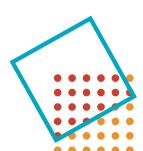


LIRMM



RAPPORT D'ACTIVITE 2008-2013



Laboratoire
Informatique
Robotique
Microélectronique
Montpellier



SOMMAIRE

SOMMAIRE	3
INTRODUCTION.....	4
CHAPITRE 1 - PRESENTATION DU LABORATOIRE.....	7
POPULATION ET CROISSANCE	8
GOUVERNANCE	13
LES SERVICES DU LIRMM.....	19
RESSOURCES HUMAINES.....	27
BUDGET	29
HYGIENE ET SECURITE	34
CHAPITRE 2 REALISATIONS	35
PRODUCTIONS SCIENTIFIQUES	36
RAYONNEMENT ET ATTRACTIVITE ACADEMIQUES.....	39
RELATIONS INTERNATIONALES	41
DISTINCTIONS ET FAITS MARQUANTS	45
VALORISATION DE LA RECHERCHE ET INNOVATION.....	48
INTERACTION AVEC L'ENVIRONNEMENT ACADEMIQUE.....	57
INTERFACE AVEC LES SCIENCES DE LA VIE ET LES SCIENCES HUMAINES ET SOCIALES	59
PROTOTYPES ET PLATEFORMES	64
FORMATION ET FORMATION PAR LA RECHERCHE.....	71
COMMUNICATION EXTERNE	82
DIFFUSION DE LA CULTURE SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE.....	87
CONCLUSION - ANALYSE SWOT	89
CHAPITRE 3 PRESENTATION PAR DEPARTEMENT	91
DEPARTEMENT INFORMATIQUE	92
DEPARTEMENT ROBOTIQUE.....	126
DEPARTEMENT MICROELECTRONIQUE	150
CHAPITRE 4 LE LIRMM DEMAIN	173



INTRODUCTION

Le LIRMM (Laboratoire d’Informatique, de Robotique et de Microélectronique de Montpellier) est une unité mixte de recherche CNRS et Université Montpellier 2 (UM2). Créé en 1992 par une volonté scientifique commune du CNRS et de l’UM2 de fusionner deux laboratoires (CRIM et LAMM), le LIRMM regroupe la quasi-totalité des informaticiens, des microélectroniciens et des roboticiens du site montpelliérain, qu’ils soient enseignants-chercheurs ou chercheurs. Les relations entre ces disciplines de cultures différentes ont été dans un premier temps quelque peu concurrentielles. Puis, après quelques temps de travail commun, le respect et la complémentarité ont remplacé la concurrence pour faire du laboratoire ce qu’il est aujourd’hui : serein, fort et dynamique. La structuration en trois départements au rôle scientifique important (Informatique, Robotique et Microélectronique) rassure les disciplines en leur permettant de conserver leur identité et leur autonomie. Les départements gardent la responsabilité de l’évolution de la recherche et du rayonnement scientifique. Ce qui permet à la Direction Générale du laboratoire de se concentrer sur l’ouverture au monde extérieur, mutualisant et structurant les actions de formation, communication et valorisation.

Avec un large spectre de compétences dans les domaines des sciences et technologies de l’information, de la communication et des systèmes, le LIRMM relève des sections 6, 7 et 8 du Comité National de la Recherche Scientifique, et 27, 61 et 63 du Conseil National des Universités. De l’information aux systèmes, de la technologie à l’humain et aux usages, les activités de recherche du LIRMM concernent la modélisation et la conception de systèmes logiciels et matériels (robots, circuits intégrés), les études en algorithmique et calcul, données et connaissances, intelligence artificielle et méthodes informatiques et modélisation pour le vivant et l’environnement. Fort de cette diversité, le LIRMM renforce son originalité en alliant théorie, outils, expérimentations et applications et en favorisant l’émergence de projets interdisciplinaires, soit au sein même du laboratoire (sur des thématiques telles que l’image, la sécurité numérique ou l’aide aux personnes en situation de handicap), soit en relation avec d’autres laboratoires ou domaines scientifiques tels que les mathématiques, les sciences du vivant, la santé ou les neurosciences.

Composé à l’origine d’environ 200 membres, le laboratoire s’est installé sur le bâtiment 4 du Campus Saint-Priest, construit pour l’accueillir à sa création en 1992. Depuis, le laboratoire a eu une croissance régulière portée par le développement des disciplines concernées. Le bâtiment a donc été complété par une extension et une halle de mécatronique partagée entre la robotique et le Laboratoire de Mécanique et Génie Civil (LMGC). En 2012, près de 380 personnes étaient regroupées dans ces bâtiments. Une équipe du LIRMM, l’équipe DALI, est également hébergée depuis 2011 par l’Université de Perpignan.

Sur le campus Saint-Priest se regroupera à l’horizon 2014 l’ensemble des laboratoires et des plateformes des domaines des STICS de l’UM2, grâce à une opération immobilière programmée dans le cadre du contrat de plan Etat-Région. Le nouveau bâtiment en cours de construction devrait être opérationnel en juin 2014. En attendant, pour gérer la pression liée à la croissance du laboratoire, l’UM2 met à la disposition du LIRMM des surfaces au sein d’un bâtiment situé rue de « La Galéra », à 500 mètres du bâtiment historique, pour accueillir 70 chercheurs du LIRMM et des chercheurs partageant des projets communs.

Entre 2008 et 2013, le laboratoire visait plusieurs objectifs principaux :

- Renforcer son impact géographique, socio-économique et scientifique,
- Maîtriser la croissance de ses effectifs et assurer sa cohésion interne,
- Coordonner les recherches en informatique, robotique, et microélectronique du Languedoc-Roussillon mais aussi aux frontières de ces disciplines, dans un souci d'innovation et d'ouverture, en particulier vers les sciences du vivant, de la santé et de l'environnement
- Renforcer son attractivité internationale en s'appuyant sur ses axes d'excellence.

Comme dans le passé, la croissance en effectif du LIRMM a été conséquente : le laboratoire a consenti à de gros efforts financiers (essentiellement sur fonds propres) et consacré beaucoup d'énergie à réorganiser ses espaces de travail, créer de nouvelles surfaces et en rationaliser l'occupation.

Durant la période 2008-2013, la croissance du laboratoire a été principalement entretenue par :

- l'arrivée massive (mutation ou recrutement) de chercheurs issus du CNRS ou de Inria,
- l'affectation au LIRMM de postes d'enseignants-chercheurs par l'Université Montpellier 2, principalement suite à des départs à la retraite,
- et l'arrivée d'une équipe de recherche de l'Université de Perpignan Via Domitia (l'équipe DALI).

Notons que les deux premiers points (arrivée de chercheurs et affectation de postes d'enseignants-chercheurs) ont permis l'arrivée de deux équipes, les équipes ESCAPE et ZENITH, en moins de 2 ans.

L'adhésion des personnels à un modèle commun d'organisation mixte, constitué de départements pour faire vivre les interactions au sein des disciplines et d'équipes-projets pour focaliser les efforts de recherche et améliorer la visibilité des résultats, a fortement participé au renforcement de la cohésion interne du laboratoire. Cette cohésion trouve un deuxième point d'appui dans le développement d'axes de recherche transversaux, un troisième dans l'organisation centralisée des services techniques et administratifs, et un quatrième dans la participation conjointe à des appels d'offres.

Maîtrise de la croissance, cohésion et forte activité scientifique ont naturellement renforcé le rayonnement du LIRMM qui se mesure notamment par son implication dans de nombreux projets nationaux et internationaux (notamment les Projets d'Investissements d'Avenir et les projets européens), par ses travaux auprès de partenaires industriels de renom, par la participation de ses membres à de nombreux comités éditoriaux de revues internationales et comités de programme de conférences internationales, ainsi que par une solide activité de publication.

Pour la période qui s'annonce, le LIRMM va s'engager dans la réponse à plusieurs défis :

- Comme pour la période précédente, maîtriser la croissance des effectifs, qui reste à la fois une chance et une source de difficultés. Le LIRMM aura à cœur d'améliorer les conditions d'accueil des personnels en profitant des nouvelles surfaces qui seront mises à sa disposition sur le Campus Saint-Priest, en accompagnant au mieux les personnels qui enseignent dans des lieux géographiquement éloignés (principalement Béziers et Perpignan) et en essayant de stabiliser avec l'aide des tutelles ses personnels CDD sur fonctions pérennes.
- Continuer de développer les interfaces « STIC et santé » dans le contexte de la fusion entre l'Université Montpellier 1 et l'Université Montpellier 2 et « STIC et environnement » pour rester « leader » et capitaliser sur nos succès dans ce domaine.
- Développer l'accompagnement d'autres disciplines vers les sciences du numérique.

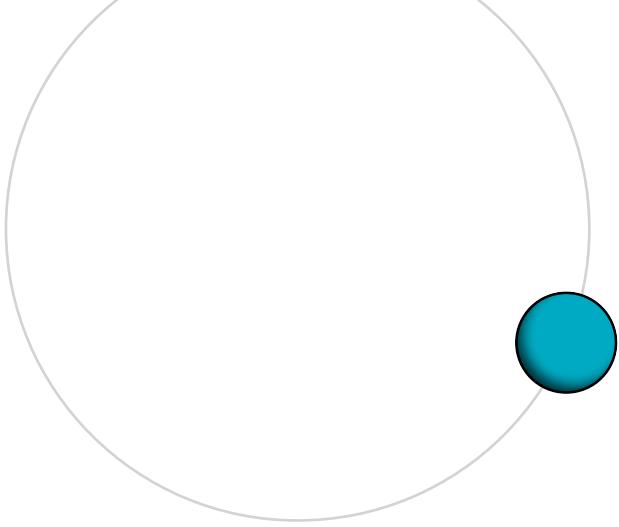


- Profiter du regroupement de l'ensemble des forces pédagogiques en informatique, robotique et microélectronique pour assurer une cohérence des formations de la licence au doctorat et promouvoir ces disciplines porteuses de débouchés au lycée.
- Accompagner le développement économique régional par le soutien aux chercheurs qui s'investissent dans des projets de création d'entreprises ou dans des missions de transfert.
- Développer un partenariat efficace avec la Société d'Accélération du Transfert de Technologies (SATT) AxLR en permettant une large ouverture de ses plateformes technologiques.
- Continuer de s'ouvrir vers le grand public.

Les thématiques du LIRMM sont au cœur de la Stratégie de Spécialisation Intelligente (3S) en Région Languedoc-Roussillon élaborée par l'Etat et la Région : « Acquisition, Traitement, Visualisation des données numériques », avec, entre autres, des interactions avec la santé, l'économie littorale et l'agronomie. Ceci est certainement à mettre au crédit du bilan extrêmement positif du LIRMM en termes de valorisation de la recherche et de réussite à plusieurs Projets d'Investissement d'Avenir (LabEx NUMEV et CAMI, EquipEx GEOSUD et ROBOTEX, hôtel à projets IBC, infrastructure ReNaBi, PSPC INTENSE). Il va sans dire que le laboratoire compte assumer ses responsabilités et s'impliquer pleinement dans ce défi.

Le présent rapport résume l'activité du LIRMM sur la période janvier 2008 - juin 2013. A cette occasion, le laboratoire tient à remercier ses deux tutelles (CNRS et UM2) et ses partenaires, notamment Inria et l'Université de Perpignan Via Domitia (UPVD), pour leur soutien constant dans ses activités.

Jean-Claude König, directeur
 André Crosnier, directeur adjoint
 Marianne Huchard, directrice adjointe
 Michel Renovell, directeur adjoint
 et tous les membres du LIRMM



Chapitre 1

Présentation du laboratoire



POPULATION ET CROISSANCE

I. La population du LIRMM en forte croissance

La population du LIRMM au 30 juin 2013 est de 422 personnes, incluant 204 personnels permanents, 155 doctorants, 46 personnels contractuels, 17 membres associés ou émérites, auxquelles il faut rajouter une soixantaine de stagiaires (Masters 1 et 2).

Comme c'est le cas depuis sa création en 1992, le LIRMM a connu, ces dernières années, une croissance importante de ses effectifs. En effet, sur la période 2008-2013, un accroissement net de 42 personnels permanents a été enregistré, soit une augmentation de 25,3 % :

- 34 chercheurs et enseignants-chercheurs supplémentaires (57 arrivées / 23 départs)
- 8 ingénieurs et techniciens supplémentaires (17 arrivées / 9 départs)

Cet accroissement de la population a été tout particulièrement constaté en 2011, première année du quadriennal, avec l'arrivée de trois nouvelles équipes : ESCAPE (en provenance de l'Université de Marseille), ZENITH (principalement d'Inria Rennes - Bretagne - Atlantique) et DALI (de l'Université de Perpignan).

Tableau arrivées / départs par tutelle sur la période

Etablissement	Arrivées	Départs	Flux total
CNRS	23	10	13
UM2	32	20	12
Inria	8	0	8
SupAgro	0	1	-1
UM3	3	0	3
UPVD	8	0	8
Paris 12	0	1	-1
Total	74	32	42

Concernant la répartition du personnel d'appui ou de support à la recherche par tutelle, la part CNRS correspond aujourd'hui à 1,40 chercheur par ITA, alors que la part UM2 correspond à 6,09 ETP enseignants-chercheurs par BIATSS. En 2008, les ratios étaient les suivants : 1,36 chercheur par ITA et 6 ETP enseignants-chercheurs par BIATSS.

Les forces du LIRMM au 30/06/2013

Types de collaborateurs	Effectifs
Chercheurs	49
CNRS	38
Inria	11
Enseignants-chercheurs	114
Dont UM2	95
Hors UM2	19
IT	29
CNRS	27
Inria	2
BIATSS*	12
Dont UM2	10
Hors UM2	2
Doctorants	155
Chercheurs et enseignants-chercheurs contractuels	24
Membres associés, personnels émérites	17
IT contractuels	22
Population totale	422

* En considérant que les 12 personnes BIATSS ont des missions extérieures au laboratoire (notamment dans des composantes d'enseignement), leur ETP est estimé à environ 8,8 (dont 7,8 pour l'UM2 en 2013 et 7 en 2008).

II. Emploi de personnels en CDD

Le laboratoire doit faire appel de plus en plus souvent à des contractuels pour assurer des fonctions pérennes au sein des services.

Neuf personnels contractuels, dont trois sur postes vacants, occupent actuellement des fonctions pérennes au sein du laboratoire :

- un ingénieur d'étude (IE) CNRS chargée de communication,
- un assistant ingénieur (AI) UM2 secrétariat et organisation de colloques,



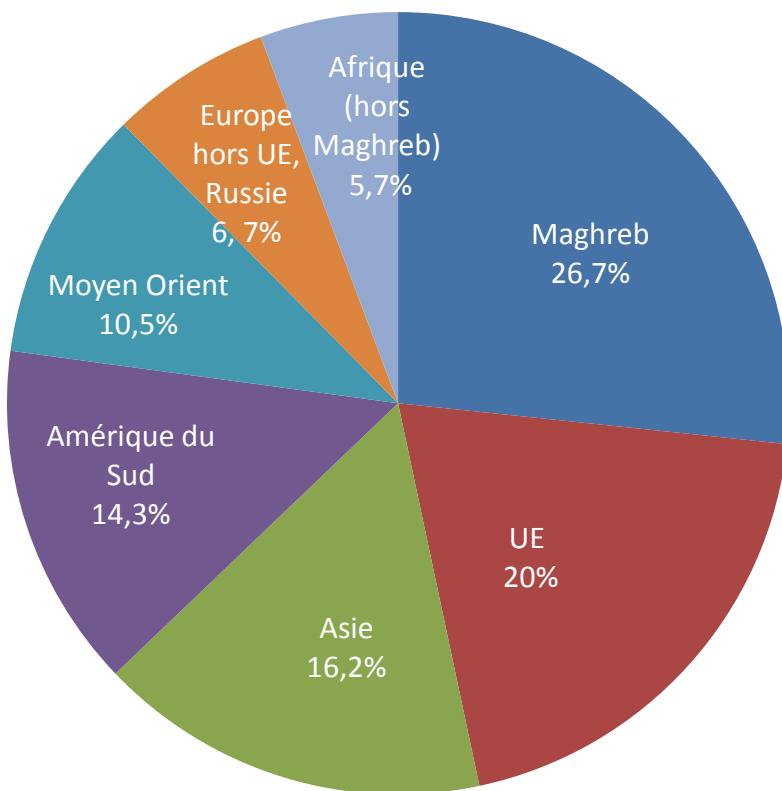
- un assistant ingénieur (AI) CNRS gestionnaire,
- un assistant ingénieur (AI) CNRS gestionnaire contrats européens,
- deux adjoints techniques (ADT) UM2 sur les fonctions d'accueil et de gestion administrative,
- un technicien (T) UM2 gestionnaire,
- un technicien (T) UM2 secrétariat du département Microélectronique,
- un technicien (T) CNRS technicien informatique.

Une seule personne a pu bénéficier du dispositif de CDI au sein du LIRMM.

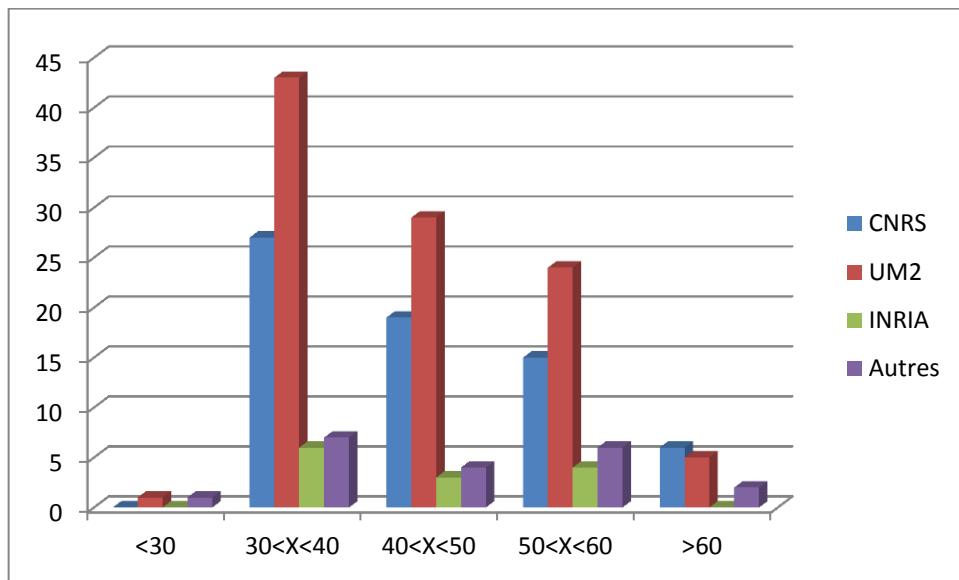
III. Répartition de la population par pays et par tranche d'âge

Avec le quart de sa population étrangère, le LIRMM est un laboratoire qui attire de nombreux chercheurs de pays émergents.

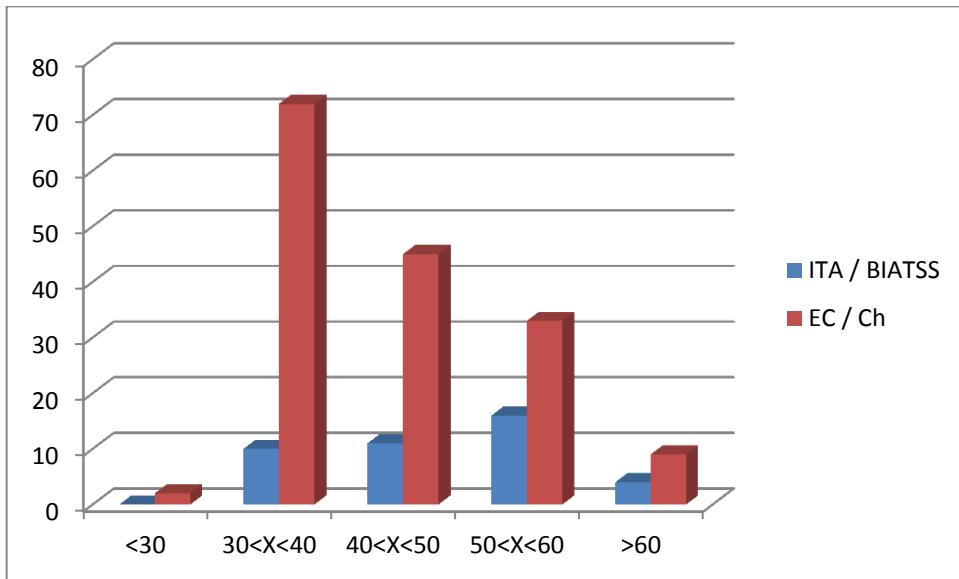
Origine du personnel présent au 30/06/2013, toutes populations confondues, hors France



Pyramide des âges - Permanents du LIRMM par tutelle



Pyramide des âges - Permanents du LIRMM par catégorie



Ces deux diagrammes montrent une population relativement jeune parmi les chercheurs et les enseignants-chercheurs (2/3 ont moins de 50 ans) en cohérence avec la croissance constatée des effectifs. Par contre, le constat est inversé concernant les personnels d'accompagnement (la moitié a plus de 50 ans). A court terme il est facile de constater que la situation va encore s'aggraver. Nous estimons qu'environ 12% (4 ou 5 personnels ITA) devraient partir à la retraite dans les 5 ans qui viennent, essentiellement sur des postes clés pour le laboratoire (chef de service, ACMO, CPPST). Il est clair que leur remplacement sera pour nous une priorité.

Ceci constitue un risque sérieux si les tutelles ne revoient pas leur stratégie en matière de ressources humaines.

2008-2012 : une très forte densification de l'occupation des locaux

La croissance forte de la population du LIRMM n'a pas été sans poser de problèmes au niveau des locaux. Lors de la dernière évaluation, nous avions montré comment nous avions réorganisé nos locaux en interne (halles informatiques, sous-sol de l'extension, mezzanine pour la halle robotique). Très tôt dans la nouvelle période d'évaluation, nous avons à nouveau dû densifier les bureaux et une fois toutes les singularités résolues, nous avons dû installer dans certains bureaux de 12 m² jusqu'à trois personnels permanents.

Une opportunité : la location d'un bâtiment rue de La Galéra

A cette même période, des locaux professionnels se sont libérés à 500 mètres du LIRMM. Après de nombreuses discussions et simulations, le bâtiment a été loué par l'Université Montpellier 2. De nombreux travaux ont été réalisés par l'Université pour rendre les locaux utilisables et c'est finalement en mars 2012 que 4 équipes du LIRMM (DEMAR, IDH, MAB, ZENITH), soit environ 70 personnes, ont pu rejoindre ce bâtiment sur une surface totale d'environ 750 m² utiles. Ces mêmes locaux accueillent aussi les premiers participants de l'hôtel à projets IBC. Ces locaux seront libérés à l'occasion de la livraison du nouveau bâtiment. Ce déménagement a fortement impacté l'utilisation des crédits du laboratoire en 2011 et 2012, ainsi que les services communs pour la préparation et l'accompagnement du déménagement.

Le nouveau bâtiment : livraison attendue pour juin 2014

En parallèle, le chantier du nouveau bâtiment a commencé à l'automne 2012. Le planning, pour l'instant tenu, prévoit une livraison de celui-ci en juin 2014. Ce nouveau bâtiment, financé dans le cadre des deux derniers plans Etat-Région et de l'Opération Campus, doit accueillir sur le site de Saint-Priest l'Institut d'Electronique du Sud (IES), les différentes équipes d'Inria sur environ 1000 m² (y compris les équipes communes avec le LIRMM), ainsi qu'environ 1000 m² pour l'agrandissement du LIRMM. Au total, c'est environ 8000 m² utiles et plus de 12000 m² de SHON qui sont en construction. Le financement est assuré par l'Etat (MESR, Inria), et la Région Languedoc-Roussillon.

Environ un tiers des membres du LIRMM se trouvera dans ce nouveau bâtiment. Différents scénarios d'occupation des locaux sont actuellement étudiés afin de préparer au mieux le déménagement.



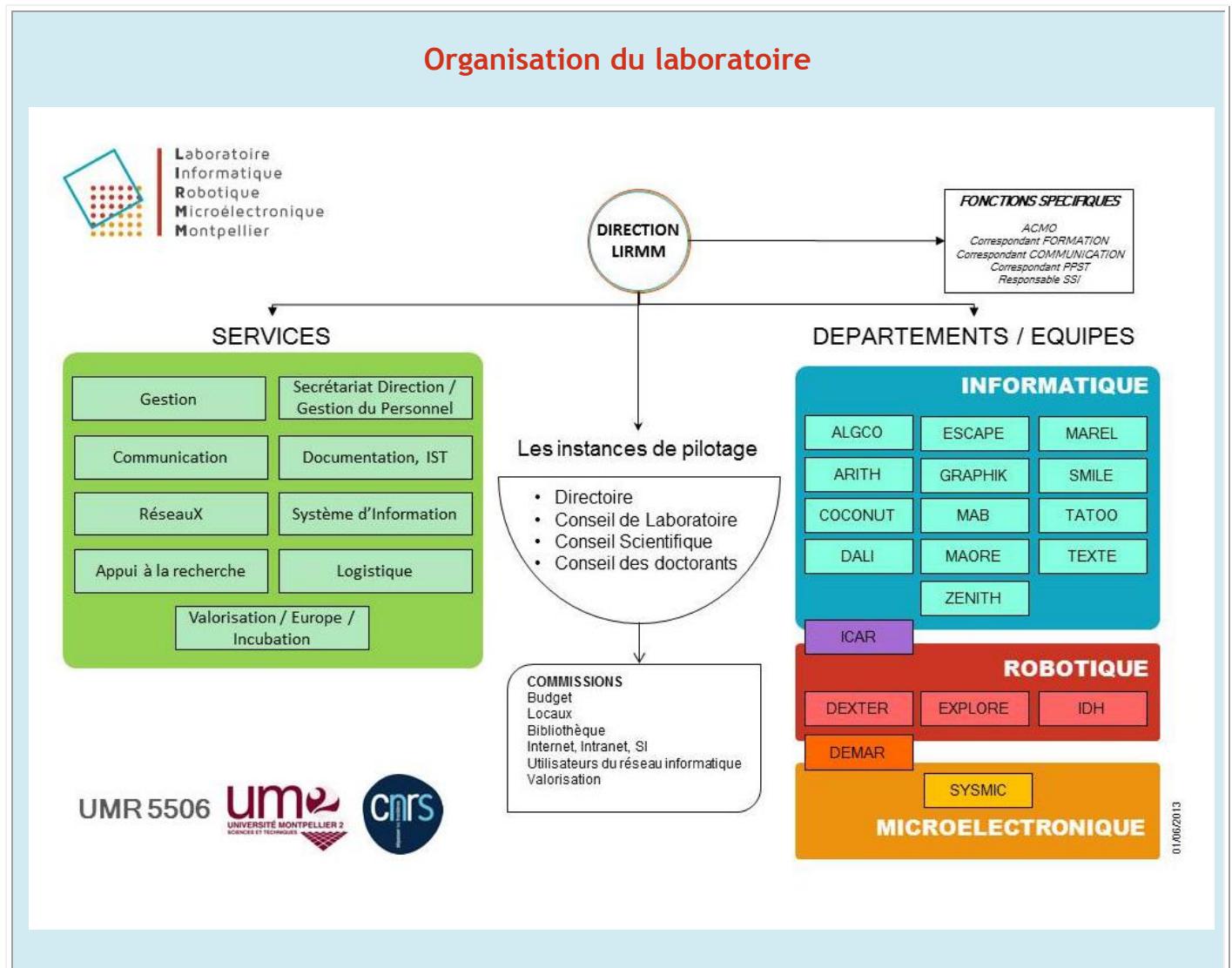
GOUVERNANCE

I. Organisation du laboratoire

Le laboratoire est organisé en 3 départements scientifiques et plusieurs services communs (techniques et administratifs).

A l'issue de la dernière évaluation, une commission « Statuts du LIRMM » a été mise en place et a réalisé une refonte des statuts du laboratoire qui ont été votés en Assemblée Générale le 17 mars 2011 (voir l'**ANNEXE 5**).

Il est prévu un processus similaire pendant l'année 2014 afin de mettre à jour ces documents suite aux nombreuses modifications de l'environnement du laboratoire (sécurité informatique, ZRR...).



Le laboratoire est composé:

- d'une Direction, composée d'un directeur et de 3 directeurs adjoints
- de trois départements scientifiques dans lesquels se répartissent des équipes de recherche,
- de services communs mutualisés : secrétariats et gestion du personnel, gestion, valorisation, communication, documentation et information scientifique et technique, logistique, réseaux, système d'information, appui à la recherche ([voir l'organigramme en ANNEXE 4](#)).

Le pilotage et l'animation du laboratoire s'appuient sur plusieurs instances qui se réunissent régulièrement :

- Le Directoire qui se réunit une fois par semaine (Direction, responsables des départements, Président du Conseil Scientifique, directeur des services),
- Le Conseil de Laboratoire qui se réunit une fois par mois,
- Le Conseil Scientifique qui se réunit en moyenne une fois par mois,
- Le Conseil des Doctorants qui se réunit quatre fois par an.

Membres des instances du LIRMM au 30 juin 2013

Composition du Directoire : J-C. König, M. Huchard, M. Renovell, A. Crosnier, C. Dhénaut, C. Lukasik, C. Paul, V. Berry, E. Pacitti, P. Girard, S. Bernard, L. Latorre, P. Poignet, D. Andreu, F. Comby, B. Durand.

Composition du Conseil de Laboratoire : J-C. König ; 13 membres élus : S. Kaci, P. Poncelet, M. Montassier, A. Pinlou, N. Rodriguez, F. Soulier, O. Strauss, F. Bouillot, R. Brum, F. Hervouet, A. Aroquiame, S. George, E. Grèverie ; 6 membres nommés : D. Deschacht, R. Zapata, A. Mancheron, M. Lamaury, M. Martel, F. Azaïs ; invités permanents : M. Huchard, A. Crosnier, M. Renovell, C. Dhénaut.

Composition du Conseil Scientifique : Membre de droit : J-C. König ; 4 membres élus : J-F. Baget, P. Fraisse, P. Maurine, W. Puech, 4 membres nommés : A. Chemori, B. Durand, E. Rivals, B. Rouzeyre ; membres de droit avec voix consultative : M. Huchard, M. Renovell, A. Crosnier, C. Paul, P. Girard, P. Poignet.

Il existe aussi des commissions qui travaillent à la demande de la Direction sur des dossiers précis : budget, bibliothèque, locaux, valorisation, site Internet, Intranet, système d'information, utilisateurs du réseau informatique...

Des Assemblées Générales sont aussi régulièrement organisées (en moyenne 2 fois par an). Ce mode de réunion est un peu délicat dans un laboratoire comme le nôtre car le plus grand amphithéâtre à notre disposition sur le Campus Saint-Priest ne peut contenir plus de 100 personnes.

Ces instances sont complétées par les réunions des conseils de départements et des comités d'équipes-projets, des services, sans oublier tous les évènements de la vie du laboratoire.

Cette organisation permet une circulation de l'information complète, des prises de décision que nous espérons concertées, et assure une transparence maximum sur toutes les questions liées à la vie du laboratoire et à sa stratégie scientifique.

Tous les comptes rendus de réunions des instances sont diffusés à l'ensemble des personnels du laboratoire et archivés sur l'Intranet.

Les élections au cours de la période d'évaluation

- En janvier 2010, 4 scrutins ont été organisés au sein du laboratoire :
 - Consultation sur la future Direction du laboratoire
 - Renouvellement du Conseil de Laboratoire
 - Renouvellement du Conseil Scientifique
 - Renouvellement des responsables de département
- En mars 2011, nouvelle élection du Conseil de Laboratoire suite aux changements de statuts
- En janvier 2012, renouvellement des responsables de département et des membres du Conseil Scientifique.
- En novembre 2012, élections partielles du Conseil de Laboratoire suite à des départs.
- En mai 2013, consultation sur la future Direction du laboratoire (2015-2019).

Les principales évolutions par rapport à la période précédente concernent la création d'un Conseil des Doctorants et la consolidation du fonctionnement du Conseil Scientifique.

II. Les instances

II.1. Les départements

Chaque département est dirigé par un responsable, membre permanent du département. Celui-ci est élu pour un mandat de 2 ans renouvelable. Il est chargé de l'organisation interne du département et anime l'interface avec la Direction du laboratoire ([voir CHAPITRE 3 PRÉSENTATION PAR DEPARTEMENT](#)).

Le département assure et coordonne l'animation scientifique de la discipline et des différents projets.

II.2. Le Conseil des Doctorants

Il s'agit d'une nouvelle instance créée lors du renouvellement des statuts afin de faciliter la communication entre la population des doctorants et la Direction du laboratoire. Les doctorants élus se réunissent régulièrement et sont des interlocuteurs privilégiés de la Direction et des services pour répondre aux besoins de cette population.

Ces représentants de proximité assurent aussi un accueil personnalisé des nouveaux doctorants chaque année avec une participation active à la Journée des Nouveaux Entrants et au maintien d'une page dédiée aux doctorants sur le site Internet du LIRMM : <http://www.lirmm.fr/doctorants>

Les membres du Conseil des Doctorants jouent également un rôle d'interface avec tous les doctorants ainsi qu'un rôle d'alerte en cas de difficultés rencontrées par l'un d'entre eux.

II.3. Place et rôle du Conseil Scientifique

Le Conseil Scientifique du LIRMM est composé de huit chercheurs du LIRMM dont la moitié est élue et l'autre moitié nommée par la Direction du LIRMM. Il s'agit d'un conseil très réactif qui se réunit

mensuellement. Le président du Conseil Scientifique participe au Directoire. Il peut ainsi saisir le Conseil Scientifique sur tous les dossiers en lien avec la vie scientifique. Dans les situations sensibles, il peut faire appel à des personnalités extérieures. Par exemple, trois experts dont deux étrangers ont été sollicités pour approfondir l'avis émis sur une des équipes du LIRMM lors de la précédente évaluation.

Le rôle du Conseil Scientifique est donc d'apporter un éclairage et un avis à la Direction du laboratoire sur les projets scientifiques, la structuration des équipes, et de coordonner l'animation de la recherche. Il a aussi un rôle important dans les conseils qu'il peut délivrer à des chercheurs ou à des équipes. Dans la période pré-évaluation et post-évaluation, il joue un rôle central pour aider les équipes, les départements et le laboratoire.

Le Conseil Scientifique disposait d'un budget propre en début de période pour soutenir des actions d'animation de la recherche ou des projets émergents. Ce guichet était supposé apporter un financement sur des actions ou des projets difficilement finançables par ailleurs. A l'usage, la nature des besoins s'est révélée hétérogène, et la nature des actions à soutenir difficile à préciser. De plus, cette mission de financement était chronophage (expertise et discussion en réunion) par rapport à son impact (somme versée relativement modeste). Aussi, le Conseil Scientifique a lui-même choisi de se dessaisir de cette mission en rendant cette partie de budget au laboratoire, et de laisser la Direction du laboratoire et les départements financer ce qui semblait nécessaire à travers leurs fonds de soutien scientifique. Le budget du Conseil Scientifique est maintenant réduit au budget de fonctionnement interne et à l'organisation de la Journée Scientifique annuelle du LIRMM.

La création d'une commission « Valorisation » a également permis d'alléger le travail du Conseil Scientifique.

Depuis ce recentrage, le Conseil Scientifique reçoit régulièrement les équipes du LIRMM et organise des entretiens en petit comité de façon à aider les chercheurs dans leur vie scientifique. En 2012, 41 chercheurs du LIRMM ont ainsi pu bénéficier d'un entretien et toutes les équipes ont été reçues au moins une fois.

III. Evolution des équipes

La Direction, le Conseil Scientifique et les responsables de départements ont œuvré de concert pour assurer les évolutions des équipes-projets, que ce soit pour prendre en compte les recommandations de l'évaluation précédente ou tout simplement pour suivre l'évolution naturelle des projets scientifiques.

La plupart des équipes existantes en janvier 2008 n'ont pas eu de modifications majeures de leurs thématiques de recherche. Cependant, des modifications d'orientation scientifique, des départs et des arrivées de chercheurs se sont souvent accompagné du désir de changer de noms. C'est le cas des équipes MAREL, GRAPHIK, TEXTE, ALGCO, MAORE et EXPLORE. D'autres se sont reconstruites sur des forces du laboratoire comme COCONUT et SMILE (à partir de KAYOU), SYSMIC (à partir de CCSI et TCSI), et d'IDH pour donner une visibilité à l'activité croissante en robotique Humanoïde. Enfin trois équipes ont été créées à partir principalement de membres qui n'étaient pas au LIRMM en 2008 : ZENITH, ESCAPE et DALI.

Evolution des équipes pendant la période d'évaluation :

EQUIPES 01/01/2008	2008	2009	2010	2011	2012	2013	EQUIPES 30/06/2013
Hors équipe Informatique							Hors équipe Informatique
DOC				01/09/2011			MAREL
IDC				01/01/2011			ZENITH
TATOO							TATOO
RCR				01/09/2011			GRAPHIK
TAL				01/09/2011			TEXTE
KAYOU		01/01/2009					SMILE
		01/01/2009					COCONUT
ARITH							ARITH
				01/06/2011			ESCAPE
VAG		01/01/2009					ALGCO
				01/01/2011			DALI
MAB							MAB
APR				01/09/2011			MAORE
ICAR							ICAR
NERO					01/01/2012		EXPLORE
DEXTER							DEXTER
			01/01/2010				IDH
DEMAR							DEMAR
CCSI		01/01/2009					SYSMIC
TCSI							

Départements et équipes-projets du LIRMM au 30 juin 2013

AIGCo	Algorithmique, graphes et combinatoire	INFORMATIQUE
ARITH	Arithmétique informatique	
COCONUT	Agents, apprentissage, contraintes	
DALI	Digits Architectures et Logiciels informatiques	
ESCAPE	Systèmes complexes, automates et pavages	
GraphiK	Représentation de connaissances et raisonnements	
MAB	Méthodes et Algorithmes pour la bioinformatique	
MAORE	Méthodes algorithmes pour l'ordonnancement et les Réseaux	
MAREL	Models and Reuse Engineering, Languages	
SMILE	Système Multi-agent, Interaction, Langage, Evolution	
TaToo	Extraction de connaissances dans les Bases de Données	
TEXTE	Exploration et exploitation de données textuelles	
ZENITH	Gestion de données scientifiques	
ICAR	Image et intéraction	
DEXTER	Robotique médicale et mécanismes parallèles	MICROELECTRONIQUE
IDH	Interactive Digital Human	
EXPLORE	Exploration intégrée de l'environnement	
DEMAR	Déambulation et mouvement artificiel	
SYSMIC	Conception et test de systèmes intégrés	

ROBOTIQUE

MICROELECTRONIQUE

LES SERVICES DU LIRMM

Soutien indispensable au bon fonctionnement du laboratoire, les services assurent l'interface entre les chercheurs et les services administratifs extérieurs. L'objectif commun est de permettre aux chercheurs de se consacrer majoritairement à leurs recherches en les accompagnant le plus efficacement possible.

Dirigés par le directeur des services, avec l'appui de neuf chefs de services, les personnels apportent leurs compétences à l'ensemble du laboratoire. Selon l'actualité, le directeur des services réunit les chefs de services avec ou sans la présence de la Direction.

Au sein du LIRMM, les services sont mutualisés à l'exception du service d'appui à la recherche. Tous les personnels ITA/BIATSS (hors projets) sont affectés dans un service commun. Il faut noter que deux assistantes projets Inria sont rattachées directement aux équipes Inria. De même, l'Université de Perpignan Via Domitia finance un demi-poste de secrétariat-gestion dédié à l'équipe DALI.

La période 2008-2013 a été riche en évolution des services avec, derrière chaque réorganisation, l'objectif d'améliorer le service rendu aux chercheurs.

L'ancien service CODI (COmmunication, Documentation, Information) a ainsi été scindé en deux services suite au départ de sa responsable : un service Communication et un service Documentation et Information Scientifique et Technique (DIST).

Le service Secrétariat et Gestion du personnel a quant à lui été fortement renforcé pendant la période.

Ces différentes évolutions sont détaillées dans la présentation de chacun des services.

I. Service Secrétariat, Accueil et gestion du personnel

Ce service est composé de 8 personnes (7,1 ETP). Les activités du service sont réparties en trois fonctions principales.

Concernant la fonction « Secrétariat », le service a la responsabilité d'assister les départements et les équipes. Il s'agit principalement de traiter les déplacements des personnels des départements et de leurs invités et d'assister les départements dans leurs démarches administratives quotidiennes, telles que l'organisation des réunions de départements ou de jurys de thèses. Cette fonction s'est fortement développée depuis 2010 et est assurée par deux personnels permanents CNRS et un personnel contractuel. Chacun d'eux gère un ensemble d'équipes, ce qui permet à chaque membre du laboratoire d'avoir un référent.

Concernant la fonction « Accueil », le service assure une présence permanente à l'entrée du laboratoire afin d'accueillir, de contrôler les accès et de renseigner les visiteurs. L'accueil a par ailleurs pour missions de réceptionner, distribuer et préparer les courriers, fax et colis entrants et sortants, de gérer les stocks de papeterie, les panneaux d'affichage, les demandes d'autorisation de travail en horaire décalé et les salles de réunion. Cette fonction est assurée par deux personnels contractuels depuis 2010.

Concernant la fonction « Gestion du personnel », le service est chargé du suivi administratif des personnels du laboratoire en étroite collaboration avec les tutelles. Il s'agit principalement de la



gestion des dossiers des personnels permanents, des personnels contractuels (doctorants, post-docs et ITA), d'une assistance aux 150 doctorants dans le cadre des inscriptions et réinscriptions en thèse, de la déclaration des personnels étrangers hors Union Européenne au Fonctionnaire de Défense CNRS, de la gestion des conventions de stage et des gratifications pour les étudiants accueillis au LIRMM (environ 100 stagiaires par an). Cette fonction est assurée par les 2 personnels contractuels de l'accueil et la personne responsable du service.

II. Service Gestion

Le service Gestion est composé de 11 personnes dont la mission est d'assurer la gestion des finances du laboratoire.

Le budget actuel moyen s'élève à 5 M €, sans les reports. Le nouvel outil de gestion Geslab permet d'avoir une vision consolidée de nos crédits CNRS et UM2.

Compte tenu du nombre de contrats à suivre (une centaine en moyenne par an) et de la complexité grandissante aussi bien côté outils de gestion que côté suivi financier des contrats, il est apparu indispensable dès 2009 de réorganiser le service ([voir l'encart Réorganisation des services administratifs](#)).

Par ailleurs, des profils plus spécialisés ont été recrutés pour les suivis de dossiers particuliers nécessitant des compétences spécifiques : suivi des contrats européens et des contrats régions et gestion de l'Institut de Biologie Computationnelle (IBC).

Le fait marquant de ces 5 dernières années est l'augmentation constante de la charge administrative. La mise en place de SIFAC en 2010 et du nouvel outil Geslab ont généré une charge supplémentaire de travail (alors que ces outils sont censés faciliter la gestion) sans apporter de valeur ajoutée pour le laboratoire.

Le service gestion traite plus de 4 000 commandes par an, dont 1 200 missions et plus d'une centaine de demandes de recrutements liés aux contrats de recherche. Le suivi est assuré depuis la mise en place des crédits jusqu'à la justification des dépenses à l'issue du contrat.

Réorganisation des services administratifs

Une des modifications majeures des fonctionnements des services du LIRMM durant la période d'évaluation concerne l'évolution des services administratifs.

En septembre 2009, à la demande du directeur, le directeur des services a mené une réflexion sur une réorganisation des services administratifs. L'objectif était de proposer une amélioration de la qualité de service pour les chercheurs tout en consolidant le fonctionnement des services.

La réorganisation a été validée par les différentes instances du laboratoire en décembre 2009.

Dès janvier 2010, deux assistantes de proximité ont été recrutées afin d'apporter un support sur les missions (préparation et retour) en lien avec les gestionnaires.

Le service gestion était initialement organisé par nature des actes administratifs (missions, commandes et factures, embauches et justification de contrats). Certaines de ces missions étaient portées par des personnes seules avec donc un risque en cas d'absence imprévue.

La nouvelle organisation a consisté à affecter un gestionnaire polyvalent à chaque équipe de recherche. Cela présente l'avantage de donner un référent par équipe, d'accroître la polyvalence des gestionnaires, de renforcer la continuité du service mais aussi d'enrichir le profil carrière de ces agents.

Cette réorganisation a débuté en septembre 2010, après la mise en place de l'outil SIFAC.

Comme prévu au lancement de la réorganisation, un bilan a été effectué un an après sa mise en place. Ce bilan a été conduit par l'un des Directeurs Adjoints du LIRMM qui a été appuyé par une société de conseil, Sud Performance. Outre des entretiens avec tous les membres des services Secrétariat et Gestion, une enquête électronique a été menée au sein du laboratoire à l'automne 2011. Le taux de réponse a été très satisfaisant puisque plus de 160 personnes ont répondu à cette enquête.

Le résultat de l'enquête a montré une satisfaction importante du laboratoire pour la nouvelle organisation. Le bilan était plus mitigé du côté des services concernés, la mise en place de cette nouvelle organisation, concomitante à plusieurs absences de longue durée, ayant apporté un surcroît de travail et de stress aux gestionnaires. Le nouveau mode d'organisation est par contre validé.

Un bilan réalisé en avril 2013 a montré que ces difficultés sont en partie résolues, mais plusieurs absences de longue durée, ainsi que l'arrivée de nouveaux gestionnaires due à l'accroissement du volume de travail, n'a pas encore permis de stabiliser la répartition des équipes au sein des gestionnaires sur une longue période d'activité.

III. Service Valorisation, Europe, Incubation

Le service Valorisation, Europe, Incubation a été créé début décembre 2008 et est composé d'un Ingénieur d'Etudes.

Pour utiliser au mieux les compétences de ce service, la mission de suivi des contrats européens et de leur justification a été transférée à partir de fin 2011 au service Gestion. Ceci a permis au service Valorisation, Europe, Incubation de se concentrer sur la mission importante d'ingénierie des projets.

Ce service a pour mission d'accompagner les chercheurs dans le montage des projets de recherche et de valorisation, de développer les relations avec les entreprises (mise en relation avec les équipes de recherche, contractualisation des projets de recherche) et de réaliser le suivi des projets d'accompagnement à la création d'entreprises innovantes. Il assure aussi une veille juridique et une sensibilisation des équipes de recherche sur la protection et la valorisation de leurs travaux.

Il anime la Commission Valorisation du LIRMM en lien avec le Directeur Adjoint du LIRMM chargé de la Valorisation.

IV. Service Communication

Le service Communication du LIRMM est composé de deux personnes (1,8 ETP en CDD) qui assurent une cohérence d'ensemble des nombreuses actions de communication internes et externes du laboratoire.

Le service Communication a en charge l'organisation de nombreux évènements internes à la vie du laboratoire (Assemblées Générales, Journée Scientifique, Fête du LIRMM, Journée des Nouveaux Entrants, accueil de délégations étrangères...) mais assure également l'organisation, la médiatisation et le suivi logistique et budgétaire de grandes conférences scientifiques internationales (8 conférences pour 1250 congressistes accueillis en moyenne chaque année¹).

La facturation des prestations liées à l'organisation des conférences, plafonnée à 10% du budget, permet de prendre en charge 50% du salaire d'un des deux personnels contractuels et de financer l'achat de matériel évènementiel réutilisable (ordinateur, vidéoprojecteur, grilles, badges...).

Le service Communication a en charge la valorisation et la médiatisation des travaux de recherche du laboratoire (**voir COMMUNICATION EXTERNE**), la diffusion de la culture scientifique et technique et l'accueil de jeunes publics au sein du laboratoire (**voir DIFFUSION DE LA CULTURE SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE**).

Enfin, le service réalise différents supports de communication pour le laboratoire (journal externe, plaquettes thématiques, dépliants, rapports d'activités, dossiers de candidature, affiches, programmes) et a la responsabilité éditoriale du site internet du LIRMM, alimentant quotidiennement la rubrique « Actualités ».

¹ L'activité évènementielle ayant été allégée pour mener à bien l'évaluation du laboratoire de 2009, les chiffres de cette année-là n'ont pas été pris en compte dans ce calcul.



V. Service Documentation, Information Scientifique et Technique (DIST)

Le service Documentation, Information Scientifique et Technique (DIST) a été créé le 1^{er} juin 2011. La période a été marquée par un départ à la retraite, non remplacé, d'une bibliothécaire. Le service ne comporte donc plus qu'une seule personne à temps plein.

Les activités du service DIST sont les suivantes :

- Gestion classique d'une bibliothèque (gestion du fonds documentaire, catalogage, PEB, aide aux utilisateurs...),
- Gestion de la plateforme dédiée [HAL-LIRMM](#) et formation du personnel à l'utilisation de cette base d'archives ouvertes. On peut noter un fort accroissement de l'auto-archivage par les chercheurs grâce à l'implication de la Direction.
- Développement d'outils web 2.0 de curation, de visualisation et de diffusion de l'Information Scientifique et Technique :
 - [Netvibes](#)
 - [Pearltrees](#)

VI. Service Logistique

Le service logistique est composé de 3 agents (2,1 ETP). Il est chargé du suivi de la maintenance des bâtiments et espaces verts du LIRMM, des équipements communs (vidéoprojecteurs, imprimantes, etc). Les bâtiments sont répartis sur 6850 m² de bâtiment et 10 000 m² de terrain sur le campus de Saint-Priest ([voir l'encart 2008-2012 : une très forte densification des locaux](#)).

L'ensemble des interventions se fait en liaison étroite avec la Direction du Patrimoine et des Infrastructures (DPI) de l'UM2.

Le service logistique est le correspondant du LIRMM pour la coordination des travaux et les nouveaux projets d'aménagement.

VII. Service RéseauX (RX)

[Le service RéseauX](#) est composé de 6 personnes (5,5 ETP).

Les missions du service s'articulent autour de 3 axes principaux :

- La gestion de l'ensemble des infrastructures informatiques du laboratoire ([voir l'encart Infrastructures informatiques](#)), de la salle serveurs à la plupart des postes de travail, en incluant le réseau données, les imprimantes, les équipements de visio-conférence.
- La gestion de la plupart des services transversaux offerts à l'ensemble de la communauté : mail, listes de diffusion, espaces disques, sauvegarde mais aussi plus récemment un service de stockage partagé (Owncloud) et un service de travail collaboratif (Alfresco). Le service assiste aussi les projets de recherche du LIRMM, pour leur besoin en ressources informatiques dédiées.
- L'assistance utilisateur (qui représente une part très importante de sa charge de travail). L'accompagnement des utilisateurs d'outils de visioconférence (équipements dédiés, logiciels sur postes portables, EVO, RMS Renater ...) est notamment un des aspects en forte croissance depuis 4 ans (comités de sélection, jurys de thèse, conférences de travail).

