production habituelle d'articles scientifiques ou d'articles dans des revues art-science, il n'est pas toujours évident de valoriser à plus long terme les recherches engagées dans ce type de projet. L'expérience que nous avons acquise sur le suivi de ces projets nous a permis de dégager l'importance du renforcement des aspects médiation comme la nécessité d'un regard critique pour définir les exigences particulières de l'approche art-science. Les rencontres croisées organisées dans les Interférences et séminaires VIDA participent de cette réflexion comme la diffusion des travaux auprès de la communauté scientifique et des étudiants à travers la page VIDA (dont le nombre de visites/mois a quadruplé en 5 ans) et la liste de diffusion artsciedu. Enfin, l'engagement auprès d'un public plus large se fait grâce à la participation à des événements artistiques et des festivals nationaux et internationaux.

Comme décrit précédemment, le caractère transverse et transdisciplinaire de la thématique rend difficile un bilan global et détaillé des recherches engagées. Il est possible cependant d'illustrer la vitalité de cette thématique en relevant sur la période concernée, 23 projets recensés au laboratoire dont 8 financés en réponse à des appels à projet de la Diagonale Paris-Saclay, 1 en réponse à l'appel Maturation de la MSH Paris-Saclay et les autres par des fondations, des projets ANR ou des appels à projets de festivals art-science tels CURIOSITAS. Ces projets ont fait interagir de façon ponctuelle ou à plus long terme des membres permanents ou non des groupes AA, AMI, AERO, CPU, ETCM, ILES, TLP, TSF et ont permis de faire émerger, d'approfondir ou d'explorer de nouveaux thèmes de recherche au sein du LIMSI.

Un aperçu de projets arts-sciences

Nous présentons une sélection de projets art-science qui illustre la richesse et la multiplicité des propositions créatrices, des sujets de recherche, des supports de réalisation, des collaborations et des financements. Le descriptif détaillé des projets est disponible sur la page VIDA (<https://www.limsi.fr/fr/recherche/vida>) et les publications associées sont répertoriées en annexe. Pour clarifier la présentation, nous avons choisi de les organiser autour de 4 mots-clés qui pourront se combiner. Ces mots-clés [*sons, images, gestes et corps*] ne sont bien entendu pas suffisants pour décrire le contenu précis en recherche et création mais permettront de se repérer plus facilement dans les thématiques multiples de ces projets.

► [Sons / Gestes]



Thermophonia
(crédit photo : D. Baltéan-Carlès)



Chorus Digitalis



CO/DA
(crédit photo : J. Française)

• **Thermophonia**

Projet lauréat de la Diagonale Paris-Saclay 2015 réunissant des chercheurs du LIMSI (ETCM : D. Baltean-Carlès C. Weisman, AERO : V. Daru, TSF : F. Jebali, AA : C. d'Alessandro) et le compositeur et plasticien J. Rémus (Ipotam Mécamusique). Des phénomènes thermoacoustiques dans les tuyaux chauffés produisent des sons inédits par conversion de l'énergie thermique en énergie acoustique. L'idée a été 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.

• **Chorus Digitalis**

Les développements scientifiques 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 depuis 2014 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 (Sorbonne Université) avec notamment l'obtention du premier prix à la compétition d'instruments de musique Magareth Guthman à Atlanta en 2015.

• **CO/DA**

CO/DA est un projet collaboratif impliquant J. Française (AMI), E. Prigent (CPU), S. Fdili Alaoui (LRI-HCC) et Y. Candau (SFU, Canada). Lauréat de l'appel à projets émergents du DIM RFSI en 2018, CO/DA porte sur l'exploration d'une approche de "live-coding" des interactions entre mouvement et son en danse contemporaine. Alors que les interactions numériques sont souvent programmées à l'avance dans le spectacle vivant, ce projet vise à permettre une improvisation dynamique entre danseur et programmeur.

► [Corps / Images / Gestes]



ECHO(S)
(crédit photo : N. Delprat)



Ergonomics
(crédit photo : PULSO)



Biomorphisme
(crédit photo : CGGG)

• **RêVA**

Ce projet sur la matérialité virtuelle et la conscience corporelle s'inscrit dans la durée comme projet de recherche et création autour du paradigme de Rêverie Augmentée (RêVA) développé par N. Delprat (AA puis AMI). Il explore l'étude d'un changement virtuel de densité corporelle sous forme d'avatars-nuage. Plusieurs campagnes de tests ont été menées hors laboratoire avec un nouveau protocole expérimental et la mise au point d'outils pour analyser l'influence sur la représentation corporelle et le ressenti émotionnel de la matière-nuage. La vidéo ECHO(S) et l'installation ECHO(S)II, retenues dans le parcours artistique du festival Octobre Numérique à Arles en 2014, ont présenté au public une facette de la dimension poétique de cette mise en résonance entre double et dédoublé, perception imaginative et imagination matérielle.