La sécurité « virtuelle » (systèmes et données) : le responsable du service est RSSI du laboratoire, et l'ensemble du service est fortement mobilisé sur les aspects sécurité des systèmes d'information ([voir l'encart Services et sécurité informatiques](#)).

Infrastructures informatiques

Salle serveur

Les ressources informatiques centralisées du laboratoire concernent les services communs (environ 40% des serveurs), les plateformes scientifiques dédiées des équipes du laboratoire (de l'ordre de 60%, en incluant le cluster de calcul MAB) et quelques serveurs « externes » (CNFM, Institut Telecom). Au cours de ce quadriennal, la plupart des serveurs ont été migrés vers un environnement virtualisé (kvm et disques iSCSI). Ce choix nous permet d'assurer une plus grande fiabilité des services et d'optimiser l'utilisation des ressources en fonction des besoins. Les services non virtualisés incluent des serveurs dédiés à la Recherche en attente de remplacement ou d'arrêt ainsi que le cluster de calcul MAB qui, de par ses fonctionnalités, n'a pas vocation à rejoindre l'architecture virtualisée mise en place.

Le réseau

Le réseau « données » du laboratoire s'étend depuis 2 ans sur 3 sites : le bâtiment 4 (bâtiment administratif principal), le bâtiment 3 (halle mécatronique) et le bâtiment situé rue de la Galéra. Ces sites sont interconnectés par des fibres optiques propriété de l'UM2, ce qui nous permet d'offrir le même niveau de service et de performance sur l'ensemble des prises. La connexion des postes de travail est assurée par plus de 1500 prises, via des commutateurs permettant le giga Ethernet sur chaque prise (1 châssis de 440 ports et 18 commutateurs de 48 ports « empilés » suivant les concentrations de prises à connecter). Le réseau sans-fil est composé d'un contrôleur et de 20 bornes déployées sur les 3 sites, qui connectent en moyenne 120 équipements mobiles par jour (les réseaux « Lirmm », « UM2 » et « Eduroam » sont accessibles). En salle serveur, un réseau est dédié au « stockage » Ethernet 10 gigabits composé de 4 commutateurs dans une architecture redondante.

Les postes de travail et les imprimantes

Le parc du laboratoire se compose d'environ 500 postes de travail. Pour pouvoir mettre en œuvre les nouvelles consignes de sécurité du CNRS, via l'arrivée d'un personnel CDD, des procédures vont progressivement être mises en place afin de gérer l'ensemble des nouveaux postes. Le parc d'imprimantes réseau comprend une vingtaine d'équipements et 3 copieurs connectés ainsi que les serveurs d'impression associés.

La visioconférence

Deux salles sont équipées d'équipements de visioconférence et le laboratoire dispose également de deux postes mobiles en prêt, pour les connexions point à point. Les besoins dans ce domaine ne font que croître, à cause de l'évolution des usages, mais aussi pour développer des liens avec nos équipes travaillant sur des sites éloignés (Béziers et Perpignan). Nous comptons étoffer cette offre lors de la livraison du nouveau bâtiment.

Services et sécurité informatiques

Services dédiés aux équipes de recherche

Actuellement, 6 serveurs dédiés, et 11 serveurs virtuels sur 2 hyperviseurs.

Cluster MAB

Au niveau des ressources dédiées à un projet de recherche, le cas de l'équipe MAB est particulier, car les recherches menées par cette équipe sont fortement consommatrices en temps CPU. Depuis plus de 8 ans, MAB a financé des ressources de calcul dédiées. Les services ont accompagné ces investissements et fait évoluer l'architecture matérielle et logicielle en fonction des besoins. Actuellement c'est la 4^{ème} version du cluster en exploitation. Ce cluster de calcul est composé de 27 nœuds (196 coeurs CPU) et 13 To d'espace disque. Les ressources sont allouées par les chercheurs via les outils de gestion développés en interne, sur une partie du cluster dédié aux programmes des chercheurs de l'équipe, le reste des ressources étant utilisé par le portail ATGC, qui permet à la communauté bioinformatique d'utiliser les outils développés par MAB (Phyml en particulier).

La sécurité

Vis-à-vis de l'extérieur du laboratoire, un « firewall » et un « IPS » (*Intrusion Prevention System*) contrôlent au maximum les flux provenant de l'Internet dans un contexte nécessitant de nombreuses ouvertures compte tenu des services implémentés au laboratoire (services transverses et plates-formes recherche). Au niveau des serveurs, les procédures de sécurité et d'audit sont implémentées. Cette politique s'applique également aux postes de travail, par l'implémentation des mesures adaptées au système d'exploitation pour les postes gérés, et la diffusion de messages d'alerte (CERT) les plus critiques vers les utilisateurs. Les interventions sur les postes compromis (détectés par l'IPS ou les contrôles réalisés par le CERT Renater) sont effectuées rapidement afin d'éviter les propagations. La politique de confidentialité des données par chiffrement des ordinateurs portables est en cours de mise au point afin de permettre un déploiement sur tous les ordinateurs portables acquis au laboratoire.

VIII. Service Système d'information (SI)

Suite au départ en 2010 de son responsable, Ingénieur de Recherche CNRS non remplacé à ce jour, le service SI est composé de 3 agents (3 ETP). Dans toutes ses activités, le service a obtenu l'assistance d'une IE (0,2 ETP), en association avec un autre laboratoire CNRS. Il a recentré ses activités sur la maintenance et l'évolution du Système d'Information du laboratoire conçu par le service, le Web institutionnel, ainsi que sur l'administration des serveurs Web et Bases de données (Oracle, MySQL, PostGreSQL).

Les publications du LIRMM sont gérées sur le portail HAL-LIRMM conçu par le CCSD en collaboration avec le service SI. Le fonds documentaire s'appuie sur le progiciel PMB que le service SI a implanté au sein du laboratoire.



De nombreux outils de gestion ont été développés et sont maintenus à la demande des utilisateurs ou de la Direction du LIRMM, afin de faciliter et automatiser au maximum les tâches administratives. Ils sont disponibles principalement sur l’Intranet du site institutionnel.

IX. Service Appui à la Recherche (AR)

Le service Appui à la Recherche du LIRMM est composé de 13 ITA-BIATSS (10,8 ETP). Ces ingénieurs spécialisés exercent leurs activités au sein des trois départements ([voir CHAPITRE 3 PRÉSENTATION PAR DEPARTEMENT](#)). Totalement intégrés à leur département ou projet d'affectation, ils apportent un soutien direct aux chercheurs et doctorants. Ils participent aux publications et aux contrats. Le rôle de la structure Appui à la Recherche est un rôle de coordination. Elle prend en charge le financement des formations, missions et moyens matériels des ITA-BIATSS qui la composent.

La Direction du laboratoire se réserve le droit d'utiliser les compétences des agents de ce service pour des missions ponctuelles et/ou transverses (ACMO, coordination de projets, etc.).

RESSOURCES HUMAINES

I. La création d'un projet RH

Fin 2010, compte tenu de l'augmentation importante de la population du laboratoire et afin de répondre à un besoin de proximité complémentaire à ceux proposés par les tutelles (CNRS et UM2), la Direction du LIRMM a souhaité développer un projet Ressources Humaines au sein du Laboratoire.

Ce projet comprend 4 volets :

- l'accompagnement des personnels dans les processus d'avancement de carrière et de recrutement,
- la formation professionnelle,
- l'accompagnement dans les réorganisations des services,
- le suivi personnalisé de dossiers spécifiques.

Ce projet a été mis en œuvre de manière expérimentale pour l'année 2011 et a fait l'objet d'un bilan en 2012 précisant notamment les projets réalisés et le temps de travail nécessaire à l'accomplissement de ces projets. Ce projet a été validé par le Directoire et le Conseil de Laboratoire.

II. Les personnels contractuels

Afin de pouvoir faire face à la charge de travail croissante et au manque de postes affectés par nos tutelles, le LIRMM s'est vu dans l'obligation de recruter des personnels contractuels pour assurer des fonctions pérennes et ce principalement dans le domaine administratif (accueil du laboratoire, communication, gestion financière).

La mise en œuvre de la loi Sauvadet a permis de recruter un seul de ces personnels en CDI.

La précarité de ces personnels est inquiétante et nécessite un accompagnement individuel et un soutien fort de la Direction pour essayer de pérenniser des personnels formés, efficaces et motivés.

III. Les actions en faveur du handicap

Depuis 2010, deux personnels administratifs et deux doctorants handicapés ont été recrutés au LIRMM. Il s'agit d'une volonté forte du laboratoire de recruter et d'accompagner l'intégration des personnels en situation de handicap dans leurs fonctions. Cette volonté implique une attention particulière vis-à-vis de ces personnels avec notamment l'aménagement éventuel du poste ou du temps de travail nécessaires à la prise de fonctions et un suivi avec les services médicaux des tutelles.

Six personnels en situation de handicap, dont 4 permanents CNRS, sont actuellement en fonction au LIRMM.

IV. L'accueil et l'accompagnement de personnels étrangers

Le LIRMM poursuit le développement de ses relations internationales notamment envers les pays d'Europe, d'Afrique du Nord, le Brésil, la Chine et le Japon. Cette politique se traduit notamment par l'accueil d'étudiants étrangers ou la mise en œuvre de partenariats internationaux (UMI JRL au Japon, LAFISI en Italie...).

Par ailleurs, le LIRMM accueille chaque année de nombreux personnels étrangers et notamment des doctorants, post-doctorants mais également des personnels permanents. Cette attractivité nécessite un accompagnement individualisé de ces personnels dans leurs démarches administratives, démarches



souvent lourdes et complexes pour des personnels étrangers (obtention et renouvellement des titres de séjour, sécurité sociale, recherche d'un logement...).

Depuis 2012, des cours de Français Langue Etrangère (FLE) ont été proposés et sont suivis par environ 30 personnels étrangers par an. Ces cours ont pour objectifs d'accompagner les personnels non francophones dans l'apprentissage du français et de leur faire découvrir certains aspects de la culture française. Ces cours de français sont assurés par des stagiaires de Master FLE et sont financés en totalité par le laboratoire.

V. Plan de Formation d'Unité (PFU)

Un Plan de Formation d'Unité (PFU) est élaboré chaque année, en concertation avec les équipes de recherche et les services. La correspondante formation du LIRMM pour le CNRS rassemble les demandes du laboratoire et rédige le PFU qui est ensuite proposé au service de formation permanente de la Délégation Régionale du CNRS. Elle s'occupe également de transmettre aux personnels du LIRMM toutes les offres de formation proposées par le CNRS et l'Université Montpellier 2.

Le PFU a été profondément remanié en 2011 et comprend désormais 6 axes de formations :

- Outils Logiciels et Réseaux,
- Hygiène et Sécurité,
- Management, Gestion de Projets, Communication,
- Langues,
- Evolution des domaines thématiques, Appui à la recherche,
- Bureautique.

BUDGET

I. S'adapter à la modification du financement de la recherche

L'évolution actuelle des modalités de financement de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche consiste en une diminution (ou au mieux une stagnation) des crédits récurrents des laboratoires et en une forte augmentation des ressources propres sur projets. Certains de ces projets induisent des dépenses obligatoires non financées par le contrat lui-même conduisant à des dépenses imprévues sur les autres financements, dont le récurrent.

Face à ces évolutions, nous avons essayé de développer un modèle budgétaire simple qui permette de faciliter le travail des membres du LIRMM (partir en mission, publier, organiser des conférences, gérer ou participer à des contrats...).

L'organisation initiale consistait à gérer le récurrent au niveau du laboratoire et à gérer les contrats au niveau des équipes. Le budget des départements était assuré par un prélèvement sur les contrats et une dotation du laboratoire lorsque cela était possible. Une partie de l'aide annuelle était gérée par le Conseil Scientifique du LIRMM pour financer des opérations de prestige (soutien à de nouveaux séminaires, séjour de chercheurs étrangers, etc.).

La baisse relative du récurrent, l'augmentation de l'activité du laboratoire (et donc la nécessité d'embauche de CDD dans les services) et l'augmentation de la part contractuelle dans les ressources propres du LIRMM a obligé la Direction du LIRMM à réorganiser sa politique budgétaire interne.

Un des principaux objectifs était de rééquilibrer les dépenses et les recettes liées aux effectifs et celles liées à l'activité du laboratoire, sans réduire le budget imparti à la politique scientifique et aux opérations annuelles.

La nouvelle organisation budgétaire a donc été la suivante :

- financement du salaire d'un gestionnaire par les trois départements du LIRMM, au prorata du montant des contrats gérés,
- financement du salaire d'une des deux personnes du service communication sur le budget des conférences organisées par le LIRMM,
- et en contrepartie, formalisation du versement vers les départements d'une partie du récurrent.

En parallèle, le Conseil Scientifique a souhaité réduire le budget qu'il avait à gérer afin de mieux se recentrer sur sa mission de conseil.

II. Nouvelle structuration du budget depuis 2013

Auparavant, le récurrent était réparti en 4 postes budgétaires :

- le budget général,
- les budgets des services, tous mutualisés,
- le budget imparti à la politique scientifique,
- le budget imparti aux opérations annuelles (aménagement des locaux, nouvelles infrastructures...).



Depuis 2013, les dépenses sont réparties selon deux critères :

- Le caractère indispensable de la dépense :
 - les dépenses incompressibles récurrentes (salaires, contrats de maintenance, fonctionnement de base ...),
 - les dépenses indispensables de l'année,
 - les dépenses facultatives.
- La nature de la dépense : salaires, fonctionnement, politique scientifique, opérations annuelles (projets et investissements).

Le budget voté en début de chaque année est mis en place par niveaux de priorité, ce qui permet d'avoir un budget évolutif en cours d'année pour tenir compte du montant des recettes (souvent estimatif au moment du vote du budget). Pour certaines dépenses en priorité 2 et 3, les budgets ne sont réellement ouverts qu'après des bilans partiels effectués en cours d'année qui permettent à la Direction et au Conseil de Laboratoire de suivre les dépenses au plus près. Ce mode de gestion a permis d'optimiser les dépenses en cours d'année et de ramener les reports annuels (sur la partie crédits récurrents) de 250 k€ à moins de 50 k€ sur les derniers reports.

III. Suivi des crédits du laboratoire

Depuis octobre 2012, les crédits du laboratoire doivent être suivis par les gestionnaires avec le nouvel outil de gestion Geslab (qui remplace l'ancien outil Xlab), avec, une double saisie des crédits gérés par l'UM2 sous Geslab et SIFAC (outil utilisé quant à lui depuis janvier 2010). Pendant la période d'évaluation, les gestionnaires ont donc dû s'adapter à deux nouveaux logiciels de gestion imposés par les tutelles du laboratoire.

Le laboratoire reverse aux départements scientifiques et aux équipes la totalité des crédits sur contrats. Chaque département scientifique, chaque équipe de recherche, dispose d'un suivi de ses propres crédits par entité dépensièrre. L'organisation et les modalités d'utilisation de ces crédits par équipe et par département sont variées et choisies par les chercheurs et enseignants-chercheurs (dans la limite des contraintes imposées suivant la nature des crédits).

Globalement, les départements Informatique et Robotique prélèvent les contrats de leurs équipes respectives et utilisent les crédits ainsi obtenus pour assurer la gestion quotidienne commune. Pour le département Microélectronique, constitué de deux équipes, la gestion est plus intégrée, les dépenses communes étant prises sur une ligne commune abondée par les crédits des contrats banalisés.

IV. Ressources

Le budget consolidé du LIRMM en 2012 est de 18,4 M€.

En moyenne annuelle, les nouvelles ressources du laboratoire (hors Inria et UPVD) se sont élevées à près de 4,1 M€, en progression de 37,7% par rapport à la période précédente. La gestion en est assurée à 49,1% au CNRS et 50,9% à l'UM2 (en 2012).

Cette analyse brute est à tempérer pour l'année 2012 car les ressources liées aux Projets d'Investissements d'Avenir (PIA) masquent en fait une baisse effective des ressources globales qui sont revenues au niveau de 2009 malgré une charge de travail fortement accrue pour les services. La tendance n'est donc pas à la croissance contrairement à ce que pourrait faire croire le tableau ci-dessous. La baisse du récurrent reste donc inquiétante pour nous.

Les ressources financières du LIRMM (2008 - 2012) en k€

	2008	2009	2010	2011	2012	(%2012)	Moyenne annuelle	% moyen
Soutien de base	465	612	993	647	465	8,5%	636,4	15,3%
ANR	877	1273	1141	1134	967	17,7%	1078,4	26,0%
EUROPE	519	532	373	258	475	8,7%	431,4	10,4%
INDUSTRIE	465	496	306	872	530	9,7%	533,8	12,9%
REGION	178	296	137	123	251	4,6%	197	4,8%
PIA ²					1586	29,0%	1586	7,7%
PUBLIC	317	321	1226	804	664	12,2%	666,4	16,1%
Colloques	275	78	92	114	455	8,3%	202,8	4,9%
Autres ressources	162	64	59	61	67	1,2%	82,6	2,0%
TOTAL	3258	3672	4327	4013	5460		4146	

Ces données sont issues de notre outil de gestion et concernent les crédits en gestion CNRS et UM2 exclusivement.

Globalement, le soutien de base de nos tutelles est resté stable (hors crédits spécifiques reçus en 2009, 2010 et 2011 sur des opérations et des achats d'équipements). Mais si l'on rapporte ces montants aux nombres de permanents de chaque tutelle, notre dotation a sensiblement baissé pendant la période.

Dans le même temps, le CNRS a attribué au LIRMM deux crédits spécifiques pour des achats d'équipement en robotique, et l'UM2 a fortement investi pour héberger le laboratoire en mettant à notre disposition de nouveaux locaux dans le bâtiment situé rue de la Galéra tout en supportant l'ensemble des fluides de nos bâtiments (ceux-ci ont été estimés pour la première fois en 2013 à 268 k€ annuel pour le LIRMM). Cette année, Inria participe à des opérations du laboratoire à hauteur de 20 k€ et participe depuis 2 ans à la location du bâtiment rue de la Galéra à hauteur de 100 k€. Nous espérons qu'à la livraison du nouveau bâtiment, une partie de ces versements sera affectée à des opérations menées par le LIRMM. L'Université de Perpignan Via Domitia assure l'hébergement de l'équipe DALI. Enfin, 7 enseignants-chercheurs de l'Université Montpellier 3 sont membres du LIRMM. Le LIRMM ne reçoit aucune dotation directe de l'UM3 mais, outre leurs salaires, celle-ci leur verse annuellement 20 000 euros pour le financement de leur activité de recherche.

Nos sources de financement sont très diverses, même si cette diversité est ici en partie masquée par les agrégats utilisés dans les tableaux : cette diversité est bien sûr une force, mais également une source de travail considérable pour les équipes administratives, surtout vu la complexité croissante de la gestion des contrats et de leur justification.

Au total, nous estimons pour 2012 à 1,235 M€ la somme générée par les équipes du LIRMM mais gérée chez nos partenaires (principalement Inria et UPVD).

² La ligne PIA correspond aux Projets d'Investissement d'Avenir directement gérés par le LIRMM (principalement IBC et Robotex). Les autres PIA assurent aussi des financements pour des chercheurs du LIRMM et sont une charge pour le laboratoire car ils ne permettent pas de financer des fonctions supports.

En analysant le tableau des recettes, on remarque une grande instabilité liée à la politique nationale ou régionale du pilotage de la recherche et probablement aussi à la crise économique. Cet état est évidemment une source d'inquiétude et de démotivation pour les chercheurs. Les chercheurs semblent avoir atteint un niveau de saturation dans leur investissement pour la recherche de nouveaux financements.

V. Dépenses

Les dépenses du LIRMM (2008 - 2012)

	2008	2009	2010	2011	2012	(2012%)	Moyenne annuelle	% moyen
Salaires	1612	1318	1729	1933	2080	42,6%	1734,4	43,6%
Fonctionnement	1450	1126	1207	1235	1690	34,7%	1341,6	33,7%
Equipement	465	481	703	338	644	13,2%	526,2	13,2%
Missions	328	356	376	366	463	9,5%	377,8	9,5%
TOTAL	3855	3281	4015	3872	4877		3980	

Ces données sont issues de notre outil de gestion et concernent les crédits en gestion CNRS et UM2 exclusivement.

VI. Bilan Ressources/Dépenses

Le bilan des ressources/dépenses du LIRMM (2008 - 2012)

	2008	2009	2010	2011	2012	Total	Moyenne annuelle
Ressources - dépenses	-597	391	312	141	583	830	166

Ces données sont issues des deux tableaux précédents et concernent les crédits en gestion CNRS et UM2 exclusivement

L'année 2012 est exceptionnelle avec l'arrivée de deux Projets d'Investissements d'Avenir (ROBOTEX et IBC). Les recettes tiennent compte de la totalité du montant de ces contrats, mais les dépenses seront en grande partie enregistrées sur l'année 2013 (durée des appels d'offres et des constructions par les prestataires retenus).

VII. Masse salariale

La masse salariale du LIRMM est donnée ici à partir d'informations validées par nos tutelles pour ce qui concerne les salaires des permanents et d'une estimation pour ce qui concerne les doctorants. Notons que le personnel de l'UM2 n'est ici pris en compte que pour sa part de travail recherche (50% en équivalent temps plein).

Salaires UM2 (2012 - permanents + ATER, pour leur part recherche)	5,164 M€
Salaires CNRS (2012 - permanents et personnel CDD hors ressources propres)	4,987 M€
Salaires Inria (2012 - permanents)	0,763 M€
Salaires UPVD (2012 - permanents)	0,287 M€
Salaires UM3 (2012 - permanents)	0,333 M€
Salaires autres partenaires (UM1, SupAGRO, UFR Nîmes)	0,162 M€
Total masse salariale	environ 11,696 M€
Budget géré hors tutelle	environ 1,235 M€
Budget consolidé 2012 (y compris les reports)	environ 18,391 M€

HYGIENE ET SECURITE

I. Responsabilités

Le Conseil de Laboratoire assure la fonction de Commission « Hygiène et Sécurité ».

Le laboratoire dispose de deux assistants de prévention. Ces personnes ont suivi la formation ACMO et la formation SSIAP1 (diplôme d'agent des Services de Sécurité Incendie et d'Assistance à Personnes niveau 1).

II. Nature des risques

Les risques présents au laboratoire sont les risques classiques de travail de bureau (travail sur écran), à l'exception de la salle de test du département Microélectronique (risque électrique) et de la halle robotique (présence de systèmes mécaniques en mouvement ayant de fortes accélérations et risque électrique).

Le Document Unique d'Evaluation des Risques est mis à jour annuellement pour tenir compte des éventuelles modifications des risques ([voir ANNEXE 8](#))

III. Information et évacuation des locaux

Une information est donnée aux nouveaux entrants à leur arrivée.

Une procédure d'évacuation des PMR (Personnes à Mobilité Réduite) a été mise en place. Des exercices d'évacuation ont lieu régulièrement.

Le laboratoire a acquis deux défibrillateurs, un pour le bâtiment principal et un autre pour la halle de mécatronique (avec la participation des autres unités qui occupent le bâtiment mécatronique, LMGC et CNFM).

Le laboratoire organise régulièrement des formations d'utilisation des défibrillateurs et des formations incendie avec utilisation d'extincteurs.

Les personnels de l'accueil sont informés des procédures à suivre en cas d'incident/accident. Le SAMU est à moins de 5 minutes du site et les pompiers à moins de 10 minutes.

Chapitre 2

Réalisations



PRODUCTIONS SCIENTIFIQUES

I. Publications scientifiques

I.1. Production du laboratoire sur la période 2008-2013

Les nombres de chercheurs et enseignants-chercheurs considérés sont ici des valeurs moyennes estimées sur la période (145 ETP = 1 et 93 ETP = 0,5)³.

Production du laboratoire (janvier 2008-juin 2013), sans doublons

	ACL	ASCL	INV	ACTI	ACTN	COM	AFF	OS	DO	AP	BV	Total
01/2008 - 06/2013	666	1	126	1174	156	100	98	124	39	146	25	2655
Par an, par C/EC (ETP=1, soit 145 C/EC)	0,84	0	0,16	1,47	0,20	0,13	0,12	0,16	0,05	0,18	0,03	3,33
Par an, par C/EC (ETP=0,5, soit 93 C/EC)	1,30	0	0,25	2,30	0,30	0,20	0,19	0,24	0,08	0,29	0,05	5,19

Dans le tableau ci-dessus, la première ligne donne le nombre de productions pour l'ensemble du laboratoire dans les différentes catégories de la nomenclature AERES.

La seconde ligne donne le ratio production par ETP et par an en considérant de manière identique enseignants-chercheurs et chercheurs à temps plein.

Si l'on considère comme c'est parfois l'usage, qu'un enseignant-chercheur ne peut consacrer que 50% de son temps d'activité à la recherche, on obtient les chiffres donnés dans la troisième ligne.

Remarque : les brevets comptabilisés sont ceux qui ont été publiés sur la période.

I.2. Comparaison avec la période précédente du LIRMM

Lors de la dernière évaluation du laboratoire, l'évaluation a porté sur les équipes. La production du laboratoire a donc été obtenue en faisant la somme de la production des équipes. Ainsi, les publications cosignées par des membres de deux équipes différentes pouvaient être comptabilisées 2 fois.

Pour pouvoir comparer avec l'évaluation précédente, nous avons repris les mêmes règles de calcul et avons obtenu le tableau ci-dessous :

³ L'échelle de calcul pour les ETP est le mois. Ainsi, un chercheur présent durant toute la période de l'évaluation (janvier 2008 - juin 2013, soit 66 mois) représentera 1 ETP / an. Un chercheur arrivé le 1^{er} août 2010 représentera 35/66 ETP (17,5/66 pour un enseignant-chercheur).

**Comparaison avec la période précédente :
somme de la production des équipes (janvier 2008-juin 2013)**

	ACL	ASCL	INV	ACTI	ACTN	COM	AFF	OS	DO	AP	BV	Total
01/2008 - 06/2013	706	1	129	1266	178	103	107	134	40	156	26	2846
Par an, par C/EC (ETP=1, soit 145 C/EC)	0,89	0	0,16	1,59	0,22	0,13	0,13	0,17	0,05	0,20	0,03	3,57
Par an, par C/EC (ETP=0,5, soit 93 C/EC)	1,38	0	0,25	2,48	0,35	0,20	0,21	0,26	0,08	0,30	0,05	5,56

Ces chiffres permettent de montrer que plus de 130 publications (revues et conférences internationales) sont le fruit de collaborations inter-équipes. De la même façon, plus de 30 publications sont le fruit de collaborations entre chercheurs de départements différents.

Les tableaux montrent que la période 2008-2013 a vu une croissance sensible du nombre de publications, par chercheur et par an, en comparaison de la période précédente : chaque chercheur a publié, en moyenne, 3,56 articles ou communications chaque année, contre 2,59 sur la période précédente (2005-2008). Si l'on considère comme c'est parfois l'usage, qu'un enseignant-chercheur ne peut consacrer que 50% de son temps d'activité à la recherche, le ratio s'élève à 5,55 contre 4,14 sur la période précédente.

I.3. Pour mémoire, production du laboratoire sur la période 2005-2008

Production du laboratoire (somme de la production des équipes, 2005-2008)

	ACL	ASCL	INV	ACTI	ACTN	COM	AFF	OS	DO	AP	BV	Prix	Orga	Total
Pour mémoire 2005-2008	377	3	63	821	144	127	30	84	41	191	12	9	37	1357
Par an, par C/EC (ETP=1, soit 131 C/EC)	0.72	0.01	0.12	1.57	0.27	0.24	0.06	0.16	0.08	0.36	0.02	0.02	0.07	2,59
Par an, par C/EC (ETP=0,5, soit 82 C/EC)	1.15	0.01	0.19	2.50	0.44	0.39	0.09	0.26	0.13	0.58	0.04	0.03	0.11	4.14

Nomenclature AERES :

ACL Articles dans des revues internationales ou nationales avec comité de lecture répertoriées par l'AERES ou dans les bases de données internationales (ISI Web of Knowledge, Pub Med...).

ASCL Articles dans des revues sans comité de lecture.

INV Conférences données à l'invitation du Comité d'organisation dans un congrès national ou international.

ACTI Communications avec actes dans un congrès international.

ACTN Communications avec actes dans un congrès national

COM Communications orales sans actes dans un congrès international ou national.

AFF Communications par affiche dans un congrès international ou national.

OS Ouvrages scientifiques (ou chapitres de ces ouvrages).

DO Direction d'ouvrages ou de revues

AP Autres productions : rapports ANR, européens, bases de données, logiciels, comptes rendus d'ouvrages, guides techniques, rapports intermédiaires de grands projets internationaux, etc

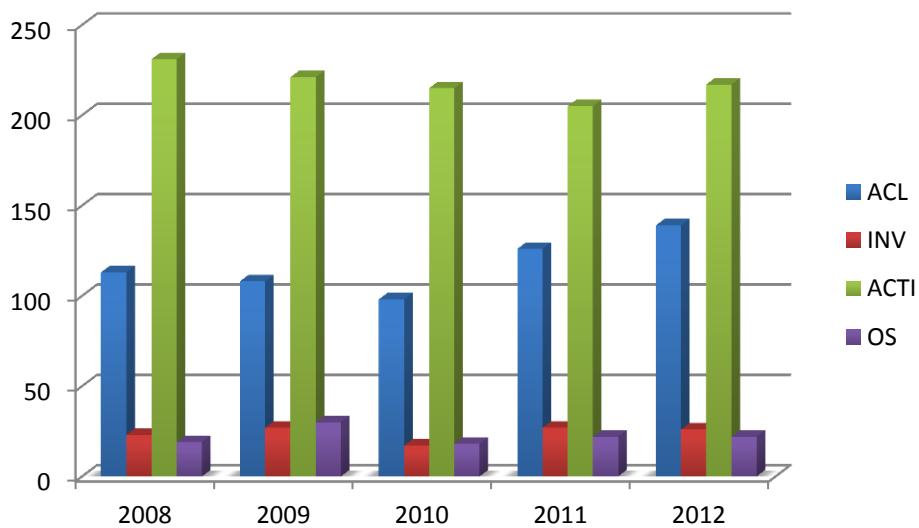
BV Brevets



En comparaison avec la période précédente, plusieurs constats peuvent être dressés :

- Une augmentation du nombre de publications par an et par ETP dans des revues internationales (+23% si ETP/EC=1 et +20% si ETP=0.5) et du nombre de conférences invitées (+33% et +32%). Pour les revues, cette augmentation est régulière depuis deux ans comme le montre le graphique représentant l'évolution de la production scientifique (ACL, INV, ACTI et OS) par année. Ces chiffres traduisent une volonté d'améliorer la qualité de diffusion de nos résultats en choisissant des médias à plus fort impact.
- Une production équivalente dans des conférences internationales par an et par chercheur ou par ETP. La hausse de la production en revues comparée au maintien de la production en conférences internationales s'explique par notre volonté d'améliorer qualitativement notre production et par une évolution du financement de la recherche (diminution des crédits récurrents, augmentation des crédits fléchés sur projet) qui rend plus difficile la dissémination dans les conférences.
- Une stabilité du nombre d'ouvrages scientifiques et de brevets.

Evolution de la production scientifique (ACL, INV, ACTI et OS) par année



RAYONNEMENT ET ATTRACTIVITE ACADEMIQUES

I. Un laboratoire attractif

L'arrivée d'un grand nombre de chercheurs CNRS et Inria sur la période, le niveau des concours d'enseignants-chercheurs ([voir la liste des publications antérieures à l'arrivée au LIRMM en ANNEXE 6](#)) montrent que le laboratoire attire de jeunes et brillants chercheurs. Avec le recrutement de 13 chercheurs CNRS sur la période, le laboratoire est d'ailleurs l'un des laboratoires parmi les plus attractifs de l'INS2I ([voir RELATIONS INTERNATIONALES](#)).

II. L'organisation de conférences scientifiques de grande renommée

Le rayonnement du laboratoire se traduit aussi par l'organisation d'importantes conférences internationales dans plusieurs secteurs : intelligence artificielle, génie logiciel, test... ([voir la liste des conférences organisées par le LIRMM en ANNEXE 10](#)).

III. Un personnel impliqué

III.1. Chercheurs et enseignants-chercheurs

Entre 2008 et 2013, de nombreux chercheurs et enseignants-chercheurs du LIRMM ont occupé des fonctions de haut niveau pour l'intérêt de la communauté et de nos tutelles et partenaires. En voici quelques-unes qui sont externes au LIRMM et à nos départements d'enseignement :

III.1.1 Fonctions locales universitaires :

- 2 Présidences de l'UM2,
- 3 Vice-Présidences de l'UM2 et une Vice-Présidence de l'Université de Perpignan,
- 2 représentants au CA de l'UM2, 2 au CS de l'UM2,
- Direction d'une UFR à l'UM3,
- Direction de la Faculté des Sciences jusqu'en 2010,
- Direction de Polytech Montpellier,
- Direction adjointe de l'IUT de Nîmes.

III.1.2 Fonctions dans un institut du CNRS :

- 4 membres du CoNRS (dont Bruno Durand qui a fini son mandat de président de la section 7 du CoNRS en étant au LIRMM, et François Pierrot qui a commencé la période comme président de cette section),
- 3 chargés de mission et délégués scientifiques de l'INS2I, de l'INSTITUT, INSMI,
- 1 membre du CSI INS2I.

III.1.3 Fonctions de nature nationale

- Plusieurs membres du CNU 27, 61 et 63 (7 actuellement),
- Membre du bureau de la CDUS,
- Animation et participation à des groupes d'Allistene (Alliance des sciences et technologies du numérique),
- Responsabilités au sein de 4 Groupements de Recherche (GdR) mis en place au CNRS : SoC-SiP (« System-On-Chip » et « System-In-Package »), BIM (Bioinformatique Moléculaire), IM (Informatique Mathématiques), et Robotique.

III.1.4 Fonctions de nature internationale

- Représentant français à l'IARP,
- Vice-président de l'ETTTC de l'IEEE,
- Éditeur en chef de ASP JOLPE,
- Plusieurs membres de comités éditoriaux.

III.2. Ingénieurs, techniciens et personnels administratifs (ITA)

Encouragés par la Direction, les Ingénieurs, Techniciens et Personnels Administratifs (ITA) du laboratoire sont nombreux à endosser des responsabilités au sein de différentes institutions et réseaux partenaires, à participer aux jurys de concours internes et/ou externes, jurys de PFI (Primes de Fonctions Informatiques) et groupes nationaux d'experts pour les avancements de carrière (CNRS) et à s'impliquer dans des groupes de travail régionaux et nationaux. Quelques exemples :

III.2.1 Fonctions électives

- Membre élu du Conseil d'Administration de la Faculté des Sciences de l'UM2,
- Animation du [réseau Doccitanist](#),
- Participation au CP du [réseau national RENATIS](#),
- Animation des réseaux LASER (réseau régional des Administrateurs Systèmes et Réseaux du Languedoc Roussillon) et RESINFO (réseau national des Administrateurs Systèmes et Réseaux),
- Animation du Groupe de Travail 1 (Système et Réseau) du comité d'organisation des JRES 2013 (2012-2013),
- Participation au comité technique HDMON.

III.2.2 Participation à des groupes de travail nationaux

- Participation au réseau DEVLOG (fédération de réseaux de développeur-es de codes pour l'Enseignement Supérieur et la Recherche : CNRS, INRA, Inria),
- Participation à l'équipe-projet GESLAB Partenariat (système d'information financier interfacé aux systèmes d'information des universités),
- Participation au Groupe Calcul du CNRS,
- Participation au Réseau ReNaBi (Réseau National des plates-formes Bioinformatiques),
- Participation au groupe de travail MRCT-DSI du CNRS sur le nouvel outil collaboratif CORE,
- Participation au groupe de travail de l'Observatoire des Métiers du CNRS (OMES).

RELATIONS INTERNATIONALES

I. Le LIRMM et l'International

Le mot « international » est intrinsèque au monde de la recherche publique. En effet les travaux de recherche développés dans les laboratoires publics s'adressent à l'international, se positionnent par rapport à l'international, ne s'évaluent que par référence à l'international. Recherche et référence internationale sont donc intimement liées, presque consubstantielles.

Le LIRMM revendique aujourd'hui une position incontournable au niveau mondial comme en témoignent ses très nombreuses relations internationales. Différents indicateurs permettent de quantifier de manière claire l'intensité de ses relations internationales :

- L'organisation de conférences internationales,
- La présence de nombreux doctorants étrangers,
- Les visites de courte ou longue durée de chercheurs étrangers au sein du laboratoire,
- Les invitations de chercheur du LIRMM dans des organismes ou entreprises étrangers,
- Les collaborations de recherche informelles ou contractuelles,
- La création de structures de recherche internationales.

II. Attractivité internationale

Le LIRMM poursuit le développement de ses relations internationales notamment envers les pays d'Europe, d'Afrique du Nord, le Brésil, la Chine et le Japon. Cette politique se traduit notamment par l'accueil d'étudiants étrangers ou la mise en œuvre de partenariats internationaux (UMI JRL au Japon, LAFISI en Italie...).

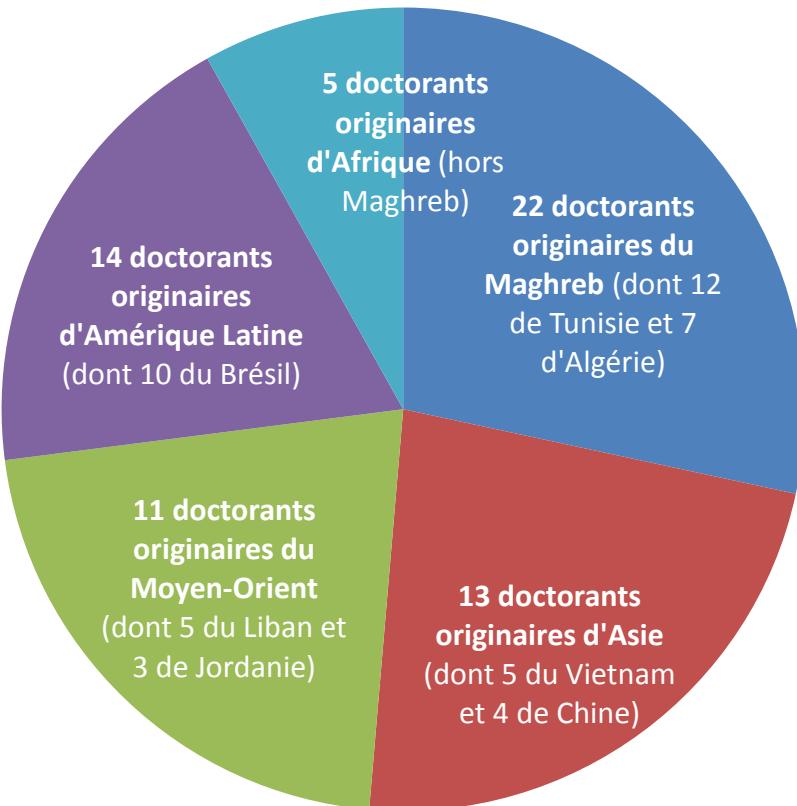
Par ailleurs, le LIRMM accueille chaque année de nombreux personnels étrangers et notamment des doctorants, post-doctorants mais également des personnels permanents.

Le recrutement de personnels permanents pour la période 2008-2013 illustre parfaitement l'attractivité internationale du laboratoire : 7 chercheurs étrangers (Albanie, Chine, Espagne, Italie, Japon, Russie) sur 20 entrants, 5 enseignants-chercheurs étrangers (Algérie, Bulgarie, Italie, Roumanie) sur 37 entrants.

III. Accueil de doctorants étrangers

De nombreux étudiants étrangers souhaitent effectuer un doctorat dans un autre pays que le leur et pour ce faire recherchent donc les laboratoires les plus cotés au niveau international. Il est bien connu que la valeur d'un doctorat est modulée par la reconnaissance du laboratoire et de l'équipe d'accueil. Ces dernières années, le nombre de doctorants étrangers a considérablement augmenté au LIRMM pour atteindre aujourd'hui la moitié des doctorants (76 doctorants étrangers sur un total de 155 en 2013), issus de 24 pays différents.

Répartition des étudiants par nationalité (juin 2013)



Dans l'ordre, les pays les plus représentés sont : la Tunisie (12), le Brésil (10), l'Algérie (7), le Liban (5), le Vietnam (5) et la Chine (4).

Le laboratoire est attractif pour les étudiants désireux d'y faire leur doctorat mais il est aussi attractif pour des chercheurs étrangers qui trouvent un intérêt particulier à venir passer une période plus ou moins longue dans nos murs. Il s'agit en général de chercheurs étrangers accueillis dans une équipe du LIRMM pour une période pouvant aller de quelques semaines à plusieurs mois, voire une année. Ces chercheurs travaillent en collaboration avec l'équipe d'accueil et profitent des compétences et de la structure du LIRMM. Entre 2008 et 2013, le LIRMM a accueilli plus de 80 visiteurs étrangers, dont 30 sont restés plus d'un mois.

IV. Conférences internationales

Dans la communauté de recherche internationale, le suivi des conférences est généralement assuré par un comité dédié qui, sur un cycle annuel, en confie l'organisation à des chercheurs reconnus internationalement. Dans la période considérée, le LIRMM peut s'enorgueillir de l'organisation de nombreuses conférences internationales ([voir la liste de toutes les conférences organisées par le LIRMM en ANNEXE 10](#)) parmi lesquelles certaines sont considérées comme des conférences majeures dans leur domaine (récemment : ECAI 2012, ETS 2013 et ECMFA-ECOOP-ECSA 2013).

V. Missions à l'étranger

L'international se fait dans les deux directions : le LIRMM accueille de nombreux visiteurs mais les chercheurs du LIRMM sont aussi souvent invités à l'étranger pour des périodes plus ou moins longues et dans des conditions de collaborations similaires. Sur la période de référence, on recense plus de 400 missions internationales par an. Cela signifie qu'en moyenne, chaque membre du LIRMM part à l'étranger au moins une fois par an.

VI. Collaborations de recherche

Outre les visiteurs et les invitations, la forme la plus courante de relation internationale est la collaboration de recherche. Ces collaborations peuvent être formelles dans un cadre contractuel. A titre d'exemple et pas des moindres, il peut s'agir de projets européens. Dans la période de référence, le laboratoire est ou a été impliqué dans 15 projets européens (FP6-FP7) avec les relations européennes qui en découlent.

Liste des projets européens 2008-2013

Programme	Période	Acronyme	Titre du projet	Equipe
FP6	2004-2008	PATENT	Design for Micro & Nano Manufacture	SYSMIC
FP6	2005-2009	NEXT	Next generation production systems	DEXTER
FP6	2006-2009	LOGOS	Knowledge on demand for ubiquitous learning	GRAPHIK
FP6	2006-2009	ACCUROBAS	Accurate Robot Assistant	DEXTER
FP6	2006-2010	PERPLEXUS	Pervasive computing framework for modeling complex virtually-unbounded systems	SYSMIC
FP6	2006-2011	FREESUBNET	A European research network on key technologies for intervention autonomous underwater vehicles	EXPLORE
FP7	2008-2013	TIME	Transverse, Intrafascicular Multichannel Electrode system for induction of sensation and treatment of phantom limb pain in amputees	DEMAR
FP7	2008-2012	ARAKNES	Array of Robots Augmenting the Kinematics of Endoluminal Surgery	DEXTER

Programme	Période	Acronyme	Titre du projet	Equipe
FP7	2010-2015	VERE	Virtual Embodiment and Robotic Re-Embodiment	IDH
FP7	2011-2014	CABLEBOT	Parallel Cable Robotics for Improving Maintenance and Logistics of Large-Scale Products	DEXTER
FP7	2011-2014	MONT-BLANC	European scalable and power efficient HPC platform based on low-power embedded technology	SYSMIC
FP7	2012-2016	ROBOHOW.COOG	Web-enabled and Experience-based Cognitive Robots that Learn Complex Everyday Manipulation Tasks	IDH
FP7	2012-2014	ICON	Inductive Constraint Programming	COCONUT
FP7	2011-2013	ECHORD - PRADA	Parallel Robot with Adaptive Dynamic Accuracy	DEXTER
FP7 - COST	2012-2016	TRUDEVICE	Trustworthy Manufacturing and Utilization of Secure Devices	SYSMIC

D'autres exemples de collaborations internationales sont décrits dans les fiches-équipes ([voir ANNEXE 1](#)).

Lorsque ces collaborations deviennent particulièrement intenses et productives, nos tutelles acceptent de créer des structures de recherche spécifiques telles que :

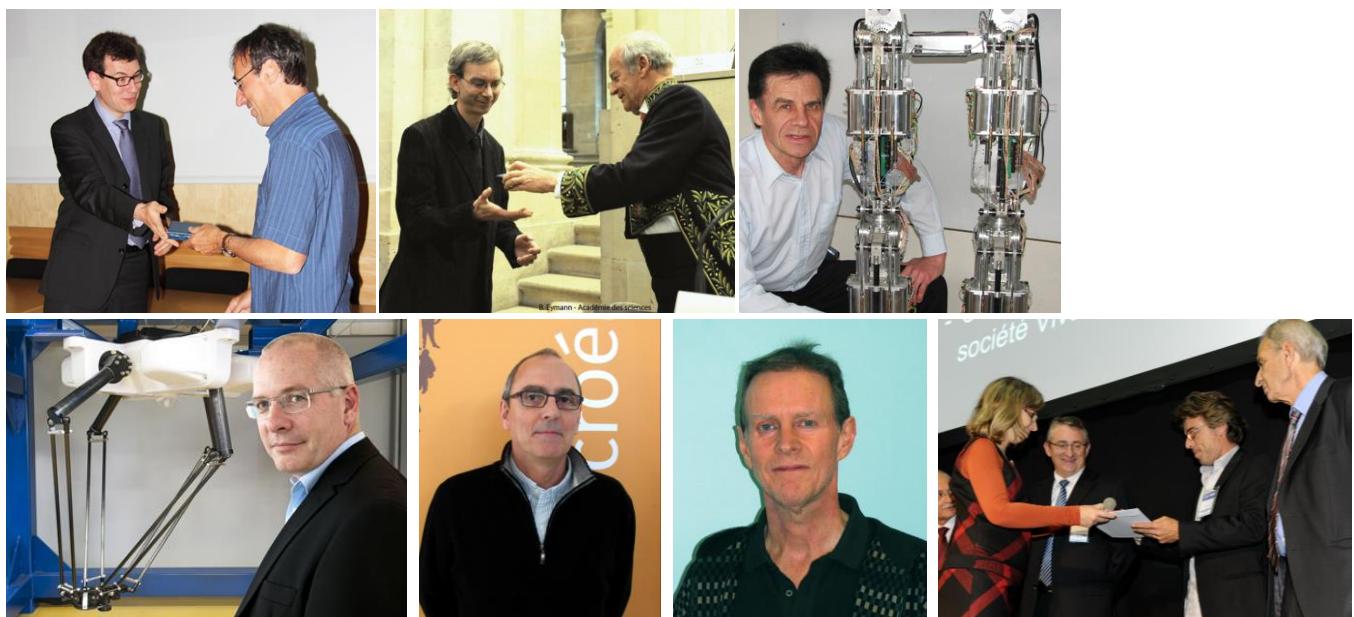
- [**L'Unité Mixte Internationale JRL \(Joint Robotics Laboratory\)**](#) dont la Direction française est assurée par un roboticien du LIRMM depuis fin 2008. Cette unité travaille sur des thématiques de robotique humanoïde en étroite collaboration avec l'AIST (National Institute of Advanced Industrial Science and Technology).
- [**Le Laboratoire International Associé ‘LAFISI’**](#) dont la Direction française est assurée par un micro-électronicien du LIRMM. Ce laboratoire inauguré en juin 2013 travaille sur des thématiques de test et fiabilité de System-On-chip.

DISTINCTIONS ET FAITS MARQUANTS

I. Distinctions

La distinction régulière de chercheurs, enseignants-chercheurs et ITA durant la période a été remarquable :

- En 2009, Olivier Gascuel (Directeur de Recherche en informatique) a reçu la Médaille d'Argent du CNRS.
- En 2010, David Guiraud (Directeur de Recherche en robotique) a reçu le Prix des Sciences de l'Information de la Fondation d'Entreprise EADS et Michel Benoit (Ingénieur de Recherche en robotique) a reçu le Cristal du CNRS.
- En 2011, François Pierrot (Directeur de Recherche en robotique) a reçu la Médaille de l'Innovation du CNRS.
- En 2012, Michel Renovell (Directeur de Recherche en microélectronique et Directeur Adjoint du LIRMM) a été distingué IEEE Fellow, Patrick Valdoriez (Directeur de Recherche en informatique) a été distingué ACM Fellow et David Andreu (Maître de Conférence en Robotique) a reçu le 1^{er} Prix FIEEC de la Recherche Appliquée.



De gauche à droite et de haut en bas :
Olivier Gascuel, David Guiraud, Michel Benoît,
François Pierrot, Michel Renovell, Patrick Valdoriez, David Andreu

A ces prix s'ajoutent de nombreuses distinctions au niveau régional : Bourses d'Excellence IBM (Thibaut Possompès, Lucie Copin, Benoît Lange), Prix spécial du Jury Georges Frêche (Vincent Creuze), Chercheurs d'Avenir du Languedoc Roussillon (Eric Rivals, Mathieu Martel, Vincent Berry, Anne Laurent, Christophe Paul), etc.

II. Faits marquants

II.1. Sept Projets d'Investissement d'Avenir (PIA) en cours

La réussite de nombreux Projets d'Investissement d'Avenir (PIA) impliquant le LIRMM sur l'interface STIC-Santé-Environnement est probablement l'un des faits marquants de la période. Ces projets ont montré l'impact de notre laboratoire dans ce secteur :

- Le projet LabEx NUMEV
- Le projet LabEx CAMI
- L'Institut de Biologie Computationnelle (IBC)
- ReNaBi (le Réseau National des plates-formes Bioinformatiques)
- Le projet PSPC INTENSE
- L'EquipEx GEOSUD
- L'EquipEx ROBOTEX

II.2. Le développement du partenariat avec Inria

Le développement du partenariat entre Inria et le LIRMM est un élément à mettre en valeur. La signature de la première convention au niveau national entre CNRS-Inria-Université au sujet d'une UMR a récompensé de longs efforts de collaborations.

II.3. Une forte activité de valorisation

Au-delà de son rayonnement scientifique national et international, le LIRMM est un acteur incontournable du développement économique de l'agglomération montpelliéraise, avec, sur la période de référence, une forte activité d'innovation et de transfert technologique :

- Nomination de 2 membres du LIRMM comme VP Innovation et Valorisation des Universités de Montpellier 2 et de Perpignan (respectivement : François Pierrot et Mathieu Martel)
- Participation au CA d'AxLR, la Société d'Accélération du Transfert de Technologies (SATT) du Languedoc-Roussillon. Les représentants de l'UM2, du CNRS et de l'Université de Perpignan sont tous les trois des membres du LIRMM.
- 4 entreprises créées par des porteurs issus du LIRMM (**voir VALORISATION DE LA RECHERCHE ET INNOVATION**),
- Forte implication des membres du LIRMM dans les structures de valorisation et d'incubation de la Région (Transferts LR, Languedoc-Roussillon Incubation, le Business Innovation Center de Montpellier Agglomération...)
- Au sein de Transferts LR : 3 membres du LIRMM font partie du Conseil d'Orientation Scientifique, Technique et Industriel (COSTI) « Mécatronique et Systèmes Industriels », et 6 font partie du COSTI « Informatique Multimédia TIC ». Ces 2 COSTI ont d'ailleurs été présidés par des membres du LIRMM.

II.4. Un laboratoire de plus en plus attractif

Entre 2008 et 2013, 20 chercheurs ont rejoint le LIRMM (13 du CNRS et 7 d'Inria) par concours ou mutation. De même, 3 équipes ont rejoint le laboratoire : DALI, ESCAPE et ZENITH.

II.5. Une forte hausse des publications dans les revues

La période 2008-2013 a vu une croissance sensible du nombre de publications, par chercheur et par an, en comparaison de la période précédente : chaque chercheur a publié, en moyenne, 1,3 articles dans des revues scientifiques chaque année ce qui correspond à une hausse supérieure à 20% par rapport à la période précédente.

II.6. Une activité évènementielle en forte hausse

Le nombre de congressistes accueillis chaque année par le LIRMM est en constante augmentation : 3755 congressistes pour la période 2009-2012, contre 2500 pour la période 2005-2008, soit une augmentation de 50%. Ce boom évènementiel traduit l'attractivité de plus en plus forte de notre laboratoire mais constitue également une charge de travail supplémentaire difficile à assumer pour les services administratifs du LIRMM.

VALORISATION DE LA RECHERCHE ET INNOVATION

I. Stratégie, organisation et animation

Le LIRMM a fait de la valorisation de la recherche et de l'innovation une de ses priorités. Les actes de valorisation des travaux de recherche sont autant de succès pour les chercheurs et les personnels qui accompagnent ces activités. Depuis plusieurs années, nous avons fait le choix de donner un cadre à la valorisation, de développer des partenariats industriels sur le long terme à la fois au plan régional et national, de renforcer notre implication au niveau européen, et de mettre en lumière nos réussites dans ce domaine.

Le service Valorisation, mis en place en 2008, a pour mission d'accompagner et d'aider les chercheurs dans le montage des projets (ANR, Europe, Industrie), de développer les relations avec les entreprises et de suivre/susciter l'émergence d'entreprises innovantes en établissant les liens nécessaires avec les équipes de recherche mais aussi avec nos partenaires institutionnels.

Afin de favoriser l'animation, une Commission « Valorisation », pilotée par la Direction, a été créée en février 2011. Elle est composée de représentants de chaque département scientifique, de membres du Conseil Scientifique et de la Direction du laboratoire. Cette commission est source de propositions pour le développement des actions de valorisation. Elle examine aussi les projets d'accompagnement à la création en lien avec le Conseil Scientifique et le Directoire du laboratoire. Une fois l'aval de ces instances obtenu, chercheurs et entreprises peuvent s'engager en sachant qu'ils seront soutenus par le laboratoire.

Des actions sont régulièrement organisées afin d'entretenir et de développer une culture partenariale auprès des personnels du LIRMM, d'une part et, nos relations avec nos partenaires, d'autre part : petit déjeuner de sensibilisation à la création d'entreprises, journées thématiques de rencontres avec les entreprises. En 2008 et 2010, deux journées de rencontres avec les entreprises du secteur des jeux vidéo ont été organisées avec Montpellier Agglomération. En octobre 2012, une journée de rencontre entrepreneurs-chercheurs, « Innover ensemble dans le domaine des TIC », a été organisée avec le département Informatique du LIRMM, le CINES et nos partenaires Transferts LR, le BIC de l'Agglomération de Montpellier, LR-Incubation et la DRRT LR. Cette journée a réuni une cinquantaine de participants.

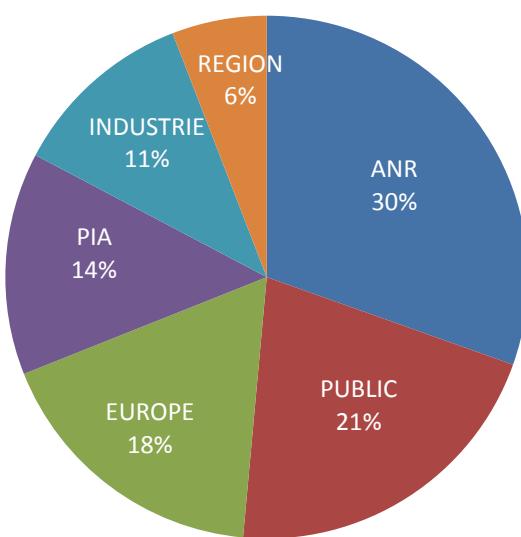
De plus, nous avons une politique active de communication sur ce sujet, aussi bien par le biais de LIRMM Infos que par la voie de communiqués de presse, pour rendre compte de cas exemplaires de valorisation. Une plaquette « Valorisation » (disponible en version papier et web) destinée à nos partenaires industriels présente l'ensemble de nos savoirs et savoir-faire ainsi que les plateformes du laboratoire.

II. Actions contractuelles

Sur la période 2008-2013, le bilan financier des actions contractuelles s'élève à environ 28,4 M€, ce qui représente de l'ordre de 270 conventions correspondant aux différentes sources de financement suivantes : ANR, Europe, PIA, financements privés (contrats avec industriels, fondations privées), région, autres financements publics (MINEFI, FUI, INSERM, CEA, DGA, PEPS, PICS). La répartition des sources de financement et la contribution globale des différentes sources sont illustrées par les figures 21 à 24.

Sources de financement 2008-2013

Montant global : 28,4M€



Le détail des montants et du nombre de contrats année par année est fourni dans les figures 22 et 23. Hors PIA, la moyenne annuelle (sans 2013) des actions contractuelles est d'environ 4,3 M€.

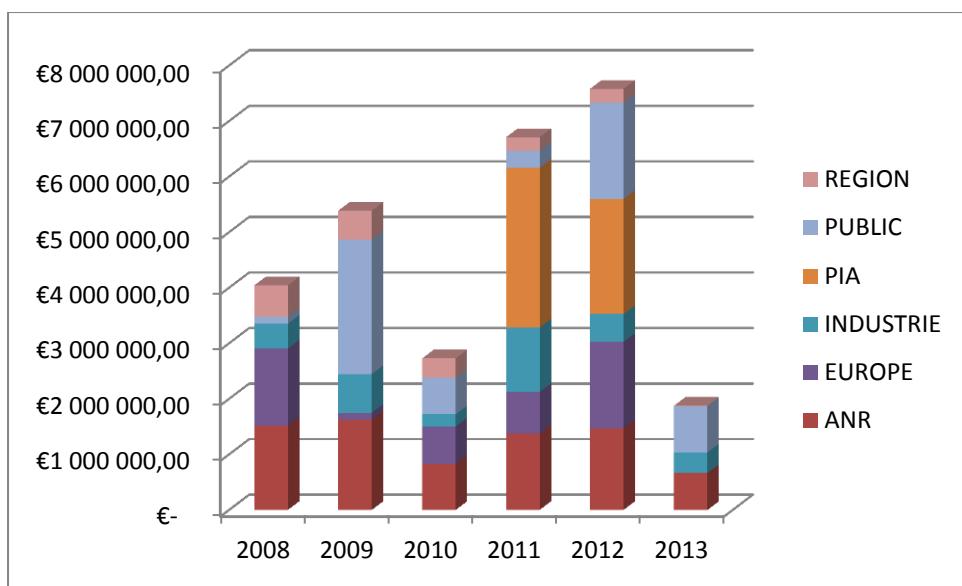
Montant des nouveaux contrats obtenus chaque année en fonction du financeur (en k€)

FINCEUR	2008	2009	2010	2011	2012	2013	Total général
ANR	1520	1622	827	1372	1469	666	7476
AUTRES		76					76
EUROPE	1385	128	676	750	1556		4495
INDUSTRIE	445	695	218	1159	500	371	3388
PIA				2878	2074		4952
PUBLIC	123	2422	657	310	1737	833	6082
REGION	569	520	349	240	244	5	1927
Total général	4042	5463	2727	6709	7580	1875	28396

Nombre de nouveaux contrats obtenus chaque année en fonction du financeur

FINANCEUR	2008	2009	2010	2011	2012	2013	Total général
ANR	9	12	7	8	10	5	51
AUTRES		2					2
EUROPE	2	1	1	3	3		10
INDUSTRIE	15	16	14	26	22	9	102
PIA				2	2		4
PUBLIC	6	13	10	8	15	16	68
REGION	12	7	12	6	6	1	44
Total général	44	51	44	53	58	31	281

Contribution globale des différentes sources, par année



S'agissant des projets ANR, le taux de réussite moyen de notre laboratoire, établi sur les 4 dernières années, est de l'ordre de 27%, pour, en moyenne 25 à 30 projets déposés chaque année. Ce taux de réussite est exceptionnel, en regard des taux de succès nationaux qui ne cessent de chuter (de 28% en 2005 à 20% en 2012).

III. Partenariats industriels

Les équipes du LIRMM sont fortement impliquées dans des projets de recherche en lien direct avec l'industrie. Ces relations avec l'industrie se développent aussi bien dans la sphère régionale (Tecnalia, Cortus, Alci, Intrasense...), qu'auprès de grands acteurs nationaux et internationaux (Thales, IBM, STMicroelectronics, NXP, EADS, PSA, Berger-Levrault...) ou encore à travers des partenariats public-privé à l'échelle européenne (ENIAC JU, Eureka Catrene).

Ce partenariat industriel se concrétise aussi par une participation du laboratoire dans deux projets de recherche et développement structurants des Pôles de Compétitivité : le projet INTENSE ([voir l'encart INTENSE](#)) sur les neuroprothèses, labellisé par Minalogic et piloté par la société SORIN, et le projet ROMEO2 qui porte sur la robotique humanoïde d'assistance (négociations en cours).

Entre 2008 et 2013, le laboratoire a également été impliqué dans 6 projets FUI sur des problématiques industrielles telles que la sécurité pour les composants et circuits intégrés (CALISSON 1 et 2, PROSECURE, HOMERE), l'efficacité énergétique des "Systems On Chip" (HiCool) ou encore les TIC pour l'efficience énergétique (RIDER).

Le laboratoire travaille en lien étroit avec de nombreux pôles de compétitivité situés dans la région (Derbi, Qualimed, Eurobiomed, Eau) ou hors de la région (Minalogic, Cap Digital, SCS, ViaMéca).

Sur la période, le LIRMM compte 61 doctorants financés par des contrats CIFRE. Ces jeunes chercheurs contribuent fortement à la réalisation de ponts jetés entre les préoccupations d'accroissement des connaissances et celles du développement économique.

Le projet INTENSE

Le projet PIA PSPC INTENSE concerne une Initiative Nationale Technologique d'Envergure pour une Neurostimulation Evoluée. Il vise notamment à traiter, par stimulation du nerf vague, des pathologies telles que l'insuffisance cardiaque et l'obésité sévère. Il a plus généralement pour objectif le développement d'une plateforme micro-électronique innovante de neurostimulation, dont les applications dans le domaine de la santé créeront à terme une nouvelle filière de technologies médicales française. Piloté par SORIN Group, il implique les industriels MXM-Obélia et 3D-Plus, 3 hôpitaux (HEGP Paris, CHU Rennes, CHU Grenoble) et 4 partenaires académiques : DEMAR (LIRMM-Inria), CEA-Leti, INSERM-Ltsi, INRA-Rennes.

Financement : 17 M€, dont 1,5 M€ pour le LIRMM

Responsable pour le LIRMM : David Guiraud

IV. Partenariats forts

Durant ce quinquennat, le LIRMM a mis en place plusieurs partenariats forts afin de valoriser sa recherche scientifique et de favoriser l'innovation technologique sur le long terme, à la fois avec des acteurs privés comme IBM, Tecnalia, ou encore NXP (laboratoire commun LIRMM-NXP ISyTest) et avec des acteurs publics (comme le CEA-Leti). Dans les encadrés sont illustrés des exemples de partenariat, chacun correspondant à un modèle de collaboration.

Un partenariat fort avec IBM

Les relations entre le LIRMM et IBM sont anciennes et les liens ont été renforcés par la présence d'IBM aux côtés des activités d'enseignement de certains membres du LIRMM (Faculté des Sciences / Polytech'Montpellier).

Un co-laboratoire IBM / UM2 a vu le jour en novembre 2009 afin de faire levier des savoir-faire conjoints d'IBM et des laboratoires de l'Université Montpellier 2 pour développer des travaux d'innovation. A la fois ambitieuse et concrète, la collaboration est menée au travers de projets spécifiques, impliquant le plus souvent d'autres partenaires académiques et industriels. Elle a principalement deux objectifs :

- transférer cette innovation technologique vers les laboratoires IBM et vers les partenaires pour créer de nouvelles offres de services,
- développer et mettre en œuvre les enseignements accompagnant ces innovations au sein de l'université.

Une convention a ainsi été signée avec Polytech'Montpellier pour développer un cursus spécifique en architecture des systèmes d'information en option de dernière année du département Informatique et Gestion.

Le projet RIDER est également un bel exemple de réussite de projet collaboratif entre le LIRMM et IBM. Au-delà d'IBM, de l'UM2, de l'IES et du LIRMM, le consortium réunit plusieurs entreprises (dont des PME locales et des groupes tels qu'EDF et Cofely). Le projet a pour objectif de développer de nouvelles méthodes de traitement de données plaçant les Technologies de l'Information et de la Communication (TIC) au cœur des outils de demain pour optimiser la consommation énergétique (électrique et thermique) d'un groupe de bâtiments. Cette méthode d'analyse et de traitement des données est testée en environnement réel sur plusieurs pilotes, dans le centre de calcul d'IBM Montpellier (Green Data Center) et les bâtiments industriels proches.

Ce projet a été labellisé par le pole DERBI puis sélectionné par le Fonds Unique Interministériel (FUI) et est ainsi partiellement financé par le Ministère de l'Industrie. Au sein de ce projet, en plus des doctorants financés par le projet FUI, 3 doctorants ont été financés sur les fonds propres d'IBM et de l'UM2, dont 2 au LIRMM. Plusieurs prix ont été obtenus sur le projet RIDER (PhD fellowships, prix spécial de la recherche du prix de la croissance verte numérique 2010).

Pour plus d'informations, voir l'encart HPC@LR.

Le Laboratoire Commun ISyTest (LIRMM - NXP Semiconductors)



Le laboratoire commun ISyTest (Institute for System Testing) entre le LIRMM et NXP Semiconductors (anciennement Philips Semiconductors) a été officiellement créé en mai 2006. C'est un laboratoire multisites (Caen-Montpellier). L'objectif du laboratoire est de proposer des méthodes et techniques innovantes dans le domaine du test de systèmes intégrés (SoC et SiP). Il est défini sur la base d'un contrat de 4 ans renouvelable et piloté par le responsable, assisté d'un comité scientifique constitué d'experts scientifiques NXP et LIRMM et d'un comité directeur qui valide les choix du responsable et du comité scientifique en termes d'axes de recherches et de budget associé.

D'un point de vue qualitatif et quantitatif, le laboratoire compte 3 brevets en cours de dépôt, 5 présentations invitées dans des conférences internationales, 7 articles dans des revues scientifiques et 15 papiers dans des conférences ou workshops internationaux. Deux de ces publications ont été primées (meilleure contribution : best paper award à la conférence ETS 2006 et meilleur article 2007 de la revue IET Computers and Design Techniques Journal). D'autre part, plusieurs techniques développées dans le cadre du laboratoire commun sont en cours de transfert pour le test de produits de NXP. Enfin, ISyTest a permis la création de deux PME en 2009 sur des thèmes dérivés de l'activité du laboratoire.

En 2010, le comité directeur a eu lieu à Caen. Durant ce comité, les résultats de cette structure mixte industrie/laboratoire public ont été qualifiés d'exceptionnels et ont conduit tout naturellement au renouvellement de la structure pour 4 ans supplémentaires.

Directeur pour le LIRMM : Serge Bernard

TECNALIA

Tecnalia est une fondation de recherche technologique, forte de 1500 scientifiques, de statut privé mais à but non-lucratif. C'est la quatrième plus importante organisation de ce type en Europe, après Fraunhofer en Allemagne, TNO aux Pays-Bas et VTT en Finlande. Cette fondation s'est donnée pour mission de créer des liens entre recherche académique et innovation industrielle dans des secteurs variés : matériaux, énergies renouvelables, logiciels, construction, robotique...

C'est sur ce dernier secteur qu'est née la relation entre Tecnalia et le LIRMM, dès la fin des années 1990, par le truchement de projets européens centrés sur les machines et robots parallèles (Robotool, Mach21, Ahead). Le champ des collaborations s'est ensuite étendu à d'autres thématiques, comme par exemple la frontière robotique - sciences du mouvement (projet européen Hebe, puis financement d'un post-doctorant), l'automatique (commande d'actionneurs pneumatiques, sous forme de contrat CIFRE), les robots à câbles (sous forme de contrat CIFRE, puis de projet ANR CoGiRo et enfin de projet européen CableBot) et même la thématique « fouille de données », avec le soutien à un projet de recherche visant à améliorer la maintenance préventive de matériel ferroviaire par l'analyse de flux massifs d'informations issues de capteurs embarqués.

Toutes ces recherches ont donné lieu, depuis 2005, à la soutenance de 5 thèses, au financement direct de 2 post-doctorats, au dépôt de 5 brevets communs, 25 articles dans des conférences internationales réputées, 5 articles dans des journaux internationaux. De plus Tecnalia France, filiale de Tecnalia créée à Montpellier pour se rapprocher du LIRMM, emploie aujourd'hui 2 docteurs formés au LIRMM.

Nous envisageons pour le futur proche de formaliser plus avant cette collaboration fructueuse en proposant à l'ANR de monter un Laboratoire Commun Tecnalia-LIRMM (LabCom).

Innovation-Lab (Inria)

L’Innovation-Lab est une action Inria équivalente à un laboratoire commun « léger » avec une PME. Il permet de doter les équipes concernées de moyens financiers et humains (ingénieurs) pour accompagner la mission de transfert. Le LIRMM accueille deux I-Lab Inria en son sein.

L’I-lab SoftStim implique l’équipe DEMAR et la société MXM. Il est dédié à la concrétisation d’une nouvelle génération d’implants et vise à l’émergence d’une technologie industrielle novatrice. Il fait suite à plusieurs années de collaboration. Il est un cadre de contractualisation et de mutualisation de nos compétences et des acteurs associés. Trois ingénieurs et deux stagiaires ingénieurs de MXM sont installés dans nos locaux (2 autres ingénieurs MXM étant impliqués à distance, i.e. localisés chez MXM), une proximité très favorable au transfert.

L’I-Lab Triton entre l’équipe ZENITH et la jeune société Beepeers est dédié à la création d’un middleware collaboratif des réseaux sociaux en pair à pair intégrée à la plateforme de la société afin de faciliter et d’automatiser les installations de plateformes, de gérer les mises à jour et les correctifs de toutes les plateformes ou encore d’échanger simplement les données métiers et les services d’un cloud à l’autre. L’I-Lab s’appuie sur l’expertise de l’équipe dans la conception et la réalisation du prototype de recherche « SON : Shared-Data Overlay Networks ».

V. Brevets et dépôts APP (Agence de Protection des Programmes)

Entre 2008 et 2013, 25 brevets impliquant des chercheurs du laboratoire ont été publiés. Parmi ces 25, 20 ont été déposés pendant la période et 7 ont été délivrés. 22 font l’objet de demandes d’extensions à l’international. Au total sur la période 27 brevets ont été déposés donc 7 sont en cours d’instruction.

Ces brevets couvrent un très large spectre de compétences et de savoir-faire du laboratoire : mécanismes et robots parallèles, capteurs, systèmes sur puce, mémoire non volatile, dispositifs médicaux implantables... L’encart ci-dessous donne un exemple de nos savoirs et savoir-faire et de notre capacité à réaliser du transfert laboratoire-entreprise.

A ces brevets s’ajoutent 6 dépôts de logiciels auprès de l’Agence de Protection des Programmes.

Le brevet WO 2006027473 déposé par l'équipe DEMAR

Le brevet WO 2006027473, délivré en France, au Japon, aux USA, en Chine et au Canada (encore en examen en Europe et au Brésil), est une illustration de nos savoirs, savoir-faire et de notre capacité à un transfert laboratoire-entreprise. Ce brevet déposé par l'équipe DEMAR sur un dispositif de répartition de courant entre les pôles d'une électrode multipolaire d'une unité de stimulation implantable distribuée, a fait l'objet de deux licences d'exploitation avec Obélia (MXM) et Neurelec (Oticon) et une troisième licence est envisagée avec SORIN Group.

VI. Création d'entreprises

Entre 2008 et 2013, le laboratoire a accompagné la création de 24 start-up innovantes. 4 d'entre elles ont été créées par des membres du laboratoire. L'impact du laboratoire est notable à plusieurs niveaux :

- 12 de ces start-up ont été distinguées par les jurys du Concours National d'Aide à la Création d'Entreprises de Technologies Innovantes
- 2 start-up ont été sélectionnées au niveau national pour la sixième édition du French Tech Tour organisé du 2 au 8 Juin 2012 dans la Silicon Valley : [We Are Cloud](#) et [Neijo](#)
- Environ 60-70 emplois ont été créés pendant la période 2008-2013.

Sur le plan régional, le LIRMM contribue à la création d'environ un quart des entreprises accueillies par le Business and Innovation Center (BIC) de Montpellier Agglomération, soit une entreprise sur deux dans le domaine des TIC.

INTERACTION AVEC L'ENVIRONNEMENT ACADEMIQUE

I. Nos tutelles : le CNRS et l'Université Montpellier 2

La situation du LIRMM vis à vis du CNRS est relativement classique : appartenance à l'INS2I avec l'INSIS comme rattachement secondaire.

Au niveau de l'UM2, la recherche est structurée en Pôles Formation-Recherche (PFR) thématiques. Le LIRMM est l'une des UMR du PFR MIPS. La communauté MIPS regroupe les chercheurs en Mathématiques, Informatique, Physique, EEA et Mécanique. Les domaines de compétence et les frontières géographiques de MIPS ont varié au cours de la période et évolueront certainement dans le cadre de la fusion UM1-UM2. En fait, la communauté MIPS existe depuis 2005 de façon de plus en plus formelle pour aborder des problèmes sociétaux dans leur ensemble et pour rendre visible l'existence sur le site de compétences significatives dans le domaine des sciences dures.

II. Le Pôle MIPS et le Campus Saint-Priest

Le pôle MIPS bénéficie d'une structuration efficace en un petit nombre d'UMR de grande taille. Ces UMR et ces disciplines ont déjà une longue vie commune avec une Ecole Doctorale possédant le même contour thématique. Pour animer la communauté et éviter la dispersion, nous avons mis en place des outils en plus de l'Ecole Doctorale comme le LabEx NUMEV pour structurer nos frontières avec la santé et l'environnement.

Les UMR de MIPS possèdent un effectif de 1225 membres dont 417 enseignants-chercheurs, 134 chercheurs, 163 BIATSS et IT et 365 doctorants. Le LIRMM représente un petit tiers de ces effectifs.

Au sein du pôle, les relations du LIRMM avec l'I3M (Institut de mathématiques), l'IES (Institut d'Electronique du Sud) et la Maison de la Télédétection (Espace Dev et TETIS qui pourrait intégrer MIPS dans un avenir proche) sont particulièrement fortes avec le partage de certaines thématiques (mathématiques discrètes, modélisation, système d'information, capteurs ou conception de systèmes) ou avec des compétences complémentaires qui permettent d'aborder des problèmes sociétaux (réseaux énergétiques intelligents, sécurité, données spatiales pour l'aide à la décision...).

La communauté MIPS à l'horizon 2015 sera répartie sur 3 sites : le Campus Saint-Priest (sciences et technologies de l'information et la communication et des systèmes, UMR LIRMM, IES, LMGC), le Campus Triolet (sciences physiques et mathématiques) et le site d'Agropolis (Maison de la Télédétection).

Nous avons entrepris des discussions avec l'IES et le LMGC en vue de définir ensemble une politique de site homogène, rationnelle, et dynamique. D'un point de vue pratique, cela nous a d'ores-et-déjà conduit à mettre en place des opérations de mutualisation de moyens, tant humains (communication, accueil, entretien) que matériels (véhicules, machines-outils, salles de réunions, informatiques). Mais au-delà de ces aspects de mutualisation, qui restent bien sûr primordiaux dans le cadre de la rigueur budgétaire, il ressort une véritable envie de mettre en place une politique scientifique de site, alliant recherche fondamentale et recherche technologique, avec comme ambition de devenir un acteur



majeur de la recherche et de l'innovation au niveau régional et national. En effet, nos voisins géographiques seront donc aussi des voisins thématiques. Cette proximité devrait entraîner une synergie encore plus efficace.

Avec notre accord, la Présidence de l'Université Montpellier 2 a décidé de donner au Campus Saint-Priest un nouveau nom : Henri Pitot.

III. Le LIRMM et Inria

Inria est présente dans la région à travers 5 équipes-projets dont 3 sont communes avec le LIRMM : DEMAR, GRAPHIK et ZENITH. Seule la première équipe était commune en début de période. Cette présence est source de dynamisme apporté par le centre Inria de Sophia Antipolis - Méditerranée. Entre 2008 et 2013, la présence d'employés Inria au LIRMM a plus que doublé pour atteindre maintenant 12 personnes et près de 10% ETP des forces de recherche du laboratoire.

La présence d'Inria a été déterminante sur plusieurs dossiers :

- Création d'un pôle Données visible au niveau régional et national,
- Apport d'une force de frappe significative pour renforcer nos relations avec le monde agronomique en particulier (le Languedoc-Roussillon est la première région européenne dans la recherche sur ce domaine)
- Soutien à l'UM2 pour permettre l'occupation du bâtiment rue de la Galéra par des chercheurs du LIRMM et éviter l'étouffement du laboratoire dans l'attente du nouveau bâtiment du Campus Saint-Priest
- Développement du Campus Saint-Priest (l'installation d'Inria dans la région est une priorité régionale et Inria souhaite se développer à proximité du LIRMM)

Devant le développement des relations entre le centre Inria Sophia Antipolis et le LIRMM, une convention a été signée en 2012 entre Inria, le CNRS et l'UM2 concernant le LIRMM. Cette convention dont le but est de mieux vivre ensemble, de simplifier le montage de projets communs, est la première du genre à avoir été signée et sert de modèle à d'autres pour renforcer les liens Inria-CNRS-universités.

Nous mettrons tout en œuvre lors du prochain quinquennat pour renforcer ces relations avec Inria afin de faciliter le travail des enseignants-chercheurs, quel que soit leur employeur, et de permettre un pilotage concerté des sciences du numérique dans la région.

IV. Le LIRMM et l'UPVD

Depuis 2011, le LIRMM accueille l'équipe DALI située physiquement sur le campus de l'Université de Perpignan Via Domitia. Cette opération a été bénéfique car elle a permis de créer une cohérence régionale autour du Calcul Haute Performance. Une des priorités pour la Direction du laboratoire est de formaliser les relations avec l'Université de Perpignan via un texte signé par les différentes parties prenantes (LIRMM, UPVD, UM2, CNRS).

INTERFACE AVEC LES SCIENCES DE LA VIE ET LES SCIENCES HUMAINES ET SOCIALES

Les chercheurs du LIRMM développent depuis de nombreuses années des recherches à l'interface de leurs disciplines d'origine et des sciences de la vie (depuis la biologie fondamentale jusqu'à l'agronomie, la santé et l'environnement) et des sciences humaines et sociales prises dans un sens large. Montpellier et sa région sont des places fortes dans ces disciplines. En particulier, Montpellier compte plus de 3000 chercheurs en agronomie et occupe la première place en Europe dans ce secteur en termes de recherche. De même, plus de dix unités de recherche dans le domaine de l'eau et de l'environnement sont implantées à Montpellier. Le secteur de la santé est fortement développé dans la région, avec l'un des plus importants CHU de France et de nombreux laboratoires de pointe à forte visibilité internationale. Le pôle « Sciences de l'Homme et de la Société » regroupe plus de 1000 chercheurs répartis au sein d'une quarantaine d'unités.

I. De nouveaux besoins

L'ensemble de ces domaines vit actuellement une mutation radicale et s'interface de plus en plus étroitement avec l'informatique, la robotique, la micro-électronique et avec d'autres sciences "dures" comme les mathématiques et la modélisation. Les raisons en sont multiples :

- De nouveaux systèmes et de nouvelles méthodes permettent d'acquérir et de produire des données toujours plus fines et exhaustives sur les phénomènes observés (exemples : données et images à toutes les échelles du vivant, génomes et séquences d'ADN, multiples relevés environnementaux, images satellitaires de différentes résolutions, données de simulation...).
- Ces corpus de données sont de plus en plus abondants (on parle de croissance exponentielle) et ils sont le plus souvent distribués et fortement hétérogènes.
- Il est nécessaire de les analyser toujours plus finement et d'en extraire des connaissances selon des objectifs multiples (connaissances fondamentales, procédures d'aide à la décision, systèmes automatiques et robotisés...).
- L'exigence de sûreté-sécurité pour de nombreuses actions (dans le domaine médical, agricole, biologique...) impose un suivi automatique et référencé sur des données acquises au préalable ou *in situ*.

Ainsi, les sciences de la vie et les sciences humaines et sociales évoluent d'un statut de sciences expérimentales vers celui de sciences computationnelles où la modélisation, l'analyse et l'automatisation jouent un rôle clef et ne se limitent plus au statut d'outils.

II. Des structures fédératrices établies et solides

Dans ce contexte, les chercheurs du LIRMM sont particulièrement actifs. Ils sont à l'origine de nombreux travaux dont la pertinence dans le secteur des sciences de la vie et des sciences humaines et sociales est maintenant démontrée. Des collaborations existent entre les équipes du LIRMM et de nombreux laboratoires et instituts de ces domaines. Les chercheurs du LIRMM ont fortement contribué à la structuration de ces interfaces aux échelles régionale et nationale.



Le LabEx NUMEV

Un laboratoire d'excellence pour les Solutions Numériques, Matérielles et Modélisation pour l'Environnement et le Vivant

Le LabEx NUMEV, créé le 25 mars 2011 dans le cadre des Investissements d'Avenir et doté de 8 millions d'euros, s'articule autour de 6 actions scientifiques, avec:

- 4 axes génériques : Modélisation, Algorithmes et Calculs, Données Scientifiques et Systèmes-Modèles
- 2 projets intégrés : Observation de l'environnement et du vivant et Aide à la personne malade ou déficiente.

Porté initialement par M. Robert (LIRMM) et soutenu par les Universités de Montpellier 1 et 2, le CNRS, Inria, l'INRA et SupAgro, le LabEx fédère une partie des activités du pôle MIPS, avec pour objectif de mettre en résonance les sciences et technologies et les sciences du vivant et de l'environnement pour faire émerger un pôle interdisciplinaire. Il est actuellement coordonné par le LIRMM (P. Poignet) et le laboratoire I3M (F. Nicoud).

A ce jour, le LabEx a co-financé 18 allocations de doctorat, en collaboration avec un organisme extérieur ou d'autres PIA (INRA, EMA, IRSTEA, UM1, LabEx CEMEB, PSPC INTENSE, etc.).

Le LabEx NUMEV soutient des actions à fort potentiel de valorisation et de transfert, comme par exemple la collaboration LIRMM-I3M-CHU autour de la détection de cellules rares dans le sang qui a conduit à un projet aujourd'hui en phase de maturation au sein de la SATT AxLR.

Le LabEx soutient également des actions d'animation scientifique permettant d'accroître la visibilité internationale du site comme, par exemple, l'Ecole d'Eté en Robotique Chirurgicale (collaboration LIRMM-CHU).

Le LIRMM s'implique fortement dans le projet, notamment autour des thématiques suivantes :

- la modélisation et la bioinformatique avec l'équipe MAB,
- le traitement de données massives et hétérogènes issues de l'environnement ou du vivant avec les équipes ZENITH et TATOO,
- l'observation de l'environnement à l'aide de moyens robotiques avec l'équipe EXPLORE,
- la conception de neuroprothèses avec l'équipe DEMAR,
- l'aide à la personne avec l'équipe IDH,
- l'assistance aux gestes de chirurgie avec l'équipe DEXTER,
- l'imagerie médicale avec l'équipe ICAR.

Le LIRMM est notamment à l'origine de deux projets régionaux importants :

- le LabEx NUMEV (2011), qui réunit des chercheurs du secteur MIPS (Mathématique, Informatique, Physique et Systèmes) travaillant sur l'interface avec l'environnement et le vivant ;
- l'Institut de Biologie Computationnelle (IBC, PIA 2012), qui est un hôtel à projets pluridisciplinaires réunissant le LIRMM et treize laboratoires montpelliérains, avec un équilibre entre chercheurs en sciences dures (mathématique et informatique) et en sciences de la vie (biologie, santé, environnement et agronomie).

Le LIRMM est également fortement associé à des Projets d'Investissements d'Avenir (PIA) nationaux :

- L'EquipEx GEOSUD, porté par TETIS et réunissant onze partenaires, dont l'objectif est de développer une infrastructure de données satellitaires au service de la communauté « Recherche sur l'environnement et les territoires ».
- Dans un autre domaine, l'Institut Français de Bioinformatique, dont le LIRMM est responsable pour le sud de la France, réunit l'ensemble des acteurs français du domaine. Le LIRMM porte également l'un des axes de recherche de France Génomique qui coordonne le séquençage à grande échelle.
- Le projet PSPC INTENSE est l'un des projets où le LIRMM a le plus gros financement académique. Ce projet regroupe deux acteurs industriels majeurs dans le domaine des dispositifs implantables actifs (MXM, Sorin), 2 CHU et 4 partenaires académiques.
- Enfin, le Labex CAMI fédère un réseau national de six laboratoires, dont le LIRMM, sur des thématiques d'assistance aux gestes interventionnels, de l'analyse de données pré-opératoire à l'assistance per-opératoire.

A l'international, le LIRMM participe à plusieurs projets européens FP7 dans le domaine ICT. Le projet TIME où le LIRMM a fourni une technologie logicielle et matérielle embarquée brevetée ayant conduit à une expérimentation chez l'homme unique au monde, en est un exemple. Ce succès a conduit le LIRMM à participer à un deuxième projet européen dans la même thématique, EPIONE (appel HEALTH).

Un autre exemple, pour illustrer la diversité des activités du LIRMM dans ces domaines, est le projet européen ARAKNES qui s'est terminé récemment et dans lequel les partenaires ont développé de nouveaux dispositifs pour réaliser des gestes de chirurgie à port unique, dont le LIRMM a développé toute l'architecture de commande.

Le LIRMM est également fortement impliqué dans des projets concernant les grandes masses de données dans le cadre des projets MASTODONS CNRS INS2I. Dans le projet « Gestion des données à grandes échelles en science de la vie », les équipes s'intéressent au phénotypage à grande échelle. Via le projet Amadeus (Analyse de données massives en Sciences de la Terre et de l'Univers), des techniques de fouille et de « *visual analytics* » sont conçues pour explorer des grandes masses de données issues d'observations astronomiques (exo planètes). Enfin, Animitex (Analyse d'Images fondée sur des Informations Textuelles) propose d'enrichir les données satellites à haute et très haute résolution en exploitant des données textuelles massives et hétérogènes afin d'en faciliter la classification (par exemple, distinction de types de cultures).

À une plus petite échelle, les projets exploratoires CNRS-PEPS permettent d'explorer de nouvelles pistes et de constituer de nouveaux réseaux. Sur la période, on dénombre plusieurs PEPS impliquant le



LIRMM et se situant aux interfaces avec les sciences de la vie et les sciences humaines et sociales. Par exemple, nous avons engagé dans ce cadre de nouvelles collaborations avec l'IGMM sur la fouille de données transcriptomiques pour mieux comprendre les modulations du transcriptome cellulaire dans les infections au VIH. Enfin, de multiples collaborations, notamment sur l'analyse automatique des textes liés à l'aménagement du territoire, ont été mises en place avec la communauté SHS (Montpellier 1 et Montpellier 3) et sont soutenues par la MSH-M (Maison des Sciences de l'Homme de Montpellier).

En résumé, grâce à ces différentes structures, des collaborations solides ont déjà été initiées avec des partenaires extérieurs au LIRMM et seront développées dans les projets à venir. Ces collaborations sont rendues possibles grâce aux financements (importants dans le cas des PIA et projets européens) rattachés à ces projets, couvrant notamment des personnels et étudiants (ingénieurs, post-doctorants et doctorants) effectuant des travaux pluridisciplinaires le plus souvent co-encadrés avec nos partenaires issus des sciences de la vie, humaines et sociales. Ceux-ci renforcent considérablement nos équipes dans ces secteurs et assurent un relais indispensable pour travailler avec des chercheurs dont la culture initiale est bien différente de la nôtre.

L’Institut de Biologie Computationnelle (IBC) inauguré en octobre 2012

Porté par l’Université Montpellier 2 et soutenu par l’Etat dans le cadre des Investissements d’Avenir, l’Institut de Biologie Computationnelle (IBC) de Montpellier regroupe quatorze laboratoires et un industriel. Centre de recherche multidisciplinaire unique en France, il a pour objectif de développer de nouvelles méthodes et logiciels pour le traitement des grandes masses de données biologiques avec des applications dans les domaines de la santé, l’agronomie et l’environnement.

Le projet permettra, par le développement de nouveaux algorithmes, modèles, méthodes de gestion et de traitement des données, de répondre aux défis liés à l’augmentation exponentielle des données, à la complexité des modèles, et à l’hétérogénéité et à la distribution des données et connaissances biologiques. Ces travaux permettront ainsi de progresser dans la compréhension de nombreux processus biologiques.

Les applications sont multiples : grandes pathologies, cancer, VIH, paludisme ; génomique végétale et amélioration des plantes ; développement de nouvelles générations de médicaments.

Partenaires du projet IBC : Université Montpellier 2, CNRS, CIRAD, Inria, IRD, INRA, Université Montpellier 1, Skuldtech

Responsable du projet : Olivier Gascuel

Le LabEx CAMI Un laboratoire d'excellence pour la robotique médicale



Le LIRMM est un des 6 partenaires du Laboratoire d'Excellence CAMI « Gestes médicaux-chirurgicaux assistés par ordinateur » aux côtés des laboratoires TIMC-IMAG (Grenoble, coordinateur), ICube (Strasbourg), ISIR (Paris), LTSI (Rennes), LaTIM (Brest). Doté de 7,5 millions d'euros, ce LabEx a pour vocation de dépasser les frontières des connaissances scientifiques, médicales et industrielles pour développer des innovations dans les domaines de l'assistance aux gestes médicaux-chirurgicaux et des dispositifs médicaux avec une démonstration claire du bénéfice médical en termes de santé publique.

Les activités de recherche se déclinent suivant cinq axes génériques :

- La perception avec l'identification des informations médicales pertinentes à acquérir et fournir pour l'analyse pre-, per- et post-opératoire d'une intervention,
- La décision qui passe, par exemple, par la modélisation des conséquences possibles d'une intervention,
- L'action avec la conception de dispositifs médicaux dédiés intégrant de nouvelles capacités d'actionnement et de mesure,
- L'apprentissage, en offrant des stratégies centrées autour de l'utilisateur et exploitant les capacités éducatives des nouvelles technologies pour réduire la courbe d'apprentissage,
- Les méthodologies adaptées et innovantes pour la démonstration du bénéfice médical.

Chacun des partenaires travaille en étroite collaboration avec des cliniciens. A Montpellier, le LIRMM collabore avec l'UM1 et le CHU avec comme perspective l'intégration des activités de recherche en robotique médicale au sein de la nouvelle Faculté de Médecine et dans le « Centre de Formation et d'Apprentissage par la Simulation ».

Responsable pour le LIRMM : Philippe Poignet

PROTOTYPES ET PLATEFORMES

I. Prototypes

Le LIRMM développe un grand nombre de prototypes qui atteste de la forte productivité du laboratoire. Certains prototypes sont entièrement conçus et réalisés au LIRMM, d'autres viennent enrichir les fonctionnalités et les performances de solutions existantes (prototype expérimental ou plateforme commerciale). L'ensemble de ces réalisations couvre un spectre très large : réalisations logicielles, prototypes logiciels, prototypes et démonstrateurs microélectroniques (MEMS, rétines, FPGA-MRAM, etc.), prototypes et démonstrateurs robotiques (robots parallèles, robots à câbles, robots mobiles, etc). Le détail de ces réalisations est décrit dans les présentations des départements ([voir CHAPITRE 3](#)).

Aujourd'hui, le laboratoire contribue au développement de centres de ressources ou plateformes matérielles (HPC@LR, CNFM), de plateformes technologiques (plateforme bioinformatique ATGC, plateforme technologique robotique, plateforme Secnum, infrastructure GEOSUD) et de plateformes de logiciels libres.

II. Centres de ressources - Plateformes matérielles

II.1. HPC@LR

Le centre de compétences HPC@LR est dévolu au calcul haute performance (High Performance Computing - HPC) à destination des entrepreneurs, des chercheurs et ingénieurs des secteurs public et privé pour répondre aux besoins de puissance de calcul et de formation. Le centre a été financé par la Région Languedoc-Roussillon, l'Europe et l'Université Montpellier 2 (UM2) et accompagné par Transferts LR. Il est basé sur un partenariat public privé (IBM, CINES, ASA et Silkan). Avec ses 20 TFlops et 110 To de stockage, il est reconnu comme étant le méso-centre de la Région Languedoc-Roussillon parmi la trentaine de méso-centres français. La particularité du centre est l'accompagnement de ses utilisateurs au calcul parallèle. Il a célébré en décembre 2012 son 100^{ème} projet accompagné après 30 mois d'existence. 15 entreprises ont bénéficié des compétences et de la puissance du centre. Le LIRMM est très présent aux côtés du centre par l'implication de ses membres (enseignants-chercheurs et ingénieurs) au pilotage et aux activités du centre notamment la formation et l'administration des machines, par la participation du LIRMM à des événements, mutualisation de matériel des chercheurs du LIRMM, participation à des projets communs (EquipEx GEOSUD, FUI LittoCMS, ANR BECASIM, ...).

Responsable : Anne Laurent

En savoir plus : <https://www.hpc-lr.univ-montp2.fr/>

II.2. CAO, Prototypage et Test microélectronique

Ce centre de ressource mis en place dans le cadre du CNFM (Coordination Nationale de la Formation en Microélectronique et Nanotechnologies) s'appuie sur les compétences et l'expertise des enseignants-chercheurs et chercheurs de l'équipe SYSMIC. Il met à la disposition des utilisateurs académiques ou industriels des ressources pour la conception et le test industriel de circuit intégrés et propose une formation destinée aux formateurs et utilisateurs.

Plateforme CAO et Prototypage (Centre de Ressources en CAO du CNFM)

Cette plateforme technologique d'intérêt national permet l'accès à des logiciels de conception de circuits et systèmes intégrés mais aussi à des moyens de prototypage (type FPGA). Ainsi cette plateforme met à disposition des sites d'enseignement et de recherche du CNFM, les outils industriels matériels et logiciels pour la vérification, le prototypage et la conception de systèmes microélectroniques et de microsystèmes. Le rôle de cette plateforme est de faciliter l'accès à ces outils souvent complexes de par leur vocation industrielle.

La Plateforme Test (Centre de Ressources en Test du CNFM)

La plateforme Test dispose d'un testeur industriel VERIGY V93000, acquis en 2009 en partenariat avec la société VERIGY, la région Languedoc-Roussillon et le GIP CNFM. Cette plateforme offre aux utilisateurs des solutions de test industriel à distance pour les circuits digitaux, les circuits analogiques ou encore les circuits mixtes.

Responsable : Pascal Nouet

En savoir plus : <http://web.cnfm.fr/PCM/>

III. Plateformes technologiques

III.1. Plateforme Bioinformatique ATGC

La plateforme, créée en 2000 à l'initiative de l'équipe Méthodes et Algorithmes pour la Bioinformatique (MAB), fait partie du Réseau National des Plateformes Bioinformatiques (ReNaBi) et coordonne le centre régional Grand Sud de ce réseau (de Nice à Perpignan). Cette plateforme bénéficie de l'appui des PIA France Génomique et Institut Français de Bioinformatique. Elle a été et est toujours fortement soutenue par le CNRS mais aussi la Région Languedoc-Roussillon. Six laboratoires sont aujourd'hui impliqués dans cette plateforme : CRBM (Montpellier), GET (Montpellier), MiVEGEC (Montpellier), LGDP (Perpignan), LIRMM (Montpellier), South Green (Montpellier). L'équipe MAB conserve un rôle fondamental dans le suivi scientifique, la maintenance et l'évolution de la plateforme. Deux ingénieurs de recherche travaillent à plein temps sur cette plateforme, par ailleurs le STI du laboratoire contribue aussi à l'administration des clusters de calcul.

Un ensemble de logiciels et de bases de données liés à la génomique évolutive, comparative et fonctionnelle est mis à la disposition de la communauté scientifique régionale, nationale et internationale. La plateforme a pour vocation de diffuser les outils bioinformatiques développés au sein de la communauté montpelliéraise, de favoriser les collaborations entre partenaires informaticiens et biologistes, et d'apporter une aide à ces chercheurs en mettant en place des services bioinformatiques en lien direct avec leurs travaux. L'ensemble des outils est accessible en ligne gratuitement.



La plateforme a une très grande visibilité internationale. Les logiciels et les articles correspondants, issus de l'équipe MAB et disponibles sur ATGC, ont été cités plus de 12 000 fois (source : *Web of Science*). PhyML et son article princeps (Guindon et Gascuel 2003) ont été cités plus de 6000 fois, ce qui en fait l'article le plus cité au monde en environnement et écologie depuis 2007. La plateforme ATGC accueille en moyenne 1000 visiteurs uniques par mois et réalise pour eux 3000 analyses qui représentent 16000 heures de calcul.

Responsable : Olivier Gascuel

En savoir plus : <http://www.atgc-montpellier.fr>

III.2. Plateau technologique robotique

Située actuellement sur trois sites (halle de mécatronique, bâtiment 4 du Campus Saint Priest, et bâtiment situé rue de la Galéra), la plateforme technologique de robotique se compose de moyens expérimentaux classiques ou de prototypes conçus et développés au sein du laboratoire autour des thématiques scientifiques suivantes :

- Robotique chirurgicale
- Robotique de manipulation
- Robotique humanoïde
- Robotique sous-marine
- Robotique mobile d'intérieur

Cette plateforme est une vitrine des activités de recherche en robotique dans la Région Languedoc-Roussillon. Elle a comme objectif de fédérer les collaborations entre chercheurs en robotique et scientifiques (praticiens hospitaliers, chercheurs en hydrologie, ...) de la région, de favoriser les collaborations avec les acteurs économiques du domaine et le transfert de savoir-faire, de permettre à nos partenaires académiques et industriels d'avoir accès à des moyens expérimentaux modulaires et évolutifs pour s'initier aux nouvelles technologies.

Depuis plusieurs années, cette plateforme bénéficie d'un support financier important de la Région Languedoc-Roussillon, en particulier dans le cadre du grand plateau technologique R2LR, et du CNRS au travers des équipements mi-lourds (financement de 2 bras manipulateur LWR Kuka et de la plateforme robotique médicale RAVEN). Depuis 2009, dans le cadre de l'équipement d'excellence ROBOTEX ([voir l'encart ci-dessous](#)), un ensemble d'équipements de pointe est venu compléter les équipements existants en robotique médicale, robotique de production et robotique humanoïde : machine de production parallèle redondante, système de mesures, mains dextres, plateforme mobile, robot humanoïde HRP4, équipements pour plateforme de chirurgie endoluminale.

Responsable : Philippe Poignet

EquipEx ROBOTEX



ROBOTEX est un réseau national de plateformes expérimentales en robotique financé dans le cadre des Investissements d'Avenir. Cet équipement d'excellence est piloté par le CNRS (coordinateur : M. De Mathelin).

Le projet ROBOTEX a pour objectif de faire émerger une infrastructure cohérente d'équipements techniques ainsi qu'une expertise scientifique et technologique associée afin de :

- favoriser des actions de développement technologique,
- faciliter l'acquisition et l'accès à de gros équipements et à des terrains d'expérimentation,
- accroître la visibilité de la robotique française et son rayonnement international,
- accroître la compétitivité des entreprises qui travaillent dans le domaine de la robotique.

Il s'appuie sur 15 laboratoires CNRS (UMR ou UPR) répartis sur le territoire et est structuré en 5 sous-réseaux thématiques reliant ces laboratoires nœuds du réseau autour des thématiques suivantes :

- Robotique de production,
- Robotique mobile terrestre et aérienne,
- Robotique médicale,
- Micro-nano robotique,
- Robotique humanoïde et interactions naturelles.

Le LIRMM, qui bénéficie d'un financement de 1,4M€, est impliqué dans trois thématiques : la robotique de production en particulier sur les aspects gestion de la redondance, amélioration des performances et production dextre, la robotique médicale au travers de la chirurgie endoluminale assistée et de la chirurgie mini-invasive, et enfin la robotique humanoïde sur les deux thèmes interactions physiques et coopération humain-robot.