- **Ergonomics**

Projet transmédia sur l'imaginaire du corps du futur et le discours de l'innovation. Il aborde les questions de la normalisation des corps, de ses formes, ses postures, ses gestes, ses usages et ses représentations. L'objectif scientifique adossé à ce projet est de questionner l'intégration de cette normalisation des corps dans les processus cognitifs en jeu lorsque l'on observe autrui dans l'espace urbain. Ergonomics, lauréat de l'appel à projets coup de pouce de La Diagonale Paris-Saclay 2016-2017, est porté par la chorégraphe Rocio Berenguer (compagnie Pulso), E. Prigent (CPU), S. Fdili Alaoui (LRI-HCC), I. Avellino (Sorbonne Universités), F. Rennucci (i3M, Toulon) et J. Glauser (Musée d'ethnographie de Neuchâtel). Le projet a été présenté comme "Ergoconference", une conférence dansée qui met en scène le "corps urbain" et la normalisation des corps auprès du public et donnera lieu à la publication d'un ouvrage: "Guide pratique des usages du corps dans l'espace urbain".

- **Biomorphisme**

Ce projet de recherche et création regroupe 28 membres (chercheurs dans les domaines des sciences humaines et sociales, sciences de la nature et ingénierie, artistes) sur la période 2016-2020 et a été lauréat des appels à projet de la fondation Carasso et de la fondation A*MidEx en 2017. Il a pour objectif d'élargir et d'actualiser la notion de biomorphisme, pour en faire un pôle de réflexion interdisciplinaire, capable de mobiliser les sciences, les arts et la philosophie pour penser les enjeux contemporains de notre rapport au vivant. N. Delprat (AMI) collabore à ce projet sur les aspects théoriques et artistiques à travers notamment la réalisation d'une installation pour l'exposition à la Friche Belle de Mai en 2018 à Marseille et sa participation à un cycle de colloques sur les questions esthétiques et scientifiques posées par les formes du vivant à l'IMERA.

► **[Corps / Images / Gestes / Sons]**



Métamorphose
(crédit photo : Scénocosme)



Gardien du temple
(crédit photo : A. Gilson)



ELEMENTA
(crédit photo : N. Delprat)

- **Métamorphose**

Métamorphose est une oeuvre interactive visuelle et sonore initiée par les artistes de Scénocosme (G. Lasserre, A. met den Ancxt) et développée en collaboration avec P.A. Bokaris, doctorant au LIMSI (AMI) dans le cadre du Festival CURIOSITAS 2014. Cette installation propose des formes d'immersions et de projections possibles du corps où se mêlent reflets réels et imaginaires. Elle présente un voile semi-transparent possédant une élasticité qui est la surface sensible de l'oeuvre. Les gestes des spectateurs sur le tissu permettent de modifier les scénarios de transformations de l'image : les déformations tridimensionnelles activent l'apparition d'une matière vidéo et sonore modifiée en temps réel par leurs actions. Cette oeuvre a été présentée dans plus d'une trentaine de lieux depuis sa création.

- **ELEMENTA**

Ce projet étend les études menées avec le paradigme de Rêverie Augmentée sur le ressenti poétique, sensoriel et émotionnel de la transformation virtuelle du corps à toutes les matières (eau, air, terre, feu, mélanges). Il a été lauréat de l'appel à projet Maturation 2017 de la MSH Paris-Saclay. Il regroupe des membres du LIMSI (N. Delprat AMI, N. Ladevèze P2I), du LMA-CNRS Marseille (P. Sanchez), du CRPPC Lyon (Psychopathologie et Psychologie Clinique, A. Brun et V. di Rocco) et du CGGG (Centre Gilles Gaston Granger, J. Bernard). L'évaluation de l'impact du dispositif RêvA, enrichi de nouveaux rendus visuels/audio et de modes de contrôle par le souffle et la voix, sera réalisée auprès de patients (Hôpital Saint Jean de Dieu Lyon) mais aussi du public lors d'expositions ainsi qu'avec des musiciens et des danseurs (CNR et PNSD Marseille) dans le cadre de performances augmentées. Le prix CNRS-Images, décerné à N. Delprat lors du Festival Sciences en Lumière 2018, permettra la réalisation d'un court-métrage sur ELEMENTA par le CNRS.

- **Gardien du Temple**

Le projet se fonde sur un travail collaboratif réalisé pendant la thèse de P-A. Bokaris (LIMSI), 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 (AMI). 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.