En savoir plus : <http://EquipEx-robotex.fr/>

III.3. Plateforme Régionale SECNUM

L'implantation matérielle constitue aujourd'hui un enjeu fondamental dans les applications sécuritaires. Les techniques d'attaque matérielle (« *side channel attack* ») qui cherchent des informations relatives au crypto-système à partir de données issues des composants électroniques, comme la « *Current Power Analysis (CPA)* » ou encore la « *Differential Power Analysis (DPA)* » sont monnaie courante. Elles sont d'ailleurs maintenant reconnues comme les attaques les plus dangereuses dans le sens où elles permettent à moindre frais et avec un faible niveau de compétences d'obtenir les clefs des algorithmes de chiffrement, comme par exemple les clefs de chiffrement des algorithmes standards, comme le 3-DES et l'AES, utilisés notamment dans les cartes à puce.

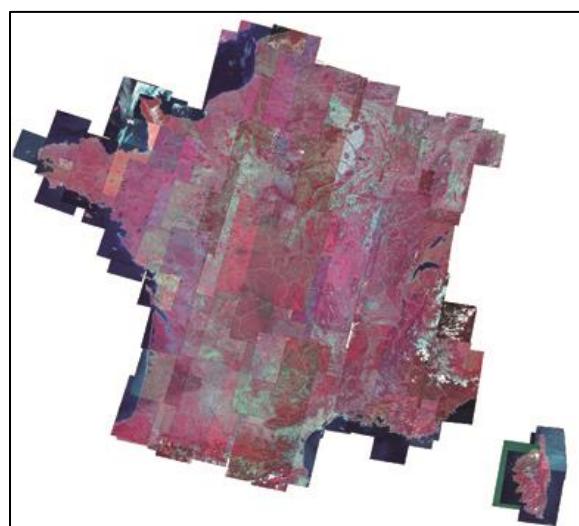
La plateforme SECNUM, labellisée en 2009 par la Région Languedoc-Roussillon, propose des outils pour étudier, évaluer et accompagner les académiques et industriels vers la conception de circuits et systèmes embarqués robustes vis-à-vis de contraintes sécuritaires, notamment les attaques matérielles citées ci-dessus. Cette plateforme s'inscrit clairement dans une démarche scientifique et technique transversale au sein du Pôle MIPS car elle nécessite des compétences disciplinaires diverses telles que : mathématiques (Laboratoire I3M, Montpellier), informatique et microélectronique (Laboratoire LIRMM, Montpellier) et électronique (Laboratoire IES, Montpellier).

L'objectif de la plateforme est d'analyser les potentialités, en termes sécuritaires, des plateformes matérielles et des systèmes embarqués, et de proposer : une plateforme d'expérimentation académique régionale (avec un impact national et international) unique pour l'analyse et la compréhension des mécanismes sécuritaires sur des composants matériels et logiciels, des méthodes d'intégration des primitives cryptographiques robustes vis-à-vis de contraintes sécuritaires, une analyse logicielle et matérielle des circuits sécurisés par canaux cachés. Cette plateforme est ouverte au monde académique, pour l'évaluation de composants et protocoles sécuritaires. A titre d'exemples, deux projets ANR SeCreSoC et EMAISIC l'utilisent. Elle est aussi accessible au monde industriel, notamment aux PME et PMI régionales, pour l'évaluation de composants sécurisés. Des partenaires telles que STMicroelectronics, Thales, INVIA, Cortus, Menta, Netheos, ORIDAO sont utilisateurs de la plateforme. Par ailleurs, les deux projets FUI ProSecure et CALISSON labellisés par le pôle de compétitivité SCS sont en lien direct avec la plateforme.

Responsable : Lionel Torres

En savoir plus : <http://www.lirmm.fr/SECNUM>

III.4. Infrastructure GEOSUD



GEOSUD fait partie des lauréats de l'appel à projets 2010 « Equipements d'Excellence » de l'Agence Nationale pour la Recherche (ANR) dans le cadre du programme « Investissement d'Avenir ». Le projet a pour objectifs de réaliser une couverture satellitaire haute définition pour une meilleure gestion de l'environnement et de développer une infrastructure de données satellitaires au service de la communauté scientifique nationale « recherche sur l'environnement et les territoires ».

Le consortium du projet est constitué de onze partenaires : TETIS/IRSTEA, LIRMM, ESPACE-DEV, IGN, OSU OREME, HPC@LR, CINES, CETE sud-ouest, AFIGEO, GEOMATYS, OZAPP.

Par sa couverture répétitive à différentes résolutions spatiales et spectrales, l'imagerie satellitaire est en effet un outil précieux, bien qu'encore relativement sous-utilisé, pour l'analyse multi-échelle des structures, du fonctionnement et de la dynamique des écosystèmes et des territoires. Dans ce projet, le LIRMM a la charge de coordonner la tâche de recherche associée à la proposition de nouvelles approches de traitements et d'analyses adaptées aux gros volumes de données, aux flux d'images et à l'information spatio-temporelle associée (axe 3).

Contact LIRMM : Pascal Poncelet

En savoir plus : <http://www.geosud.teledetection.fr>

IV. Plateformes logicielles libres

Les chercheurs du laboratoire, en particulier du département Informatique, contribuent à la valorisation des résultats scientifiques en pilotant ou en participant au développement de plateformes logicielles libres. Certains logiciels sont directement accessibles sur le web. Une liste non exhaustive classée par thème est présentée ci-après :

IV.1. Calcul numérique et formel

- **LinBox (ARITH)** : librairie en C++ de calcul algébrique. Contribution relative à la parallélisation massive de calcul algébrique sur corps finis.
- **PERPI (DALI)** : outil logiciel de mesure de performance et de parallélisme
- **Traitemet d'images (ICAR)** : l'équipe ICAR produit de nombreux logiciels afin de manipuler des données telles que des images, des vidéos et des objets 3D. Ces logiciels sont accessibles à partir du site du LIRMM.

IV.2. Raisonnement et inférence

- **SYGFRAN (TEXTE)** : Analyseur morpho-syntaxique du français. Utilise le moteur SYGMART pour transformer des phrases du français en leur arbre syntaxique, en constituants (groupes, catégories grammaticales) et dépendances (sujet, compléments, etc.).
- **JEUX DE MOTS (TEXTE)** : Accessible gratuitement sur Internet en plusieurs langues. Dans ce jeu, un terme est présenté au joueur ainsi qu'une consigne relative à ce terme. Pendant une courte période le joueur entre autant de propositions que possible conformément à la consigne. D'autres joueurs vont être confrontés au même terme. Le joueur gagne des crédits lorsque les termes donnés correspondent à ceux des autres joueurs ; l'intérêt du jeu étant de construire des ressources lexicales (**voir l'encart ci-dessous**).
- **COGUI (GRAPHIK)** : Interface graphique, écrite en Java, dédiée à la construction de bases de connaissances utilisant le modèle des graphes conceptuels.
- **CoGITaNT (GRAPHIK)** : La librairie CoGITaNT est un ensemble de classes C++ permettant le développement d'applications basées sur le modèle des graphes conceptuels.
- **MOJOS (SMILE)** : Middleware dédié à la conception et la génération de jeux sérieux dans le domaine de la santé.
- **KIABORA (GRAPHIK)** : Accessible gratuitement sur internet, cet outil logiciel est dédié à l'analyse de base de règles.
- **DISCHOCO (COCONUT)** : Plateforme logicielle pour la résolution de problèmes à contraintes distribuées.
- **MADKIT (SMILE)** : Plateforme multi-agents largement utilisée dans l'univers des SMA, construite sur le modèle organisationnel «Agent-Groupe-Rôle».

Jeux de Mots

JeuxDeMots est un jeu gratuit en ligne créé dans le cadre d'un projet de recherche développé par Mathieu Lafourcade (équipe TEXTE du LIRMM), en coopération avec d'autres universités (notamment pour les versions étrangères du jeu).

L'objectif de ce projet est la construction d'un grand réseau lexico-sémantique qui est utilisé pour le Traitement Automatique du Langage Naturel (TALN). Les données sont le produit de l'activité des joueurs de JeuxDeMots. Les données lexicales sont accessibles sous la licence Creative Commons.

Quelques chiffres clés :

- plus de 3300 joueurs enregistrés
- 1 286 701 parties enregistrées depuis le début, ce qui représente environ 21 445 heures de jeu
- 260 769 données lexicales (contre 150 000 au départ) 2 161 205 relations lexicales, qui peuvent être classifiées en 60 types de relations différentes.

En savoir plus : <http://www.jeuxdemots.org>

IV.3. Données et connaissances

- **WEBSMATCH (ZENITH)** : WebSmatch est un environnement logiciel pour l'intégration de données du web développé par l'équipe ZENITH en collaboration avec la société Data Publica.
- **POLOP (TEXTE)** : logiciel de fouille de textes. Cet outil, utilisé pendant la campagne électorale de 2012 pour l'exploitation des opinions politiques, a permis de mener une analyse statistique des tweets avant le premier tour du scrutin.
- **SON (ZENITH)** : plateforme open source pour la gestion de données P2P.

IV.4. Modélisation pour le vivant

- Plateforme ATGC (MAB) : voir plus haut Plateforme Bioinformatique ATGC

FORMATION ET FORMATION PAR LA RECHERCHE

I. Des enseignants-chercheurs fortement impliqués dans des formations variées

Le laboratoire regroupe la quasi-totalité des forces pédagogiques en informatique, robotique et microélectronique des Universités Montpellier 2 (Sciences), Montpellier 3 (Arts, Lettres, Langues, Sciences Humaines et Sociales) et Université de Perpignan Via Domitia (UPVD). Les enseignants-chercheurs dispersés dans d'autres laboratoires ne sont pas pour autant isolés, la plupart étant associés au LIRMM et tous se retrouvant dans les mêmes équipes pédagogiques. Cette situation donne au LIRMM un rôle tout particulier et en fait un lieu central pour une réflexion transverse aux composantes d'enseignement.

Les enseignants-chercheurs, mais aussi les chercheurs du LIRMM s'investissent dans les différentes composantes des nombreux établissements régionaux, universités ou Grandes Ecoles auxquelles ils appartiennent. L'Université Montpellier 2 et ses composantes (IUTs, Faculté des Sciences et Polytech' Montpellier) sont les principales structures d'enseignement qui les accueillent. Les membres du LIRMM s'investissent au plus haut niveau dans ces structures, avec la Direction de la Faculté Des Sciences jusqu'en 2010 ou la Direction de l'Ecole Polytech' Montpellier. Ils occupent par ailleurs de nombreuses responsabilités d'enseignement telles que Chef de Département (IUT ou Faculté Des Sciences) ou Responsable de Licence ou de Master.

II. Université Montpellier 2

II.1. IUTs de Nîmes, Montpellier-Sète et Béziers

A l'IUT de Nîmes, 3 enseignants-chercheurs sont répartis sur les trois départements : GEA (Gestion des Entreprises et des Administrations), GEII (Génie Electrique et Informatique Industrielle) et GMP (Génie Mécanique et Productique). Malgré leur petit nombre, ces enseignants-chercheurs occupent régulièrement des responsabilités sur ce site.

A l'IUT de Montpellier-Sète, 3 départements d'enseignement sont principalement concernés.

- 4 enseignants-chercheurs participent aux enseignements du Département Mesures Physiques (MP) de l'IUT de Montpellier. Ils interviennent dans le DUT et assurent la responsabilité d'une Licence Professionnelle. En DUT, la poursuite d'études est de 85% tandis qu'une moitié des étudiants de licence sont embauchés directement après le stage, et que l'autre moitié poursuit ses études. Des projets tuteurés ou des stages en lien avec leurs activités de recherche sont occasionnellement proposés.
- 4 membres du LIRMM participent à plein temps dans le Département GEII (Génie Electrique et Informatique Industrielle) à l'enseignement de l'Automatique et du Génie Industriel dans le DUT, l'année spéciale (AS) et trois licences professionnelles en alternance (environ 300 étudiants). Des conférences portant sur le domaine de la robotique sont assurées lors de la formation. Des enseignants-chercheurs de ce département se sont récemment illustrés par des publications pédagogiques.



- Le Département Informatique de l'IUT de Montpellier, fort de 13 membres du LIRMM, accueille un peu plus de 300 étudiants, répartis dans le DUT Informatique, l'année spéciale (AS) et trois licences professionnelles, avec des taux de poursuite d'études pour le DUT et d'insertion professionnelle pour les licences professionnelles très élevés (90%). Le LIRMM accueille en moyenne 3 à 4 stagiaires de l'IUT par an, toutes formations confondues. De plus, les enseignants-chercheurs du département informatique proposent plusieurs projets tuteurés en relation avec leurs travaux de recherche.

Les 7 enseignants-chercheurs du LIRMM à l'IUT de Béziers sont engagés dans les deux DUT Réseaux et Télécommunications (R&T) et Services et Réseaux de Communication (SRC), un DU et quatre licences professionnelles, côtoyant environ 250 étudiants chaque année. Ces deux dernières années, plusieurs projets étudiants (dans le département R&T) et plusieurs stages (dans le département SRC) se sont construits autour du projet R.HEX. Le service STI-RX accueille de manière régulière des stagiaires de DUT R&T.

II.2. Polytech'Montpellier

A Polytech'Montpellier, le Département IG (Informatique et Gestion) qui compte 8 enseignants-chercheurs du LIRMM, accueille environ 150 élèves sur les 1200 élèves de l'école. En ce qui concerne les élèves de Polytech-IG, les taux d'insertion sont très élevés : 86% de contrats sont signés avant l'obtention du diplôme et 100% le sont à 6 mois. Le département met en place deux options de 5^{ème} année, l'une orientée vers les systèmes d'information décisionnels (permettant l'obtention d'un double diplôme avec le Master Systèmes d'Information économique pour l'entreprise de l'UM1), l'autre vers l'architecture des systèmes d'information (en partenariat avec IBM). Au-delà du département IG, Polytech'Montpellier développe actuellement « l'informatique transversale », un programme d'enseignement en informatique pour les spécialités non informatiques. Les membres de ce département proposent en moyenne 3 projets par an en lien avec le LIRMM et 3 stages au LIRMM (en 3^{ème} et 4^{ème} année). 5 élèves ont poursuivi en thèse.

Le département EII propose les formations MEA (Microélectronique et Automatique) et SE (Systèmes Embarqués) où interviennent une vingtaine d'enseignants-chercheurs du LIRMM et accueillent respectivement 150 élèves et 45 apprentis sur les trois années. 80% des jeunes diplômés sont placés dans les 6 mois suivant l'obtention du diplôme, dont 90% avec un statut de cadre et 10% des diplômés continuent des études (principalement en thèse). Le LIRMM accueille chaque année une dizaine de stagiaires MEA3 et MEA4 pendant les périodes d'été (mi-juin à fin aout). Les stages de fin d'études (MEA5) se déroulant en entreprise. Chaque année également, une dizaine de projets de fin d'étude (PIFE) sont proposés en relation avec des travaux de recherche conduits au LIRMM et encadré par des personnels du LIRMM.

II.3. Faculté des Sciences

Le Département Informatique de la Faculté Des Sciences repose sur un peu moins d'une quarantaine d'enseignants-chercheurs dont la quasi-totalité est au LIRMM. Il a en charge un cursus de Licence Informatique et pour partie un cursus Mathématiques-Informatique (environ 200 étudiants en L2 et L3), un cursus de Master composé de 6 spécialités (350 étudiants) et un cursus de Master en Ingénierie naissant (pour le moment il ne comprend que des étudiants au niveau L). En outre, il gère plus de 700 étudiants dans les UE du L1. Le LIRMM est le laboratoire d'appui le plus important pour les spécialités de Master en Informatique. Ses membres proposent aux étudiants de nombreux projets à tous les niveaux (de la Licence au Master). Ils accueillent également des stagiaires de Master Recherche, ainsi

que quelques stages de Master Professionnels. L'insertion professionnelle des étudiants de ces Masters est également excellente, 60% des diplômés sont embauchés à la fin de leur stage, 98% le sont dans les études réalisées à 30 mois.

Les enseignants-chercheurs de la 61^{ème} section du CNU de l'Université Montpellier 2 sont tous membres du LIRMM et pour ceux rattachés à la Faculté des Sciences, ils interviennent en L2 et essentiellement en L3 au Département EEA. En L3, les modules de la spécialité Automatique comptent entre 25 et 30 étudiants. Le Master EEA comprend deux spécialités (Robotique et Systèmes Microélectroniques). De nombreux étudiants effectuent des stages ou des projets en liaison avec le LIRMM, tout particulièrement en deuxième année. Pour le Master EEA, l'insertion professionnelle des étudiants au bout de 6 mois est de 50% et de 100% au bout de trois ans

II.4. Formations pluridisciplinaires

Les membres du LIRMM s'investissent également dans des formations pluridisciplinaires, notamment au niveau Master, incluant la spécialité Physique-Informatique du Master Physique, la spécialité Mathématiques et Informatique du Master Mathématiques, Statistique et Application et la spécialité Géomatique du Master Informatique, co-habillée avec l'Université Montpellier 3.

Dans la période, l'Université Montpellier 2, l'Institut Mines-Télécom, l'Université Montpellier 1 et l'École des Mines d'Alès se sont associés pour proposer un bouquet de formations autour des thématiques TIC & Santé dont l'objectif est de former des professionnels capables d'imaginer, de concevoir, de développer et de mettre en œuvre des dispositifs, systèmes, équipements et architectures attendus dans le domaine de la santé. Ce bouquet propose une année de spécialisation pour les élèves ingénieur. Cette formation est également suivie par des étudiants de formation continue ou étrangers dans le cadre d'un Diplôme Universitaire de l'Université Montpellier 2 ou de Montpellier 1 (environ 25 étudiants). Depuis 2 ans un Master Tic Santé (80 étudiants), piloté par des enseignants-chercheurs du LIRMM et co-habillé par l'UM1, est venu compléter ce bouquet en offrant trois spécialités : "Bioinformatique, Connaissances, Données" (BCD), "Technologies pour la Santé" (Tecsan) et "Physique pour le Biomédical" (Phymed). Les membres du LIRMM interviennent principalement dans les deux premières spécialités même si des cours en commun sont réalisés avec Phymed.

III. Université Paul Valéry

Le LIRMM accueille 8 enseignants-chercheurs de l'Université Montpellier 3, qui participent aux formations du L1 au doctorat, sur plusieurs enseignements incluant le C2i (5000 étudiants), la licence MISASHS (Mathématiques, Informatique et Statistiques Appliquées aux Sciences Humaines et Sociales, 80 étudiants), des modules de niveau Master et des Ecoles Doctorales 58 et 60.

IV. Université de Perpignan Via Domitia

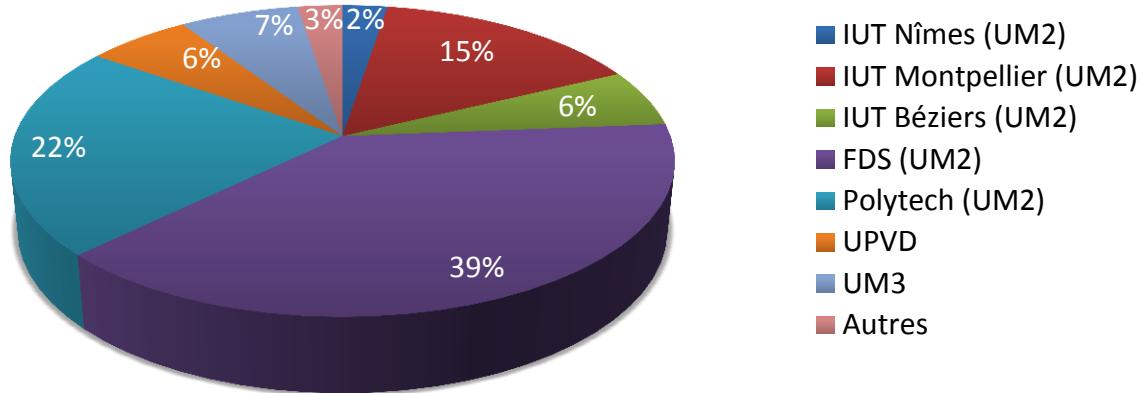
A Perpignan, les 7 enseignants-chercheurs de l'équipe DALI interviennent dans la licence Mathématique et Informatique (flux entrant d'environ 50 étudiants) et dans le Master Electronique, Automatique et Informatique (flux entrant d'environ 40 étudiants). Certains des étudiants rejoignent ensuite les filières montpelliéraines.

De plus, quelques enseignants-chercheurs interviennent de manière plus isolée dans d'autres formations : le département Techniques de Commercialisation de l'IUT Montpellier, SupAgro Montpellier ou l'Université Montpellier 1.

Les chercheurs du LIRMM (plus de 35) s'investissent également dans les formations, sous forme de cours dans les Masters, de modules doctoraux mais également de cours de base ou de conférences dans les premiers cycles, y compris dans les IUT.

Une quinzaine d'ETP de délégations ou de CRCT ont été accordés toutes composantes confondues, permettant aux enseignants-chercheurs de se consacrer de manière plus approfondie à la recherche sur des périodes limitées.

Répartition des enseignants-chercheurs dans les universités et les composantes de l'Université Montpellier 2



En conclusion, les enseignants-chercheurs du LIRMM sont impliqués dans un large spectre de formations, avec beaucoup d'investissement dans les responsabilités pédagogiques. Le réel souci d'interconnexion entre les activités recherche et enseignement se manifeste dans les cours et les conférences dispensés ainsi que par les nombreuses propositions de projets et stages en relation avec les activités de recherche. De nombreux chercheurs viennent en appui dans les formations, à tous niveaux et dans toutes les composantes. Les doctorants sont également un grand appui par le biais de missions complémentaires d'enseignement et de vacations. Les composantes ont à cœur d'aider les enseignants-chercheurs à concilier les deux aspects du métier en leur permettant l'accès à des CRCT et à des délégations.

V. Master Recherche : une quarantaine d'étudiants accueillis chaque année

Les 350 étudiants de Master en Informatique se répartissent sur les 6 spécialités suivantes dont 4 sont purement informatiques : Architecture et Ingénierie du Logiciel (AIGLE), Données, Connaissances, Langues (DECOL), Images, Games and Intelligent Agents (IMAGINA), Modélisation, Optimisation, Combinatoire, Algorithme (MOCA) et deux apportent une double compétence aux étudiants : GEOMATIQUE (en partenariat avec l'Université Montpellier 3) et Informatique pour les Sciences (IPS). Les responsables de ces 6 spécialités sont tous des membres du LIRMM.

Parmi les étudiants suivant l'une des spécialités informatique, le pourcentage de ceux qui effectuent un stage recherche est très variable : 9% pour IPS, 18% pour GEOMATIQUE, entre 20 et 40 % pour les spécialités AIGLE, DECOL et IMAGINA, et 75% pour MOCA (sur un petit effectif). Le département INFO accueille et finance en moyenne 25 étudiants en stage de Master recherche en informatique (145 en tout sur la période 2008-2013, soit 6 ans). Pour les 118 ayant effectué un stage de recherche entre

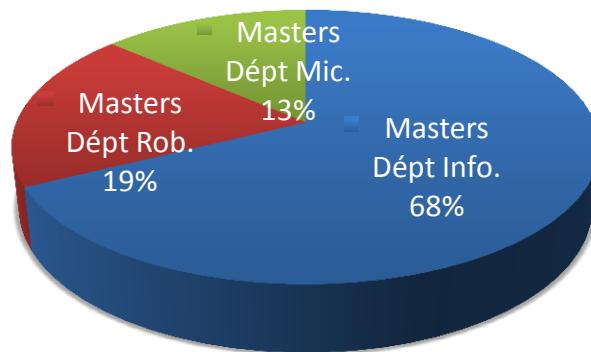
2008 et 2012, 35 d'entre eux nous ont informé qu'ils sont entrés dans un cursus de thèse de doctorat (certaines de ces thèses sont d'ailleurs soutenues).

La nouveauté principale concernant les Masters en Informatique est l'ouverture d'un Cursus de Master Ingénierie (l'un des 4 CMI actuellement ouvert en France en informatique) avec un fort adossement aux entreprises mais surtout à la recherche dès le niveau Licence, avec l'accueil des étudiants dans les laboratoires. A l'automne 2012, 15 étudiants se sont inscrits au niveau L1 dans ce cursus exigeant. Depuis ce printemps, quelques étudiants sont dans nos locaux pour leur premier projet de recherche.

La spécialité robotique du Master EEA est animée en première année par 5 enseignants-chercheurs du LIRMM. La promotion de première année comprend en moyenne 25 étudiants dont une partie est accueillie au LIRMM pour leur stage. La deuxième année de la spécialité est animée par une équipe d'environ 12 chercheurs et enseignants-chercheurs. La promotion de deuxième année compte en moyenne 20 étudiants. Chaque étudiant doit effectuer un projet encadré par les permanents de l'équipe robotique du LIRMM. Le laboratoire accueille 1/3 de la promotion pour leur stage de fin d'études. L'insertion professionnelle de ces étudiants est excellente, un peu plus de 50% continuent en thèse de doctorat, le reste de la promotion trouvant un emploi dans la spécialité dans un délai ne dépassant pas les six mois.

La spécialité Systèmes Microélectroniques du Master EEA compte 8 enseignants-chercheurs investis en M1 (85 étudiants) et 11 enseignants-chercheurs investis en M2 (une douzaine d'étudiants). En M1 EEA, 99% des projets se déroulent en laboratoire. Les départements Microélectronique et Robotique du LIRMM assument une partie des offres et l'encadrement de ces projets qui sont de 20 à 30 suivant les années. Les départements proposent et financent également 4 à 5 stages de Master par an.

Masters accueillis en stage de recherche au LIRMM (moyenne sur une année)



Tous les étudiants en Stage Recherche ou Professionnel des Masters (et de premier cycle, en plus petit nombre) sont accueillis au LIRMM par le service qui réalise aussi l'accueil des doctorants et anticipe la création des comptes informatiques, les documents pour l'accueil des étudiants étrangers et le placement dans les locaux. Les stagiaires de Master travaillent dans des salles dédiées à proximité des chercheurs et des doctorants. En informatique, les stagiaires de Master participent aux séminaires des doctorants, renforçant leur connaissance de l'activité dans un laboratoire de recherche.

VI. Doctorat : 155 doctorants, 201 docteurs et 16 HDR

Le LIRMM accueille la majorité des doctorants des spécialités doctorales Informatique et SyAM (Systèmes Automatiques et Microélectronique) au sein de l'Ecole Doctorale I2S (Information, Structures, Systèmes) de l'Université Montpellier 2 et travaille en collaboration étroite avec l'Ecole Doctorale pour leur accueil et leur suivi. Les deux spécialités ont comme responsable un membre du

LIRMM. Le LIRMM accueille également, dans une plus faible proportion, des doctorants en provenance d'autres écoles doctorales de l'Université Montpellier 2 telles que SIBAGHE (sciences de la vie et de la terre) ou d'autres universités notamment à Perpignan, Toulouse, Nantes ou Paris. La durée moyenne des thèses soutenues pendant la période est de 41,5 mois soit 5 mois de plus que les financements institutionnels classiques. Les doctorants continuent cependant d'être financés jusqu'au terme des thèses, par exemple sous forme de postes d'ATER ou sur des projets, conformément à la charte des thèses.

Au 30 juin 2013, 155 doctorants sont accueillis au sein du LIRMM. 201 thèses ont été soutenues entre janvier 2008 et juin 2013. Parmi ces doctorants, Le LIRMM accueille actuellement 73 doctorants de la spécialité SYAM et plus de 95 thèses de cette spécialité ont été soutenues pendant la période. Pendant la période, 4 HDR ont été soutenues dans le département Microélectronique et 2 dans le département Robotique. Le LIRMM accueille également plus de 60 doctorants de la spécialité Informatique et 74 thèses de cette spécialité ont été soutenues sur la période 2008 - juin 2013. 10 HDR ont été soutenues dans le département Informatique pendant la période.

VI.1. Répartition dans les départements

Le tableau suivant présente la répartition des doctorants et des docteurs au 30 juin 2013 sur la période de référence dans les départements. On ne note pas de différence notable entre la répartition des doctorants et la répartition des docteurs. La moitié environ des doctorants du LIRMM sont accueillis dans le département Informatique, l'autre moitié se répartissant à peu près à égalité entre le département Microélectronique et le département Robotique.

	Thèses en cours au 30 juin 2013	Thèses soutenues entre 2008 et juin 2013
Département Informatique	77 thèses, soit 50% des thèses en cours	97, soit 48% des thèses soutenues
Département Robotique	41 thèses, soit 26% des thèses en cours	52, soit 26% des thèses soutenues
Département Microélectronique	37 thèses, soit 24% des thèses en cours	52, soit 26% des thèses soutenues

VI.2. Sources de financement

Une partie très importante des financements en cours (presque 37%) provient de contrats doctoraux. Le département Informatique se distingue par une plus grande part de financements issus de programmes spécifiques pour étudiants étrangers (SFERE, AVERROES, JOSYLEEN-ERASMUS, etc) ou de bourses délivrées par des gouvernements étrangers. Cela correspond à 22% des financements en informatique. Les contrats CIFRE représentent 17,4% des financements au niveau du laboratoire, et les contrats de recherche et CDD en assurent 23%. Les départements Microélectronique et Robotique se distinguent par une plus grande part de financements sur contrats de recherche et/ou CDD d'organismes publics. Le nombre d'Allocataires Moniteurs Normaliens (AMN) est en augmentation (7 en cours, contre 5 thèses de ce type soutenues pendant la période).

Financement des thèses en cours	INFO		MIC		ROB		LIRMM	
AMN	4	5,2%		0,0%	3	7,3%	7	4,5%
Autres bourses	1	1,3%		0,0%	2	4,9%	3	1,9%
BDI	2	2,6%		0,0%		0,0%	2	1,3%
Contrat Doctoral	19	24,7%	11	29,7%	10	24,4%	40	25,8%
CD + Monitorat	11	14,3%	2	5,4%	4	9,8%	17	11,0%
CDD organisme public	1	1,3%	6	16,2%	11	26,8%	18	11,6%
CIFRE	14	18,2%	8	21,6%	5	12,2%	27	17,4%
Contrat de recherche	6	7,8%	9	24,3%	2	4,9%	17	11,0%
Financement étranger	17	22,1%	1	2,7%	4	9,8%	22	14,2%
Financement privé	2	2,6%		0,0%		0,0%	2	1,3%
Total général	77		37		41		155	

Lorsque l'on examine les financements des doctorants ayant soutenu pendant la période, on note une moindre proportion de contrats doctoraux et de financement spécifiques aux étudiants étrangers et par contre plus de financements liés à des contrats de recherche ou des BDI. Certains financements se sont terminés et ont été remplacés par des contrats d'ATER.

Financement des thèses soutenues	INFO		MIC		ROB		LIRMM	
ADER	1	1,0%	1	1,9%		0,0%	2	1,0%
AMN	3	3,1%		0,0%	2	3,8%	5	2,5%
Autres bourses	9	9,3%		0,0%		0,0%	9	4,5%
BDI	5	5,2%	3	5,8%	5	9,6%	13	6,5%
Contrat Doctoral	14	14,4%	11	21,2%	13	25,0%	38	18,9%
CD + Monitorat	13	13,4%	8	15,4%	5	9,6%	26	12,9%
CDD organisme public	5	5,2%	6	11,5%	3	5,8%	14	7,0%
CIFRE	10	10,3%	14	26,9%	10	19,2%	34	16,9%
Contrat de recherche	10	10,3%	9	17,3%	10	19,2%	29	14,4%
Financement étranger	17	17,5%		0,0%	4	7,7%	21	10,4%
Salarié de la fonction publique	10	10,3%		0,0%		0,0%	10	5,0%
Total général	97		52		52		201	



VI.3. Attractivité : nombres de doctorants et de docteurs étrangers

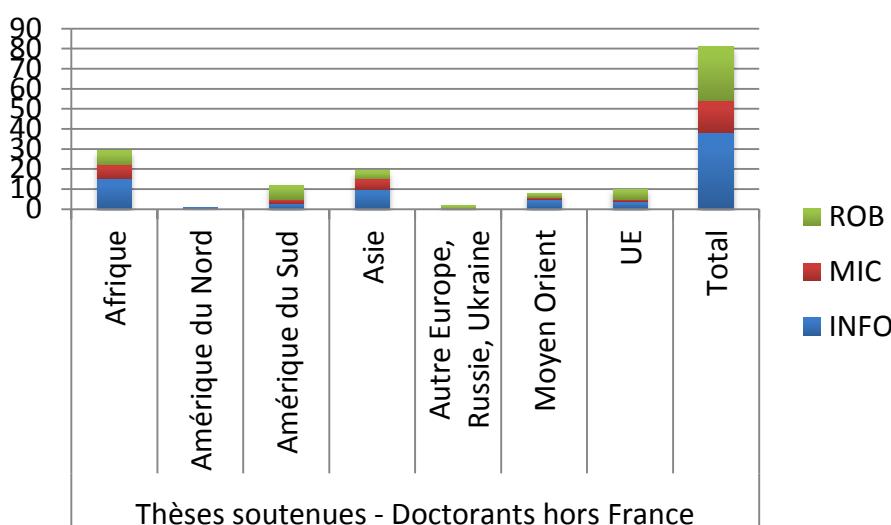
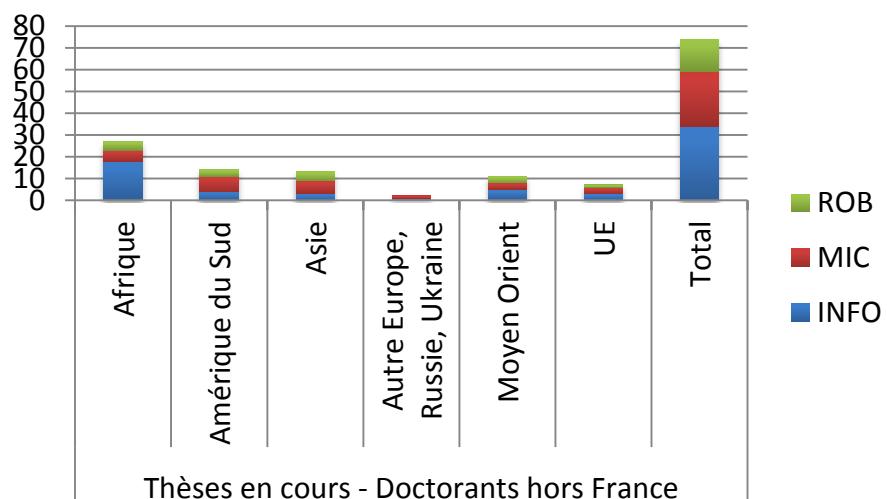
Le LIRMM accueille une forte population de doctorants étrangers, pour 40% des thèses soutenues et plus de 47% des thèses en cours, signe d'une forte et croissante attractivité internationale. Une partie de ces doctorants sont anglophones et le LIRMM s'attache à faciliter leur insertion par différentes actions que nous décrivons plus loin dans cette section.

Proportions de doctorants étrangers

	Sur la période 2008-2013	Actuellement
Département Informatique	40%	45%
Département Robotique	51%	35%
Département Microélectronique	30%	65%

Une forte proportion de doctorants vient d'Afrique (principalement du Maghreb) et du Moyen Orient. L'Asie et l'Amérique du Sud sont également bien représentées (en ce qui concerne l'Asie, c'est d'autant plus vrai pour les thèses soutenues). On notera peu de doctorants venant des autres pays de l'Union Européenne et aucun doctorant originaire d'Amérique du Nord (une thèse soutenue sur la période).

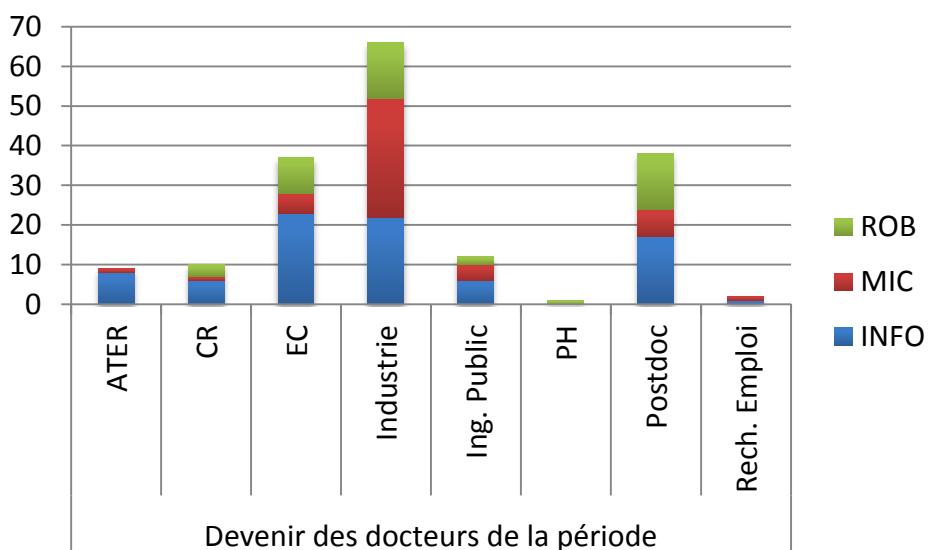
Origine géographique des thèses soutenues et en cours



VI.4. Devenir des docteurs diplômés entre 2008 et juin 2013

Nous disposons d'informations sur le devenir de 87% de nos docteurs. Environ un tiers de ces docteurs sont devenus ingénieurs dans le secteur privé, souvent sur des postes de recherche et développement et 5% sont ingénieurs dans le secteur public. Cette tendance est la plus marquée dans le département Microélectronique où ce type de débouché concerne 64% des docteurs. 23% des docteurs sont insérés dans l'enseignement supérieur ou la recherche (presque 30% pour le département Informatique), en France ou à l'étranger. 5% de ces docteurs sont déjà chargés de recherche. Une bonne proportion des docteurs (23%) occupe un poste temporaire de chercheur (post-doctorant) ou d'enseignant-chercheur (ATER). Très peu de doctorants sont à l'heure actuelle en recherche d'emploi. La figure qui suit présente de manière synthétique les devenirs des docteurs.

Devenir des docteurs ayant soutenu entre 2008 et 2013



VI.5. Accueil et suivi

La journée d'accueil qui se tient en novembre pour accueillir les nouveaux entrants s'étend aux doctorants arrivés à cette date. Pour les autres dates d'arrivée et de manière générale toute l'année, deux personnes assurent l'accueil au LIRMM et plus particulièrement celui des doctorants. L'une d'entre elles (rémunérée à la fois par le LIRMM et l'Ecole Doctorale) suit plus précisément leur dossier et les accompagne dans de nombreuses démarches, depuis l'inscription jusqu'à la procédure de soutenance. Le laboratoire effectue une communication spécifique pour les doctorants étrangers, avec des mails systématiquement traduits en anglais et la proposition d'une formation en Français Langue Etrangère. Cette année (2013), les doctorants ont également organisé début mars une nouvelle réunion d'accueil plus spécifique pour les doctorants.

Le Comité de Suivi de Thèses (CST), mis en place par l'Ecole Doctorale I2S lors de la période précédente, permet d'effectuer des points d'avancement réguliers. Ce comité comprend les encadrants de la thèse et au moins une personne extérieure à l'encadrement. Une personne représentant l'Ecole Doctorale y est invitée. Le CST offre au doctorant un cadre dans lequel il présente ses travaux en cours, ses réalisations et différents autres aspects de l'activité comme les publications acceptées ou soumises et les modules doctoraux suivis (formation complémentaire obligatoire). Un rapport est rédigé lors de cet échange, qui émet notamment un avis pour la

réinscription et identifie d'éventuels obstacles à l'avancement. Le CST se tient au moins une fois par an, mais il peut se réunir plus fréquemment, en particulier si des difficultés ont été mises en évidence. Au niveau du laboratoire, les CST créent également des échanges scientifiques entre équipes.

Le département Robotique (jusqu'en 2011) et le département Microélectronique organisent une journée des doctorants en présence de permanents du département, des directeurs de thèse et du responsable de la spécialité doctorale, participant à l'échange entre doctorants et entre doctorants et permanents. Une journée sur un tel format est évidemment plus difficile à mettre en place au sein du département Informatique qui compte le double de doctorants. Les départements s'impliquent par ailleurs dans l'organisation d'écoles de jeunes chercheurs.

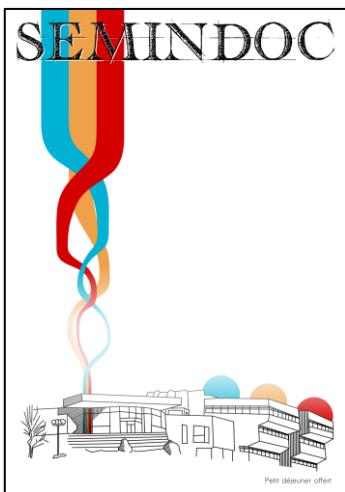
VI.6. Place dans la structure

Le Collège des Doctorants du LIRMM compte les doctorants dont un directeur de thèse est membre permanent du LIRMM. 3 élus doctorants ou post-doctorants participent au Conseil de Laboratoire avec le droit de vote. Chaque année ce collège élit un Conseil des Doctorants composé de membres élus (2 par département) et des doctorants membres du Conseil de Laboratoire. Ce conseil a un président élu, qui est notamment chargé de faire le relais avec la Direction du laboratoire sur les questions et demandes spécifiques des doctorants. Cette organisation est complétée par une Cellule Doctorale, composée du directeur du LIRMM, des responsables des spécialités Informatique et SYAM, des membres du Conseil des Doctorants et des doctorants élus au Conseil de Laboratoire, ainsi que des représentants des doctorants membres du LIRMM élus dans l'un des conseils centraux de l'Université, au conseil d'une Ecole Doctorale liée au laboratoire ou au Conseil d'Administration du PRES Sud de France. Cette cellule est réunie par le directeur du LIRMM ou sur demande du tiers de ses membres. Les doctorants membres de la Cellule Doctorale font partie de l'Assemblée Générale du laboratoire avec le droit de vote. La Cellule Doctorale est une structure qui a été créée par les statuts de juillet 2005, tandis que le Conseil des Doctorants a été créé par les statuts de mars 2011.

VI.7. Missions d'enseignement

Les composantes d'enseignement accueillent de nombreux doctorants pour des missions d'enseignement : vacataires, moniteurs ou missions complémentaires d'enseignement (17 en cours et 26 sur la période) ou ATER (une dizaine de demi-postes en cours et une dizaine de temps plein sur la période). Cela favorise la connaissance par les doctorants du métier d'enseignant-chercheur et constitue la première étape de leur expérience dans ce domaine, tout en renforçant les équipes enseignantes.

VI.8. Animation scientifique



Le séminaire des doctorants (SéminDOC), mis en place lors de la période précédente et entièrement géré par les doctorants s'est poursuivi. Il réunit les doctorants, principalement en informatique, autour de la présentation orale de l'un d'entre eux, 2 fois par mois le mercredi avec un petit déjeuner. Il accueille aussi les étudiants de Master, pendant leur période de stage de recherche.

Le laboratoire offre un budget pour les SéminDOC et pour le projet inter-départements, établi en accord avec les représentants des doctorants. Les départements mettent en œuvre des politiques particulières de soutien aux doctorants, comme l'attribution d'un budget pour la participation à des écoles d'été ou pour les soutenances de thèses. Quelques membres du LIRMM proposent des modules doctoraux.

Les journées DOCTISS constituent un autre événement important dans l'animation de la vie scientifique. Lors de ces journées, ouvertes à tous les personnels des laboratoires et aux étudiants de Master, des doctorants de l'Ecole Doctorale I2S présentent leurs travaux, favorisant un échange scientifique à un niveau disciplinaire plus large.

COMMUNICATION EXTERNE

Le LIRMM, dans sa stratégie de communication, poursuit plusieurs objectifs : le premier est d'accroître la visibilité de ses travaux de recherche, principalement auprès de ses partenaires institutionnels, académiques et industriels, le second est de valoriser les résultats et retombées économiques du laboratoire auprès des élus locaux, et le troisième est d'instaurer un dialogue fructueux entre sciences et société en élargissant ses « cibles de communication » (grand public, enseignants du secondaire, collégiens et lycéens...). Communiquer sur l'impact économique régional de nos activités de recherche et entretenir des relations de proximité avec les élus locaux et partenaires industriels est d'autant plus important que, dans le domaine des sciences de l'information, le LIRMM tient un rôle central dans la région du fait notamment du peu de groupes industriels proches de ses activités.

I. Organisation de conférences scientifiques

La forte attractivité du laboratoire à l'international (voir le chapitre RELATIONS INTERNATIONALES) se traduit notamment par l'augmentation constante du nombre de congressistes et du nombre de congressistes étrangers accueillis chaque année (3755 congressistes pour la période 2009-2012, contre 2500 pour la période 2005-2008, soit une augmentation de 50%).

Certaines conférences scientifiques organisées par le LIRMM sont des conférences scientifiques majeures dans leur domaine (voir la liste des conférences organisées par le LIRMM en ANNEXE 10).

A titre d'exemples :

- **ECAI 2012**, la 20^{ème} Conférence Européenne sur l'Intelligence Artificielle organisée du 27 au 31 août 2012 à l'Université Montpellier 2 et au Corum de Montpellier a rassemblé plus de 700 participants issus de 45 pays différents.



- La 27^{ème} édition d'**ECOOP**, la 9^{ème} édition d'**ECMFA** et la 7^{ème} édition d'**ECSA** ont quant à elles eu lieu du lundi 1^{er} au vendredi 5 juillet 2013 à l'Université Montpellier 2 et au Corum de Montpellier. Ces trois conférences majeures dans le domaine du Génie Logiciel ont été suivies par plus de 400 professionnels, enseignants-chercheurs et étudiants du monde entier.



II. Une communication web entièrement repensée



Le 21 juin 2013, le LIRMM a mis en ligne son nouveau site Internet, www.lirmm.fr, repensé pour un accès facilité à l'ensemble des informations utiles à ses différents publics.

Graphisme actualisé, navigation intuitive, ergonomie revisitée : tout a été pensé pour un accès convivial et rapide à l'information.

Le contenu principal du site Internet (page d'accueil, pages institutionnelles, actualités) a été rédigé dans un langage clair et compréhensible par tous. Pour développer certains points, 3 accès directs sont proposés par type de profils de visiteurs : Entreprises, Scientifiques et Etudiants.

De nouvelles rubriques ont vu le jour :

- Recherche : Le LIRMM et la Santé, Le LIRMM et l'Environnement
- Innovation
- Relations Internationales

III. Trois plaquettes sur des axes forts du LIRMM

Entre 2011 et 2013, le service communication a conçu et réalisé deux nouvelles plaquettes thématiques « Le LIRMM et la Santé » et « Le LIRMM et l'Environnement » qui s'adressent à un large public : grand public, étudiants, décideurs politiques, industriels en quête de nouvelles tendances...

Une troisième plaquette, « Le LIRMM, Centre d'Innovations pour Développer vos Projets »⁴, s'adresse aux industriels du monde entier et a donc été traduite en anglais.

Une plaquette généraliste de présentation du LIRMM, reprenant les différents faits marquants et chiffres clés 2008-2013, sera éditée à la suite du Rapport d'Activité 2008-2013.



IV. Communication régionale

Le LIRMM organise régulièrement des rencontres thématiques avec des partenaires régionaux, comme un petit-déjeuner annuel de sensibilisation à la création d'entreprises ou des journées thématiques de rencontres avec les entreprises (**voir VALORISATION DE LA RECHERCHE ET INNOVATION**).

De nombreuses actions de médiation ont aussi lieu en région et participent à notre politique de communication (**voir DIFFUSION DE LA CULTURE SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE**).

Afin de communiquer localement sur ses travaux de recherche, le LIRMM édite un journal d'information, le *LIRMM Infos*, tiré à 1500 exemplaires et diffusé en interne et principalement au niveau régional. Sept LIRMM Infos ont été publiés entre 2008 et 2013.

⁴ Voir ces plaquettes thématiques en annexe 11 du Rapport d'Activité

V. On parle du LIRMM...

V.1. ...dans les médias...

- 40 références enregistrées dans la presse spécialisée, revues scientifiques, et sites Internet spécialisés : 01- Business & Technologies, Process Alimentaire, Usine Nouvelle...
- 10 références enregistrées dans les médias nationaux ou internationaux : France 5, Le Nouvel Economiste, Le Monde, Les Echos, Radio Chine internationale, Radio RFI...
- 35 références enregistrées dans la presse locale et sur les sites internet d'information locale : Midi Libre, Hérault Juridique et Economique, La Gazette de Montpellier, 20 Minutes, L'Accent du Sud, DirectMontpellierPlus, Club des 500, Objectif LR, Nice Matin, Le Dauphiné Libéré, Le Progrès, Hérault du Jour

V.2. ...et dans les journaux et sites Internet des partenaires

- 35 références enregistrées dans les journaux et sites Internet de nos tutelles et partenaires : le magazine de l'UM2, le site Internet de l'UM2, le Journal du CNRS, la newsletter du CNRS délégation LR, le site internet de l'INS2I, le site Internet de Inria, la Newsletter de Inria, Montpellier Unlimited, Montpellier Agglomération, Montpellier Méditerranée Technopole, Harmonie, Transferts LR...

Au total, 120 références ont été enregistrées entre 2008 et 2013.

Dans le cadre de sa mission d'animation de réseaux de communicants, la responsable communication du LIRMM est membre du Comité de Rédaction du Journal de l'UM2 et y propose régulièrement des articles sur les travaux de recherche menés au LIRMM.

Trois articles ont récemment été publiés dans le Journal de l'UM2 :

- Des robots humanoïdes contrôlés par la pensée-Journal de l'UM2 N°2 - Avril 2012
- L'UM2 à la pointe de la recherche sur la gestion de l'énergie - Journal de l'UM2 N°3 - Juillet 2012
- Les robots au service de la chirurgie du futur - Journal de l'UM2 N°6 - Juin 2013



VI. Les 20 Ans du LIRMM, un anniversaire réussi



2012 a été l'occasion de célébrer les 20 ans de notre laboratoire, avec l'organisation, le 12 juillet 2012 d'une journée scientifique dans l'amphithéâtre d'Agropolis sous forme d'exposés didactiques ouverts à tous. Ces exposés furent suivis d'une présentation historique collective revenant sur les temps forts de la vie du LIRMM depuis 20 ans et rassemblant les fondateurs du laboratoire et les anciens directeurs. Cette journée de vulgarisation scientifique, fort appréciée par le personnel, fut clôturée par une fête de fin d'année conviviale, organisée dans un cadre verdoyant, à la Base Nautique de Lavalette.

Enfin, une matinée dédiée à nos partenaires institutionnels fut organisée au même endroit le 20 septembre 2012. Un échange a tout d'abord eu lieu entre la Direction du LIRMM, les représentants des collectivités territoriales (Région Languedoc-Roussillon et Montpellier Agglomération) et nos tutelles et partenaires académiques (CNRS, UM2, Inria). Une table-ronde animée par François Pierrot a suivi, regroupant des entreprises partenaires (IBM, Tecnalia, Alci, Pradéo et Intrasense) et des structures d'appui au développement des entreprises (le Business Innovation Center de Montpellier Agglomération, Transferts LR et Oséo), pour faire un bilan du développement et de l'influence de l'enseignement supérieur et de la recherche en informatique, robotique et microélectronique en Languedoc-Roussillon. Ces trois évènements réussis ont su toucher et rapprocher nos différents publics.

DIFFUSION DE LA CULTURE SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE

Le LIRMM participe activement tout au long de l'année à de nombreux évènements de « diffusion de la culture scientifique et technique » à destination du grand public.

Les évènements de médiation scientifique organisés par le LIRMM entre 2008 et 2013 peuvent être classés en plusieurs catégories :

I. Opérations pédagogiques à destination des jeunes

- Le LIRMM ouvre régulièrement ses portes aux collégiens, lycéens et étudiants en IUT de la région, soit pour des visites guidées d'une demi-journée, soit pour des stages de 3 à 5 jours. Des relations privilégiées ont été nouées avec le Rectorat de l'Académie de Montpellier, l'Association des Ingénieurs Arts et Métiers de Montpellier, le Lycée Jean Mermoz de Montpellier, le Lycée Privé Saint Joseph Pierre Rouge de Montferrier sur Lez, le Lycée Jean Moulin de Béziers, et le Lycée Philippe Lamour de Nîmes.
- Depuis 2011, Jeux de Mots est utilisé dans les cours de philosophie de six classes de Terminale du Lycée Joliot-Curie de Sète. Environ 130 élèves sont invités à jouer sous l'égide bienveillante de leur enseignante, qui considère le jeu comme « *un véritable outil pédagogique de méthodologie et de réflexion* ».
- Dans le cadre d'un partenariat avec l'ONISEP Languedoc-Roussillon, le LIRMM a participé en 2011 à l'opération pédagogique « L'Informatique au Service de la Planète Intelligente, s'informer pour mieux s'orienter ». Proposée par le Rectorat de Montpellier et l'ONISEP Languedoc-Roussillon, cette opération était menée en partenariat avec IBM, la Délégation Régionale aux Droits des Femmes et à l'Egalité, l'Université Montpellier 2, Polytech Montpellier et l'IUT de Montpellier. Trois classes de Première S des lycées Philippe Lamour (Nîmes), Jean Moulin (Béziers) et Théophile Roussel (Saint Chély d'Apcher) ont participé à cette opération sur l'ensemble de l'année scolaire 2010-2011, en s'appuyant sur l'outil Webclasseur de l'ONISEP.

II. Accompagnement des enseignants du Secondaire

En plus des accueils de classes de lycée, des enseignants-chercheurs du LIRMM (honoraires et actifs) animent la formation des professeurs de l'académie de Montpellier dans le cadre de la mise en place du programme d'informatique et sciences du numérique (ISN) dans les lycées.

Deux niveaux de programme ont été mis en place, quatre sessions ont déjà eu lieu (3+1), deux sont prévues pour l'année 2013/2014 (1+1), chaque session comptant une quarantaine de participants, professeurs de lycées en exercice.

Ces activités devraient se renforcer du fait que l'Académie de Montpellier ouvre à titre d'expérimentation nationale à la rentrée 2013 des options ISN en terminales ES et L avec une approche spécifique à chaque filière.

III. Appel à participation du grand public

Après la Belgique, la Réunion, le Québec, la Suisse et la région Rhône-Alpes, le Languedoc-Roussillon s'est lancé en 2011 dans le projet « sms4science », une vaste étude autour des SMS et de la mutation des pratiques scripturales en communication électronique, menée par l'équipe TEXTE du LIRMM, le



laboratoire Praxiling et la Maison des Sciences de l'Homme de Montpellier (MSH-M). Après 13 semaines de collecte, 93 114 SMS ont été recueillis.

IV. Exposés et débats Sciences et Société

Les enseignants-chercheurs du LIRMM participent régulièrement à des débats citoyens, organisés soit dans le cadre des séminaires « Histoire et Philosophie des Sciences » de la MSH-M (« Nano, faut-il un moratoire ? », mars-avril 2010 ; « Web et RévolutionS : la souris se bouge-t-elle à ta place ? », avril 2011), soit dans le cadre du cycle de conférences de « L'Agora des Savoirs » animé par la Ville de Montpellier (« Se rendre superflu : la tentation du post-humain », avril 2013), soit dans le cadre du Bar des Sciences de Montpellier (« Aimez-vous l'interactivité ? », février 2011).

V. Actions culturelles

En partenariat avec le service Culture et Patrimoine Scientifique de l'UM2, le LIRMM développe des actions culturelles tout au long de l'année. A titre d'exemples :

- Un partenariat a été noué avec la Chartreuse, centre culturel de Villeneuve Lez Avignon (84) en 2008 (théâtre contemporain autour de la thématique humanoïde), et en 2012 (projet artistique organisé par les étudiants du Master 2 Imagina).
- En février 2011, Philippe Fraisse, enseignant-chercheur au LIRMM (équipe IDH) a participé aux « Mécaniques Poétiques » présentées par le groupe de rock alternatif Ez3kiel au Carré Sainte Anne de Montpellier

VI. Relations avec les médias

Les chercheurs et enseignants-chercheurs du LIRMM participent également à la diffusion de la culture scientifique et technique en participant à des reportages vidéo et en répondant à de nombreuses interviews dont le but n'est pas de mettre en avant un laboratoire ou une équipe de recherche en particulier mais d'expliquer les évolutions scientifiques et technologiques d'aujourd'hui et de demain au grand public, notamment :

- **Reportages TV** : « Les jeux vidéos thérapeutiques, sujet star d'un reportage TV sur *France 5* (Magazine de la Santé), Novembre 2011 ;
- **Presse nationale** : « Les multiples visages de la robotique », interviews de Philippe Fraisse, Philippe Poignet et Olivier Company dans *La Recherche-Le Monde* (Hors-série spécial Sciences « Les découvertes qui vont changer l'avenir »), Novembre-Décembre 2009 ; « Les usines, pionnières de la robotisation », « De précieux collaborateurs désormais acceptés » et « Comment ça marche un robot ? », dans *Science & Vie* (Hors-série « Le Siècle des Robots »), Juin 2009 ;
- **Radios** : « Tatouage numérique », interview de Marc Chaumont (équipe ICAR) sur *Radio Aviva* (Emission « Ramène Ta Science »), Avril 2013 ; « Le Cloud Computing », interview de Patrick Valduriez (équipe ZENITH) sur *France Culture*, Juin 2011 ; « Le secteur des implants actifs », interview de David Guiraud (équipe DEMAR) sur *France Culture* (Emission « 24h au cœur de la Recherche »), Février 2011 ; « Des robots humanoïdes, pourquoi ? », interview de Philippe Fraisse sur *RFI* (Emission « Autour de la question »), Janvier 2011
- **Sites Internet de culture scientifique** : « A propos de la phylogénie moléculaire », interview d'Olivier Gascuel (équipe MAB), sur *Interstices.info*, Décembre 2011 ; « La stimulation électrique au service du corps », article de Christine Azevedo-Coste (équipe DEMAR) sur *Interstices.info* ; « Pourquoi le Cloud Computing a-t-il autant la cote auprès des géants de l'informatique ? », interview de Patrick Valduriez sur *Interstices.info*, Mai 2011 ;



CONCLUSION - ANALYSE SWOT

Conduire une analyse SWOT (*Strengths, Weaknesses, Opportunities, and Threats*) consiste à effectuer deux diagnostics :

- un diagnostic interne, qui identifie les forces (*Strengths*) et les faiblesses (*Weaknesses*) du domaine d'activité stratégique. Il peut s'agir par exemple du portefeuille technologique, du niveau de notoriété, de la présence géographique, du réseau de partenaires, de la structure de gouvernance, etc.
- un diagnostic externe, qui identifie les opportunités (*Opportunities*) et les menaces (*Threats*) présentes dans l'environnement. Il peut s'agir par exemple de l'irruption de nouveaux concurrents, de l'apparition d'une nouvelle technologie, de l'émergence d'une nouvelle réglementation, de l'ouverture de nouveaux marchés, etc.

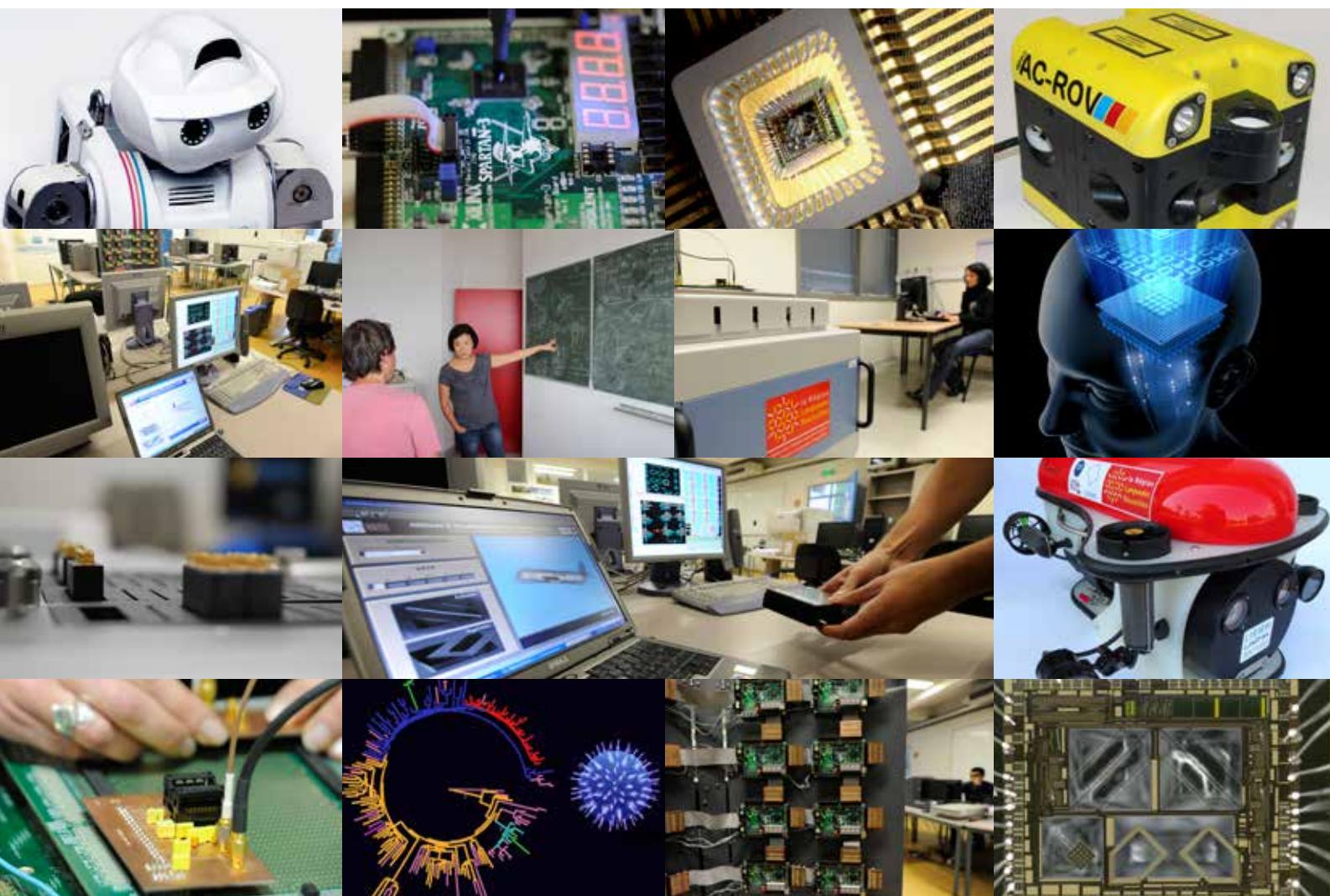
	POSITIF (pour atteindre l'objectif)	NEGATIF (pour atteindre l'objectif)
ORIGINE INTERNE (ORGANISATIONNELLE)	FORCES	FAIBLESSES
	<ul style="list-style-type: none"> • Position clef au niveau régional : structuration et taille (forces centripètes) • Attractivité nationale et internationale du laboratoire (concours, doctorants et invités étrangers...) • Présence de chercheurs à forte notoriété nationale et internationale (distinctions) • Spectre scientifique large : diversité et complémentarité disciplinaire, continuum théorie - expérimentation - transfert technologique • Reconnaissance forte aux interfaces de disciplines dominantes dans la région (santé, environnement, vivant) 	<ul style="list-style-type: none"> • Manque de personnels d'aide et de support à la recherche et nécessité de financer des CDD sur des fonctions pérennes • Valorisation insuffisante sur notre production de logiciels (voir projet pour le prochain quinquennat)
ORIGINE EXTERNE (ENVIRONNEMENT)	OPPORTUNITES	MENACES
	<ul style="list-style-type: none"> • Augmentation des surfaces de travail et structuration du Campus St-Priest • Fusion UM1-UM2 (simplification et accélération de certaines collaborations) • Orientation de la 3S en Languedoc-Roussillon • Renforcement d'Inria dans la Région Languedoc-Roussillon, avec un partenariat fort et réfléchi. • Réussite aux Projets d'Investissements d'Avenir 	<ul style="list-style-type: none"> • Baisse relative du budget récurrent et augmentation des financements avec dépenses à justifier • Charges croissantes des tâches administratives assumées par le laboratoire • Démotivation des personnels contractuels du fait du manque de perspectives • Risque de perte de cohésion de nos disciplines liée aux collaborations fortes avec des disciplines aux effectifs nettement plus imposants (forces centrifuges) • Risque de perte de visibilité de nos coeurs de métiers par rapport aux forces plus importantes dans le "numérique" des régions voisines



90

Chapitre 3

Présentation par département



DEPARTEMENT INFORMATIQUE

I. Présentation du Département Informatique

I.1. Historique

L'informatique en tant que science du traitement de l'information prend ses racines autant dans les mathématiques que dans les technologies logicielles et matérielles. Par ailleurs, elle se trouve naturellement à l'interface de l'ensemble des disciplines scientifiques (mathématiques, physique, biologie, chimie, environnement, sciences humaines, etc., pour n'en citer que quelques-unes) où elle puise de nombreuses problématiques et auxquelles elle apporte ses méthodes, concepts et outils.

Les progrès technologiques des dernières décennies par le déploiement d'infrastructures de réseaux à l'échelle planétaire, la généralisation de l'informatique mobile, le faible coût du stockage de l'information et l'augmentation des puissances de calcul, génèrent de nouveaux enjeux pour la recherche en informatique mais permettent aussi aux autres disciplines le développement de projets de recherche inabordables dans un passé récent. L'informatique a donc la particularité d'être une discipline scientifique en elle-même, à la croisée de la plupart des sciences modernes. La variété des recherches en informatique, de ses méthodes, ses approches et ses outils est par conséquent très vaste. Entre recherche fondamentale, proche des mathématiques, et recherches appliquées par nature expérimentales et interdisciplinaires, les structures de recherche en informatique ont l'habitude d'un certain grand écart. Néanmoins, toutes ces recherches ont pour objet commun l'étude du calcul informatique, du traitement de l'information et des données. Si la recherche en informatique permet d'offrir de nouveaux outils et services pour de nombreuses disciplines, ces mêmes disciplines alimentent cette recherche en soulevant de nouveaux défis. La mission d'un grand laboratoire de recherche en informatique est de développer son cœur de discipline tout en développant ses interfaces aux autres disciplines.

La recherche en informatique au LIRMM s'inscrit parfaitement dans cette perspective. Certaines équipes travaillent sur des thématiques propres à l'informatique (algorithmique, intelligence artificielle, traitement des données, génie logiciel...). D'autres mènent des travaux interdisciplinaires et développent en particulier de fortes interactions avec le tissu régional de recherche dans les domaines de l'environnement, du vivant et de la santé.

A son origine, le département se composait de 10 équipes-projets, composées chacune de 5 à 10 personnes environ, totalisant 66 permanents (enseignant-chercheurs ou chercheurs) et environ 60 doctorants ou post-doctorants. En 2008, le département regroupait 81 permanents pour 49 doctorants. Aujourd'hui, il comptabilise 105 permanents pour 79 doctorants, répartis en 14 équipes-projets. Il dispose aussi d'une cellule de quatre ingénieurs en appui à la recherche. Cette forte croissance s'explique par l'accueil de 3 nouvelles équipes au cours du dernier quinquennat ainsi que par l'augmentation significative du nombre de chercheurs CNRS (8 depuis 2008) et Inria (5 depuis 2008). Au total, 44 titulaires nous ont rejoints sur la période 2008-2013, représentant près de 42% des permanents du département.

I.2. Politique scientifique

Les projets, les programmes de recherche sont développés au sein des équipes du département (voir les fiches-équipes en ANNEXE 1). En particulier, les collaborations et projets nationaux ou internationaux émergent directement des équipes. Dans ce contexte, le département de recherche en Informatique a pour mission d'accompagner ses équipes de recherche, d'organiser, de synchroniser et de stimuler leurs interactions tant en interne qu'à leurs interfaces locales, au sein du laboratoire avec les autres départements de recherche, sur le site montpelliérain et régional. Pour cela, notre politique scientifique s'appuie fortement sur les dynamiques des équipes. Nous détaillons ci-dessous trois aspects importants de cette politique : l'animation scientifique interne, l'implication dans les programmes transversaux structurants et la politique de recrutement du département.

I.2.1 Animation scientifique interne

Afin de stimuler et d'organiser la vie et les échanges scientifiques au sein d'un département en forte évolution, nous avons mis en place en 2011 quatre pôles de recherche fédérant les équipes autour des principaux thèmes de recherche du département :

- le pôle Algorithmes et Calcul regroupe les équipes d'informatique théorique ou plus largement celles ayant comme noyau commun la formalisation et les méthodes mathématiques. Les thématiques abordées couvrent les mathématiques discrètes, l'algorithme, le calcul numérique, la complexité, etc.
- le pôle Intelligence Artificielle regroupe des équipes qui développent de nouvelles méthodes algorithmiques pour l'intelligence artificielle ainsi que des équipes qui utilisent l'intelligence artificielle en particulier pour le traitement des données et des connaissances. Ces équipes ont de nombreuses collaborations interdisciplinaires.
- le pôle Données et Connaissances est à la fois au cœur de la discipline informatique par l'objet de ses recherches et de plus en plus à l'interface de nombreuses disciplines scientifiques. En effet, la croissance exponentielle des volumes de données générés par ces disciplines fait émerger de nouveaux besoins et de nouveaux enjeux de recherche.
- le pôle Méthodes Informatiques et Modélisation pour l'Environnement et le Vivant est par nature interdisciplinaire. L'objectif est de développer les interfaces de l'informatique avec la biologie et plus généralement les sciences du vivant et de l'environnement. Les méthodes développées sont toutefois ancrées au cœur de la discipline informatique, notamment par l'élaboration d'algorithmes originaux ou de systèmes de gestion de données et de connaissances dédiés.

I.2.2 Implications dans les grands programmes de recherche

Les équipes du département sont très actives dans les projets structurants de large envergure de type "Investissements d'Avenir" :

- LabEx NUMEV : en 2010, un grand nombre de chercheurs du pôle MIPS (*Mathématiques Informatique Physique et Systèmes*) de l'UM2 se regroupent pour former le LabEx *Solutions Numériques et Matérielles, Modélisation pour l'Environnement et le Vivant*. Les thèmes fédérateurs sont la virtualisation et la numérisation pour les sciences du vivant/environnement, l'exploration des apports des technologies pour la santé. Deux des six axes sont coordonnés par des chercheurs du département informatique du LIRMM : l'axe *Données Scientifiques* et l'axe *Algorithmes et Calculs pour l'Environnement et le Vivant*.
- Institut de Biologie Computationnelle (IBC) : il s'agit d'un PIA créé fin 2012 réunissant 14 laboratoires montpelliérains et une start-up autour des problématiques de modélisation, de traitement et d'analyse des données à grande échelle en biologie, santé, agronomie et



environnement. Monté à l'initiative de l'équipe MAB, qui anime 2 des 5 axes, il implique aussi ZENITH qui anime un axe.

- **EquipEx GEOSUD** (*Infrastructure d'Information Spatiale sur les Territoires et l'Environnement*) : Cet EquipEx vise une couverture satellitaire haute définition du territoire pour une meilleure gestion de l'environnement (fonctionnement et dynamique des écosystèmes et des territoires). L'équipe TATOO est responsable du package sur la fouille de données à partir d'images satellitaires.
- **Plateforme Bioinformatique** : Soutenue par les PIA France Génomique et Institut Français de Bioinformatique cette plateforme propose essentiellement du service (logiciels, bases de données, calcul) à la communauté internationale. Elle constitue un excellent vecteur de diffusion des logiciels et prototypes réalisés au département à l'interface avec le vivant. Elle accueille en moyenne 1000 visiteurs uniques par mois et réalise pour eux 16000 heures de calcul. Cette plateforme, coordonnée par l'équipe MAB, est maintenue en collaboration avec le CIRAD, l'IRD et d'autres laboratoires Montpelliérains.

Notons aussi que les équipes MAB, TATOO, TEXTE et ZENITH sont porteuses de projets dans le défi CNRS MASTODONS sur les grandes masses de données scientifiques. Par ailleurs, les équipes ICAR, MAORE et TATOO sont impliquées dans le projet RIDER (Fonds Unique Interministériel) réunissant un consortium public-privé (impliquant notamment EDF et IBM) autour d'une problématique environnementale (domotique et économies d'énergie).

I.2.3 Politique de recrutement

Sur ce dossier très important, notre politique s'est fortement structurée ces dernières années tant en interne qu'auprès des tutelles, universités et organismes de recherche (CNRS, Inria). Ainsi le dernier quinquennat a été marqué par :

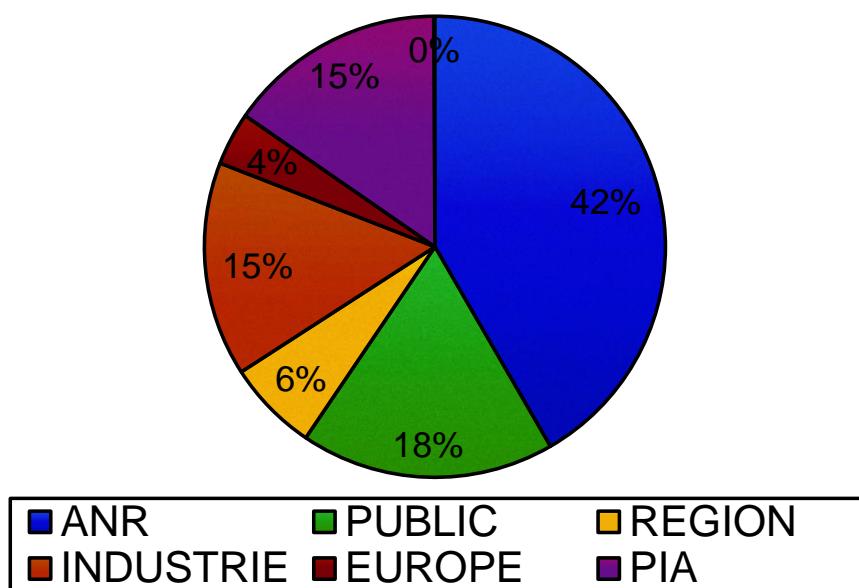
- le recrutement de l'équipe ESCAPE (2011-2012),
- l'intégration de l'équipe DALI de l'Université de Perpignan (janvier 2011),
- l'arrivée de personnels Inria au travers de la création de l'équipe-projet intégrée GRAPHIK (issue de l'ancienne équipe REPRESENTATION DE CONNAISSANCES ET RAISONNEMENTS) et l'accueil de l'équipe ZENITH en 2011,
- le renforcement très important de l'équipe ALGCO par le CNRS en recrutant trois chargés de recherche, un directeur de recherche (plus une promotion directeur de recherche) portant à sept le nombre de chercheurs CNRS dans cette équipe.

Globalement, 40% des membres permanents a rejoint le département depuis 2008. Sur les six derniers concours de recrutement d'enseignants-chercheurs, 30 postes ont été publiés (dont 3 à l'Université Montpellier 3 Paul Valéry). Cela a été possible grâce au remplacement de nombreux départs à la retraite (y compris de personnels non-actifs en recherche) mais aussi aux redéploiements négociés auprès de l'Université de Montpellier 2. Les priorités de recrutement ont été établies sur un échéancier pluriannuel et en étroite collaboration avec les départements d'enseignement concernés. Les postes de Professeurs sont publiés sur des profils à large spectre thématique (typiquement le contour d'un pôle) alors que les postes de Maîtres de Conférences sont ciblés sur les équipes. Notons que sur la période 2008-2012, le taux de recrutement externe est supérieur à 50% pour les Professeurs tandis qu'aucun Maître de Conférences n'est recruté localement.

I.3. Profil d'activité

Globalement, le département Informatique est présent sur l'ensemble des missions de la recherche publique, à savoir recherche académique (fondamentale ou appliquée), transferts et interactions vers et avec l'environnement socio-économique, formation par la recherche. Nous verrons que ces différents aspects occupent une place plus ou moins importante selon la nature des pôles de recherche. La recherche académique, typiquement financée par des projets de type ANR, Investissement d'Avenir, Européens, etc., se traduit naturellement par une forte activité de publication qui est de plus en plus accompagnée du développement de (prototypes) logiciels. Cette activité de développement logiciel est à l'origine, pour de nombreuses équipes, de transferts technologiques vers les entreprises. Le montant total des financements obtenus sur la période par les équipes du département est légèrement supérieur à 13M€ ([voir figure I1 pour la répartition selon les financeurs](#)). Il est intéressant de noter l'évolution de la part des contrats industriels dans le financement de nos recherches. Enfin, les aspects pluridisciplinaires de nos recherches impliquent de fortes interactions avec l'environnement social et académique local, fortement marqué en Languedoc Roussillon par l'agronomie, la biologie et la santé. Concernant la formation à la recherche, l'ensemble des équipes du département s'implique fortement à différents niveaux : formations de Master (disciplinaires ou interdisciplinaires), encadrement doctoral (nette augmentation du nombre de doctorants par rapport à la période précédente), organisation et participation à des écoles thématiques.

Figure I1 -Répartition des financements obtenus par les équipes du département pour un montant total d'environ 13 M€.



I.4. Organisation et vie du département

I.4.1 Structuration du département

Les quatorze équipes du département forment les unités de vie de la recherche. Leur autonomie scientifique est entière. Elles correspondent à des groupes de chercheurs dont la taille peut varier d'une petite dizaine à une vingtaine de personnes (incluant les doctorants et post-doctorants). Les équipes discutent, élaborent et définissent les projets de recherche qui sont développés au LIRMM.

a) Equipes de recherche

Une description détaillée des équipes, de leurs réalisations et de leurs objectifs scientifiques se trouve en annexe dans les fiches-équipes (voir ANNEXE 1).

- ALGCO (*Algorithmes, Graphes et Combinatoire*) : les recherches de cette équipe se concentrent sur l'étude théorique et algorithmique de structures combinatoires et discrètes classiques (par exemple graphes, matroïdes).
- ARITH (*Arithmétique Informatique*) : cette équipe s'est structurée autour de deux axes de recherche en informatique théorique, le calcul (Arithmétiques pour la cryptologie et calcul algébrique) et la géométrie discrète et combinatoire.
- COCONUT (*Contraintes, Apprentissage*) : au cœur de l'intelligence artificielle, cette équipe s'intéresse aux problèmes soulevés par l'utilisation des technologies issues de l'apprentissage et de la programmation par contraintes, avec une composante forte sur les fondements théoriques et les algorithmes.
- DALI (*Digits, Architectures et Logiciels Informatiques*) : cette équipe, localisée à Perpignan, a intégré le LIRMM en janvier 2011. Elle développe une thématique de recherche unifiée afin d'améliorer la qualité numérique et la haute performance des calculs. Elle regroupe des experts en microarchitecture et en Arithmétique des ordinateurs.
- ESCAPE (*Equipe Systèmes Complexes, Automates Cellulaires et Pavages*) : cette équipe qui a rejoint le LIRMM en 2011 et 2012 réunit des spécialistes de calculabilité, complexité et logique qui s'intéressent aux modèles de calcul à travers des objets tels les pavages, les automates cellulaires et les machines de Turing.
- GRAPHIK (*Graphs for Inference and Knowledge Representation*) : issue de l'ancienne équipe *Représentation des Connaissances et Raisonnement*, cette équipe rejoint Inria en 2010. Ses travaux se situent dans le domaine de la représentation des connaissances et des raisonnements. Les contributions sont de natures théoriques, logicielles et applicatives.
- ICAR (*Image et Interaction*) : les recherches de l'équipe associant l'interaction et le traitement des données visuelles se structurent en trois axes : analyse et traitement, codage et protection, modélisation et visualisation.
- MAB (*Méthodes et Algorithmes pour la Bioinformatique*) : cette équipe poursuit des travaux méthodologiques (algorithmique du TEXTE et des arbres, combinatoire, optimisation, modélisation probabiliste, apprentissage statistique) pour répondre à des questions biologiques (évolution, phylogénie, génomique comparative...).
- MAORE (*Méthodes Algorithmiques pour l'Ordonnancement et les Réseaux*) : l'équipe étudie des méthodes d'optimisation combinatoire pour des problèmes relatifs aux réseaux et à l'ordonnancement tant du point de vue de la complexité, que de l'approximation ou des méthodes exactes.
- MAREL (*Models and Reuse Engineering, Languages*) : les recherches de cette équipe relèvent du génie logiciel et s'intéressent à l'automatisation des étapes du cycle de vie du logiciel, de la conception à la maintenance en passant par la compilation et l'optimisation du code.
- SMILE (*Systèmes Multi-agents, Interactions, Jeux, Simulation, Informatique Sociale*) : les activités de l'équipe se fédèrent autour du paradigme des systèmes multi-agents pour étudier, modéliser et implémenter des systèmes distribués concurrents composés d'entités intelligentes et autonomes en interaction.
- TATOO (*Extraction de Connaissances dans les Bases de Données*) : les activités de l'équipe s'inscrivent dans les domaines des grandes bases de données, de l'extraction de connaissances et de la fouille de données en se focalisant particulièrement sur les données liées à la santé et l'environnement.

• **TEXTE** (*Exploration et Exploitation de Données Textuelles*) : les recherches de l'équipe couvrent plusieurs spécialités du traitement automatique du langage naturel et s'organisent autour de deux axes : l'analyse des données textuelles, la sémantique lexicale.

• **ZENITH** (*Gestion de données scientifiques*) : cette équipe-projet Inria s'attaque aux défis posés par la gestion des données massives (big data, données scientifiques), notamment les volumes de données à très grande échelle, les données en continu, l'hétérogénéité et la complexité des données.

b) Pôles de recherche

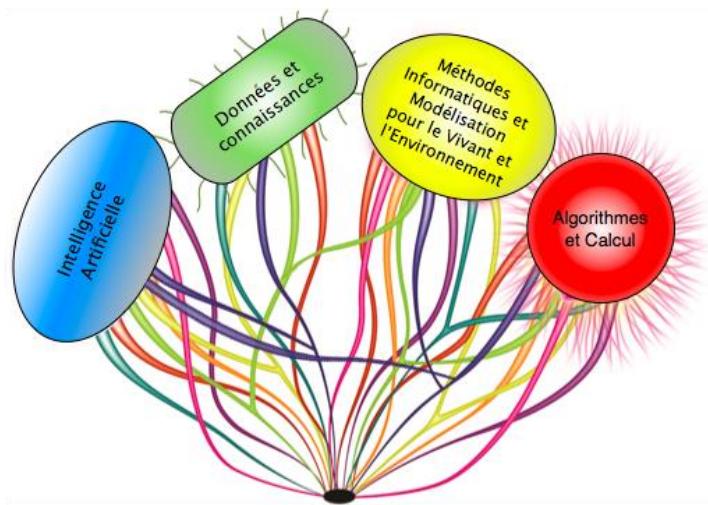


Figure I2 - Organisation en pôles de recherche - Département Informatique. Notons que certaines équipes apparaissent dans plusieurs pôles, par exemple les activités de l'équipe MAB relèvent du pôle Algorithmes et Calcul et du pôle Méthodes Informatiques et Modélisation pour le Vivant et l'environnement, l'équipe GRAPHIK du pôle Données et Connaissances et du pôle Intelligence Artificielle.

Les quatre pôles de recherche mis en place en 2011 s'organisent autour des principaux champs de recherche du département. Le rôle de ces quatre pôles est avant tout de recréer au travers de séminaires généralistes une animation scientifique inter-équipes. Ces événements sont autant d'opportunités de rencontres, de discussions thématiques en profitant de l'invitation de chercheurs français ou étrangers de renommée internationale. Les liens et collaborations inter-équipes étant au cœur des préoccupations du département, nous n'avons pas voulu que ces pôles forment une partition des équipes. Au contraire, de nombreuses équipes, par la nature de leurs thématiques, participent activement à plusieurs pôles.

Le pôle Algorithmes et Calcul.

Les recherches en informatique théorique se caractérisent par l'utilisation de méthodes et outils mathématiques pour l'étude de problèmes de nature informatique, en particulier l'algorithmique combinatoire, le calcul numérique, la théorie de la complexité, mais aussi la combinatoire et plus largement les mathématiques discrètes. Il s'agit de comprendre et formaliser par des raisonnements mathématiques l'efficacité et les limites des méthodes du calcul informatique ainsi que les modèles combinatoires et discrets sous-jacents aux objets manipulés par les ordinateurs.

Pour la plupart, les travaux développés au sein de ce pôle sont orientés vers l'élaboration d'algorithmes combinatoires (méthodes exactes ou approchées, complexité) ou numériques (précision des calculs, calculs haute performance). Ces recherches algorithmes s'appuient sur des recherches en amont en combinatoire, théorie des graphes, géométrie discrète, automates cellulaires ou encore

calcul formel et théorie des nombres. Nous valorisons nos recherches fondamentales à travers le développement d'applications en imagerie, visualisation, cryptographie, sécurité numérique, bioinformatique...

Le pôle ALGORITHMES ET CALCUL réunit les équipes ALGCO, ARITH, ESCAPE, DALI, ICAR, MAORE regroupant 77 personnes dont 46 permanents. Les équipes COCONUT et MAB y participent aussi de manière significative, bien qu'ayant leur centre de gravité dans d'autres pôles.

Le pôle Intelligence Artificielle.

L'intelligence artificielle cherche des moyens susceptibles de doter les systèmes informatiques de la capacité à remplacer, ou du moins à assister, l'humain dans des tâches supposées nécessiter de l'intelligence. Ce domaine de l'informatique est à l'origine d'innovations majeures dans des applications variées, notamment en aide au diagnostic (médical ou autre), affectation et gestion de ressources, robotique autonome, évaluation des risques environnementaux, etc. L'intelligence artificielle propose des formalismes logiques et des algorithmes efficaces d'exploration combinatoire pour représenter des connaissances observées ou fournies par des humains et pour raisonner et apprendre des comportements à partir de ces connaissances.

Les recherches menées dans le pôle INTELLIGENCE ARTIFICIELLE se focalisent sur l'étude de modèles et d'algorithmes pour l'intelligence artificielle. Les thèmes du pôle les plus visibles internationalement sont l'apprentissage automatique, la programmation par contraintes et la représentation des connaissances. Les équipes COCONUT, GRAPHIK, SMILE et TEXTE composent le pôle INTELLIGENCE ARTIFICIELLE regroupant environ 50 personnes dont 24 permanents.

Le pôle Données et Connaissances.

Les évolutions et progrès technologiques divers ont entraîné un accroissement important du volume des données à acquérir, à stocker et à traiter. De plus ces données sont souvent distribuées et/ou hétérogènes. Les bases de données triplent de volume tous les deux ans et tous les secteurs de l'économie génèrent des volumes de données allant du pétaoctet à l'exaoctet, réparties dans des bases multiples. Plusieurs domaines de recherche et d'applications sont concernés par la gestion de ces importantes masses de données.

Le pôle DONNEES ET CONNAISSANCES regroupe les équipes qui s'intéressent à ces masses de données de nature complexe (textes, images, données scientifiques, etc.) afin d'en assurer le traitement ou l'analyse mais également pour en extraire des connaissances et proposer des représentations adaptées. En s'intéressant aux aspects ingénierie des données et des connaissances, le pôle recouvre ainsi un continuum depuis la capture des données jusqu'à la production d'informations et de connaissances.

Les thèmes de recherche autour du traitement des masses de données (Big Data) sont nombreux. Nous nous intéressons particulièrement : au stockage de big data dans des architectures distribuées et parallèles, au traitement de données massivement parallèles dans le cloud; à l'intégration des données (ouvertes) et des métadonnées; à la gestion de workflows scientifiques orientés données; à l'analyse et la fouille de données complexes, textuelles et/ou dynamiques (avec passage à l'échelle); à la représentation et l'interrogation de grandes bases de connaissances... Les équipes travaillant dans le pôle DONNEES ET CONNAISSANCES sont GRAPHIK, MAREL, SMILE, TATOO, TEXTE et ZENITH regroupant environ 80 personnes dont 35 permanents.

Le pôle Méthodes Informatiques et Modélisation pour l'Environnement et le Vivant.

Les données issues de l'environnement et du vivant sont au cœur des motivations scientifiques de ce pôle. Pour cette raison, les liens avec le pôle DONNEES ET CONNAISSANCES sur le stockage, la gestion ou l'intégration sont concrets. De manière complémentaire, le pôle METHODES INFORMATIQUES ET MODELISATION POUR L'ENVIRONNEMENT ET LE VIVANT se positionne sur les problématiques d'analyse,



de modélisation et de traitement de ces données qui inondent les secteurs du vivant et de l'environnement : séquençage haut débit, données de capteurs, images satellitaires ou cellulaires, etc. Les nouvelles échelles auxquelles on a maintenant accès nécessitent de réviser et compléter les modélisations du vivant en vigueur ainsi que de concevoir des outils d'intégration de données et de connaissances multi-échelles. Cet aspect multi-échelle est aussi particulièrement important pour l'environnement. Disposer de méthodes et d'outils informatiques performants pour traiter ces données est devenu une nécessité incontournable et une sorte d'urgence scientifique. Décloisonner les recherches entre l'informatique et ces domaines extrêmement bien implantés au niveau régional permet de répondre à des défis scientifiques et sociétaux majeurs en agronomie, environnement, biodiversité et santé.

Les thématiques de l'équipe MAB la placent au cœur du pôle **METHODES INFORMATIQUES ET MODELISATION POUR L'ENVIRONNEMENT ET LE VIVANT**. Par ailleurs, de nombreux chercheurs appartenant à d'autres équipes participent très activement à ce pôle, le plus souvent au travers de projets appliqués. On note ainsi la participation croissante des équipes TATOO et ZENITH et de manière plus ponctuelle des chercheurs des équipes ICAR, TEXTE, ALGCO, MAORE, SMILE et DALI. Environ 65 personnes dont 40 permanents du département travaillent à l'interface des sciences du vivant et de l'environnement.

I.4.2 Moyens humains et matériels

a) Equipes de recherche

Il est important de noter une hétérogénéité significative dans la composition des équipes. Six équipes (souvent celles de taille réduite) sont exclusivement composées d'enseignants-chercheurs avec en général des charges et responsabilités collectives significatives dans leurs départements d'enseignement respectifs. Les 26 chercheurs (18 CNRS et 6 Inria) se répartissent sur huit équipes, trois d'entre elles (ALGCO, MAB et ZENITH) en concentrant 16.

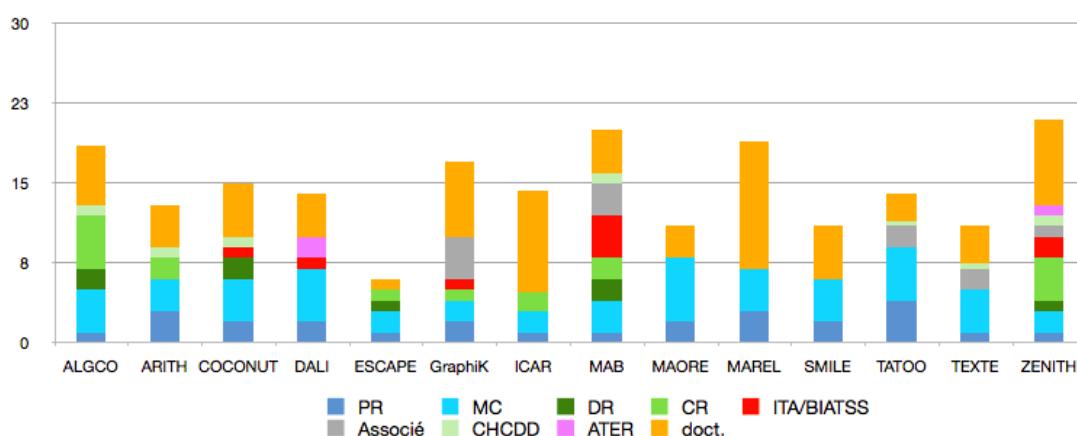


Figure I3 : Répartition des personnels par catégorie dans les équipes du département.

b) Secrétariat

Outre les services communs du laboratoire, le département dispose d'une secrétaire de proximité dont les principales missions sont le secrétariat de direction (assistance lors des réunions, gestion des demandes des équipes envers le département) et le secrétariat de proximité pour les équipes (gestion administrative des missions et dépenses).

c) Cellule ingénieurs et infrastructure informatique.

Une équipe de quatre ingénieurs vient en appui à la recherche par des missions qu'ils remplissent spécifiquement pour des équipes ou de façon transversale pour le département. Parmi les missions transversales récentes, citons le développement d'une application web collaborative pour la gestion du département (communication entre direction et équipes, gestion des demandes de ressources, archivage de comptes rendus et documents) et le développement d'un canevas de site web réutilisable pour l'organisation de conférences nationales et internationales. Les missions d'appui aux équipes se déclinent en développements ciblés, par exemple pour transformer un prototype en logiciel, en réalisation d'expérimentations sur données réelles ou simulées, en recherche de logiciel répondant à un besoin, ainsi qu'en conseil pour l'achat d'infrastructure de calcul dédiée.

I.4.3 Instances de pilotage

Le département est piloté par une équipe de direction, élue pour un mandat de deux ans. Elle est aujourd'hui composée d'un responsable et de deux adjoints. La taille de l'équipe de direction a varié dans le temps (elle était composée d'un responsable et de quatre adjoints lors du quadriennal précédent). Ses missions sont d'organiser la vie du département, d'élaborer sa politique scientifique et représenter les équipes et les chercheurs du département, en particulier auprès de la direction du laboratoire. Les décisions et la politique du département sont élaborées avec l'aide du comité des projets regroupant les responsables des quatorze équipes-projets du département. Le comité des projets est réuni en moyenne trois fois par mois par la direction du département. La direction et le comité des projets travaillent aussi en étroite collaboration avec le pool d'experts informatiques et les départements d'enseignement (IUTs, Faculté des Sciences et Polytech'Montpellier) pour les campagnes de postes et la spécialité informatique de l'Ecole Doctorale I2S de l'Université de Montpellier 2 pour la campagne de recrutement des doctorants.

Outre des dossiers ponctuels importants, tels que l'accueil de nouvelles équipes ou les projets d'occupation de nouveaux bâtiments, les principaux dossiers récurrents du département sont :

- Le budget : En plus des financements propres obtenus par les équipes (pour un montant d'environ 13M€ sur la période - voir figure 30), le département dispose d'un budget de fonctionnement annuel d'environ 100k€ à 150k€. Environ un tiers de cette somme provient de la redistribution d'une partie des dotations des tutelles allouées au laboratoire. Le reste correspond à la participation des équipes à hauteur de 5% de leurs contrats au budget du département. Cette enveloppe budgétaire permet au département d'assurer, outre quelques dépenses de fonctionnement courantes, des actions incitatives importantes. Les objectifs communs de ces actions sont de promouvoir les échanges inter-équipes, d'assurer l'accès (en particulier des doctorants) à une culture scientifique avancée, d'assurer un niveau de solidarité minimal au sein du département. Ainsi, en plus d'une redistribution directe aux équipes d'environ 30% du budget, nous finançons des stages de Master recherche, des inscriptions à des écoles jeunes chercheurs, les jurys de thèses et d'habilitation, ainsi que des séminaires.
- Le recrutement des enseignants-chercheurs évoqué ci-dessus.
- La préparation du concours d'attribution d'allocations doctorales : Le concours est organisé par la spécialité Informatique de l'école doctorale *Information, Systèmes et Structure* (I2S). Chaque année, nous recevons environ cinq allocations de la part de l'école doctorale. Le rôle de la direction est de faire émerger, avec l'aide du comité des projets, les sujets prioritaires en tenant compte au mieux des ressources externes obtenues par les équipes (bourses ANR, CIFRE, Normalien...) et du taux d'encadrement des personnels impliqués dans les projets.

I.4.4 Moyens d'animation scientifique

Avec la mise en place des pôles de recherche, le département structure sa politique d'animation scientifique. Aujourd'hui, chacun des quatre pôles organise un séminaire généraliste accessible à l'ensemble des chercheurs du pôle et au-delà. Les séminaires des pôles ALGORITHMES ET CALCUL et INTELLIGENCE ARTIFICIELLE sont propres au département alors que les séminaires communs des pôles DONNEES ET CONNAISSANCES et METHODES INFORMATIQUES ET MODELISATION POUR L'ENVIRONNEMENT ET LE VIVANT s'appuient aujourd'hui sur les projets tels que NUMEV, L'INSTITUT DE BIOLOGIE COMPUTATIONNELLE ou MASTODONS dont les frontières dépassent celles du département. En moyenne, ces séminaires communs ont une fréquence bimestrielle ou trimestrielle.

En plus de ces séminaires généralistes, la plupart des équipes organisent des groupes de travail ou séminaires thématiques. Nous dénombrons ainsi une dizaine de séminaires spécialisés (voir la [liste des séminaires du département](#) sur le site Internet du LIRMM), ouverts à l'ensemble des chercheurs intéressés.

Au-delà de l'animation scientifique locale, les équipes du département organisent de nombreuses réunions scientifiques d'audience nationale ou internationale. Ces réunions peuvent être directement liées à leurs projets de recherche, s'inscrire dans le cadre de GDR (journées thématiques) etc. Enfin, nous organisons chaque année plusieurs conférences internationales (voir la [liste des conférences organisées par le LIRMM en ANNEXE 10](#)).

I.5. Evolutions envisagées quant à l'organisation du département

La forte croissance du département ces dernières années pose des défis importants à la communauté informatique du LIRMM. Avec le mode de financement actuel de la recherche (appels à projets), les équipes gagnent en autonomie. A partir d'une certaine taille, on observe des phénomènes d'autarcie naturelle : il est toujours plus facile et confortable de collaborer avec des collègues travaillant sur des thématiques proches. Il est donc possible d'observer des spécialisations limitant les échanges inter-équipes. Dans ce contexte, il est important que le département mette en place des outils promouvant les projets inter-équipes, faisant émerger une culture scientifique commune, stimulant les réponses collectives aux appels à projets structuraux. Les pôles sont un des outils mis en place pour atteindre ces objectifs.

La question d'un département unique se pose naturellement après dix ans d'existence. Les bénéfices qu'il a apportés à la communauté informatique sont considérables, en particulier sur la mise en place d'une politique scientifique, de recrutement et de redistribution des moyens communs. Cela a aussi permis d'améliorer au fil des années la qualité des échanges avec les autres communautés scientifiques et les diverses instances régionales. Une structure collective unique représentant la communauté informatique nous semble donc toujours primordiale. L'échelle de l'équipe est aussi le bon niveau pour la mise en œuvre des activités de recherche. Même si la taille du département rend difficile sa gestion, ajouter un niveau intermédiaire entre les équipes et le département ne nous semble pas aujourd'hui pertinent. En particulier, nous pensons que les pôles doivent rester des outils d'animations structurants pour le département. Leurs contours pourront néanmoins être réexaminés au gré de l'évolution des projets scientifiques.

Après dix années de fonctionnement, nous avons observé des recompositions d'équipes et l'émergence de nouvelles équipes. Le processus de vie des équipes est un point important pour la sérénité du département et la qualité des recherches qui y sont entreprises. Le département et la direction du laboratoire réfléchissent actuellement à des dispositifs permettant de mieux encadrer et accompagner ces processus d'évolution nécessaires à la dynamique de la recherche.

II. Réalisations du département Informatique

II.1. Eléments d'appréciation sur l'ensemble des réalisations

La valorisation des travaux varie d'un pôle à l'autre. Si l'activité de publication est bien sûr au cœur du travail de l'ensemble des pôles, on note toutefois des stratégies de publication différentes : dominance de publication dans des journaux pour les thématiques théoriques (par exemple pour le pôle ALGORITHMES ET CALCUL) et en conférences pour les activités plus appliquées (par exemple le pôle DONNEES ET CONNAISSANCES). Sur la période, les membres du département ont publié près de 450 articles dans des revues internationales avec comité de lecture ce qui représente une moyenne de 1,45 publications par an et par ETP (ce qui est en nette augmentation par rapport au précédent quadriennal : +15 %).

	ACL	ASCL	INV	ACTI	ACTN	COM	AFF	OS	DO	AP	BV	Total
2008-2013	447	0	56	594	140	27	29	74	27	126	3	1523
par an, par C (ETP=1)	0,88	0	0,11	1,17	0,28	0,05	0,06	0,15	0,05	0,25	0,01	3,01
par an, par C (ETP=0,5)	1,45	0	0,18	1,93	0,45	0,09	0,09	0,24	0,09	0,41	0,01	4.94

Figure I4 - Tableau de synthèse des publications

On remarque une activité de transfert et de collaboration vers et avec les entreprises très intense dans les pôles DONNEES ET CONNAISSANCES et INTELLIGENCE ARTIFICIELLE. Par sa nature même, le pôle METHODES INFORMATIQUES ET MODELISATION POUR L'ENVIRONNEMENT ET LE VIVANT développe d'importantes collaborations académiques interdisciplinaires.