► **[Images/Corps]**



Pixel's Pixels
(crédit photo : Scénocosme)



L'oeil de Mars
(crédit photo : Agence DDA)



Vera Iconica
(crédit photo : V. Caye)

- **Pixel's Pixels**

Initialement intitulé ZoomIt!, lauréat des appels à projets 2015 de la Diagonale Paris-Saclay, a été réalisé en collaboration entre le plasticien B. Planes et E. Frenoux, M. Gouiffès, C. Jacquemin et C. Tenaud des groupes AMI et AERO du LIMSI. Pixel's Pixels simule un zoom infini dans une 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. Le thème choisi a été celui des galaxies, donnant ainsi l'impression d'une exploration infinie de l'univers. La partie R&D a abouti à la réalisation d'une vidéo à partir d'images fixes par une approche de fusion d'images à base d'ondelettes (Alexander Setkov). L'installation interactive a été implémentée en HTML5 sur écran tactile (société Anabole) et a été présentée lors du festival art-science Paris-Saclay CURIOSITas en 2017 sur le site du Campus de Gif ainsi qu'au Château du Val Fleury à Gif-sur-Yvette.

- **L'œil de Mars**

Lauréat de l'appel à projets Projet Phare de La Diagonale Paris-Saclay 2017, l'œil de Mars réunit l'artiste et chercheur Ikse Maître (IRM4), M. Gouiffès (AMI), les astrophysiciens F. Poulet (IAS) et M. Vincendon (IAS), T. Boucneau (IR4M, U-PSud), M. Courgeon (Lab-STICC, Brest), V. Hulot et K. Perronet. Cet œil monumental à l'esthétique et au comportement *a priori* réalistes réagit à la lumière et au mouvement et reflète l'image de ce qui l'entoure. Sensible à la curiosité des regardeurs, l'Œil se transforme pour donner à voir la planète Mars. Il révèle progressivement la planète à travers les derniers résultats scientifiques et les questions que ces derniers soulèvent. L'œil de Mars a été présenté lors de l'exposition « Les Yeux grand ouverts » à la Nuit Blanche 2017 au Centre Culturel Cloître des Billettes (Paris).

- **Vera Icona**

Lauréat de l'appel à projets Coup de Pouce La Diagonale Paris-Saclay en 2017, est une collaboration entre la metteuse en scène Véronique Caye, M. Gouiffès (AMI), P-A. BOKARIS (l'Oréal), J-M. CHOMAZ (LadHyX CNRS) et C. Jacquemin (AMI). Cette installation/performance propose une réflexion sur la relation homme-image dans la société contemporaine, de la légende de la Vera Icona (l'image vraie) à la vidéo contemporaine. Grâce à un système vidéo en réalité augmentée qui détourne les algorithmes de traitement d'images, l'installation met en abyme les visages des regardés-surveillés et ceux des spectateurs de ces images. Vera Icona a été présentée au Théâtre Roublot (Fontenay-sous-bois) en novembre 2017.

III - Faits marquants de la thématique transverse

À propos des aspects culturels et sociétaux :

Les projets développés en art-science ont la spécificité de par leur nature même de provoquer des collaborations transversales au sein du laboratoire mais aussi avec d'autres institutions scientifiques ou partenaires culturels dans le cadre de thèses, de post-docs ou de co-réalisation d'oeuvres (cf. les projets présentés précédemment). Ils permettent ainsi de multiples interactions avec l'environnement social et culturel et se concrétisent généralement par le partage avec différents publics d'une démarche scientifique et d'une approche sensible dans une perspective artistique ou de médiation. Pour montrer la diversité des lieux de diffusion vers ces publics, nous donnons ci-dessous quelques exemples de festivals/événements où les projets A&S ont été présentés sous forme de spectacles vivants, d'installations multimédia ou de rencontres (liste non-exhaustive, voir le site de VIDA) :

- *CURIOSITas*, Orsay et Gif-sur-Yvette: *HDRI* (2014), *Temps Mou* (2014), *Tout passe* (2014), *Vois moi à travers toi* (2014), *Cantor Digitalis* (2015), *Sphaera* (2015), *Thermophony* (2015), *Gardien du Temple* (2015), *Pixel's Pixels* (2017)
- Centre Des Arts, Enghien-les-Bains et Gaité Lyrique, Paris : *ErgoConference* (2017) et (2018)
- *Futur en Seine*, Paris et Orsay: *Tout un monde* (2014), *Interférences* VIDA (2014)
- Google Cultural Institute, Paris : *Turbulent* (2013)
- Laval Virtual: *La porte* (2018)
- Music Tech Metz Festival, L'arsenal Metz et Margareth Guthman Musical Instrument Competition, Georgia Tech, Atlanta : *Chorus Digitalis* (2015)
- Nuit Blanche, Paris : *L'œil de Mars* (2017)
- Octobre numérique, Espace Van Gogh Arles : *ECHO(S)* et *ECHO(S)II* (2014), *Metamorphosis* (2015)

À propos de l'approche art-science

L'expérience méthodologique et l'expertise épistémologique que nous avons acquises à travers VIDA, nous ont amené à être invités à participer à des ouvrages ou rapports sur les spécificités de l'approche A&S, comme par exemple :

- le rapport SEAD (Science, Engineering, Art, and Design) pour la NSF sur l'émergence de nouvelles institutions pour les collaborations art-science en France et la comparaison de leurs caractéristiques avec des institutions établies depuis plus longtemps (co-rédacteurs Hexagone, IMERA, IRCAM, Orange Lab);
- la publication sur la mise en perspective des fondements de cette démarche, ses pièges et les champs émergents qu'elle peut faire naître en recherche et création dans l'ouvrage collectif « Images interactives: art contemporain, recherche et création numérique.

À propos des Interférences VIDA

Ces Interférences sont des séminaires croisés entre scientifiques et artistes sur un thème commun qui permettent de diffuser et de valoriser la démarche art-science dans le milieu universitaire ou vers un public non spécialisé. Nous donnons ici trois exemples d'Interférences qui ont eu lieu à l'extérieur du LIMSIS et qui illustrent le caractère interdisciplinaire de ces rencontres :



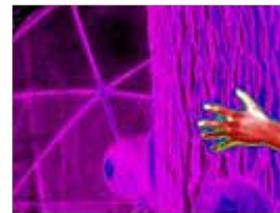
(crédit photo : P.Pasquier)



(crédit photo : T. Coduys)



(crédit photo : D. Peysson)



(crédit photo : K. Bonneval)

- **Interférences VIDA** avec Philippe Pasquier (informaticien et artiste, Université Simon Fraser de Vancouver, Canada) et Thierry Coduys (artiste polyvalent, musicien) sur le thème *Créativité artificielle et systèmes génératifs* accueillies au Proto204, plateforme d'innovation, de création et de formation de l'Université Paris-Saclay, 2014
- **Interférences VIDA** avec Dominique Peysson (artiste plasticienne, enseignante à l'ENSAD) et Moreno Andreatta (mathématicien et musicien, chercheur à l'IRCAM) sur le thème *Pratique créative par sérendipité et recherche et création en mathématiques/musique* accueillies à l'UPMC à Paris dans le cadre des Ateliers d'Histoire et de Philosophie des Sciences pour les doctorants, 2015
- **Interférences VIDA** avec Karine Bonneval (artiste), Claire Damesin (écophysiologiste) et Ludwig Jardillier (microbiologiste) sur le thème *Auprès de mon arbre... une rencontre intime entre l'art et la science*, accueillies au Laboratoire ESE/Ecologie, Systématique et Evolution (CNRS, U-PSud, AgroTechCampus), 2017

IV - Projet à cinq ans

VIDA est actuellement dans une période de transition suite au départ à la retraite de C. Jacquemin, à la disparition du groupe AA (après les changements d'affectation de B. Katz et C. d'Alessandro) et à l'arrivée de Jules Françoise (AMI) qui a souhaité s'engager dans la coordination de la thématique. Plusieurs pistes sont envisageables pour faire évoluer cette action transverse et lui donner encore plus de visibilité et d'attractivité. D'une part, nous souhaitons mettre en place une plateforme pour partager le matériel de base pour tester des prototypes A&S. Cette plateforme serait utile aussi pour réaliser des démonstrations lors de la phase de maturation de projets ainsi que pour un travail collaboratif de recherche avec les artistes. Le LIMSI est en effet de plus en plus sollicité à travers VIDA pour accueillir des artistes au sein du laboratoire sur des périodes plus ou moins longues. Même s'il est clair que VIDA n'a pas vocation à devenir une plateforme d'aide technique dédiée à la production d'œuvres comme cela se fait dans d'autres institutions, il serait intéressant de pouvoir avoir des moyens *a minima* pour un travail exploratoire ou de « mises en situation d'idées » pour les projets A&S. Au-delà de la présentation de l'activité VIDA sur le site du laboratoire, nous réfléchissons aussi à donner une meilleure visibilité des projets A&S, notamment grâce aux capacités d'exposition offertes par les nouveaux bâtiments du LIMSI, à travers des installations ponctuelles d'œuvres en lien avec le festival CURIOSITAS, des événements de la Diagonale Paris-Saclay ou directement associés à VIDA.