Le format de nos réalisations est donc aussi varié que le spectre de nos recherches est large. Enfin le développement logiciel est une activité de plus en plus importante pour nombre d'équipes. On distingue des développements de natures différentes : des applications qui viennent en support à nos propres recherches, des réalisations logicielles ayant un objectif de transfert technologique (par exemple dans le pôle DONNEES ET CONNAISSANCES) ou encore la maintenance de services web à destination de communautés scientifiques extérieures à travers le développement de plateforme (par exemple dans le pôle METHODES INFORMATIQUES ET MODELISATION POUR L'ENVIRONNEMENT ET LE VIVANT).

La qualité de nos recherches se traduit aussi par notre rayonnement académique au travers de nos collaborations, de nos implications dans nos communautés respectives tant sur le plan scientifique (par exemple participations à des comités éditoriaux) qu'administratif (par exemple implication dans les instances et structures collectives) et à tout niveau (régional, national, international). Enfin, il convient d'apprécier le succès de nos équipes aux appels à projets régionaux, nationaux et internationaux.

Liste d'éléments marquants pour le département

La liste ci-dessous synthétise les faits majeurs à l'échelle du département qui fournissent des premiers éléments d'évaluation sur la qualité de nos activités.

II.1.1 Evolution du département

- Accueil des nouvelles équipes ESCAPE et DALI.

- Arrivée d'Inria avec l'accueil de la nouvelle équipe ZENITH et la labellisation Inria de l'équipe GRAPHIK.
- Un tiers des membres permanents actuels recrutés sur la période.

II.1.2 Distinctions

- Internationale : ACM Fellow pour P. Valduriez en 2012.
- Nationale : médaille d'argent du CNRS pour O. Gascuel en 2008.
- Régionales : 6 jeunes chercheurs distingués par le programme *Chercheurs d'avenir* de la région Languedoc-Roussillon.

II.1.3 Evènements internationaux majeurs

- Organisation des conférences ECAI 2012 et ECOOP/ECMFA/ECSA 2013
- Au total, les membres du département ont été directement impliqués (comme porteur ou membre du comité d'organisation) dans l'organisation de 30 à 40 conférences internationales, workshops (workshops satellites de conférences, workshops thématiques dans des centres de recherche, etc.) ou écoles jeunes chercheurs.

II.1.4 Projets structurants

- Forte implication dans les projets de type *Investissement d'avenir* : porteur des axes *Données* et *Algorithmes* du LabEx NUMEV; implication dans l'EquipEx GEOSUD; dans des infrastructures nationales en biologie *Institut Français de Bioinformatique* et *France génomique*; mise en place de l'Institut de Biologie Computationalle en 2012; porteur de plusieurs projets dans le cadre du défi CNRS MASTODONS.

II.1.5 Publications

- Revues internationales : 447 publications soit 1,46 journal par an et par chercheur
- Conférences internationales : 594 publications soit 1,94 conférences par an et chercheur

II.1.6 Transfert

Le département entretient des relations fortes avec le milieu socio-économique. De nombreux contrats avec des industriels sont établis, ce qui se traduit par exemple par des co-encadrements CIFRE de doctorants, par des développements ingénieurs encadrés par le département, par des créations de start-up et des dépôts de brevets en commun (quatre brevets sur la période). Voici quelques exemples dans ce domaine :

- Le FUI *Rider* réalisé en partenariat avec IBM, EDF, GDF-Suez et impliquant les équipes ICAR, MAREL et TATOO.
- Le laboratoire commun *EasyTest* entre le LIRMM et *NXP semiconductors* impliquant COCONUT et ayant débouché sur la création d'une start-up en 2009.
- La création d'un *i-lab* Inria par ZENITH et la société *Data Publica*.
- Certaines équipes du département ont une forte interaction avec les industriels, citons par exemple : l'équipe DALI collaborant avec de grands groupes tels Airbus, Thales, Total...; l'équipe MAREL collaborant avec Orange Labs, Microsoft...; et l'équipe ZENITH participant à de grands projets comme le PIA X-Data (Orange, EDF, Cinequant, Hurence), le PIAData-scale (Bull, CEA, ActiveEon, Armadillo, Twenga, IPGP, Xedix), le projet Européen CoherentPaas (MonetDB, QuartetFS, Saprsity, Neurocom, Portugal Telecom).

II.2. Réalisations

Les contributions scientifiques du département sont présentées à travers les pôles. Cette présentation permet de mettre en évidence les synergies inter-équipes fortes qui existent au sein des pôles. Pour chaque pôle, nous identifions les principaux faits marquants relatifs aux publications, projets et logiciels des équipes. Après une description de leur animation scientifique, nous décrivons brièvement les contributions scientifiques les plus abouties. Nous nous référerons aux fiches d'équipes ou sites web pour une description plus approfondie et détaillée de l'ensemble des travaux. Nous pourrons constater que certaines réalisations relèvent de plusieurs pôles (par exemple des recherches relatives au traitement de données biologiques ou environnementales).

II.2.1 Réalisations scientifiques par pôle

a) Pôle Algorithmes et Calcul

Ce pôle est celui qui réunit le plus grand nombre d'équipes et de chercheurs. Notons qu'une part significative des travaux des équipes COCONUT et GRAPHIK d'un côté et MAB de l'autre relève de l'algorithme combinatoire respectivement orientée vers des problèmes issus de l'intelligence artificielle et de la bioinformatique. Des collaborations et échanges sont donc mis en place avec les pôles INTELLIGENCE ARTIFICIELLE et METHODES INFORMATIQUES ET MODELISATION POUR L'ENVIRONNEMENT ET LE VIVANT (par exemple co-encadrements de thèses, participations à des projets communs, implications dans l'axe *Algorithmes et Calculs* du LabEx NUMEV). Nous présentons ci-dessous trois axes représentatifs des activités issues de ce pôle : la *combinatoire des structures discrètes*, l'*algorithme combinatoire et la complexité* et le *calcul numérique et formel, le calcul haute performance (HPC) et la cryptographie*. La valorisation des travaux réalisés dans ce pôle se fait essentiellement au travers de publications (pour une très large part dans des revues internationales). Nous observons toutefois de fortes activités de transfert dans le cadre du troisième axe (notamment en imagerie - équipe ICAR - et HPC - équipe DALI).

(i) Animation scientifique

En plus du séminaire de pôle qui fonctionne depuis 2011 à raison d'un séminaire généraliste par trimestre en moyenne, les équipes du pôle animent ou sont impliquées dans plusieurs groupes de travail ou séminaires thématiques à fréquence hebdomadaire. Quasiment la moitié de ces exposés spécialisés (qui restent ouverts à l'ensemble des équipes) est proposée par des chercheurs invités (français ou étrangers) :

- le séminaire Algorithmes et combinatoire animé par l'équipe ALGCO,
- le groupe de travail Arithmétique Informatique de l'équipe ARITH,
- le groupe de travail de l'équipe ESCAPE,
- le séminaire Architecture et calcul numérique de l'équipe DALI,
- le séminaire Imagerie et interactions de l'équipe ICAR,
- le groupe de travail Algèbre et géométrie combinatoire commun à plusieurs équipes du pôle et l'I3M (Institut de Mathématiques et de Modélisation de Montpellier).

(ii) Combinatoire et structures discrètes

Les structures discrètes émergent naturellement dans les processus de modélisation informatique. La plupart des équipes du département les utilisent : les arbres et les mots pour la phylogénie et la génomique comparative ou le séquençage (équipe MAB), les graphes pour la représentation de connaissances (équipes GRAPHIK, TATOO)... Ces structures combinatoires, dont la compréhension constitue donc un enjeu de tout premier plan, sont les objets d'études de plusieurs équipes.

- La *théorie de graphes* est un thème central à l'équipe ALGCO. Les sujets de prédilection de l'équipe sont la coloration de graphes, les décompositions de graphes (ANR *Graal*) et les graphes topologiques ANR *Gratos*, *Egos*). En coloration, le développement des méthodes de déchargement a permis d'affiner les bornes inférieures et supérieures connues pour de nombreux problèmes [OPgc13]. Les travaux sur différentes méthodes de décomposition de graphes sont à l'origine d'améliorations significatives de différents algorithmes (voir [GPTC13Algo] par exemple). Des représentations géométriques (modèles d'intersection ou systèmes de contacts) de graphes plongeables dans des surfaces (voir la figure 33) ont été proposées [Gstoc09].

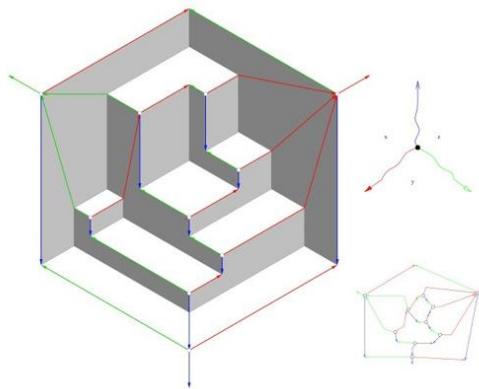


Figure I5 - Plongement d'un graphe planaire dans une surface orthogonale à partir d'une décomposition en forêts de Schnyder (projet ANR Egos).

La *combinatoire des mots* constitue l'un des deux axes de recherche de l'équipe ARITH. Dans ce cadre, l'équipe a initié l'étude de la complexité abélienne des mots infinis [Rjlms11]. Les mots 1-équilibrés, aux propriétés combinatoires bien comprises, permettent de discréteriser des segments de droite. Par contre, ils ne capturent pas (ou mal) la structure des courbes discrètes y compris des courbes régulières telles que les cercles. Les mots tangents introduits dans [Mdgi11] comblent cette lacune. De manière générale, les travaux de l'équipe ARITH en combinatoire des mots trouvent des applications algorithmiques ou en géométrie discrète. Citons aussi les résultats combinatoires sur les systèmes de numération et les partitions d'entiers [IPcdm10].

Les *automates cellulaires* et les *pavages* permettent à l'équipe ESCAPE de mieux comprendre les fondements de la notion de calcul algorithmique. Pour cela, l'équipe propose des résultats structurels sur ces objets comme la construction d'ensembles de tuiles produisant des pavages de complexité intrinsèque élevée [DRS-css12] ou munies de propriétés de robustesse à l'erreur *ANR Nafit*. Notons les liens étroits entre ces thématiques, la géométrie discrète, la théorie des langages et la combinatoire. La *théorie des matroïdes* constitue une abstraction algébrique des graphes qui permet aussi d'appréhender des objets géométriques et topologiques [GLEjc09]. L'équipe ALGCO est moteur dans l'étude de ces objets combinatoires du point de vue structurel (au sein du projet ANR *Teomatro* impliquant des chercheurs de l'I3M) et appliqué en développant avec l'équipe ICAR une application originale en paléoanthropologie (voir Pôle Méthodes Informatiques et Modélisation pour l'Environnement et le Vivant).

(iii)Algorithmes Combinatoires et complexité

Thème historique du département informatique, les travaux récents sur ce sujet portent essentiellement sur la résolution efficace de problèmes réputés difficiles du point de vue de la théorie de la complexité. Trois thématiques se dégagent :

- *Les méthodes approchées* : La théorie de l'approximation est une approche classique permettant d'obtenir en temps polynomial des solutions de qualités garanties, c'est à dire que l'écart à la solution optimale mesuré par le ratio d'approximation est contrôlé. L'équipe MAORE applique ces techniques aux domaines de l'ordonnancement et de l'optimisation dans les réseaux. Notons les résultats obtenus sur l'ordonnancement en présence de communications ([\[GDSKjs11\]](#) et [\[KPGMtcs08\]](#)) et le routage multicast [\[MBLcn12\]](#)).
- *Les méthodes exactes et paramétrées* : Afin de mieux contrôler la complexité exponentielle due à l'explosion combinatoire inhérente à la résolution de certains problèmes, la complexité paramétrée permet une analyse multi-dimensionnelle de la complexité à l'aide de paramètres indépendants de la taille de la donnée (ANR Agape). L'équipe ALGCO a obtenu de nombreux résultats dans ce domaine, parmi lesquels la résolution de plusieurs questions ouvertes de longue date [\[DBTstoc11\]](#), [\[HPTsicomp09\]](#) ou par l'obtention de résultats méta-algorithmiques, i.e. algorithmes s'appliquant à toute une famille de problèmes définis à partir de propriétés structurelles génériques. Signalons que ces techniques algorithmiques sont aussi utilisées par les équipes COCONUT, MAB et MAORE dans leurs domaines respectifs.
- *Les méthodes de pré-traitement* : Dérivée de la complexité paramétrée, la théorie de la *kernelisation* est une tentative de formalisation des pré-traitements polynomiaux. L'objectif est de comprendre ce qu'il est possible de calculer en temps polynomial sur une instance d'un problème difficile. L'évaluation des méthodes de pré-traitement repose sur la mesure de la taille des instances réduites obtenues en fonction d'un paramètre indépendant de la taille de l'instance initiale. L'équipe ALGCO a contribué à ce domaine émergent (projet *Chercheur d'avenir LR Kernel*) avec de nouveaux outils pour l'obtention de bornes inférieures [\[Tsoda09\]](#) ainsi que de nombreux résultats positifs [\[KLPicalp13\]](#).

(iv) Calcul numérique, calcul formel, cryptographie et HPC

Les outils du calcul numérique sont très différents de ceux de l'algorithmique combinatoire. Par exemple, l'analyse et le traitement d'images reposent fortement sur des techniques issues du traitement du signal. Le calcul formel et la cryptographie asymétrique, deux domaines fortement liés, reposent en partie sur l'algèbre et la théorie des nombres. L'arithmétique (des ordinateurs) et l'algèbre linéaire sont des ingrédients essentiels en calcul numérique. Le HPC demande en outre la prise en compte des supports d'exécution et une expertise certaine en architecture des machines et en compilation.

- *Arithmétique et cryptographie* est un thème sur lequel les équipes ARITH et DALI collaborent depuis plusieurs années (ANR Pavois). Ces équipes ont en particulier proposé de nouveaux systèmes de numération pertinents en cryptographie (par exemple double-base) et développé des algorithmes pour différentes opérations arithmétiques, notamment pour les protocoles basés sur les courbes elliptiques [\[ADieee-tc11\]](#).
- Le *calcul haute performance* repose sur l'efficacité de l'implantation des algorithmes en particulier sur les machines parallèles ou multi-cœurs. Dans ce contexte, il est important de concevoir des opérations arithmétiques de base très efficaces et hautement parallèles. Les résultats obtenus par l'équipe ARITH concernent par exemple la parallélisation massive de calcul algébrique sur des corps finis [\[Gllarith12\]](#). Ces travaux entrent dans le cadre du développement de la bibliothèque [LinBox](#) auquel ARITH participe activement. L'équipe DALI développe des outils logiciels de mesure de performance et de parallélisme et s'intéresse à l'optimisation automatique de code pour mieux tenir compte des architectures matérielles (ANR Hpac).

- *Stéganographie et stéganalyse* étudient l'insertion ou la détection de messages secrets dans un média. L'équipe ICAR propose un nouveau paradigme de stéganographie adaptative préservant au mieux les statistiques d'une base d'images [KCPieee-icme13] (voir figure I6). Les méthodes développées permettent le chiffrage de données et donc la protection, la confidentialité, tout en limitant le bruitage résultant. Il s'agit de limiter les perturbations des codeurs de compression (ANR Vodo). L'équipe ICAR met à disposition toute une série de services ou applications web sur cette thématique.

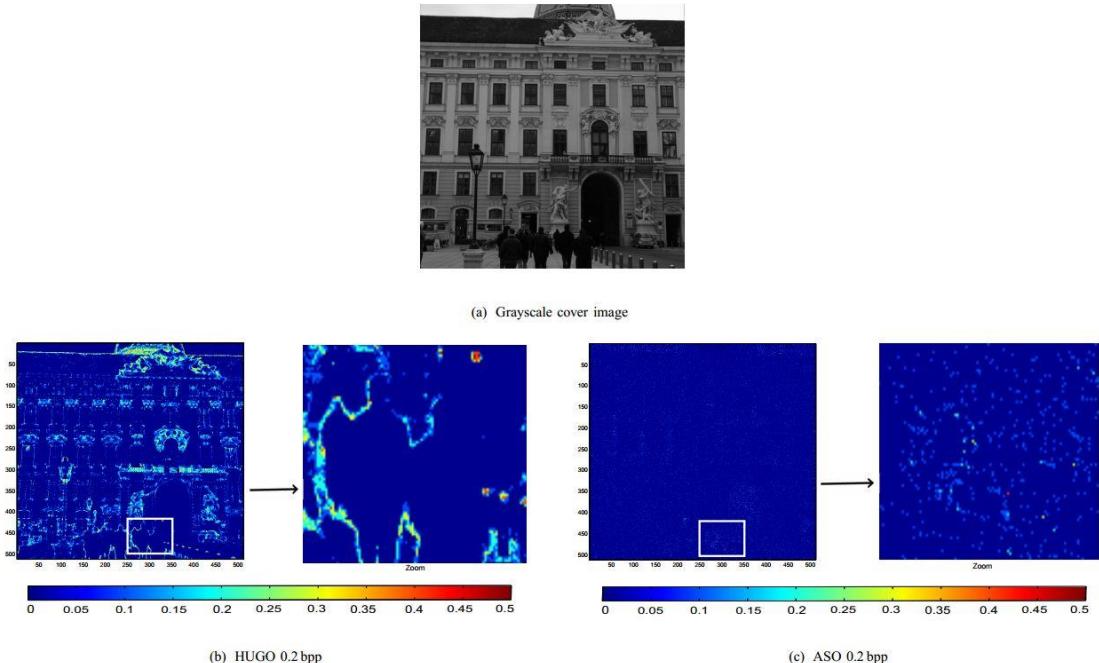


Figure I6 - Images donnant la probabilité de modification de chaque pixel d'une image en niveau de gris, dans le cas d'utilisation de deux algorithmes de stéganographie (Hugo ou ASO)

- *Reconstruction et protection d'objets 3D* : La tomographie permet de reconstruire des objets volumiques à l'aide de diverses mesures. En s'appuyant sur de nouveaux outils de traitement du signal, l'équipe ICAR a élaboré de nouvelles méthodes de reconstruction permettant d'estimer l'erreur due aux variations statistiques des mesures initiales. [SLRmiccai09]. Dans le cadre de la protection d'objet 3D, des approches de synchronisation pour du tatouage basées sur le parcours d'arbres permettent de conserver la précision initiale des objets 3D. L'objectif étant de résister à des manipulations des objets 3D comme le changement de format ou le lissage de la forme.

b) Pôle Intelligence Artificielle

Centrées sur l'étude des modèles et algorithmes pour l'intelligence artificielle, les activités des équipes du pôle INTELLIGENCE ARTIFICIELLE sont présentées à travers trois axes : *raisonnement et inférences*, *aspects algorithmiques* et le développement de *jeux sérieux*. Ces travaux ont de fortes interactions avec ceux des trois autres pôles du département. Les équipes GRAPHIK, SMILE et TEXTE déplient leurs méthodes et travaux pour le traitement de bases de connaissances ou données textuelles (voir pôle DONNEES ET CONNAISSANCES) très souvent dans des contextes liés à l'environnement et la santé (voir pôle METHODES INFORMATIQUES ET MODELISATION POUR L'ENVIRONNEMENT ET LE VIVANT). Par ailleurs, les travaux des équipes COCONUT et GRAPHIK sur les aspects algorithmiques et complexité de l'intelligence artificielle ont des connexions évidentes avec le pôle ALGORITHMES ET CALCUL. Ainsi, les travaux réalisés dans ce pôle donnent lieu d'une part à des

publications dans des conférences ou journaux de recherche fondamentale ou appliquée, et d'autre part à des développements et distribution de logiciels ([Sygfran](#), [Jeux de mots](#), [Cogui](#), [Mojos](#), etc), à des activités de transfert vers des entreprises - aides à la création d'entreprise innovantes (eg. *Natural Pad*) et expertises (eg. *Cortus*) - ou la recherche académique (INRA, CHU).

(i) [Animation scientifique](#)

Le [séminaire du pôle INTELLIGENCE ARTIFICIELLE](#) consiste en des exposés généralistes permettant d'inviter des chercheurs extérieurs et des journées thématiques de discussion entre les équipes du pôle. Par ailleurs, les équipes animent ou sont impliquées dans plusieurs groupes de travail ou séminaires thématiques :

- le séminaire [Contraintes](#) de l'équipe COCONUT,
- le séminaire [Représentation de connaissances et raisonnement](#) de GRAPHIK,
- le séminaire [Traitement Automatique de la Langue](#) de l'équipe TEXTE,
- le séminaire d'[Aide à la décision](#) de l'UMR IATE (CIRAD) auquel participe l'équipe GRAPHIK.

(ii) [Raisonnement et inférence](#)

Au cœur de l'intelligence artificielle, ce thème est décliné par plusieurs équipes. Lier apprentissage et contraintes est une spécificité de l'équipe COCONUT pour l'acquisition de contraintes. L'équipe GRAPHIK étudie l'interrogation de données exploitant les inférences issues d'ontologies. Au travers de l'analyse syntaxique et la fouille de texte, l'équipe TEXTE propose des outils originaux d'analyse de données textuelles.

- *Apprentissage et acquisition de contraintes* : Etant donné un problème combinatoire, l'enjeu est ici l'inférence rapide d'un réseau de contraintes le représentant ([voir figure I7](#)). En utilisant des méthodes d'apprentissage, l'équipe COCONUT a montré qu'il est possible de limiter drastiquement le nombre de requêtes nécessaires tout en conservant une convergence efficace [[BCHijcai13](#)] (projet Européen FP7-FET open ICON)

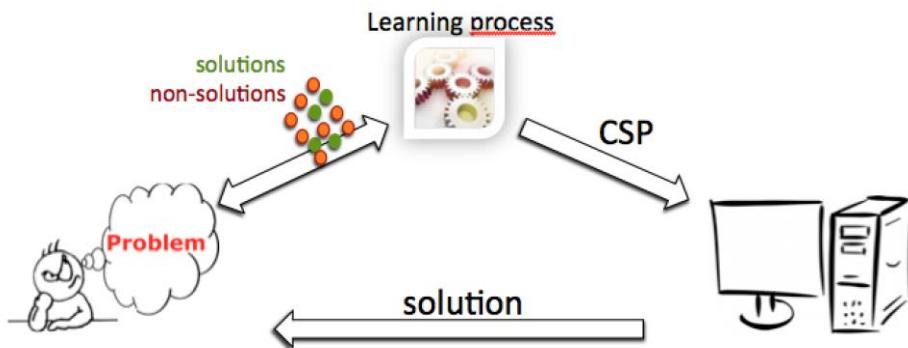


Figure I7 - Processus d'apprentissage et d'acquisition de contraintes.

- *Ontology Based Data Access (OBDA)* : Quelles requêtes peuvent être déduites en tant que conséquence sémantique d'une base de connaissances, composée de données et d'ontologies ? L'équipe GRAPHIK étudie ce problème important à travers l'expressivité et la complexité des raisonnements de certains fragments de la logique du premier ordre. [[BLMai11](#)]. Deux logiciels liés à cette thématique sont en cours de développement : [Kiabora](#) un analyseur de règles existentielles, et [Alaska](#) une plateforme d'OBDA.
- *L'analyse syntaxique* permet d'extraire de données textuelles des structures et règles syntaxiques. L'équipe TEXTE étudie des modèles et algorithmes d'analyse syntaxique ainsi que l'interface syntaxe-sémantique pour la représentation de connaissances linguistiques (voir par exemple [[PRLeacl12](#)]). Dans ce contexte, l'analyseur syntaxique historique de

l'équipe [Sygfran](#) est toujours maintenu. Les contributions portent en particulier sur une approche robuste d'analyse syntaxique du français reposant sur des systèmes de réécriture. Par ailleurs, en collaboration avec l'équipe TATOO, des outils de fouille de texte sont utilisés pour élaborer des méthodes d'acquisition automatique de vocabulaire d'opinions permettant l'analyse de sentiments (voir aussi les activités de fouilles de données du pôle DONNEES ET CONNAISSANCES).

- *Elicitation de préférences* : Domaine de l'intelligence artificielle en plein essor, cette thématique a été abordée dans un premier temps par l'équipe GRAPHIK par le biais d'applications en agronomie (INRA-IATE). Les travaux se poursuivent aujourd'hui dans le cadre du projet Européen *EcoBioCap*. L'équipe contribue aussi à cette thématique par des travaux de nature théorique [\[K11\]](#). Une collaboration récente entre les équipes TEXTE et GRAPHIK consiste à étudier des conditions d'extraction d'occurrences candidates dans les textes afin d'alimenter des bases de connaissances de manière semi-automatique.

(iii)Aspects algorithmiques de l'intelligence artificielle

Une large part des activités des équipes COCONUT et GRAPHIK débouchent sur des résultats algorithmiques ou de complexité structurelle (classification de problèmes selon leur difficulté). Elles ont de ce point de vue des liens importants avec le pôle ALGORITHMES ET CALCUL.

- *Analyse d'algorithmes pour les contraintes* : Les avancées les plus importantes obtenues récemment par l'équipe COCONUT sur les aspects algorithmiques et complexité des problèmes de satisfaction de contraintes concernent les contraintes globales, et sur des résultats de complexité paramétrée (voir pôle ALGORITHMES ET CALCUL). Ainsi, l'existence de contraintes globales n'admettant pas de décomposition de taille polynomiale préservant la propagation a permis d'expliquer l'échec des méthodes à base de solveur SAT et/ou de Mixed-Integer Programming pour certains types de problèmes [\[BKNijcai09\]](#). La complexité du problème de cassage de symétrie dans un réseau de contraintes a été caractérisé en paramétrant par le degré d'injectivité du réseau [\[VCcp12\]](#).
- *Algorithmes distribués pour les contraintes* : Les contributions algorithmiques de COCONUT pour les contraintes relèvent aussi de l'algorithmique distribuée [\[WEBConstraints13\]](#). Notons que l'équipe a créé et maintient la plateforme [DisChoco2](#) pour la résolution de problèmes (satisfaction et optimisation) à contraintes distribuées. Seule plateforme contenant l'ensemble des algorithmes les plus connus de résolution de contraintes distribuées, elle bénéficie d'une interface conviviale de génération et visualisation des problèmes et d'affichage des résultats.
- *Ontology Based Data Access* : Les travaux de GRAPHIK sur la problématique OBDA décrits plus tôt relèvent aussi de l'algorithmique de l'intelligence artificielle puisqu'ils portent sur l'identification de critères de décidabilité de raisonnement avec des règles existentielles et l'étude d'algorithmiques génériques.

(iv)Les jeux sérieux

Les équipes SMILE et TEXTE ont développé des outils à base de jeux sérieux : dans le cadre d'applications multi-agents dans le domaine de la santé pour SMILE et pour l'acquisition d'une base lexicale pour TEXTE. Dans les deux cas, des résultats importants ont été obtenus :

- *Jeux sérieux et multi-agents* : Fort de leur expérience sur la programmation multiagents (voir la bibliothèque de développement [MaDKit](#)), l'équipe SMILE propose des jeux thérapeutiques à base de systèmes multi-agents [\[GHDih11\]](#). Les applications développées font l'objet de tests cliniques dans le cadre d'un *Programme Hospitalier de Recherche Clinique*. Ces travaux

aboutissent au développement d'un middleware pour la création de jeux sérieux (voir les projets [Mojos](#) et [Project Village](#)).

- L'application [Jeux de mots](#) développée par l'équipe TEXTE a permis à travers une activité ludique l'acquisition en cinq ans d'un réseau lexical (voir figure 36) de plus de 1.600.000 relations sur 250.000 termes ([\[LJlrec12\]](#)). La ressource obtenue, consolidée et mise à disposition de la communauté scientifique, est très riche par le grand nombre de types de relations qu'elle contient.

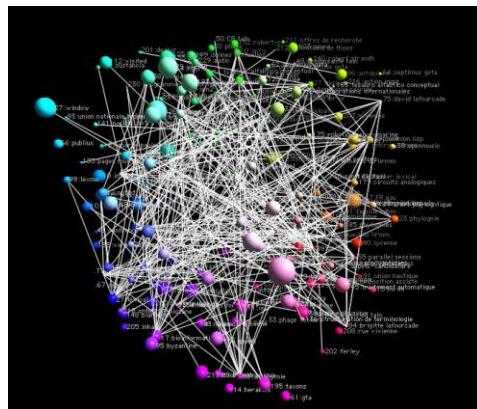


Figure I8 - Réseau lexical généré à l'aide de l'application [Jeux de mots](#).

- L'équipe ICAR participe à travers une collaboration avec le laboratoire M2H (*Movement to Health*) et la société *NaturalPad*, créée par d'anciens doctorants du LIRMM, au développement de jeux sérieux thérapeutiques. ICAR intervient pour leurs compétences en imagerie.

c) Pôle Données et Connaissances

Les enjeux liés au traitement des données massives ou les Big Data au sens large sont au cœur du pôle Données et Connaissances (voir figure I9). Cette thématique dépasse largement les frontières de ce pôle : ainsi les travaux des équipes GRAPHIK, SMILE et TEXTE relevant de ce pôle sont ancrées sur des méthodes et paradigmes issus de l'intelligence artificielle (voir pôle INTELLIGENCE ARTIFICIELLE); de même de par la nature des données traitées ou des applications visées, certains travaux des équipes ZENITH, TATOO et TEXTE s'inscrivent aussi dans le pôle METHODES INFORMATIQUES ET MODELISATION POUR L'ENVIRONNEMENT ET LE VIVANT. Nous décrivons les réalisations du pôle à travers trois axes : *intégration de données et la gestion de connaissances, fouille de données et recommandation, recherche d'information et parallélisme*. Les recherches menées dans ce pôle sont souvent orientées vers ou motivées par des applications. Ainsi les activités de transfert (vers les entreprises notamment) et le développement de logiciels prennent ici, en plus des publications scientifiques, une part importante dans la stratégie de valorisation des recherches.

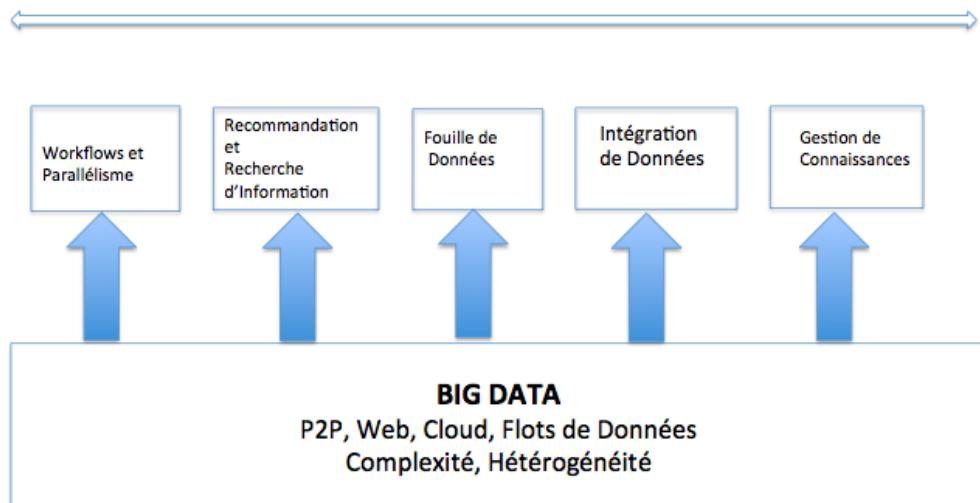


Figure I9 - Thématiques majeures du pôle DONNEES ET CONNAISSANCES.

(i) Animation scientifique

Les collaborations et animations scientifiques des équipes de ce pôle s'appuient sur plusieurs structures de type "investissements d'avenir": le LabEx NUMEV, le défis CNRS MASTODONS, le P.I.A. INSTITUT DE BIOLOGIE COMPUTATIONNELLE et l'EquipEx GEOSUD, ainsi que sur des séminaires d'équipes, comme:

- le groupe de travail fouille de données de TATOO;
- le séminaire Données Scientifiques de ZENITH.

(ii) Intégration de données et gestion de connaissances

Il s'agit de la structuration et de l'homogénéisation de données pour l'interopérabilité et l'intégration de données hétérogènes, et de façon complémentaire, la gestion de connaissances à partir de diverses méthodes. Les équipes du pôle s'intéressent aux données du web, données publiques (Open Data) et scientifiques.

- *Intégration de données publiques* : A partir de méthodes de découverte et de matching, l'équipe ZENITH traite l'intégration de données et méta-données publiques. Les résultats obtenus s'appuient sur le développement du logiciel WebSmatch (projet industriel DataPublica) [CCFwod12]. Par ailleurs, l'équipe TATOO s'intéresse à la publication de données publiques sur le web qui posent des problèmes liés à l'hétérogénéité des protocoles d'accès, à la redondance des identifiants (ANR *Datalyse*).
- *Données textuelles* : L'équipe SMILE, en collaboration avec TATOO et TEXTE, travaille sur l'annotation et l'indexation sémantique de données textuelles pour l'inter-opérabilité sémantique dans le domaine biomédical [JLFjwb11]. L'objectif est la construction d'un workflow de données textuelles basé sur les ontologies (collaboration CHU de Rouen, Université de Stanford).
- *Résolution d'entités* : Problématique majeure du web des données, il s'agit de déterminer si des références, qui peuvent être issues de diverses sources, concernent la même entité du monde réel. Cette problématique est étudiée par GRAPHIK dans le cadre des bases documentaires (projet *SudocAd* avec l'ABES, ANR *Qualinca*). Le prototype développé s'appuie sur le logiciel Cogui, outil de construction de bases de connaissances graphiques. Par ailleurs, ZENITH travaille sur la résolution d'entités dans le contexte de données incertaines distribuées. L'approche adoptée repose sur la sémantique des mondes possibles. Un algorithme de complexité polynomiale a été proposé [PVdapd13] pour traiter une grande classe de fonctions de similarité.

- *Schema matching et ingénierie des ontologies* : Dans l'objectif d'intégrer des schémas hétérogènes [BBR11] l'équipe ZENITH développe des méthodes d'alignement basées sur des techniques d'apprentissage combinant des mesures de similarité utiles pour l'appariement. Le logiciel YAM++ propose une implémentation de ces méthodes. Dans un contexte de génie logiciel, l'équipe MAREL travaille sur l'ingénierie des ontologies guidée par l'analyse de concepts : c'est-à-dire la classification de composants et de services Web en s'appuyant sur la description des services et la description des workflows de tâches [TKicws12] (PICS Cadoe avec l'UQAM, Canada).

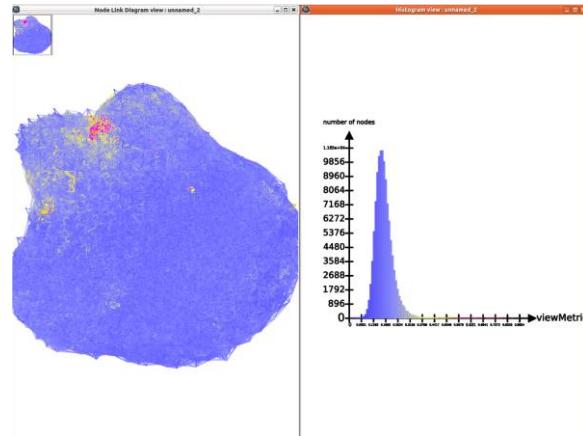


Figure I10 - Détection de cellules rares cancéreuses. La zone en violet (en haut à gauche) représente les cellules cancéreuses extraites à partir des millions de cellules d'un échantillon sanguin.

(iii) Fouille de Données

La fouille de données est le cœur de métier de l'équipe TATOO qui collabore étroitement avec l'équipe SISO de l'UMR Tetis (IRSTEA). Cette thématique est aussi très présente au sein des équipes TEXTE, ZENITH et MAREL dans un contexte de génie logiciel. Les enjeux actuels de la fouille de données sont liés au volume de données à traiter, leur hétérogénéité (support, structuration), leurs aspects multidimensionnels et spatio-temporels.

- *Extraction de motifs séquentiels dans les flux de données* : La disponibilité de données sous forme de flots pose de nouveaux problèmes de représentation de ces données afin d'en extraire les motifs. Dans ce contexte, l'équipe TATOO a montré qu'en limitant la taille des motifs recherchés leur extraction était possible [LIRicdm12] mais surtout les meilleures représentations possibles étaient obtenues par les motifs clos [RCPPkdd08]. Le traitement de flux de données textuelles générés par le développement des réseaux sociaux (Tweeter, Facebook,...) nécessite des outils à l'interface de la fouille de données et du traitement automatique de la langue. En combinant nouvelles mesures de recherche d'information et méthodes d'extraction de motifs spatio-temporels, les équipes TATOO et TEXTE ont développé des outils (logiciel Polop) adaptés au suivi de communautés dans les tweets [BHBccis13].
- *Données et motifs spatio-temporels* : Comment appréhender les évolutions ou les apparitions d'épidémies à partir de documents textuels issus du web (forums) ? Comment détecter les changements environnementaux à partir d'informations spatio-temporelles issues de supports hétérogènes ? De nombreuses questions similaires émergent des domaines de l'environnement et la santé. Des approches d'analyse de données multi-dimensionnelles (*cube* de textes) et de nouvelles fonctions d'agrégations [HPTpakdd13] sont nécessaires pour les traiter. En collaboration avec l'Université d'Alberta, les équipes TATOO et TEXTE offrent aux médecins (CHU de Montpellier) des outils de veille en temps réel pour mieux appréhender les émotions exprimées ou ressenties par rapport à une maladie ou un médicament. Ces mêmes équipes (avec l'UMR TETIS) proposent des méthodes de fusion de données satellitaires combinées à des

données textuelles (relevés de terrains) permettant d'identifier de nouvelles corrélations enrichissant les données initiales (projet *Senterritoire* - MSH-M, EquipEx GEOSUD et défis MASTODON).

- *Détection de données atypiques* : Savoir distinguer l'existence de données atypiques (*outliers*) du bruit inhérent au processus de collecte de données est crucial dans de nombreux domaines d'applications (sécurité, santé, analyse de données scientifiques, etc.). Pour ce faire, les méthodes de fouille de données classiques doivent être repensées. A partir de méthodes de clustering ([voir figure 37](#)) de données massives, les équipes TATOO et ZENITH obtiennent des résultats originaux, notamment pour la détection de cellules rares représentatives de maladies telles que le cancer ou l'AVC (LabEx NUMEV, dépôt de brevet Européen [EP13153512.2, "méthode d'identification de cellules rares d'intérêt", déposé le 31/01/2013 par l'UM2.]).
- *Analyse relationnelle de concepts (ARC)* : L'ARC est une extension de l'analyse formelle de concepts à base de treillis. En parallèle à ses travaux sur les aspects théoriques de l'ARC, l'équipe MAREL développe des outils et services logiciels ([AOC-posets](#) et [ERCA](#)). Ces méthodes et outils sont appliqués à l'analyse et la fouille de données dans différents contextes. En génie logiciel, ils permettent l'extraction de motifs communs dans des données logicielles dans un but de réingénierie de code source (ANR Cutter). Sur des données environnementales, ils sont utilisés pour l'analyse de modèles conceptuels, notamment sur des modèles de systèmes d'information environnementaux (en collaboration avec l'UMR TETIS) ainsi pour la recherche de motifs et de règles sur des données décrivant la qualité des cours d'eau (ANR Fresqueau avec TATOO).

(iv) Recommandation, recherche d'information et parallélisme

L'équipe ZENITH s'intéresse à la gestion de données à grande échelle en exploitant le parallélisme et les approches pair à pair (P2P), qui permettent des optimisations importantes et des solutions alternatives au partage de données.

- *Recherche et recommandation de contenus en P2P* : Les résultats obtenus sont de nature algorithmique et expérimentale [[PAD12](#)]. L'approche globale adoptée repose sur les protocoles de diffusion combinés avec le traitement de requêtes du type *top-k* (ANR *Ring*). Ces travaux relèvent des activités de NUMEV, l'Institut de Biologie Computationnelle et du projet MASTODON et donnent lieu à des collaborations internationales (USA, Brésil). Par ailleurs, l'équipe ZENITH développe le logiciel [SON](#) (Shared-data Overlay Network), à la base d'un *i-lab* Inria avec la startup Beepeers, qui permet la gestion de données P2P dans des appareils mobiles.
- *Recherche d'information de contenus complexes* : L'équipe ZENITH travaille sur les problèmes d'analyse de grandes données multimédia de très grande dimension [[JBcvpr11](#)]. Les contributions d'ordre fondamental et algorithmique portent sur le hachage de descripteurs de contenus de très grande dimension et la recherche des k plus proches voisins dans les espaces métriques en utilisant des techniques de hachage de données vectorielles et des algorithmes MapReduce associés ([voir figure I11](#)). Ces résultats s'inscrivent dans le cadre du projet Pl@ntnet (Agropolis, CIRAD, réseau social Telebotanica) et trouvent leur développement dans l'application iphone [PlantNet](#) présentée au salon de l'agriculture.

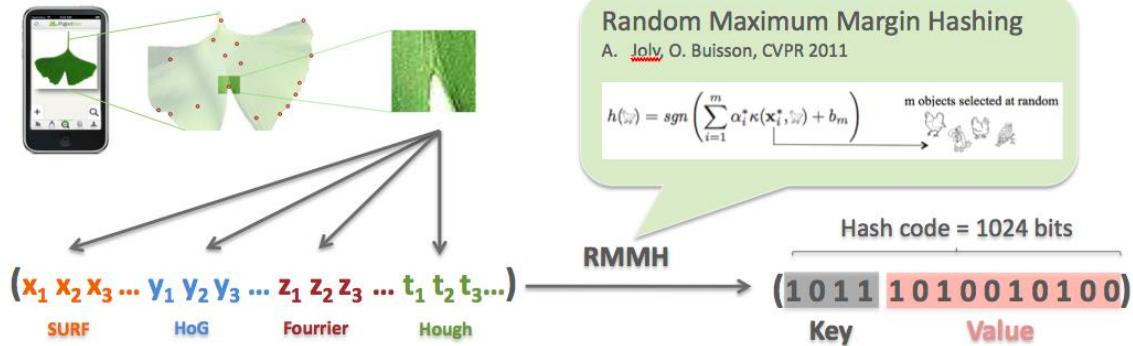


Figure I11 - Une étape clef pour le passage à l'échelle de l'application iPhone PlantNet : le hachage des descripteurs visuels.

- *Parallélisme et workflows scientifiques* : La simulation d'expérimentations est cruciale pour de nombreuses disciplines scientifiques (bioinformatique, astronomie, physique, etc.). Dans ce contexte, ZENITH propose une approche algébrique pour paralléliser et optimiser le traitement des données issues de workflows scientifiques [O0Vvldb11]. Cette activité est au cœur d'une collaboration avec le Brésil et d'un nouveau projet avec Microsoft Research.

d) Pôle Méthodes Informatiques et Modélisation pour l'Environnement et le Vivant

A travers ce pôle, le département a l'objectif de stimuler et promouvoir les recherches à l'interface de l'informatique avec l'environnement et le vivant, domaines extrêmement bien implantés au niveau régional. Décloisonner les recherches entre ces domaines et l'informatique permet de répondre à des défis scientifiques et sociétaux majeurs en santé, biodiversité, environnement et agronomie.

Bien que MAB soit la seule équipe dont ces thématiques soient le cœur de métier, ce pôle mobilise la majorité des équipes du département. Pour le comprendre, il suffit d'évoquer que l'analyse des données issues des secteurs cibles (voir la figure I12) s'appuie sur des compétences très diverses : modélisation mathématique (souvent probabiliste et statistique), algorithmique, combinatoire et plus largement les mathématiques discrètes (voir Pôle Algorithmes et Calcul). Ces techniques sont complétées par l'ingénierie des connaissances, le raisonnement, pour répondre par exemple à la problématique de l'aide à la décision (voir Pôle Intelligence Artificielle). Par ailleurs, les très grandes masses de données disponibles dans les domaines précités engendrent inévitablement des questions de stockage, d'accès, d'intégration et de fouille de données (voir Pôle Données et Connaissances). Ainsi certaines réalisations précédemment décrites relèvent aussi des thématiques « environnement » et « vivant ». Les travaux de ce domaine impliquent par nature presque systématiquement une collaboration avec des partenaires extérieurs au laboratoire, mais ils sont aussi l'occasion de collaborations entre équipes du département (voir la figure I12). L'aperçu donné ci-dessous des réalisations s'attachera essentiellement à décrire l'intérêt pour les autres disciplines, qu'il soit applicatif ou fondamental. Les réalisations décrites sont donc regroupées par champ disciplinaire concerné.

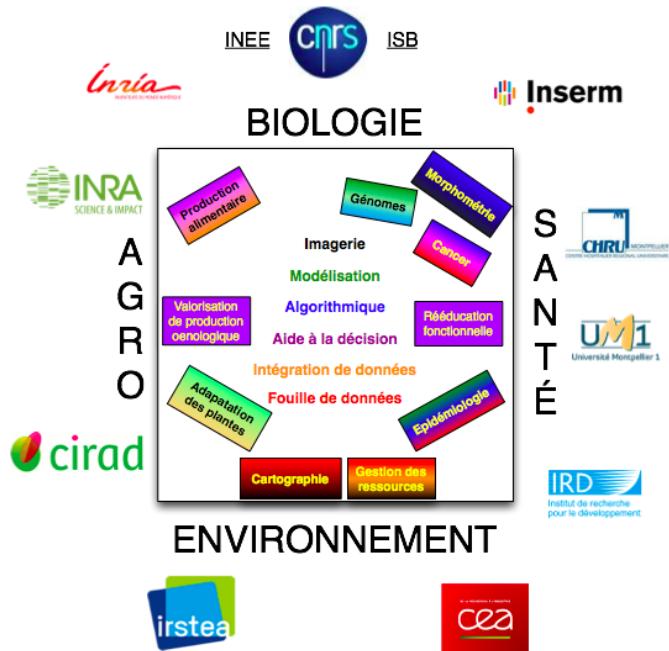


Figure I12 - Périmètre du pôle Méthodes Informatiques et Modélisation pour le Vivant et l'Environnement et interactions avec les autres instituts de recherche. Au centre de ces interactions sont indiqués des pans de recherche étudiés dans le département et investis dans différentes applications (le code couleur de ces applications indiquant quels thèmes sont mis en jeu).

(i) Animation scientifique

Faire vivre un tel pôle à la croisée des domaines et disciplines scientifiques nécessite un très gros travail d'animation. Dans ce but, des structures transverses à l'échelle de l'Université (LabEx NUMEV), à l'échelle régionale (Institut de Biologie Computationnelle, GEOSUD, projet *RIDER*) et nationale (*Institut Français de Bioinformatique*, *France Génomique*), soutenues par des PIA ou le FUI, sont au cœur du dispositif mis en place.

Les chercheurs du département sont extrêmement présents dans ces projets à l'interface avec le vivant et l'environnement. Ils coordonnent deux axes de NUMEV, un axe de GEOSUD, un axe de *France Génomique*, un axe de l'*Institut Français de Bioinformatique*. Ils sont porteurs de l'Institut de Biologie Computationnelle et en animent trois axes, enfin trois équipes interviennent activement dans le projet *Rider*. Dans ce contexte, nous organisons plusieurs séries de séminaires. En allant du plus spécialisé au plus ouvert, nous recensons :

- le séminaire hebdomadaire de **bioinformatique** du LIRMM animé par l'équipe MAB;
- les journées thématiques respectivement organisées par les axes *données* et *algorithmes* du LabEx NUMEV;
- le **séminaire** de l'Institut de Biologie Computationnelle.

Outre la visibilité accrue, cet investissement a déjà largement porté ses fruits sur le plan scientifique. On dénombre ainsi de nombreuses et nouvelles collaborations de recherche, notamment à travers un grand nombre de thèses co-encadrées par le département informatique et un partenaire d'une autre discipline (souvent affilié à un établissement de recherche fondamentale dans les secteurs de l'environnement ou du vivant).

(ii) Informatique et biologie fondamentale

Interface la plus ancienne entre le département et les domaines du vivant, elle est essentiellement centrée sur l'étude des génomes et l'évolution de façon générale. Les collaborations qui n'ont cessé de se multiplier sur ce volet lors du dernier quadriennal devraient être amplifiées par la création de l'Institut de Biologie Computationnelle.

- *Histoire des gènes et nouveaux génomes* : Une collaboration entre ALGCO et MAB se poursuit depuis plusieurs années sur le thème de la phylogénie et l'histoire des gènes (ANR *Phylariane*, [[BGNPtalg09](#)], 1 thèse co-encadrée) ainsi que sur les réarrangements génomiques [[BCCjcb09](#)]. MAB a participé à des avancées qui vont du problème classique de la reconstruction phylogénétique [[PGpnas12](#)] à la publication et l'analyse de nouveaux génomes [[CHDnar12](#)].
- *Organismes pathogènes* : MAB travaille sur l'annotation fonctionnelle des génomes {pathogènes} (paludisme, leishmaniose, ...) permettant de mieux comprendre la biologie de ces organismes, et d'identifier d'éventuelles cibles thérapeutiques (Institut de Biologie Computational, CEA, Muséum d'Histoire Naturelle et institut Pasteur de Tunis). Ces travaux ont abouti à la constitution de la base de données *EuPathDomains* d'annotations fonctionnelles de dix pathogènes humains majeurs [[GTGife11](#)]. Nous travaillons aussi avec le Centre National de Référence des Leishmania pour maintenir à jour une classification des parasites impliqués dans cette maladie [[EBBntd13](#)].
- *Détection de marqueurs dans les génomes* : MAB a conçu un logiciel pour trouver les signaux (motifs) responsables de la régulation de l'activité de chacun des gènes. L'objectif est de comprendre comment un organisme régule son activité au cours du cycle cellulaire, ou en réaction à un stress [[LGLgb12](#)] (ANR *PlasmoExpress*), tandis que TATOO a proposé une méthode d'analyse de données de puces à ADN pour la détection de biomarqueurs ([FBPT-JBiomInf11], ANR *Mama* avec la MMDM).
- *Séquençage haut-débit* : MAB a aussi récemment proposé une méthode et un logiciel permettant l'analyse bioinformatique de données de séquençage à haut débit, données très utilisées en écologie et en médecine [[PSCR-GenBio13](#)], article distingué par *Nature* (voir la plateforme [ATGC](#)).

(iii) Informatique et agronomie

Les premières collaborations à l'interface de l'agronomie portaient des aspects de modélisation de plantes (INRA, CIRAD). Puis l'ingénierie des connaissances et la fouille de données ont apporté leur pierre à l'édification de liens avec la communauté Agro sur Montpellier, élargissant ainsi nos partenariats (IRSTEA, IRD...).