Afin de mieux faire apparaître la diversité des problématiques des projets et les approches conceptuelles développées, nous allons reformuler les trois thématiques actuelles en tenant compte des évolutions récentes au sein de VIDA et en continuant à renforcer les aspects recherche et création suivants :

- étude des processus créatifs en A&S (maturation de projets, émergence et co-construction de nouvelles problématiques)
- échange des pratiques entre artistes et scientifiques (pour l'innovation technologique, le développement d'approches interdisciplinaires en sciences)
- démarche de formation auprès des étudiants en sciences et en arts (mise en place d'écoles d'été ou d'ateliers A&S) et de médiation dans le dialogue sciences et société (festivals, conférences).
- approche réflexive en lien avec les sciences humaines dans le questionnement éthique sur le rôle et l'impact de l'outil numérique dans la co-évolution homme-machine.

Avec le développement de l'ingénierie de la créativité ou des technologies interactives et immersives, l'expansion actuelle de la problématique art-science dans les laboratoires scientifiques et dans les écoles d'art ouvre des perspectives intéressantes tant au niveau des projets que des applications dans les cinq ans à venir. Le défi de l'innovation créatrice comme celui de la recherche innovante ne peut se relever dans l'uniformisation de la pensée et la mise en conformité des pratiques et des thématiques. Afin d'apporter notre expérience et de veiller à maintenir la variété des approches et des outils, il sera important d'avoir une réflexion croisée notamment avec les chercheurs et partenaires proches « voisins » qui ont développé cette thématique sous différentes formes et dans différents cadres (entre autres : au LRI, au LadHyX co-porteur depuis 2017 avec l'ENSAD de la chaire art-science de la Fondation Carasso, à l'ENS-Paris Saclay dans le parcours Design, au SAS et au neticLab à l'Université Paris-Saclay). La transversalité de la thématique VIDA reste en ce sens une particularité du LIMSI, garante de cette richesse polymorphe dans une vision complémentaire et interdisciplinaire. Pour en assurer un développement pérenne à plus long terme, il sera nécessaire de garder des conditions de stabilité structurelle et d'avoir des moyens logistiques et budgétaires suffisants pour continuer à cultiver cette singularité et à la valoriser dans sa diversité.

ANNEXE 4 : VIDA – Sélection des produits et activités de la recherche

PRODUCTION DE CONNAISSANCES ET ACTIVITÉS CONCOURANT AU RAYONNEMENT ET À L'ATTRACTIVITÉ SCIENTIFIQUE

1°) Journaux / Revues

Revues internationales

1. **Delprat N.**, "Walking clouds and Augmented Reverie", Leonardo MIT Press Journal, Vol. 47, n°1, February 2014.
2. **S. Fdili Alaoui, C. Henry, and C. Jacquemin**, "Physical modelling for interactive installations and the performing arts", International Journal of Performance Arts, and Digital Media (IJPADM), vol. 10, no 2, 159-178, 2014.
3. **S. Fdili Alaoui, F. Bevilacqua, B. Bermudez Pascual, and C. Jacquemin**, "Dance Interaction with physical model visuals based on movement qualities", International Journal of Arts and Technology, IJART, vol. 6, no 4, 357-38, 2013.
4. **M. Gouiffès, B. Planes, C. Jacquemin**, "HTRI: High Time Range Imaging, Journal of Visual Communication and Image Representation", vol. 24, no 3, 361-372, 2013.
5. **C. Jacquemin, A. Lioret**, "Introduction to a special Art et Informatique", Techniques et Sciences Informatiques, Vol 32/3-4, pp.309-311, Hermes éditeur, Paris, 2013.
6. **C. d'Alessandro, L. Feugère, S. Le Beux, O. Perrotin, and A. Rilliard**, "Drawing melodies : evaluation of chironomic singing synthesis ", J. Acoust. Soc. Am. 135 (6), 3601-3612, 2014.
7. **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
8. **P-A. Bokaris, M. Gouiffès, V. Caye, J-M. Chomaz, C. Jacquemin**, "Gardien du Temple: concealment and revelation. An interactive installation involving poetry, performance and spatial augmented reality", Leonardo Journal, 2017, 13p

Revues nationales

1. **Delprat N. et Jacquemin C.**, "VIDA- Une thématique art-science dans un laboratoire de recherche scientifique", Technique et Science Informatiques, 2013, 32 (3-4): pp.499-502.
2. **Jacquemin, A. Lioret**, "Introduction to a special Art et Informatique", Techniques et Sciences Informatiques, Vol 32/3-4, pp.309-311, Hermes éditeur, Paris, 2013.
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

2°) Ouvrages

Chapitres d'ouvrage

- **Delprat N.**, "Walking clouds and Augmented Reverie" in Water is in the Air: Physics, Politics and Poetics of Water in the Arts, Annick Bureaud (Ed.), Leonardo/ISAST, MIT Press, Leonardo ebook series, Kindle Edition, February 2014.
- **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, 171-179

DO: Direction d'ouvrages

- **Jacquemin, C. and A. Lioret**. "Introduction". In: Technique et Science Informatiques 32.3-4 (2013), pp. 309–311.
- **Jacquemin, C. and A. Lioret**, numéro spécial Art et Informatique, Lavoisier, vol. 32 n7-8/2013. Editions Lavoisier, Hermes, 2013, pp.783–896

3°) Colloques / congrès, séminaires de recherche

Conférences internationales avec actes

1. **O. Perrotin, C. d'Alessandro**, "Visualizing Gestures in the Control of a Digital Musical Instrument", Proceedings of the 2014 International Conference on New Interfaces for Musical Expression (NIME14), Goldsmiths, University of London, UK, June 30-July 4, 2014, pp. 605-608.
2. **L. Feugère, C. d'Alessandro**, "Gesture analysis of voice synthesis chironomy", 14th International Conference on New Interfaces for Musical Expression (NIME 2014), London, UK, pp 86-87.
3. **Lionel Feugère, Christophe d'Alessandro**, et Boris Doval, "Performative voice synthesis for edutainment in acoustic phonetics and singing: a case study using the Cantor Digitalis", Proc. 5th International Conference on Intelligent Technologies for Interactive Entertainment, Revised and selected papers, LNICST 124, pp. 169–178, 2013.
4. **O. Perrotin, C. d'Alessandro**, "Adaptive mapping for improved pitch accuracy on touch user interfaces", Proceedings of the 2013 International Conference on New Interfaces for Musical Expression (NIME13), Daejeon + Seoul, Korea Republic, May 27-30, 2013, pp. 186-189.

5. **L. Feugère, C. d'Alessandro**, "Digitartic: bi-manual gestural control of articulation in performative singing synthesis", 13th International Conference on New Interfaces for Musical.
6. **L. Feugère, C. d'Alessandro**, et B. Doval, "Performative Voice Synthesis for Edutainment in Acoustic Phonetics and Singing: A Case Study Using the "Cantor Digitalis", M. Mancas et al. (Eds.): », 5th International Conference on Intelligent Technologies for Interactive Entertainment, INTETAIN 2013, Revised and Selected papers, LNICST 124, pp. 169–178, 2013.
7. **Giraud T., Courgeon M., Tardieux M., Roatis A., Maître X.** "A three-dimensional mirror augmented by medical imaging: Questioning self-portraying at the limit of intimacy", CHI '14 Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems (CHI EA '14), Toronto, 04/2014.
8. **B. F. Katz, M. Noisternig**, et O. Delarozière, "Scale model auralization for art science and music: The Stupaphonic experiment", in EAA Joint Symposium on Auralization and Ambisonics, (Berlin), pp. 14–19, 3-5 April 2014.
9. **S. Fdili Alaoui, C. Jacquemin, F. Bevilacqua**, "Chiseling Bodies: an Augmented Dance Performance", CHI '13 Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems (CHI EA '13) (CHI EA '13 2013), Paris, 27/05 au 02/06, 2013, 2915-2918, ACM, New York, 2013.
10. **T. Giraud, M. Courgeon, M. Gouiffès, M. Bertier, A. de Mengin, X. Maître**, "Motions and Experiences in a Multiuser Interactive Installation: Towards an Embodied Account of Visitors' Journey", 3rd International Symposium on Movement and Computing (MOCO 2016), Thessaloniki, Greece, du 05/07 au 06/07, 2016, Proceedings of the 3rd International Symposium on Movement and Computing.

Conférences nationales avec actes

1. **Delprat N.**, "Temporalités du virtuel et réalités du corps, Colloque International sur le Sujet Digital, Paris, 2014, 11p.
2. **Delprat N.**, "Imagination matérielle et images virtuelles : la rêverie augmentée de l'être nuageux". In: Colloque Bachelard 2012: le Surrationalisme 50 ans après. Paris- FR, 2015, 18p.
3. **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, pp 913-919.

Communications sans actes

1. **C. Jacquemin**, "CURIOSITas 2013 : Genèse et perspectives d'un nouveau festival universitaire Arts & Sciences", Conférence H2PTM '2013 : Hypertexte et Hypermédia, CNAM, Paris, 16, 17 and 18 octobre, 2013.
2. **C. Jacquemin**, "CURIOSITas 2013: A New Art-science" Academic Festival, International Conference OPEN SCIENCE. Science communication in modern society, Polytechnic Museum, Moscow, 11-12 décembre, 2013.
3. **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.
4. **C. Jacquemin**, "Arts and Science- Illustrative Examples, Critical Analysis, and Future Opportunities", 12th International FLINS Conférence, ENSAIT, Roubaix, France, 2016.
5. **Delprat, N.**, "Effacement des frontières corporelles et sentiment de soi", symposium avec P. Fuchs (Mines) sur le Corps et ses représentations, In: 46^{èmes} Journées Annuelles de Thérapies Psychomotrices, Antibes, 12,13,14 octobre 2017.