- *Les plantes et leur environnement* : MAB collabore régulièrement avec le CIRAD et l'INRA sur des questions liées aux plantes, citons par exemple une étude de génomique ayant permis d'affiner la compréhension du système de restauration de *fertilité chez les plantes cultivées* [[MRMBPlantBio10](#)], des développements algorithmiques spécifiques pour estimer plus précisément les liens entre les *plantes et leurs parasites* ([JVBevol08](#), projet *Chercheur d'Avenir* 09-13), et l'intégration des dimensions géographiques et climatiques dans de telles études (ANR *Phylospace*). Pour assister les *plateformes en agronomie*, ZENITH propose de nouvelles méthodes de recommandation en pair à pair (P2PRec). Par ailleurs, la fouille de données brutes de phénotypage (séries temporelles) aide à comprendre le *comportement de plantes* dans des conditions environnementales diverses (NUMEV, MASTODONS).
- *Agronomie alimentaire* : L'équipe COCONUT développe des algorithmes à base de contraintes numériques aboutissant à un système d'aide à la décision pour la *valorisation de la production oenologique*, optimisant la stabilité des produits au fil des années et la gestion des parcelles (société Nyseos, [[ATNaai11](#)]). L'ingénierie de connaissances permet à GRAPHIK l'élaboration d'un système d'aide à la décision pour la *production alimentaire* (UMR IATE, projet européen *EcoBioCap* 2011-15, [[DBGfss11](#)]). L'application cible est la conception d'emballages biodégradables, un problème industriel qui doit répondre à de

nombreux critères (qualité alimentaire, santé, environnement...). Evoquons aussi les travaux de GRAPHIK orientés vers la fabrication de fromages (Centre Technique de Franche Comté) ou ceux de TATOO pour la prédition alimentaire au Mali.

(iv) Informatique et environnement

Les partenariats avec cette communauté sont plus récents et se sont essentiellement développés dans le cadre des projets NUMEV, Rider et GEOSUD.

- *Gestion des ressources* : Dans le domaine de la domotique, le projet *Rider* vise à proposer des systèmes d'informations permettant l'optimisation de la dépense énergétique de groupe de bâtiments. Les équipes du département (ICAR, MAREL, TATOO) contribuent à ces questions que ce soit par une modélisation fine des composantes impliquées dans l'émission et la gestion de l'énergie associée à des techniques d'ingénierie des modèles ou la proposition de solutions visuelles de corrélations. Dans un autre contexte, MAORE développe des méthodes de recherche opérationnelle dédiées à l'optimisation de tournées effectuées par des flottes de véhicules phytosanitaires ou à la réduction de la consommation d'énergie fossile pour l'entretien de parcelles (IRSTEA).
- *Aménagement des territoires* : TEXTE et TATOO appliquent les techniques de fouille de données textuelles (voir pôle DONNEES ET CONNAISSANCES) pour la prévision et l'évaluation d'aménagements territoriaux (projet *Senterritoire*, NUMEV et MSH-M, AgroParisTech, CIRAD et IRSTEA, une thèse co-encadrée). Une collaboration de MAREL et TATOO s'appuyant sur des entrepôts de données spécifiques et de nouvelles combinaisons d'approches d'extraction de connaissances a permis de définir de nouvelles approches de *gestion de la qualité des cours d'eau* (ANR *Fresqueau*, pôle de compétitivité EAU).

(v) Informatique et santé

Des travaux de natures très diverses et touchant des secteurs très différents dans la Santé sont réalisés dans le département, puisque nous opérons de l'échelle du génome à celle du corps (organes, muscles, crâne).

- *Epidémiologie, veille sanitaire et cancérologie* : Outre les travaux sur le génome des pathogènes humains évoqués ci-dessus, nous avons aussi évoqué plusieurs réalisations en épidémiologie (voir pôle DONNEES ET CONNAISSANCES) : les travaux de TATOO et ZENITH sur les données atypiques permettant la détection de cellules rares à l'origine de certains cancers; les travaux de TATOO en fouille de données ont permis de détecter quelques jours en avance l'explosion de la demande en médicaments liée à une épidémie de dengue (Institut Pasteur, Institut National de Veille Sanitaire, IRSTEA). Par ailleurs, l'équipe MAB propose des applications web pour détecter les origines d'une épidémie ou en établir le mode de transmission. La figure I13 montre une application au VIH [[CJPbioinf13](#)].

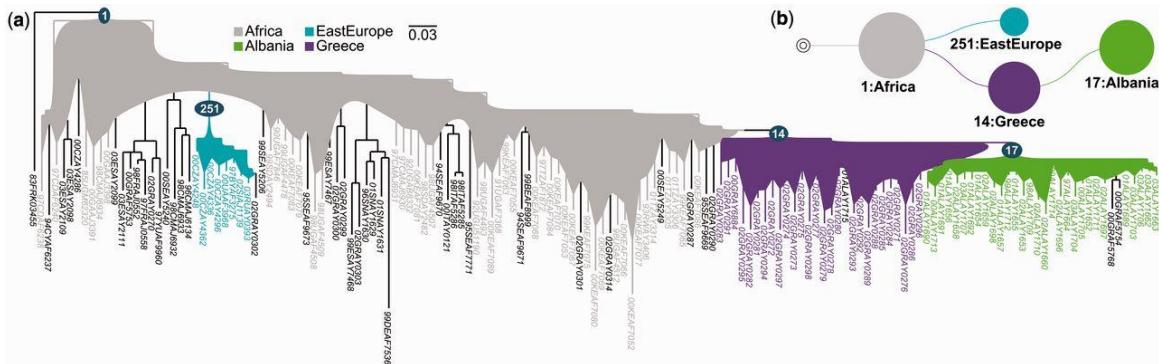


Figure I13 - Analyse de la souche HIV-1A indiquant une contamination de l'Albanie par le biais de la Grèce.
(a) Histoire évolutive des virus de cette souche avec coloration suivant l'origine géographique des patients.
(b) Carte des traits intrinsèques aux virus étudiés (*phylogenotypes*) résumant l'information contenue dans l'arbre (a).

Enfin l'équipe ICAR travaille en collaboration avec le département d'imagerie nucléaire du CHU Lapeyronie sur des thématiques liées à l'aide au diagnostic médical et au suivi thérapeutique (cf figure I14).

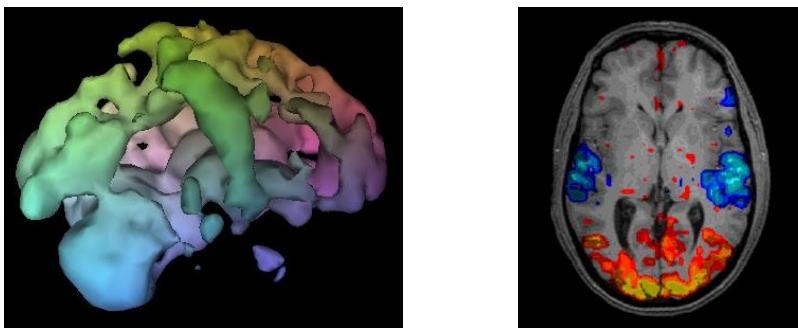


Figure I14 : Aide au diagnostic médical et au suivi thérapeutique: (i) à gauche, segmentation d'image de tomographie ; (ii) à droite, diagnostic de maladies neurodégénératives.

- **Rééducation :** L'architecture middleware multi-agents de SMILE pour la création de *serious game* (voir pôle INTELLIGENCE ARTIFICIELLE) est utilisée pour le développement de systèmes d'aide aux déficiences sensori-motrices (CHRU et société *Genious*). Par ailleurs, grâce à l'imagerie et à la réalité virtuelle augmentée associée à des modèles individualisés et multi-échelles des organes, ICAR propose des dispositifs d'interaction adaptés aux capacités motrices et cognitives des patients [HGFig12].
- **Morphométrie :** Une collaboration entre ALGCO et ICAR a montré comment la combinaison des structures discrètes avec des techniques d'imagerie pour affiner les critères morphométriques permet de classer des crânes ([GSSmiccai12], une thèse co-encadrée). Les applications se situent en chirurgie infantile (avec le CHRU) et en anthropologie (avec l'Université de Toulouse, une thèse co-encadrée).

II.3. Transferts

Les partenariats avec les entreprises privées concernent la quasi-totalité des équipes du département. Ces collaborations peuvent être de différentes natures : missions d'expertise, aide à la création d'entreprises ou projets de recherche. Elles bénéficient souvent de programmes régionaux, nationaux voire européens.

II.3.1 Aide à la création d'entreprises

Sur le dernier quinquennat, nous dénombrons une vingtaine de créations d'entreprises ou d'accompagnements à la création d'entreprise impliquant des équipes du département. Un peu plus de la moitié des équipes (COCONUT, ICAR, MAB, MAORE, SMILE, TATOO, TEXTE, ZENITH) du département est impliquée dans ces actions. Parmi ces entreprises, une seule a cessé son activité et deux sont toujours en incubation. Certaines d'entre elles ont été lauréates du concours national d'aide à la création d'entreprises innovantes (OSEO). La plupart de ces entreprises ont bénéficié de l'appui d'organismes tels que Transfert-LR, Business Incubation Center de Montpellier (BIC), Languedoc Roussillon Incubation (LRI). Notons par ailleurs que nous sommes fortement impliqués dans ces structures régionales de transferts. Ainsi le COSTI (Conseil Scientifique Technique et Industriel) de Transfert LR compte neuf membres du département. Nous participons aux conseils d'administration du LRI et de la SATT (Société d'Accélération de Transfert Technologique) AxRL.

II.3.2 Partenariat avec des entreprises

Nos collaborations industrielles impliquent de nombreuses entreprises régionales (une quarantaine) mais aussi nationales ou multinationales (EDF, GDF-Suez, Orange, IBM, Airbus, Total...). Ces projets de recherche communs se déroulent en général dans le cadre de contrats CIFRE (permettant le financement d'allocations doctorales), de Projets Investissement d'Avenir (par exemple projet X-data, data-scale, Institut de Biologie Computationnelle) mais pas uniquement. Nous participons par exemple au laboratoire commun *EasyTest* du LIRMM avec la société NXP et à des *i-lab* Inria. Par ailleurs, nous intervenons en tant qu'experts auprès du centre HPC@LR (partenariat Université Montpellier 2 et IBM) qui offre des services et des formations de calcul intensif aux entreprises et aux chercheurs et est dirigé par des chercheurs du département (direction, responsables du comité d'évaluation, de l'animation et la formation, des relations institutionnelles).

II.4. Logiciels

Le département développe et maintient un nombre conséquent de logiciels, en partie financés par des contrats ou des réseaux nationaux. Nous mentionnons ci-dessous quelques exemples :

- La plateforme [ATGC](#) fournit un assortiment de services (heures de calcul) et de logiciels en téléchargement, logiciels développés au LIRMM ou dans des unités partenaires. Visitée 3000 fois par mois, cette plateforme est labellisée Ibisa depuis 2009.
- [Pl@ntNet](#) est une application de partage d'images pour l'identification des plantes développée par ZENITH. Utilisable sur smartphone, elle a été téléchargée plus de 25000 fois en quelques mois, et son serveur centralisé reçoit plus de 1000 connexions par jour.
- L'application [Jeux de mots](#) propose plusieurs jeux dont la résolution permet de construire un grand réseau lexico-sémantique dans un but d'application au Traitement Automatique du Langage Naturel. Cette application enregistre 3300 joueurs pour plus d'un million de parties. Le succès du site a entraîné la réalisation de versions dans d'autres langues, versions hébergées dans des universités étrangères.

- L'application [Cogui](#) pour représenter des connaissances et raisonner depuis ces connaissances connaît toujours un franc succès avec près de 3500 visiteurs sur la dernière année, dont 2000 visiteurs uniques et plus de la moitié des visiteurs venant de l'étranger.

III. Rayonnement et attractivité académiques

III.1. Attractivité du département Informatique

Elle s'est encore accrue lors du dernier quinquennat. On la mesure d'abord par les recrutements effectués durant la période : 40% des membres permanents du département sont arrivés au LIRMM depuis 2008, soient 44 permanents. Le taux de recrutement externe est très important : plus de 50% pour les Professeurs et la totalité des Maîtres de Conférences. Nous avons accueilli en moyenne deux nouveaux chercheurs CNRS chaque année. Trois nouvelles équipes, dont une équipe-projet Inria, ont rejoint le département et une équipe existante est devenue équipe-projet Inria. Enfin de nombreuses unités de recherche locales (INRA, CIRAD, IRSTEA) cherchent à institutionnaliser les collaborations existantes.

III.2. Implications dans les structures nationales

Sur le plan national, le rayonnement du département se traduit par les responsabilités des uns dans les structures fédératives (par exemple les GDR) ou des autres dans différentes sociétés savantes ou conseils scientifiques.

Les activités du département relèvent de six GDR du CNRS : *Informatique Mathématique* (IM), *Architecture, Systèmes Réseaux* (ASR), *Génie de la Programmation et du Logiciel* (GPL), *Information, Interaction, Intelligence* (I3), *Bioinformatique Moléculaire* (BIM) et *Image Signal et Vision* (ISIS). Les équipes MAB et ICAR sont à la direction des GDR BIM et ISIS. L'équipe MAREL participe au conseil scientifique du GDR GPL. Les équipes ALGCO, ARITH et DALI sont impliquées respectivement dans les directions des groupes de travail *Graphes*, *Codage et Cryptographie*, *Arithmétique* du GDR IM. L'équipe MAREL est membre du bureau des groupes de travail *Cosmal* et *Rimel* du GDR GPL tandis que TATOO s'implique dans les GT *STIC* et *Santé et Fouille de Données Complexes* du GDR I3. L'implication des membres du département au CNRS ne se limite pas aux GDR puisque nous comptons parmi nous le président de la *Commission Interdisciplinaire* (CID), un membre du conseil scientifique de l'INS2I et du bureau de la CRCN. Nous comptons aussi plusieurs membres du CNU 27 et 61.

Par ailleurs, nous sommes actifs dans différentes sociétés savantes au niveau national en participant à leur conseil d'administration ou à leur conseil scientifique. C'est le cas de : l'association *Specif* qui a récemment donné naissance à la Société Informatique de France (SIF); l'association Française d'Intelligence Artificielle; l'association pour le traitement automatique des langues (ATALA); l'association Extraction et Gestion de Connaissances. Finalement, l'équipe GRAPHIK participe au conseil scientifique de l'ABES et du département CEPIA de l'INRA.

III.3. Collaborations académiques locales

Les réalisations scientifiques décrites plus tôt témoignent de nos interactions avec l'ensemble des acteurs de recherche du site montpelliérain : les trois universités ainsi que de nombreux organismes de recherche (CIRAD, INRA, Inria, INSERM, IRSTEA, IRD). Au sein de l'Université de Montpellier 2, les collaborations sont naturelles avec les laboratoires du *Pôle de Recherche et Formation MIPS* (Mathématiques, Informatique, Physique et Systèmes) qui a permis de mettre en place le LabEx NUMEV. Par ailleurs, les structures comme NUMEV et l'Institut de Biologie Computationnelle fédèrent les échanges avec les acteurs de la santé, de l'environnement et des sciences du vivant qu'ils

appartiennent à l'une des trois universités, à SupAgro ou aux différents organismes de recherche. Aujourd'hui les pôles DONNEES ET CONNAISSANCES et METHODES INFORMATIQUES ET MODELISATION POUR L'ENVIRONNEMENT ET LE VIVANT regroupent la majeure partie des collaborations dans ces domaines. Le département effectue aussi des recherches à l'interface avec les Sciences Humaines (linguistes, géographes, archéologues) citons en exemple des travaux avec la *Maison des Sciences de l'Homme* de Montpellier (projet *Senterritoire*).

III.4. Collaborations internationales

Les chercheurs du département développent des collaborations universitaires à travers les cinq continents. Les partenariats qui s'inscrivent dans la durée peuvent être financés dans le cadre de projets Européens, de projets bilatéraux avec les programmes Hubert Curien du Ministère des Affaires Etrangères ou des projets PICS du CNRS. Certaines collaborations internationales reposent sur des encadrements ou co-encadrements de thèses à travers des programmes tels qu'Averroes (Maghreb). Mais la plupart d'entre elles perdurent au-delà de ces projets. Ainsi nous travaillons avec une dizaine de pays Européens (Allemagne, Belgique, Danemark, Espagne, Finlande, Hongrie, Italie, Norvège, Pays-Bas, Royaume Uni, Russie), avec des pays d'Asie (Chine, Inde, Japon, Malaisie), du continent Américain (Brésil, Canada, USA) et d'ailleurs (Nouvelle Zélande, Tunisie). Ces collaborations se traduisent par un grand nombre de visites mutuelles. Nous avons ainsi accueilli au LIRMM environ 40 chercheurs étrangers pour des périodes supérieures à deux semaines (dont une dizaine sur des financements de Professeurs invités) et une centaine de visites pour des séjours plus courts.

III.5. Activité éditoriale

L'activité éditoriale des membres du département est conséquente. Outre les participations à des comités éditoriaux de journaux internationaux (notamment en bioinformatique et en combinatoire), nous avons été membre d'une centaine de comités de programmes de conférences internationales parmi lesquelles on compte : ACM SIGMOD, DEXA, ECAI, ECCB, ICALP, IJCAI, PKDD, STACS. Enfin les équipes du département ont organisé un grand nombre de conférences et workshops à audience internationale ou nationale. Parmi la quinzaine de conférences internationales organisées, les plus gros événements ont été TALN-LACL en 2011, ECAI en 2012 et ECOOP-ECSA-ECMFA 2013, chacun réunissant plus de 400 participants. En parallèle, nous avons organisé une trentaine d'évènements nationaux et workshops internationaux, typiquement des journées de groupe de travail de GDR, des écoles jeunes chercheurs ou des workshops thématiques (sur invitation) dans des centres de conférences et de recherche internationaux (par exemple en France, Allemagne, Japon, Russie).

IV. Interactions avec l'environnement social, économique et culturel

De nombreux membres du département s'impliquent dans la diffusion du savoir et de la science informatique auprès du grand public. Les actions entreprises prennent différentes formes selon le public visé :

- *Public scolaire et universitaire* : Conjointement aux autres départements, nous organisons chaque année des visites du laboratoire à destination des scolaires (lycéens, élèves de classes préparatoires ou grandes écoles - ENS). Les équipes du département accueillent fréquemment des collégiens dans le cadre de stages de découverte. Suite à la réforme du lycée, *l'informatique et les sciences du numérique* (ISN) est un nouvel enseignement spécialisé offert aux lycéens. Dans ce contexte, plusieurs enseignant-chercheurs du département ont été sollicités pour des actions de formations de professeurs du secondaire comme les "rencontres éducation - recherche - industrie sur l'informatique et les sciences



du numérique" au CRDP de Montpellier ou l'université d'été 2012 de l'inspection générale de mathématiques. Par ailleurs, nous intervenons fréquemment dans les lycées de la région lors d'ateliers ou séminaires ponctuels.

- *Presse et média audio-visuels* : Nos travaux de recherche font régulièrement l'objet d'articles dans la presse locale (par exemple La gazette de Montpellier, 20 minutes), régionale (par exemple Midi Libre, Herald Tribune Provence) ou nationale (par exemple Le Monde, Les Echos, Nouvel Observateur, Agence France Presse) ainsi que des reportages par la télévision régionale.
- *Grand public* : Nous participons à des actions de vulgarisation à destination du grand public à travers des évènements tels que la fête de la science, des cycles de conférences tels que le *bar des sciences* mais aussi à des actions culturelles (résidences d'artistes en liens avec le centre national des écritures du spectacle de La Chartreuse à Villeneuve-Lez-Avignon). Par ailleurs, nous contribuons à l'élaboration de podcasts (pour *Interstices*) ou des supports pédagogiques (pour l'association *ConnaiSciences*).

IV.1. Implication dans la formation par la recherche

Les enseignements fondamentaux en informatique sont délivrés au sein de plusieurs composantes : Faculté des Sciences (FDS), les IUTs de Montpellier, Nîmes et Béziers et l'école d'ingénieurs Polytech'Montpellier. La richesse des compétences du département a permis d'accueillir et encadrer des étudiants dans des thématiques de recherche à différents moments de leur cursus : formation doctorale, stages de master-recherche et stages tutorés. Dans cette partie, nous nous focalisons principalement sur la *formation doctorale*.

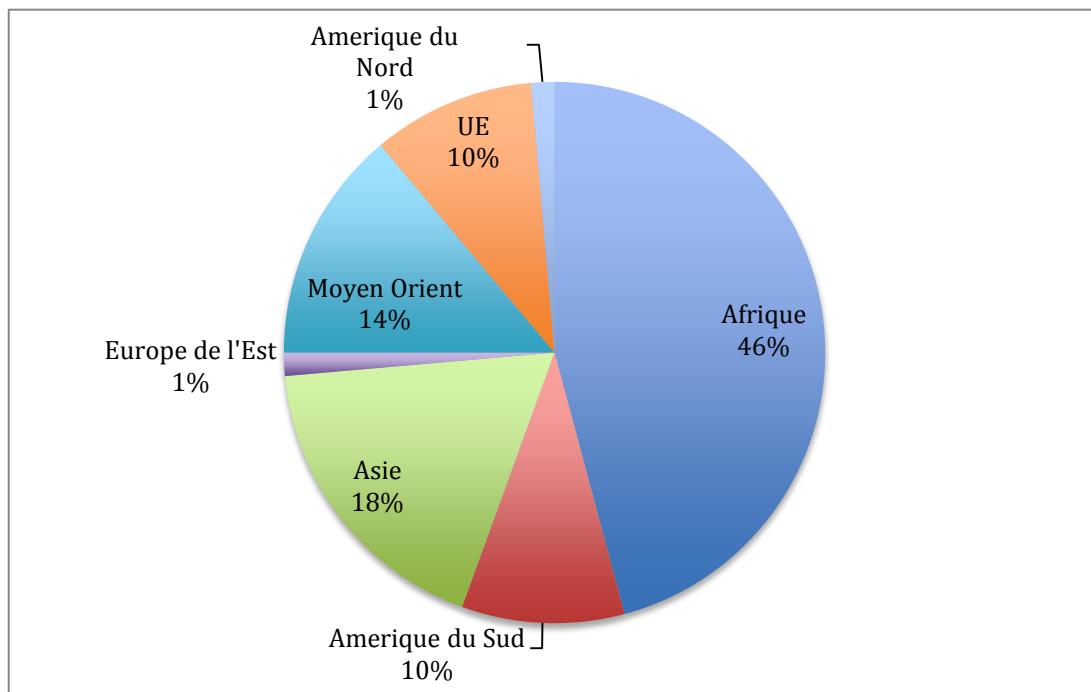
IV.2. Bilan des thèses soutenues

En majorité, les doctorants du département sont inscrits à [l'école doctorale I2S](#) (Information Structures Systèmes). Quelques doctorants sont rattachés à d'autres écoles doctorales françaises comme ED 305 (École Doctorale Énergie et Environnement) et ponctuellement à des universités étrangères (par exemple UFRJ, Brésil), ou sont inscrits en cotutelle, principalement avec des universités du Maghreb. Depuis trois ans, un effort particulier est fait pour publier largement les offres de thèses en ouvrant le concours de l'école doctorale au niveau national et international. Cet effort devrait porter ses fruits dans les années à venir.

Le département accueille actuellement 77 doctorants et 97 thèses ont été soutenues sur la période, et la durée moyenne des thèses est de 41,75 mois. 10 HDR ont été soutenues pendant la période. Parmi les HDR, 3 ont obtenu une promotion externe et 3 une promotion interne.

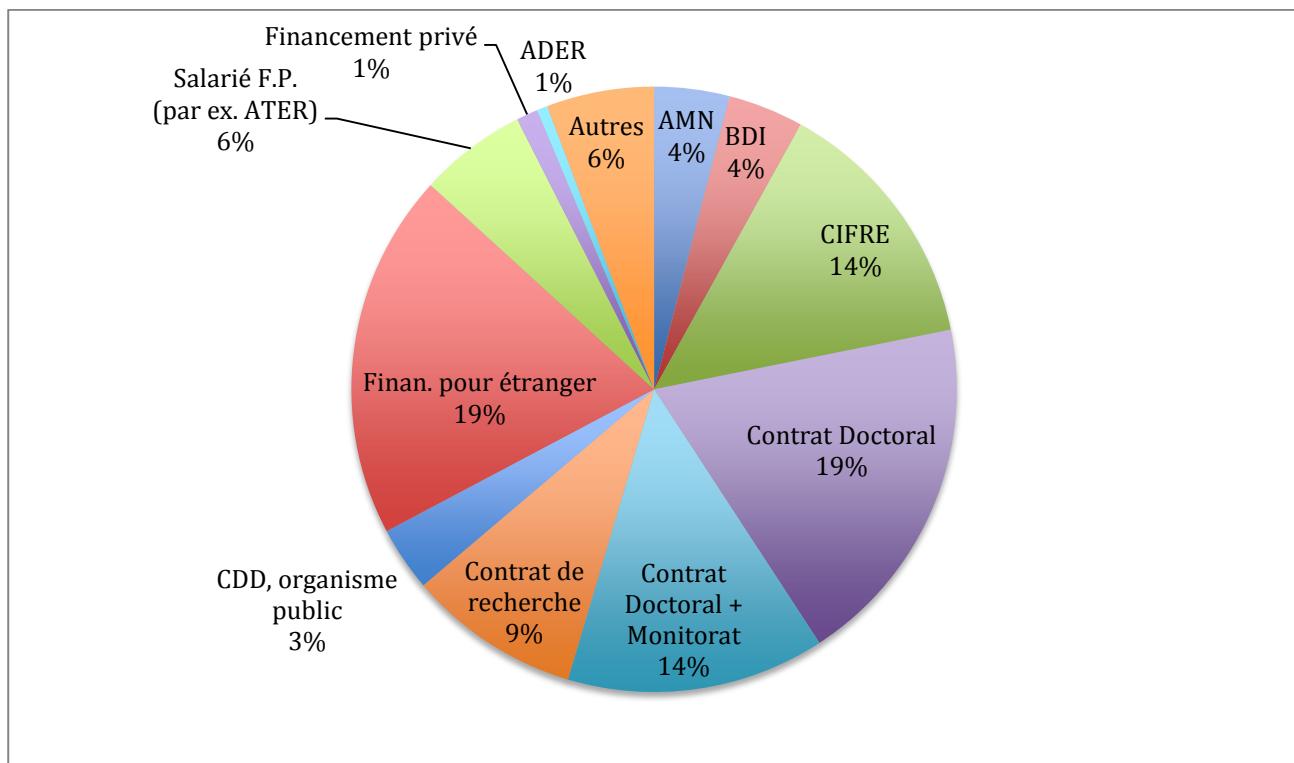
Les doctorants accueillis par le département proviennent majoritairement du [Master FDS](#) (6 spécialités) et d'autres masters de l'UM2 (par exemple [Master Mathématiques](#)). Une forte proportion de doctorants est d'origine étrangère (près de 41%).

Figure I15 - Doctorants étrangers (thèses soutenues et en cours)



Les sources de financement sont très variées. Notons que sur la période une partie très importante des financements provient de contrats doctoraux (33%) et de contrats CIFRE (14%). Nous observons une croissance de la part des financements pour les étrangers (19%) par rapport à la période précédente. Notons que certains doctorants obtiennent un complément de financement jusqu'au terme de leur thèse, par exemple sous forme de postes ATER ou sur projet, conformément à la charte des thèses.

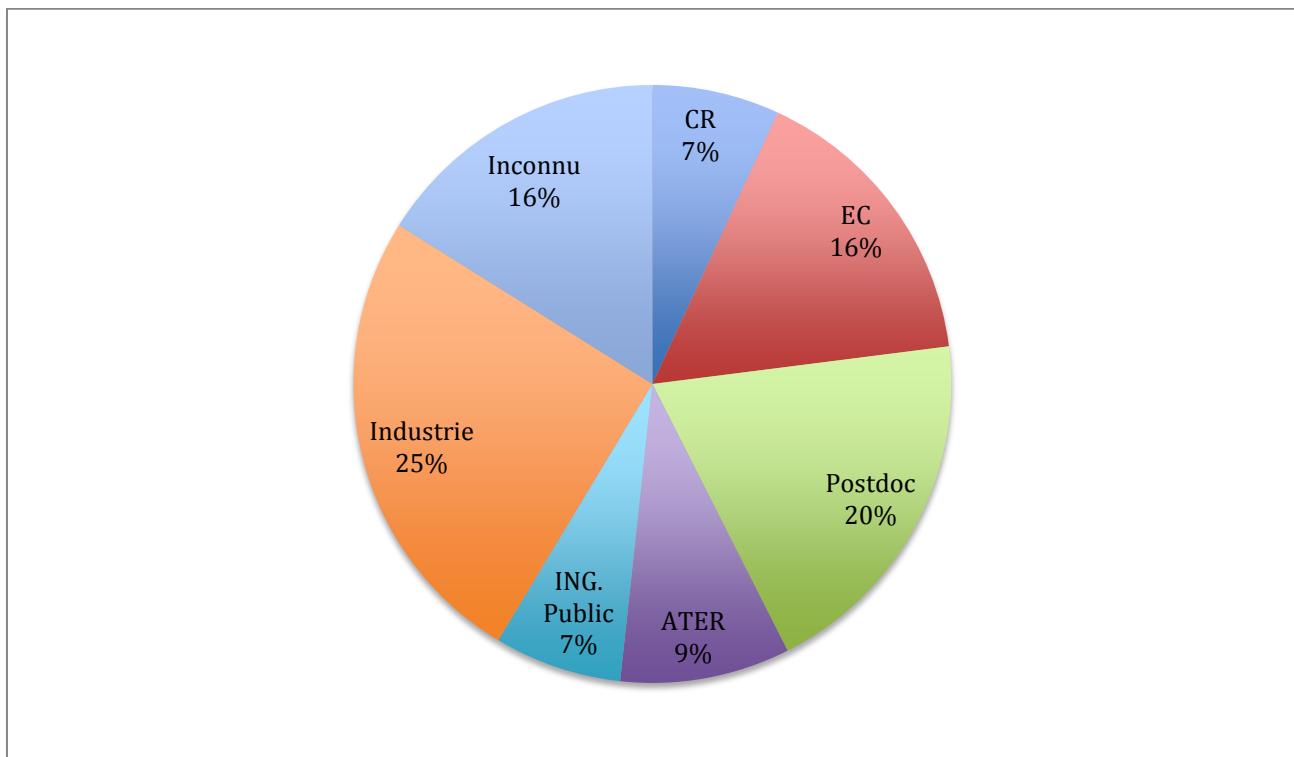
Figure I16 - Financements (thèses soutenues et en cours)



Après la thèse, plus de 20% des étudiants sont insérés durablement dans le système public enseignement-recherche (16% EC et 7% CR), plus de 25% des étudiants sont aussi dans ce système

mais sur un poste temporaire (20% en post doc et 9% en ATER), tandis que près d'un tiers exerce une fonction de niveau ingénieur ou proche (25% dans l'industrie et 7% dans le public).

Figure I17 - Devenir des doctorants



IV.3. Vie Doctorale

Pour le 3^{ème} cycle, l'[Ecole doctorale I2S](#) offre un cadre pluridisciplinaire autour des sciences exactes pour des études doctorales. La formation complémentaire en cours de thèse est obligatoire. Le département propose des modules doctoraux et organise des écoles permettant l'approfondissement des connaissances dans certains domaines. Plusieurs membres du département sont engagés dans 5 modules: *Images*, *Advanced Markov Modeling*, *Algorithmes Elégants* et *Sous-ensembles Flous*, *Logique floue et Systèmes d'Inférence Floue*.

D'autre part le département s'implique aussi dans l'organisation d'écoles thématiques très enrichissantes pour les doctorants par les échanges et rencontres qu'elles permettent. Entre 2008 et 2013, le département a organisé 5 écoles thématiques ([CANT'09](#), [ARCHI'11](#), [CimpaBobo'2012](#), [RJC'IHM'10](#), [EJCM'2013](#)).

IV.4. Animation Scientifique

Tous les ans, le département encourage les doctorants à participer à au moins une école thématique en France ou à l'étranger, par des subventions sur son budget propre. Autrement, les doctorants organisent aussi des séminaires réguliers ([Semindoc](#)) afin de présenter leurs travaux de recherche devant les autres doctorants du département informatique. C'est aussi un moyen de se tenir au courant des problématiques abordées dans les différentes équipes du département, de s'ouvrir aux divers domaines de l'informatique. Ces séminaires ont lieu en moyenne une semaine sur deux. Les orateurs sont principalement des doctorants ou post-docs en informatique, occasionnellement des doctorants invités d'autres laboratoires.

IV.5. Suivi

Le comité de suivi de thèses (CST), mis en place par l'Ecole Doctorale I2S lors de la période précédente, permet d'effectuer des points d'avancement réguliers. Ce comité comprend les encadrants de la thèse et au moins une personne extérieure à l'encadrement. Une personne représentant l'Ecole Doctorale y est invitée. Le CST offre au doctorant un cadre dans lequel il présente ses travaux en cours, ses réalisations et différents autres aspects de son activité comme les publications acceptées ou soumises et les modules doctoraux suivis (formation complémentaire obligatoire). Le CST se tient au moins une fois par an, mais il peut se réunir plus fréquemment, en particulier si des difficultés ont été mises en évidence. Ces CST sont également l'occasion d'échanges scientifiques entre équipes.

IV.6. Accueil de Stagiaires de Master 2

La majorité des stagiaires de recherche accueillis dans le département sont inscrits dans les différentes spécialités du [Master \(FDS\)](#), qu'elles s'adressent à des informaticiens de formation comme Architecture et Ingénierie du Logiciel (AIGLE), Données, Connaissances, Langues (DECOL), Images, Games and Intelligent Agents (IMAGINA), Modélisation, Optimisation, Combinatoire, Algorithme (MOCA) ou à des étudiants venant d'autres disciplines auxquels elles apportent une double compétence: GEOMATIQUE (en partenariat avec l'Université Montpellier 3) et Informatique pour les Sciences (IPS). D'autres étudiants proviennent de la spécialité Bioinformatique Connaissance Données (BCD) du Master STIC pour la Santé, Master animé en partie par les enseignants-chercheurs du département et par des enseignants chercheurs de l'Université Montpellier 1. Toutes les spécialités citées ci-dessus ont pour responsable un membre du département Informatique.

Parmi les étudiants relevant des spécialités informatiques citées ci-dessus, le pourcentage de ceux qui effectuent un stage recherche est très variable : 9% pour IPS, 18% pour GEOMATIQUE, entre 20 et 40 % pour les spécialités AIGLE, DECOL et IMAGINA, 50% pour BCD et 75% pour MOCA (sur un petit effectif). Le département accueille et finance en moyenne 25 stages de master recherche (145 en tout sur la période 2008-2013, soit 6 ans). Pour les 118 étudiants ayant effectué un stage de recherche entre 2008 et 2012, 35 d'entre eux nous ont informé avoir poursuivi un cursus de thèse de doctorat (certaines de ces thèses sont d'ailleurs soutenues).

Le département encourage l'accueil de stagiaires de master-recherche par une politique de subvention (avec le budget propre du département) qui bénéficie aux équipes ayant attiré les meilleurs stagiaires, prenant aussi en compte le projet scientifique du département. Le département accueille aussi un certain nombre de stagiaires externes (7 en 2012) : ENS Paris, Univ. Bordeaux, Allemagne, Univ. Nice, etc. Enfin, les enseignants-chercheurs du département informatique encadrent régulièrement des projets tutorés et des stages d'élèves des trois composantes permettant une ouverture à la recherche pour ces étudiants.

DEPARTEMENT ROBOTIQUE

I. Présentation du département Robotique

I.1. Historique

Le département Robotique (31,5 permanents et 41 doctorants), dont l'effectif a été en augmentation significative sur cette période (3 MCU, 1 DR CNRS, 1 CR CNRS, 2 CR Inria), constitue aujourd'hui une des forces vives de la robotique nationale et internationale. Ses thématiques de recherche sont déployées sur la plupart des axes scientifiques de la robotique moderne (conception, optimisation, modélisation, identification, perception, interaction, commande et architecture de contrôle) et dans des domaines d'application privilégiés que sont la robotique appliquée à la santé (chirurgie, handicap), l'industrie manufacturière, la robotique humanoïde et la robotique d'exploration. A ce jour, le département est structuré en 5 équipes :

- l'équipe DEMAR, dédiée à la restauration des fonctions du système sensori-moteur,
- l'équipe DEXTER, dédiée à la conception et la commande de robots de manipulation pour la robotique chirurgicale et la robotique manufacturière,
- l'équipe EXPLORE, spécialisée dans la robotique mobile terrestre et sous-marine,
- l'équipe ICAR, spécialisée dans la vision et l'image
- et l'équipe IDH qui développe des activités de recherche dans le domaine de l'Interaction Homme-Robot Humanoïde.

L'équipe IDH, présentée lors de la dernière évaluation sous la forme de projet scientifique, a été officiellement créée en janvier 2010.

L'équipe EXPLORE, créée début 2012, est une restructuration de l'ancienne équipe NERO (Networked Robots, commande collaborative de véhicules sous-marins et/ou terrestres) avec des objectifs scientifiques différents orientés vers la robotique mobile pour l'exploration intégrée de l'environnement.

I.2. Objectifs scientifiques et domaines de recherche

La politique scientifique du département a pour objectif de favoriser le développement d'outils fondamentaux et de les amener jusqu'à la valorisation et au transfert industriel. Cette politique scientifique s'inscrit également dans une démarche qui vise à répondre, pour un certain nombre de travaux, à des problèmes sociaux, économiques et environnementaux. Le département développe ainsi des activités de recherche associant la robotique, et les outils développés, aux interfaces avec l'industrie manufacturière, la santé, l'environnement ou bien encore l'homme dans son environnement quotidien.

Les principaux domaines de recherche fondamentaux du département peuvent être résumés selon trois grands axes scientifiques :

- Conception de systèmes mécaniques, modélisation, identification,
- Commande, interaction, architecture de contrôle,
- Perception.

Ces domaines scientifiques sont associés à des applications robotiques bien identifiées dans les équipes du département telles que :

- la rééducation et la suppléance fonctionnelles, le handicap (DEMAR),
- la robotique médicale, la robotique de manipulation (DEXTER),
- la robotique d'exploration sous-marine et terrestre (EXPLORE),
- la vision pour la robotique, l'imagerie médicale (ICAR),
- l'interaction haptique, la robotique humanoïde (IDH).

Un point de vue différent sur les activités de recherche du département permet de mettre en relief ces activités en lien avec les interfaces. Ainsi, quatre grands thèmes peuvent être mis en exergue. Ils sont décrits dans les sections suivantes.

I.2.1 La robotique et les systèmes de production

Fortement ancrées au cœur des besoins industriels, les activités de recherche sur la conception et la commande de cinématiques complexes (principalement parallèles) développées au sein de l'équipe DEXTER visent à répondre à une question ancienne : comment obtenir des systèmes de production efficaces ? La réponse à cette question conduit à s'intéresser à la conception et à la commande de systèmes pouvant atteindre 1) de très grandes accélérations (jusqu'à 100g), ce qui impose de développer de nouveaux outils mathématiques pour exploiter la redondance d'actionnement, ou bien encore 2) de très grands volumes de travail (robots à câbles) ce qui implique de repenser les outils classiques d'analyse statique des robots à câbles (arrangement des câbles autour de l'organe terminal, modélisation de l'élasticité, etc.) et de revisiter les lois de commande pour prendre en compte, par exemple, les contraintes unilatérales de l'actionnement. La réponse vient également de concepts novateurs tels que des robots parallèles reconfigurables capables de changer de zone de travail.

I.2.2 L'aide à la personne malade ou déficiente

Ce thème est certainement le plus transversal du département, quatre équipes (DEMAR, DEXTER, ICAR et IDH) travaillent à cette interface. Les travaux menés dans l'équipe DEMAR portent à la fois sur la modélisation du système sensorimoteur (modèles de fonctions physiologiques, protocoles expérimentaux d'identification de paramètres patient-dépendants) et la synthèse de lois de commande (stratégies d'activation du système sensorimoteur au travers de la stimulation électrique fonctionnelle). Ces développements s'appuient sur des neuroprothèses conçues par les chercheurs de l'équipe. A la frontière avec les activités de recherche de l'équipe DEMAR, des travaux dans l'équipe IDH ont permis d'étudier des interactions homme-robot tout à fait originales, comme le contrôle d'un bras humain sous stimulation électrique fonctionnelle par un robot humanoïde. Les travaux en robotique médicale menés dans l'équipe DEXTER ont pour objectif de fournir aux cliniciens de nouvelles méthodes de perception et d'action pour développer des techniques chirurgicales innovantes, par exemple, en radiologie interventionnelle ou bien encore en chirurgie à port unique. Par ailleurs, certaines techniques, comme celles développées pour l'estimation de mouvements physiologiques, trouvent un prolongement naturel pour une utilisation dans un contexte pathologique tel que le tremblement essentiel abordé en collaboration avec l'équipe DEMAR. L'équipe ICAR, quant à elle, aborde dans le domaine du diagnostic deux problématiques scientifiques. La première concerne l'amélioration de la reconstruction en tomographie d'émission en quantifiant l'erreur due aux variations statistiques des mesures de projection et la deuxième traite de la reconstruction 3D du système musculo-squelettique à partir d'images médicales pour le diagnostic assisté par ordinateur et la simulation biomécanique « patient-spécifique ».

I.2.3 La robotique d'exploration

Portés principalement par l'équipe EXPLORE, les travaux portent sur la conception et le développement des outils théoriques et expérimentaux de la robotique mobile en se concentrant, jusqu'à présent, sur la robotique sous-marine et terrestre pour l'exploration intégrée de

l'environnement à partir de modèles *perception/action* issus des acteurs « métiers ». Les solutions proposées sont implémentées sur des robots mobiles à travers une architecture de contrôle/commande structurée, tolérante aux fautes et offrant différents niveaux d'autonomie. Des interactions naturelles avec les équipes ICAR et DEXTER se sont développées pour les parties concernant la perception et la commande, en particulier pour les engins sous-marins.

I.2.4 L'interaction homme-robot

Cet axe de recherche, principalement développé dans l'équipe IDH, se distingue par l'intérêt particulier qu'il porte aux tâches nécessitant une interaction homme-robot qui met en œuvre des processus cognitifs ou sensoriels dans le contrôle. Ces activités intègrent l'interprétation de données physiologiques de l'homme (EMG, EEG, BCI, etc.), de son mouvement mais aussi du sens haptique, c'est-à-dire le toucher. L'équipe IDH porte également une attention particulière à la planification multi-contact exploitant le contact physique avec l'environnement comme source de commande ainsi que, récemment, le contrôle visio-haptique pour des interactions plus riches au sens multi-sensorielles. Une partie des activités concernant l'analyse et la modélisation du mouvement humain et le traitement de données électrophysiologiques est réalisée en collaboration avec l'équipe DEMAR.

I.2.5 Des collaborations scientifiques au sein du département

Dans la dynamique de ces activités de recherche, les collaborations scientifiques entre chercheurs du département sont nombreuses et se traduisent par des co-encadrements de thèses (par exemple en robotique sous-marine entre les équipes EXPLORE et ICAR ou EXPLORE et DEXTER) ou des partenariats dans des projets ANR. Ainsi, les équipes IDH et DEMAR collaborent dans le domaine de l'assistance à la personne avec le projet ANR ASSIST ; les équipes DEMAR et DEXTER ont collaboré au travers du projet ANR TREMOR pour le développement de stratégies de compensation active de tremblements pathologiques ; les équipes EXPLORE et IDH travaillent conjointement sur le développement du logiciel ContrACT (projets ANR PROSIT et ICARO) ; enfin, les équipes DEXTER et ICAR collaborent dans le cadre du projet SHERPA pour associer vision et locomotion.

Une description plus détaillée des objectifs et des résultats majeurs de chacune des équipes du département Robotique est développée dans leurs fiches respectives.

I.3. Profil d'activité

Le département est actif de façon équilibrée sur les quatre missions que sont la recherche académique, l'interaction avec l'environnement, l'appui à la recherche et la formation par la recherche. L'activité de recherche académique se traduit d'une part par des publications en revues (139 publications) et conférences (298 communications) internationales de tout premier plan (telles que IJRR, IEEE TRO, IEEE TMECH, IEEE TBME, IEEE TNSRE, JNE, Automatica, CEP, MEDIA, Robotica, ASME JMR, MMT pour les revues ou ICRA, IROS, EMBC pour les conférences) et d'autre part par de nombreux projets ANR (15 conventions pour un budget total de 3 074k€) ou européens (8 contrats pour un budget cumulé de 4 383k€). L'interaction avec l'environnement socio-économique transparaît notamment dans l'activité contractuelle industrielle au travers de thèses CIFRE (12 contrats) ou des contrats de collaboration de recherche (21 conventions) pour un budget équivalent de 529k€. La répartition du budget total du département (7 986k€) en termes de sources de financement est présentée sur [la figure R1](#). L'appui à la recherche peut être illustré par les nombreuses plateformes expérimentales dont est équipé le département, avec une spécificité forte qui est la création de plusieurs de ces plateformes par le département. Enfin, la formation par la recherche est tout à fait significative avec 52 thèses soutenues sur la période 2008-2013.

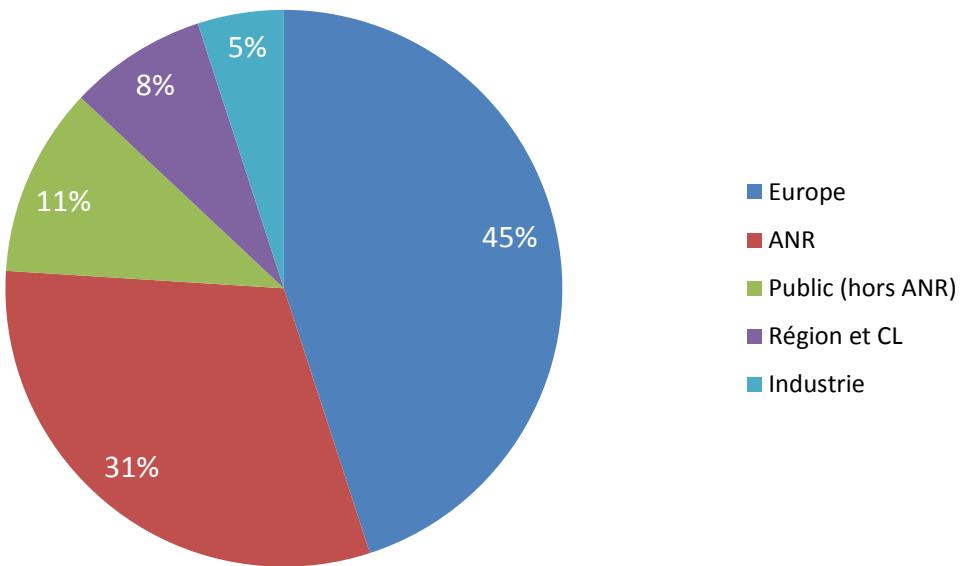


Figure R1 - La répartition du budget du département Robotique

I.4. Organisation et vie du département

I.4.1 Structuration du département

Le département est aujourd’hui structuré en 5 équipes de tailles sensiblement équivalentes :

- DEMAR (1 DR Inria, 3 CR Inria, 2 CR CNRS (0.2), 2 MCU (0.8), 3 PU (2 à 0.2 et 1 à 0.5))
- DEXTER (1 DR CNRS, 4 CR CNRS, 1 PU (0.8), 2 MCU)
- EXPLORE (3 PU, 6 MCU (dont 1 à 0.2))
- ICAR (1 PU, 4 MCU, 2 CR CNRS)
- IDH (1 DR CNRS, 2 PU (dont 1 à 0.5), 1 MCU)

I.4.2 Moyens humains et matériels

a) Les membres du département

Le département compte aujourd’hui :

- 17 enseignants-chercheurs dont 10 MCU et 7 PU,
- 7 chercheurs CNRS section 7 dont 4 CR et 3 DR
- 4 chercheurs Inria dont 1 DR et 3 CR,
- 2 ITA/IATOS en appui à la recherche à temps plein,
- 3 ITA/IATOS en appui à la recherche à temps partiel (40%, 50% et 50%),
- 1 CDD CNRS longue durée plus un nouveau CDD à partir du mois d’août 2013,
- 41 doctorants (et 52 thèses soutenues sur la période 2008-2013)
- 6 post-doctorants (et 7 post-doctorants sur la période 2008-2013)

Sur la période, le département a accueilli 7 nouveaux chercheurs. Parmi ceux-ci, nous comptons :

- 3 MCU dont 1 qui a fait une thèse à l'ISIR et 1 post-doc à TIMC, 1 qui a fait une thèse à l'Univ. de Rome et 1 post-doc à l'Inria Bretagne-Atlantique, 1 qui a fait une thèse au LIRMM et 3 ans de post-doc à l'IST Lisbonne,
- 1 DR CNRS qui était PU à l'Univ. d'Evry et détaché DR2 CNRS au LIA JRL au Japon,
- 1 CR CNRS qui a fait sa thèse à la NTU à Singapore et 1 post-doc au LIRMM,
- 2 CR Inria dont 1 qui a fait sa thèse à l'Univ. de Tokyo et 1 post-doc au LIRMM et 1 CR qui est arrivé en mutation du centre Inria Rhônes-Alpes.

Un CR CNRS avec un rattachement principal dans le département Informatique travaille également à 20% dans DEMAR. Enfin, un recrutement de MCU qui a fait une thèse au laboratoire Icube à Strasbourg a eu lieu dans l'équipe DEXTER pour la rentrée 2013.

L'ensemble de ces recrutements traduit ainsi l'attractivité du département.

Par ailleurs, nous avons recruté en 2013 un IR CNRS en remplacement du départ à la retraite de M. Benoît qui était IR CNRS.

b) Les halles et les plateformes d'expérimentations

Le département possède actuellement trois sites d'expérimentation (halle de mécatronique, bâtiment 4 du Campus St Priest et bâtiment rue de la Galéra), avec un site dédié pour la robotique manufacturière et la robotique sous-marine ([figure R2](#)), un site pour la robotique humanoïde et l'interaction homme-robot ([figure R3](#)) et un site pour la robotique médicale et la robotique mobile terrestre ([figure R4](#)).

Ces plateformes ([voir également figure R7](#)) sont un élément clé de la visibilité du département et font sa force en contribuant à valider expérimentalement la pertinence des approches scientifiques et des outils fondamentaux proposés, sans omettre leur impact sur les relations avec l'industrie et les transferts.