Ateliers, séminaires, journées d'étude

1. **N. Delprat**, "Interactions art-science, séminaire au CETHIL, INSA-CNRS, Université de Lyon, 2013.
2. **N. Delprat**, "Matérialité virtuelle et imagination matérielle: impact cognitif de l'expérience de l'avatar-nuage", Centre Emotions-CNRS, Pitié-Salpêtrière, Paris, 2013.
3. **N. Delprat**, "Le paradigme de Rêverie Augmentée: entre illusion perceptive et adhésion imaginative", Centre d'Éthique Contemporaine, Laboratoire Epsilon, Université Paul Valéry, 2013.
4. **N. Delprat**, "Le dialogue art-science", Conférences du Festival Octobre Numérique, Arles, 2014.
5. **N. Delprat**, "Art et Science", Conférences Horizon, Université Pierre et Marie Curie, 2014.
6. **C. Jacquemin**, "Diagonale de Saclay: Promesses versus difficultés ? Séminaires « Arts et Sciences » organisé par ISCC et A.R.T.S. Maison des Sciences de l'Homme de Clermont-Ferrand, USR 3550, 2014.
7. **C. Jacquemin**, "Le numérique en arts et sciences : de la diversité de cette alliance par l'exemple", at 7^e cycle annuel des journées d'étude PraTiC: La démarche Arts- Sciences face au numérique, Gobelins, l'école de l'image, 16 janvier 2014.
8. **C. d'Alessandro**, "I : Glossolalies électroniques: autour de la synthèse vocale ; II Gloses et glossolalies : la parole comme modèle", CUTE 2014, Masterclass Series on Culture and Technology, March 12-15, MONS Institute for Creative Technologies (numediart), Mons, Belgique, 2014.
9. **N. Delprat**, "Interactions arts et sciences", Conférences Horizon Sciences, UPMC, Paris, 2015.
10. **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.

11. **N. Delprat**, “De l’imagination créatrice à l’intelligence sensible”, conférences de la Licence Sciences et Humanités, Université de Marseille, 2015.
12. **J. Rémus, D. Baltéan-Carlès**, “Présentation des Thermophones”, IRCAM Forum Workshop, Paris, 24-26 novembre 2015.
13. **d’Alessandro, C.**, “Aspects de l’augmentation de l’orgue et du piano : de l’effet de timbre à l’écriture multipliée”. In: Les rencontres de la tour de guet: Le renouveau de l’instrument La Beudélie. Voutezac- FR, 2015.
14. **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.
15. **N. Delprat**, “Comment l’interaction avec un avatar-nuage peut-elle impacter le ressenti corporel”, Département de Psychiatrie, Saint-Cyr sur Loire, Université de Tours, 2016.
16. **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.
17. **Delprat, N.**, “L’avatar-nuage: une approche biomorphique du corps virtuel”. In: Séminaire Biomorphisme et Création artistique. Aix-en-Provence, 2017.

3°) Produits et outils informatiques. Logiciels :

- Cantor Digitalis, CECILL licence open source, septembre 2014.

4°) Indices de reconnaissance

Invitations à des colloques / congrès

1. **Jacquemin, C.**, “CURIOSITas 2013 : Genèse et perspectives d’un nouveau festival universitaire Arts Sciences”. In: Conférence Internationale sur l’Hypertexte et Hypermédia, Produits, Outils et Méthodes. Paris- FR, 2013.
2. **Jacquemin, C.**, “AS-ymptote : Arts-Sciences ou l’impossible rencontre ? ” In: Colloque arts et sciences, Festival Arts et Sciences FACTS 2015, Bordeaux. Bordeaux-FR, 2015.
3. **d’Alessandro, C.**, “Aspects de l’augmentation de l’orgue et du piano : de l’effet de timbre à l’écriture multipliée”. In: Les rencontres de la tour de guet: Le renouveau de l’instrument La Beudélie. Voutezac- FR, 2015.
4. **Delprat, N.**, Effacement des frontières corporelles et sentiment de soi”, symposium avec P. Fuchs (Mines) sur le Corps et ses représentations, In: 46^{èmes} Journées Annuelles de Thérapies Psychomotrices, Antibes, 12,13,14 octobre- FR, 2017.

Prix et distinctions

- **d’Alessandro, C., B. Doval, L. Feugère, and O. Perrotin**, First Prize of the Margaret Guthman Musical Instrument Competition, 2015.
- **Delprat, N.**, Prix CNRS Images au concours *Filmer sa recherche* du festival Sciences en Lumière, Vandœuvre-Lès-Nancy-FR, juin 2018.

II - INTERACTION AVEC L’ENVIRONNEMENT, IMPACTS SUR L’ÉCONOMIE, LA SOCIÉTÉ, LA CULTURE, LA SANTÉ

1°) Activités d’expertise scientifique

Rapports

- **C. Jacquemin, A. Conjard, N. Delprat, E. Mahé, R. Malina, H. Vinet**, “Emergence Of New Institutions For Art-Science Collaboration In France And Comparison Of Their Features With Those Of A Longer Established One”, White Paper, SEAD (Science, Engineering, Art and Design) Network Initiative (under National Science Foundation Grant No.1142510), 2013.

Participation à des jurys d’appels à projets A&S, entre autres:

- Labex Arts-H2H, Paris Saint-Denis
- Diagonale Paris-Saclay
- Festival CURIOSITas, Orsay
- Festival Les Bains Numériques, Enghien-Les-Bains
- Concours Arts et Sciences, Sorbonne Université

2°) Produits destinés au grand public

Produits de médiation scientifique : Concerts, installations, performances

- *Primary Intimacy of Beings*, Le Pass, Mons, Belgique, 2013-2018 et au South By West festival, Austin, Texas, USA, 2014
- *Turbulent*, à l’inauguration du Google Cultural Institute, Paris, France, 2013
- *Tout un monde*, Futur en Seine, Paris, France, 2014
- *Tout Passe*, Festival CURIOSITas, Orsay, octobre 2014

- *ECHO(S)* video (5'17") et *ECHO(S)II*, installation, Festival Octobre Numérique, Espace Van Gogh Arles, octobre 2014
- *Wired Harmony*, atelier et concert, Festival Curiositas, octobre 2014
- *HDRI*, Festival CURIOSITas, octobre 2014
- *Temps Mou*, Festival CURIOSITas, octobre 2014
- *Tout passe*, Festival CURIOSITas, octobre 2014
- *Vois moi à travers toi*, Festival CURIOSITas, octobre 2014
- *Cantor Digitalis*, concert Proto 204, Juin 2014
- *Orgue et installation de Réalité Augmentée*, concerts à l'église S^{te} Elisabeth (janvier 2014 et juin 2014) et démonstrations privées pour des organistes et des compositeurs.
- *Chorus Digitalis*, Margareth Guthman Musical Instrument Competition (1^{er} prix), Georgia Tech, Atlanta, février 2015 et concert, Music Tech Metz Festival: Concert Surchauffe-première partie, L'arsenal Metz, mai 2015.
- *Gardien du temple*, performance et installation, Festival CURIOSITas au CNRS à Gif-sur-Yvette, septembre 2015.
- *Thermo-Curiositas*, performance, Festival CURIOSITas, CNRS à Gif-sur-Yvette, septembre 2015.
- *Chorus Digitalis et Calliphony*, Festival CURIOSITas, CNRS à Gif-sur-Yvette, septembre 2015.
- *Metamorph*, Festival Octobre Numérique, Espace Van Gogh Arles, octobre 2015
- *Mini-concerts de Thermophones*, Portes ouvertes des ateliers des Frigos, mai 2016.
- *Chorus Digitalis*, Récital à la conférence JEP-TALN, Centre Georges Pompidou, juillet 2016.
- *Pixel's'Pixels*, Festival CURIOSITas, CNRS à Gif-sur-Yvette, mai 2017
- *Vera Icona*, Théâtre Roublot (Fontenay-sous-bois), novembre 2017
- *ECHO(S)*, Palais des Congrès, Antibes Juan-les-pins, novembre 2017
- *L'œil de mars*, Nuit Blanche, Centre Culturel Cloître des Billettes Paris, octobre 2017
- *Ergoconference*, Les subsistances Lyon mai 2017, pôle média Belle de mai Marseille, octobre 2017, soirée Science et Fictions, Théâtre contemporain Enghien-Les-Bains, novembre 2017 et festival Sors de ce corps !, la Gaîté lyrique Paris, février 2018.
- *La porte*, LavalVirtual, avril 2018.

Laboratoire d'Informatique
pour la Mécanique et les Sciences de l'Ingénieur

Campus Universitaire Bâtiment 507
Rue du Belvédère - 91405 Orsay cedex
www.limsi.fr

 @LimsiLab

 Limsi