Ces plateformes sont également une vitrine des activités de recherche en robotique dans la Région Languedoc-Roussillon. Elles ont comme objectif de fédérer les collaborations entre chercheurs en robotique et scientifiques de la région (praticiens hospitaliers, acteurs « métiers » comme, par exemple, des chercheurs en hydrologie, ...), de favoriser les collaborations avec les acteurs économiques du domaine et le transfert de savoir-faire, de permettre à nos partenaires académiques et industriels d'avoir accès à des moyens expérimentaux modulaires et évolutifs pour s'initier aux nouvelles technologies.

Ces plateformes sont d'ailleurs en constante évolution et leur nombre en progression régulière. Depuis plusieurs années, ces plateformes bénéficient d'un support financier important de la Région Languedoc-Roussillon, en particulier dans le cadre du grand plateau technologique R2LR, et du CNRS au travers des équipements mi-lourds (plateforme RAVEN, bras LWR Kuka). De plus, la participation des équipes DEXTER et IDH dans les réseaux de l'Equipex ROBOTEX ([voir l'encart ROBOTEX dans la rubrique Plateau technologique robotique](#)) a également permis d'acquérir de nouvelles plateformes en robotique de production (Laser Tracker 6D, robot parallèle 5 axes à redondance d'actionnement et à redondance métrologique équipé d'une tête 2 axes avec broche d'usinage, manipulateur mobile avec une base mobile omnidirectionnelle sur laquelle sont montés deux robots Kuka LWR, deux mains robotiques dextres Shadow), robotique humanoïde (un robot HRP4 de Kawada Industries) et robotique médicale (une console maître bimanuelle à retour d'effort et vision 3D de Force Dimension, deux

instruments d'EndoControl spécialement conçus pour la chirurgie à port unique, un échographe UltraSonic). Enfin, l'équipe DEMAR a participé financièrement et contribue scientifiquement à la Plateforme Régionale d'Analyse de Mouvement (PRAM) qui est désormais hébergée sur le site Euromov. Elle comporte un système d'analyse de MOCAP (Vicon), une chaise isokinétique (Biodex 3) et d'autres équipements plus légers de mesure de grandeurs physiologiques.



Figure R2 - La Halle de Mécatronique



Figure R3 - La salle d'expérimentation sur le site de la Galéra



Figure R4 : La nouvelle salle d'expérimentation

Par ailleurs, l'étude et le développement des robots parallèles à câbles de très grande dimension, réalisés conjointement avec la Fondation Tecnalia, à la fois du point de vue théorique et expérimental, nécessite également de louer un local spécifique (le **hangar de stockage** - figure R5) hors des campus de l'université, les dimensions du robot installé dans ce hangar étant de 15mx11mx6m avec un volume de travail de plus de 600 m³.



Figure R5 : Un robot à câbles de très grande dimension dans son hangar

c) Le personnel d'appui à la recherche

L'organisation des halles d'expérimentation, les besoins en petits matériels ainsi que le bon déroulement des expérimentations en termes de sécurité des personnes sont gérés collectivement par le département par l'intermédiaire d'un ingénieur d'études responsable des différentes salles d'expérimentation (O. Tempier, IE UM2). Par ailleurs, la nécessité de pérenniser nos développements logiciels nous a conduits à recruter, sur un poste d'IR CNRS (en remplacement du départ à la retraite de M. Benoît) un nouvel ingénieur de recherche, R. Passama, avec des compétences en ingénierie logicielle et une forte expertise sur les environnements temps-réel.

Trois autres ingénieurs (permanents) interviennent à temps partiel dans certaines équipes du département. P. Lepinay (IR UM2, 40%) travaille en étroite collaboration avec l'équipe EXPLORE sur des problématiques de robotique mobile terrestre. T. Gil (IR CNRS, 50%) et B. Gilbert (IE UM1, 50%)

sont impliqués respectivement dans les développements sur FPGA et la conception de circuits électroniques dans l'équipe DEMAR.

F. Keith, en CDD CNRS longue durée dans l'équipe IDH, vient consolider et pérenniser les développements logiciels qui sont réalisés entre cette équipe et le JRL, le LAAS et Inria pour les plates-formes humanoïdes actuelles (HRP-2 et HRP-4). Il partage son temps entre le LIRMM et le JRL. Il participe également au projet européen ROBOHOW.COG pour lequel les efforts de développement et d'intégration du logiciel sont importants.

L'INS2I nous a par ailleurs octroyé, à partir du mois d'août 2013, un CDD longue durée de 30 mois au titre des plateformes qui viendra renforcer le département sur les aspects de développements mécatroniques.

I.4.3 Instances de pilotage

Le département est piloté par un responsable et deux adjoints qui jouent le rôle d'interface avec la direction du laboratoire. Des réunions avec l'ensemble des membres du département, à raison de deux par mois, permettent de gérer les besoins communs des équipes, de structurer les demandes en termes de budget, d'équipements, de postes d'enseignants-chercheurs, d'ITA, de doctorants ou de post-doctorants et d'organiser la vie du département au sein du laboratoire. C'est également une structure d'animation de la recherche qui regroupe des équipes projets ayant des compétences et des intérêts scientifiques communs ou complémentaires en termes de thématiques de recherche mais aussi des besoins d'équipements et de compétences humaines. Cette structuration permet d'une part de mutualiser des ressources (les ingénieurs en appui à la recherche par exemple) et d'autre part d'afficher un spectre plus large de compétences vis-à-vis d'appels à projets nationaux ou européens assurant ainsi des échanges fructueux au sein des équipes. Sur le plan financier, le département effectue un prélèvement de 5% sur les projets. Ce fonds permet le financement de dépenses de fonctionnement communes (jurys de thèses, petits matériels, stages de M2, missions pour la diffusion de la connaissance scientifique, etc.) et le soutien financier à des chercheurs souhaitant mettre en place ou conforter un axe de recherche pour lequel aucun contrat à court terme n'est envisageable. Il a permis également la mise en place d'une politique incitative pour l'implication de tous les membres du département (doctorants, post-doctorants, permanents) dans des structures nationales telles que les groupes de travail des GdRs (Robotique, MACS, ISIS, STIC Santé).

I.4.4 Moyens en matière d'animation scientifique

L'animation scientifique se déroule principalement au sein des équipes qui ont des séminaires internes ouverts à l'ensemble du département. A l'animation interne à chaque équipe, s'ajoutent les journées du département qui sont organisées une fois par an et sont un moment important de la vie du département pour discuter des orientations scientifiques plus profondes. C'est également un moment de diffusion scientifique inter-équipes à partir de présentations faites par des doctorants en 2^{ième} ou 3^{ième} année ou par des post-doctorants.

I.4.5 Evolutions envisagées quant à l'organisation du département

La structure du département en cinq équipes devrait être stable sur le prochain quinquennat. La nouvelle organisation du laboratoire avec la construction du nouveau bâtiment (bât. 5) devrait nous permettre de regrouper au moins deux des sites d'expérimentations, ce qui améliorera et facilitera grandement le travail des ingénieurs en appui à la recherche du département.

II. Réalisations du département Robotique

II.1. Eléments d'appréciations sur l'ensemble des réalisations

II.1.1 Le département au cœur des PIA

Le rayonnement du département et son attractivité académiques se sont exprimés, plus particulièrement sur la période 2008-2013, sur le plan national avec une forte implication des membres du département dans différents Projets d'Investissement d'Avenir (PIA) :

- **EquipEx ROBOTEX (2011-2019)** ([voir l'encart ROBOTEX dans la rubrique Plateau technologique robotique](#)) - Réseau national de plateformes robotiques, coordonné par M. de Mathelin (ICube, Strasbourg) dans lequel le département au travers des équipes DEXTER et IDH est impliqué pour les thématiques de recherche en robotique de production, robotique humanoïde et robotique médicale. F. Pierrot pilote la thématique « robotique de production ».
- **Labex NUMEV (2011-2019)** ([voir l'encart NUMEV dans le chapitre INTERACTION AVEC L'ENVIRONNEMENT ACADEMIQUE](#)) - « Solutions numériques, matérielles et modélisation pour l'environnement et le vivant », porté initialement par M. Robert (LIRMM) et coordonné depuis février 2013 par P. Poignet (LIRMM) et F. Nicoud (I3M). Les cinq équipes du département sont impliquées dans les activités de ce Labex, principalement sur les deux projets intégrés dont les activités concernent l'observation de l'environnement (robotique d'exploration) et l'aide à la personne malade (robotique médicale) ou déficiente (neuroprothèses). D. Guiraud est responsable de ce dernier.
- **Labex CAMI (2012-2020)** ([voir l'encart CAMI dans le chapitre INTERFACE AVEC LES SCIENCES DE LA VIE](#)) - Réseau national avec 6 partenaires dans le domaine de « Computer Assisted Medical Interventions », coordonné par P. Cinquin (TIMC-IMAG, Grenoble). L'équipe DEXTER y développe une partie de ses activités en robotique médicale en interaction étroite avec les autres partenaires du Labex notamment grâce aux co-encadrements de thèses.
- **PSPC INTENSE (2012-2018)** ([voir l'encart INTENSE dans la rubrique Partenariats industriels](#)) « Initiative Nationale Technologique d'Envergure pour une NeuroStimulation Evoluée » pilotée par la société SORIN CRM. L'équipe DEMAR contribue au travers de ses activités sur la conception de neuro-prothèses et la modélisation du système neuromusculaire.

II.1.2 Production scientifique

Le département compte 139 publications en revues internationales parmi lesquelles on peut citer IJRR (5), IEEE TRO (6), IEEE TMECH (3), IEEE TBME (3), IEEE TNSRE (2), Automatica (2), CEP (2), MEDIA (1), ASME JMR (2), MMT (1), Robotica (2) ainsi que des publications dans des revues plus spécifiques des domaines d'applications telles que JNE (4), J. of Biomechanics (1), Biological Cybernetics (1), PlosOne (1), etc.

Nous recensons également 298 communications en conférences internationales parmi lesquelles on peut citer ICRA (31), IROS (58), EMBC (20), etc.

Le bilan quantitatif de la production scientifique du département est donné dans le tableau de synthèse suivant :

	ACL	ASCL	INV	ACTI	ACTN	COM	AFF	OS	DO	AP	BV	Total
2008-2013	139	0	26	298	13	8	31	29	1	5	7	557
par an, par C (ETP=1)	0,97	0	0,18	2,08	0,09	0,06	0,22	0,2	0,01	0,03	0,05	3,9
par an, par C (ETP=0,5)	1,49	0	0,28	3,19	0,14	0,09	0,33	0,31	0,01	0,05	0,07	5,96

II.1.3 Brevets et dépôts logiciels

Les réalisations du département se traduisent aussi par une forte activité de transfert et valorisation qui se décline naturellement au travers de brevets (7 sur la période 2008-2013) et de dépôts logiciels (3 sur la période 2008-2013).

Pour les brevets, on peut citer, à titre d'exemple, deux brevets de l'équipe DEMAR : l'un portant sur un dispositif de distribution de puissance entre cathodes d'une électrode multi-polaires (« *Device for distributing power between cathodes of a multipolar electrode, in particular of an implant* ») et déposé conjointement par Inria, l'UM2 et le CNRS (dépôt en France, Japon, USA, Chine et Canada) avec 2 licences distribuées à OTICON-Neurelec et MXM-Obelia ; l'autre décrivant un « dispositif et système de contrôle du corps humain » et déposé conjointement entre Inria, l'UM2, le CNRS et la société MXM (dépôt en France avec une extension PCT en Europe, USA, Chine et Australie). On peut mentionner également les brevets déposés par l'équipe DEXTER avec le CNRS, l'UM2 et la Fondation Tecnalia dans le domaine des robots de production avec une architecture de robot parallèle à deux degrés de liberté (« *Two-degree-of-freedom parallel manipulator* ») ou un robot d'usinage capable de se déplacer sur les composants à usiner (« *A self-reconfigurable mobile manipulator* ») ou bien encore un robot parallèle équilibré dynamiquement (« *Manipulator comprising a fixed base and a movable platform, with four motor-driven chains of articulated links* », déposants : Université de Twente (Pays-bas) et CNRS).

Pour les dépôts de logiciels, on peut mentionner les logiciels développés par l'équipe DEMAR tels que le logiciel *HILECOP* (« *Hlgh LEvel hardware COmponent Programming* », déposants : Inria / UM2) ou le logiciel *SENISManager* (« *Environnement d'exploitation d'une architecture SEF distribuée* », déposants : UM2 / MXM).

II.1.4 Prix et distinctions

Les travaux des chercheurs et des équipes du département ont été récompensés par de nombreux prix et distinctions :

- Au niveau national : Grand Prix de l'Académie des Sciences en 2010 pour D. Guiraud, Cristal du CNRS 2010 au titre des plateformes robotiques pour M. Benoit, Médaille de l'Innovation du CNRS 2011 pour F. Pierrot, 1^{er} prix de la FIEEC en 2012 pour D. Andreu, « Mention spéciale Innovation » au Prix de thèse IEEE France Section SFGBM-AGBM 2009 pour G. Souquet, 2^{ième} prix de thèse du GdR Robotique 2010 pour R. Richa,
- Au niveau international : Best Paper Award in Medical Robotics MICCAI 2010 pour R. Richa, A. Bo et P. Poignet, , « Third Place Award » pour H. Yang à la « Student Mechanism and Robot Design Competition » lors de l'ASME IDETC à Chicago en 2012, plusieurs papiers « Finalist of Best Paper Award » avec G. Sartori Natal, A. Chemori, F. Pierrot à IEEE ICRA 2012, K. Bouyarmane et A. Kheddar à IEEE/RAS Humanoids 2010, A. Bussy, A. Kheddar, A. Crosnier et F. Keith à IEEE/RSJ IROS 2012 ou « Finalist for Best Robocup Paper Awards » pour S. Lengagne, N. Ramdani, P. Fraisse à IEEE/RSJ IROS 2009.

II.2. Réalisations

Les réalisations à la fois scientifiques, matérielles et de valorisation présentées dans ce paragraphe constituent une synthèse non exhaustive des contributions des équipes qui sont présentées plus en détails dans les fiches mais cette synthèse a pour objectif de mettre en lumière des faits marquants illustrant le positionnement et la dynamique du département.

II.2.1 Contributions scientifiques

a) La robotique et les systèmes de production

Les réponses à la question « Comment obtenir des systèmes de production efficaces ? », ont conduit à des progrès significatifs dans les deux domaines scientifiques que sont la conception de mécanismes et la commande de ces systèmes sur deux grands thèmes à savoir « les très grandes accélérations » et « les très grands volumes de travail ».

Ainsi, dans le domaine des « très grandes accélérations », plusieurs réalisations scientifiques [DEXTER] peuvent être mises en avant :

Premier robot parallèle à mouvements plans et à architecture spatiale - Comparée aux mécanismes plans communément employés, cette architecture spatiale confère au mécanisme une rigidité meilleure selon la direction transversale au mouvement, tout en conservant des masses en mouvement plus faibles. Ces avantages ont été analysés théoriquement [[Pierrot-ICRA-2009](#)] et validés expérimentalement sur un prototype innovant protégé par un brevet [[Pierrot-Patent-2008](#)].

Analyse théorique de l'impact de la redondance d'actionnement sur les capacités d'accélération des robots - L'analyse [[Corbel-ASMEJMR-2010](#)] a montré que cette forme de redondance garantit une homogénéisation des performances d'accélération omni-directionnelle dans tout l'espace de travail.

Robot parallèle à 3 degrés de liberté (ddl) et record du monde d'accélération - Un prototype de robot parallèle redondant à 3 ddl a été conçu et réalisé (ANR Objectif 100G). Il a atteint le record du monde d'accélération (100G en crête, plus de 40G typique, plus de 7 cycles/seconde) en utilisant une architecture de commande innovante permettant d'inclure des termes anticipatifs dans deux espaces de commande, articulaire et cartésien [[Sartori-ICRA-2012, finalist best paper ICRA 2012](#)].

Equilibrage dynamique (Collab. U. Twente) - L'analyse théorique des conditions nécessaires à l'obtention de manière simple d'un équilibrage dynamique complet d'un robot plan redondant à 3 ddl [[Wijk-Patent-2012](#), [Wijk-IJRR-2013](#)] a été conduite et un prototype incarnant ces travaux a été réalisé.

Les prototypes inventés, conçus et mis en œuvre par l'équipe DEXTER ont permis de dépasser très largement les meilleures performances mondiales connues au début du projet. Ces travaux ont conduit aujourd'hui à la création des robots les plus rapides.

Dans le domaine des « très grands volumes de travail », l'équipe DEXTER a apporté deux fortes preuves de concept :

Robot parallèle à câbles de grande taille et forte capacité de charge (figure R7(c)) - Capable de déplacer des charges pesant jusqu'à 500 kg à des vitesses crêtes de 3 - 4 m/s, le robot parallèle à

câbles conçu et développé dans le cadre du projet ANR CoGiRo (en collaboration avec Tecnalia) possède une configuration suspendue (tous les câbles sont situés au-dessus de l'organe terminal du robot) avec des dimensions globales de 15 m x 11 m x 6 m (longueur x largeur x hauteur). Ces performances et sa taille font de ce démonstrateur une plateforme unique au monde. La contribution scientifique majeure est un arrangement géométrique original des câbles qui est le résultat d'une méthode systématique de détermination de la disposition des câbles basée notamment sur une analyse statique simplifiée des robots à câbles de grandes dimensions (masse des câbles non négligeable) [[Gouttefarde-ICRA-2012](#)]. La concrétisation des performances du robot passe nécessairement par le développement de stratégies de commande stables et efficaces, capables de composer avec le caractère unilatéral de l'actionnement par câbles [[Lamaury-ICRA-2013](#)] ou d'améliorer nettement la précision de positionnement par l'utilisation de mesures et d'un asservissement référencés vision [[Dallej-IROS-2012](#)]. Ce dernier travail est le fruit d'une collaboration entre l'équipe DEXTER et l'Institut Pascal à Clermont-Ferrand.

Robot octopode ayant la capacité de se déplacer (figure R7(b), Collab. Tecnalia) - Ce concept novateur de robot parallèle à redondance d'actionnement lui permet de se déplacer automatiquement et de se re-configurer pour atteindre une nouvelle zone de travail en re-positionnant les extrémités de ses jambes sur de nouveaux points de fixation. Ce robot se déplace sur des châssis de grandes dimensions utilisés pour maintenir des composants aéronautiques dans le but de réaliser des opérations d'assemblage, par exemple. Les problèmes scientifiques abordés vont de la synthèse de cinématique (choix des liaisons: type, passive/actionnée, mesurée/verrouillable) à la commande et la gestion pour les différents modes de fonctionnement [[Baradat-Patent-2012](#)].

b) L'aide à la personne malade ou déficiente

Solutions palliatives et rééducation des déficiences sensori-motrices [DEMAR-Collaborations M2H - Clinique Propara] - L'étude de solutions palliatives et de rééducation au problème des déficiences sensori-motrices, basées sur la stimulation électro-fonctionnelle (SEF) dans l'équipe DEMAR se caractérise par un équilibre entre recherche fondamentale et expérimentale et transfert technologique. Parmi les résultats remarquables, on peut mentionner les modèles multi-échelles partant de l'analyse physiologique jusqu'à la caractérisation du mouvement articulaire dans le cas du muscle strié et d'un muscle lisse (le « détrusor ») avec des validations expérimentales sur l'animal et l'homme (figure R7(h)). Ils se prolongent dans l'étude de la fatigue musculaire et l'intégration de la commande EMG [[Benoussaad-MBEC-2013](#), [Laforêt-JNE-2011](#), [ElMakssoud-BC-2011](#), [Zhang-IEEETBME-2013](#), [Hayashibe-JNE-2011](#), [Papaiordanidou-IFESS-2011](#)]. Toutes les technologies développées dans l'équipe DEMAR (figure R7(i)) sont utilisées pour des expérimentations sur l'homme aussi bien en semi-implanté (inhibition des douleurs fantômes) qu'en externe (gestion du releveur de pied chez l'hémiplégique, passage en position assis-debout et station debout chez le paraplégique [[Mohammed-CEP-2012](#), [Jovic-IJARS-2012](#)]). Toutes ces expérimentations ont fait l'objet d'un accord de CPP (Comité de Protection de Personnes) en collaboration avec l'équipe M2H ou le centre de rééducation fonctionnelle Propara. Dans ces différents cas, ce sont recherche expérimentale sur l'homme et transfert qui se mêlent. Cette recherche expérimentale, notamment sur l'homme, est ainsi non seulement le but mais aussi le pivot des réalisations scientifiques.

Compensation active du tremblement pathologique [DEMAR - DEXTER - Collab. CHU Montpellier, Clinique Propara, Nanyang Technological University] - La pathologie du tremblement est très répandue parmi la population et peut devenir extrêmement handicapante, voire conduire à l'isolement de la personne dans les cas les plus graves. Les thérapies actuelles, médicamenteuses ou chirurgicales, ne permettent pas de traiter tous les cas rencontrés. Aussi en s'inscrivant dans la lignée des premiers travaux d'A. Prochazka (Univ. d'Alberta, Canada, 1992), nous avons proposé de

compenser ces tremblements en utilisant des techniques de stimulation électrique et des approches avancées d'automatique. Cette compensation nécessite la compréhension des mécanismes physiologiques produisant ces tremblements [[Zhang-IEEETBME-2009](#)] et l'estimation en ligne des tremblements [[Bo-IEEETNSRE-2011](#)]. Différentes approches de commande ont été proposées soit par co-contraction en boucle ouverte sur des patients souffrant de tremblements (dans le cadre d'un CPP) soit par modulation d'impédance [[Bo-ICRA-2010](#)].

Reconstruction 3D de surface déformable - Application à l'estimation des mouvements du cœur battant en chirurgie cardiaque en vue de leur compensation [DEXTER - CHU Montpellier] - Lors d'une opération à cœur battant, même en présence d'un stabilisateur mécanique, le chirurgien doit compenser manuellement des perturbations importantes liées aux battements du cœur et aux mouvements respiratoires. L'utilisation d'un robot et de différents capteurs (par exemple vision et/ou effort) doit permettre de compenser activement ces mouvements physiologiques. Dans le cas où un capteur visuel est utilisé, une des premières difficultés est d'estimer les mouvements complexes de la surface déformable du cœur soumise également à de fortes variations d'illumination, des réflexions spéculaires, ... Avec l'objectif de s'affranchir de l'utilisation de marqueurs artificiels, nous avons proposé un nouvel algorithme de reconstruction de pose d'objet fortement déformable à grande dynamique qui est une extension de la technique proposée par E. Malis (Inria Sophia) au cas de la stéréo-endoscopie et dont l'originalité repose sur l'utilisation d'un modèle paramétré à base de Splines [[Richa-IJRR-2010](#)] ([figure R7\(f\)](#)). Pour améliorer les performances en termes de temps de calcul et la robustesse par rapport aux occlusions, nous avons aussi proposé un modèle de prédiction [[Richa-Media-2011](#)].

Planification adaptative et guidage d'aiguille flexible pour des interventions percutanées [DEXTER - Collab. Univ. Brasilia] - Le succès des interventions percutanées (biopsie, ponction, etc.) pratiquées avec l'insertion d'une aiguille dépend beaucoup de la précision du geste réalisé. Cette précision dépend elle-même de nombreux facteurs dont la déformation ou le mouvement des organes, la déformation des aiguilles, etc. Nous avons donc proposé une nouvelle approche de planification adaptative pour le guidage assisté par robots d'aiguilles flexibles pour des procédures percutanées. La méthode est basée sur l'utilisation d'une rotation de l'aiguille avec un rapport cyclique variable pour réaliser une insertion avec des arcs de rayons de courbure différents. La stratégie de planification adaptative est associée à un retour visuel pour compenser les incertitudes du système et les perturbations dans des scènes dynamiques qui présentent des changements de position des obstacles et/ou de la cible. Cette approche a été validée *in vitro* [[Bernardes-ICRA-2012](#)].

Téléopération à retour d'efforts en chirurgie à port unique [DEXTER - Collab. SSSA Pise] - Une des limitations actuelles des systèmes robotisés utilisés en chirurgie mini-invasive est l'absence du retour d'effort lors de la manipulation à distance. Au-delà du problème de la mesure de ces interactions, se pose le problème de la stabilité et de la transparence du système lors de la manipulation sur un environnement qui peut avoir des propriétés mécaniques extrêmement variables dues à la présence de tissus mous et de structures rigides. Nous avons donc proposé un nouvel algorithme de télé-opération à retour d'effort basé sur l'utilisation d'un observateur actif associé à un modèle d'interaction de type visco-élastique et un estimateur des propriétés mécaniques de l'environnement qui permet de garantir la stabilité du système lors de fortes variations de ces propriétés mécaniques. Pour compléter la synthèse de la loi de commande, nous avons développé une analyse du compromis stabilité - transparence en fonction du type de modèle d'interaction utilisé [[Moreira-ICRA-2012](#), [Sanchez-ICRA-2012](#)]. Cette architecture a été validée expérimentalement sur la plateforme de chirurgie à port unique conçue et réalisée par le Biorobotics Lab de la SSSA à Pise ([figure R7\(d\)](#)).

Quantification de l'erreur statistique de reconstruction en tomographie d'émission [ICAR- Collab. CHU Montpellier] - Le diagnostic médical en tomographie d'émission consiste généralement à comparer les activités reconstruites au sein de deux régions (détection des maladies de Parkinson, d'Alzheimer, ...). Cependant, parce qu'il est impératif de limiter les doses de radioactivité injectées aux patients, le rapport signal sur bruit des images de tomographie d'émission est très mauvais et gène le diagnostic dans les cas ambigus (apparition de la maladie). Pour rendre la comparaison plus fiable, il est nécessaire de quantifier le bruit dans ces images. Cependant, comme ces images sont reconstruites, c'est-à-dire sont issues d'un processus inverse, ni la nature de ce bruit ni ses paramètres ne sont accessibles directement sur les images. Ce problème est un verrou scientifique connu. Nous avons proposé [[Strauss-MICCAI-2009](#), [Rico-IJAR-2011](#)] une extension du modèle du processus d'acquisition des mesures en tomographie ainsi qu'une technique de reconstruction permettant la quantification de l'erreur statistique de reconstruction. L'originalité principale de ce travail vient de l'utilisation de la théorie des mesures non-additives, qui n'avait, pour l'instant, jamais été utilisée en traitement du signal.

Modélisation et simulation 3D personnalisée de l'anatomie - Application au système musculo-squelettique [ICAR - DEMAR, Collab. CHU Montpellier, Inria Grenoble, Institut de Myologie Pitié-Salpêtrière] - Ce travail vise à reconstruire de manière la plus automatique et fiable possible des modèles d'organes 3D fonctionnels et « patient-spécifique » à partir de données médicales multimodales (IRM, CT, fluoroscopie, EMG, video). Les algorithmes développés s'appuient sur des techniques de recalage par modèles déformables [[Dicko-ICG-2012](#)]. Une autre étude vise à simuler de manière fine le comportement mécanique volumique du muscle par la prise en compte de sa structure interne et de ses spécificités individuelles [[Berranen-EMBC-2012](#)]. Une des applications est l'aide à la création de dispositifs médicaux ergonomiques (ANR Sohusim). Les tissus simulés étant très complexes (hyper-élastiques, visco-élastiques, anisotropes, inhomogènes), des modèles mécaniques réduits sont à l'étude afin de maximiser le rapport temps de calcul/précision [[Gilles-Deformation Models-2013](#)].

c) La robotique d'exploration

Localisation et SLAM [EXPLORE] - Notre approche de la localisation et du SLAM pour les robots mobiles est basée sur l'utilisation de capteurs proximétriques simples (exploitation maximale de données proximétriques brutes issues de capteurs laser et/ou ultrasonores) et non pas sur le SLAM visuel. Nous avons proposé une amélioration des algorithmes stochastiques par combinaison de filtres particulaires et de grilles pré-calculées. Nos algorithmes obtiennent de meilleures performances de localisation du point de vue temps de calcul et taux de réussite. La validité et l'efficacité de notre approche ont été démontrées par des expériences sur un robot Pioneer ([figure R7\(l\)](#)) évoluant dans un environnement connu et préalablement cartographié [[Zapata-Robotica-2012](#)]

Commande à garantie de performance [EXPLORE] - La question du contrôle du suivi de chemin d'un robot mobile, incluant des capacités d'évitement d'obstacles est ici abordée. L'approche consiste à rechercher des garanties de performances en termes de garantie de convergence des algorithmes développés. L'évitement d'obstacle nommé SMZ (Safe Maneuvering Zone) permet par déformation du chemin de conserver les garanties apportées par le contrôle en suivi de chemin lors de l'évitement d'obstacle. La saturation des actionneurs est aussi considérée, résultant ainsi en un contrôleur qui garantit que la référence cinématique élaborée (par le système de guidage) induise le robot à respecter une distance minimale à l'obstacle et une récupération du chemin une fois l'obstruction disparue [[Lapierre-AutonomousRobots-2012](#)]. La question de la conservation de ces propriétés lors du déploiement de la suite algorithmique sur l'architecture de contrôle est abordée dans un deuxième temps.

Commande coordonnée d'engins marins [EXPLORE] - Dans le cadre de la navigation de robots sous-marins et terrestres évoluant de manière coordonnée et exhibant des garanties en termes de convergence globale, sous contrainte de communications restreintes, nos travaux se basent sur une fusion des problématiques de suivi de chemin et de trajectoire, incluant l'évitement d'obstacles réactif et minimisant les informations qu'il est nécessaire d'échanger pour la tenue de la formation de la flottille. Ces résultats, initialement validés sur un robot non holonome (Pioneer), ont ensuite été étendus au cas d'un véhicule sous-marin sous-actionné autonome (AUV Taipan) en analysant les similarités cinématiques entre ces deux types de véhicules et prenant en compte les propriétés dynamiques de ces systèmes (*FP6-Mobility FreeSubNet*). Ces travaux ont été expérimentalement validés sur des véhicules de surface de nos partenaires italiens (CNR ISSIA, Coop. Bilatérale France-Italie) [[Bibuli-Robotics & Automation Magazine-2012](#)].

Architecture de contrôle, autonomie adaptative, tolérance aux fautes [EXPLORE] - Nous avons développé un cadre de modélisation et d'implémentation d'Architectures de Contrôle Robotiques (ACR) devant répondre à un ensemble de propriétés non fonctionnelles (modularité, flexibilité, réutilisabilité, fiabilité, etc.). Ces propriétés favorisent l'intégration des contributions des différents acteurs des projets robotiques, comme ceux d'EXPLORE. L'ACR prend en compte les aspects temps-réel (contraintes d'exécution temporelle des modules) et critiques (réactions prioritaires à certains événements), intrinsèques aux applications robotiques. La méthodologie ContrACT (CONTRol Architecture Creation Technology) proposée est supportée par un environnement de développement et un middleware permettant de réifier la gestion des contraintes temps réel. C'est une des originalités de notre solution qui, au niveau exécutif, procure à la fois les leviers de contrôle de l'activité des modules (contenant les algorithmes de commande, perception, etc.) et de leurs interactions et enchaînements, et les mécanismes d'observation de leur exécution. Au niveau décisionnel, nous avons défini le langage Cactal (ContrACT Architecture Language) qui permet une description très élaborée du comportement des superviseurs, grâce à une syntaxe et une sémantique claire faisant appel aux notions de règle, de pré et post conditions, et de persistance d'événements. L'ensemble de ces travaux a été porté sur le robot Pioneer et ils ont été expérimentés dans le cadre de plusieurs projets ANR (Prosit, Assist, Icaro) [[Durand-IROS-2010](#)].

Détection de contours pour les images omnidirectionnelles [ICAR] - L'utilisation de l'imagerie omnidirectionnelle en robotique mobile ([figure R7\(g\)](#)) permet une perception visuelle instantanée à 360° de l'environnement autour du robot. Cependant, cette amélioration du champ visuel se traduit par de fortes déformations dans l'image et surtout par une résolution non uniforme (faible au centre de l'image et plus élevée à sa périphérie). Dès lors, les opérateurs classiques utilisant des masques de convolution, tels que l'extraction de contours, faisant l'hypothèse d'invariance en translation dans l'image produisent des résultats inconsistants. Nous avons proposé une approche prenant en compte la nature anamorphosée des images omnidirectionnelles. Celle-ci crée un espace virtuel invariant en translation dans lequel les opérateurs sont définis [[Jacquey-FSS-2008](#)]. Ils sont ensuite projetés dans l'espace image et appliqués après avoir été déformés. Le point fort de cette nouvelle approche est qu'elle tient compte des phénomènes liés à l'échantillonnage de l'image et est robuste vis-à-vis de la méconnaissance du procédé d'acquisition. Ces travaux sont à ce jour la base de nouveaux développements qui se mettent en place en robotique d'exploration sous-marine.

Commande adaptative non-linéaire L1 [DEXTER-EXPLORE] - L'activité de recherche autour de la commande des robots sous-marins est motivée par l'émergence récente de très petits véhicules de type ROV (Remotely Operated Véhicule), dont le poids est inférieur à 30kg ([figure R7\(k\)](#)). Les dimensions réduites, ainsi que le rapport puissance/masse de cette nouvelle génération de robots entraînent un renforcement de certains phénomènes dynamiques et hydrodynamiques qui étaient

jusqu'à présent négligés sur des véhicules plus grands et à plus forte inertie. Sur ces véhicules de petite taille, les approches classiques de commande (PID ou par retour d'état) ne suffisent plus à assurer un asservissement de qualité. De plus, la sensibilité du véhicule aux variations environnementales rend la procédure de réglage de ces contrôleurs très délicate. Pour cela et afin d'éviter la dégradation des performances en boucle fermée, le contrôleur doit disposer d'une capacité d'auto-ajustement des paramètres, afin de s'adapter aux éventuelles variations. Dans ce contexte, une commande adaptative L1 non linéaire a été proposée pour l'asservissement d'un petit véhicule de type AC-ROV. Introduite en 2010, principalement pour des systèmes aéronautiques, cette commande est caractérisée par un découplage entre robustesse et adaptation. Les résultats d'expérimentations pour un asservissement simultané de la profondeur d'immersion et de l'angle de tangage [[Chemori-IROS-2012](#)] ont montré une nette amélioration des performances par rapport aux commandes classiques. Une extension à cette commande a été ensuite proposée afin d'améliorer ses performances en termes de poursuite et de rejet de perturbations. Associés à la preuve de stabilité [[Maalouf-NOLCOS-2013](#)], les résultats obtenus montrent clairement cet apport à travers des expérimentations dans différentes conditions opérationnelles.

d) L'interaction homme-robot

Co-manipulation physique homme-humanoïde [IDH] - Afin de réaliser des tâches collaboratives physiques en partenariat homme-humanoïde, nous avons développé plusieurs concepts originaux qui ont été testés avec succès sur des expérimentations réelles. Nous avons d'abord été précurseurs sur l'idée que la distribution de l'initiative pouvait revenir aussi bien à l'homme qu'à l'humanoïde de manière continue [[Kheddar-HSI-2011](#)]. Ceci nous a révélé que le cœur du problème de commande réside dans la bonne évaluation des intentions humaines par le robot. Les approches existantes utilisent une prédiction à base d'invariants de mouvements (minimum jerk) qui nécessite la connaissance d'un point terminal, ou par filtrage de Kalman qui reste local et ne gère pas les transitions (arrêt, rotation, changement de direction). Nous avons alors observé, grâce à la mesure de mouvements et des forces d'interaction, le comportement de deux humains réalisant une tâche de transport. Cette étude nous a révélé que les patterns de pas étaient dissociés des mouvements des bras et que les mouvements de l'objet porté suivaient des phases de vitesses constantes pour chaque étape. Nous en avons déduit des primitives de mouvements que l'on utilise alors pour anticiper sur la tâche. L'intégration de l'ensemble des connaissances nous a permis de réaliser la tâche collaborative de transport d'une table avec des performances meilleures et un comportement quasi-typique des situations homme-homme [[Bussy-IROS-2012](#), [Bussy-Ro-man-2012](#)]. Nous continuons actuellement ces développements par l'adjonction de la vision avec des scénarios bien plus complexes.

Planification et contrôle multi-contact pour robot humanoïde [IDH] - En collaboration avec le JRL, nous avons développé une méthode qui permet à un robot humanoïde d'exploiter toute partie de son corps pour prendre des appuis sur l'environnement afin de se mouvoir dans des espaces encombrés. Contrairement aux approches classiques de la planification, où les obstacles sont évités, l'approche proposée les exploite. Ainsi nous avons proposé une approche qui construit un plan autour d'un guide (considérant l'humanoïde comme flottant mais proche des « obstacles ») et autour duquel les appuis sont recherchés dans l'espace opérationnel. La recherche combine des techniques d'exploration/planification classiques et un validateur de postures au contact formulé comme un problème d'optimisation non linéaire [[Escande-RAS-2012](#)]. On planifie d'abord les appuis, ensuite le mouvement dynamique qui les réalise éventuellement. Nous avons envisagé plusieurs approches pour la génération de mouvements multi-contact : programmation semi-infinie [[Lengagne-IJRR-2013](#)] et contrôle local en programmation quadratique [[Bouyarmane-Humanoids-2012](#)]. Nous avons testé notre formalisme sur des scénarios complexes avec la plateforme HRP-2 du JRL. Nous avons ensuite généralisé le formalisme pour inclure à la fois la locomotion et la manipulation [[Bouyarmane-AR-2012](#)]

et nous sommes en train d'étendre la planification et la commande pour opérer dans l'espace perceptuel égocentré de l'humanoïde.

Méthode de modélisation et estimation fine du mouvement humain : application à l'analyse du mouvement humain [IDH/DEMAR]. Nous avons obtenu ces dernières années un nombre important de résultats dans le domaine de la modélisation et l'analyse du mouvement humain. Nous avons développé d'une part une nouvelle méthode d'estimation des paramètres constituant le modèle du centre de masse (CdM) humain basée sur une nouvelle approche de modélisation d'une chaîne cinématique arborescente (Humain) par une chaîne cinématique série équivalente (bras de robot équivalent) [[Cotton-IEEE/ASME-TMECH-2009](#)]. Nous avons démontré dans le cas général 3D qu'il existait au moins une représentation de cette chaîne équivalente conservant les angles articulaires de la chaîne arborescente (humain). Basé sur ce résultat, nous avons ensuite développé une méthode d'estimation de ces paramètres pour l'Humain et montré qu'elle est aujourd'hui la meilleure méthode de modélisation et d'estimation des paramètres du CdM existante. Dans un deuxième temps, nous avons développé un modèle d'estimation et de reconstruction de mouvements articulaires d'une structure anthropomorphe redondante (humain) à partir d'une mesure d'une seule centrale inertielle [[Bonnet-IEEETBME-2013](#)]. Ces résultats ouvrent un champ d'application extrêmement important. Enfin, nous avons développé en collaboration avec le laboratoire M2H, un modèle dynamique basé commande permettant de reproduire et comprendre le mouvement humain lors de tâches complexes de coordination posturales [[Bonnet-JoB-2011](#)]. Les résultats de validation sur un robot humanoïde ont permis d'extraire des conclusions sur les choix de stratégies posturales hanche-cheville de l'humain (perte d'équilibre, minimum énergie,...) avec des applications potentielles dans le domaine du handicap.

Méthode d'Interaction Intuitive Humain-Robot [IDH] - Application à l'assistance des personnes ainsi qu'à l'aide aux opérateurs sur des chaînes de montages. Nous avons développé une méthode innovante d'interaction intuitive humain-robot basée sur une commande cinématique originale utilisant comme variables de contrôle les positions et orientations relatives entre l'effecteur du robot et la main de l'humain [[Adorno-IROS-2010](#), [Adorno-IROS-2011](#)]. Cette méthode permet de contrôler en temps-réel par rapport à la référence de l'outil de l'opérateur le bras du robot en interaction. Nous avons également développé des techniques de description d'interactions plus complexes permettant de réaliser des interactions en mode miroir par exemple. Cette méthode a été ensuite étendue à un contrôle multimodal permettant de prendre en compte la position relative de l'opérateur et du robot mais aussi la position relative de l'effecteur du robot avec une aile d'avion pour des opérations de rivetage par exemple. Cette méthode est très prometteuse et est en cours d'extension vers une prise en compte des efforts de contact afin de pouvoir réaliser des mouvements complets de l'approche (mouvements libres) à l'insertion (mouvements contraints).

II.2.2 Transfert

Les activités de transfert et de valorisation sont fortement ancrées au sein du département. Ces activités de transfert se mettent en place au travers de conventions de thèses CIFRE (12 sur la période) et de contrats industriels (21 sur la période) sous la forme de convention de recherche. Parmi les résultats forts de ces activités, on peut mentionner la commercialisation du robot parallèle Quattro par la société Adept Technology ([figure R6](#)) et du dispositif de stimulation Phenix Liberty par la société Vivaltis. Ce dernier transfert technologique a été couronné par le prix FIEEC 2012, et la réalisation par le partenaire industriel Vivaltis d'un système de stimulation et de mesure sans fils marqué CE médical. Actuellement, ce système est le seul capable de supporter de manière fiable, une boucle de commande au travers d'un réseau sans fils dont l'architecture et le protocole ont été définis

par l'équipe DEMAR. L'équipe a également valorisé ses avancées sur les neuroprothèses au travers de 2 brevets (dont 2 licences) et 2 dépôts logiciels ; le transfert est en cours avec la société MXM-Obelia (la thèse CIFRE associée ayant reçu la mention spéciale « innovation » IEEE SFGBM 2009). Plus récemment, la visibilité des activités de recherche et de transfert de l'équipe DEMAR lui a permis d'être impliquée dans le PSPC INTENSE piloté par le groupe Sorin.



Figure R6 - Le robot Quattro commercialisé par Adept Technology

II.2.3 Réalisations et plateformes expérimentales

Comme nous l'avons déjà souligné auparavant, les plateformes expérimentales du département sont un élément clé de sa visibilité et font sa force en contribuant à valider expérimentalement la pertinence des approches scientifiques ainsi que des outils fondamentaux proposés. Pour certaines, les réalisations matérielles sont directement le fruit des activités de recherche comme, par exemple, en conception mécanique pour les robots parallèles de l'équipe DEXTER ou en conception électronique pour les neuroprothèses de l'équipe DEMAR. Quelques-unes de ces réalisations ou plateformes en robotique de production, robotique chirurgicale, robotique humanoïde, robotique sous-marine, neuroprothèses ou bien encore en vision illustrant la diversité et la richesse des activités de recherche du département sont présentées sur la figure R7.

Figure R7 - Quelques réalisations et plateformes du département Robotique



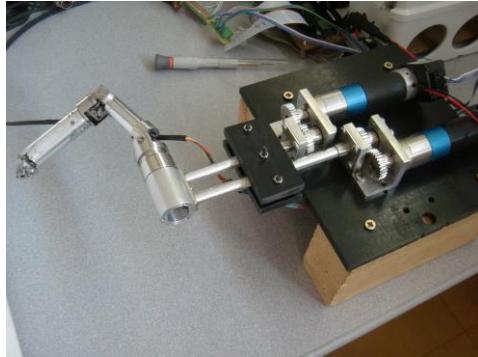
Le robot QUATTRO [ADEPT Technology] (a)



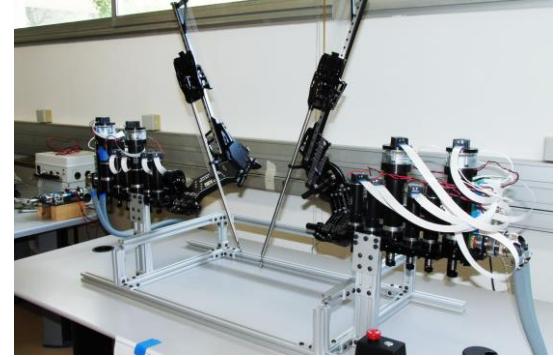
Un robot d'usinage agile (b)



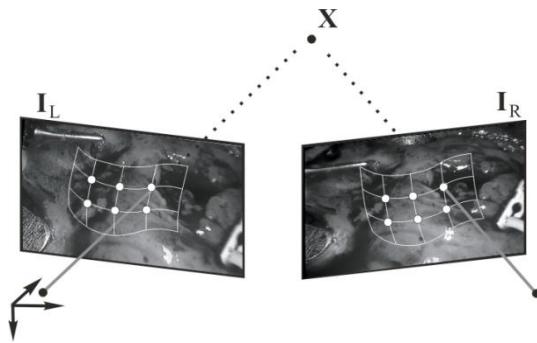
Un robot à câbles taille XXL (hangar à St Jean de Védas) (c)



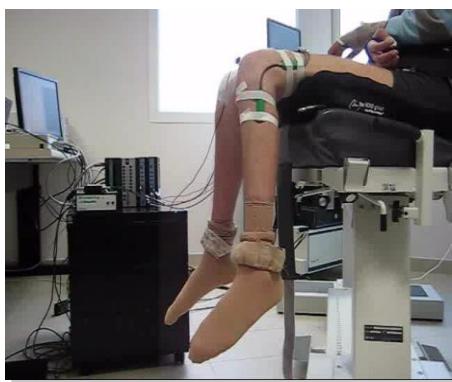
SPRINT - Un des bras de robot destiné à la chirurgie à port unique [FP7 ARAKNES] (d)



RAVEN - Un plateforme ouverte pour la pratique de la chirurgie mini-invasive [Univ. de Washington] (e)



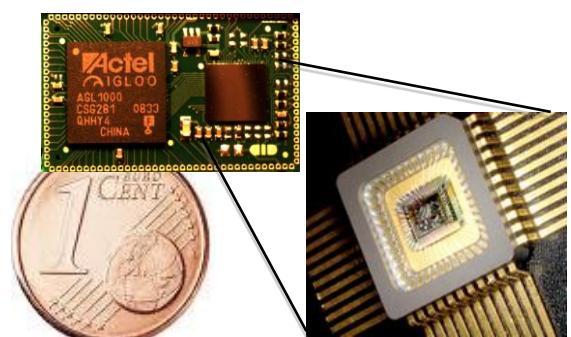
Reconstruction 3D de la surface du cœur [FP6 AccuRobAs] (f)



Estimation des paramètres biomécaniques chez un patient paraplégique à la clinique Propara (h)

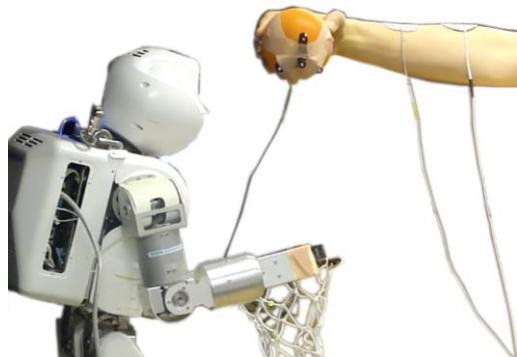


Système de vision omnidirectionnelle (g)



Conception et prototypage de neuroprothèses implantables (i)

Figure R7 - Quelques réalisations et plateformes du département Robotique (suite)



Le robot coopère avec l'homme - A gauche, le robot HRP2 coopère avec un homme pour transporter un objet - A droite, le robot HOAP3 interagit avec un patient sous stimulation électrique fonctionnelle (j)



Le robot sous-marin L2ROV (k)



Le robot mobile PIONNEER (l)

Figure R7 - Quelques réalisations et plateformes du département Robotique (suite et fin)

II.3. Rayonnement et attractivité académiques

II.3.1 Le département dans les structures nationales d'animation et d'évaluation

Les membres du département sont très actifs dans les structures d'animation de la recherche (GdR Robotique, MACS, STIC et Santé) ou dans les instances nationales telles que le CNU61 (D. Andreu (2012-2015), P. Poignet (2007-2011 et 2012-2015) et O. Strauss (2012-2015) en sont membres et P. Poignet est actuellement membre du bureau dans le collège A), le Comité National du CNRS en Section 7 (E. Dombre (2008-2012) et P. Fraisse (2012-2016), tous deux membres du bureau) ou bien encore des comités d'évaluation PEDR, PES ou ANR (Blanc, TecSan, JCJC). D. Guiraud est actuellement membre du comité de pilotage de l'ITMO « Technologies pour la santé » de l'alliance Aviesan.

Au niveau des GdRs, E. Dombre a été directeur du GdR Robotique de 2007 à 2011, D. Andreu est co-animateur depuis 2011 du GT Architecture de contrôle pour la robotique, P. Fraisse a été co-animateur du GT Robotique Humanoïde de 2007 à 2010, P. Poignet a été co-animateur du GT Robotique et Santé de 2007 à 2012 et du thème F du GdR STIC et Santé sur la période 2011-2012, V. Creuze est co-animateur de l'axe « Robotique marine et sous-marine » du GT Véhicules Autonomes depuis mai 2012. A. Chemori a été co-animateur du GT Commande Prédictive Non Linéaire du GdR MACS de 2007 à 2011.

II.3.2 Le département et l'Europe

Sur le plan international, les membres du département sont très présents dans des consortiums de projets européens (8 projets sur la période 2008-2013 : FP6 NEXT, FP6 AccuRobAs, FP7 ARAKNES, FP7 CableBot, FP7 TIME, FP7 VERE, FP7 ROBOHOW.COG, FP7 ECHORD-PRADA) et de réseaux européens (FP6-Mobility FreeSubNet, COST Action Robotics for NeuroRehabilitation, COST Action for European

Scientific Network of Artificial Muscles) qui couvrent quasiment l'intégralité des différents champs d'activités du département (robotique de production, robotique humanoïde, robotique médicale, robotique sous-marine, neuroprothèses).

II.3.3 Collaborations nationales et internationales

Le rayonnement du département se traduit également par de nombreuses collaborations académiques nationales et internationales de qualité, qui se déclinent soit de façon bilatérale soit dans le cadre des projets ANR ou internationaux. Pour les collaborations internationales, nous pouvons citer, par exemple, en robotique de production la collaboration avec l'Université de Twente, Pays-Bas (échange de doctorants), en robotique médicale la collaboration avec la Scuela Superiore Santa Anna en Italie (échange de doctorants), l'Université de Waseda à Tokyo (visites de longue durée de doctorants et post-doctorants), l'Université Catholique de Louvain et l'Université de Brasilia pour des co-tutelles de thèse, l'Université de Coimbra (Portugal) avec la visite de plusieurs mois d'un chercheur invité, en robotique humanoïde ou sur la modélisation du mouvement humain avec la TUM à Munich (Allemagne), l'EPFL en Suisse, l'Université de Stanford (USA) et l'Université de Rome (Italie), en robotique sous-marine avec le LAFMIA à Mexico (co-tutelle de thèse) et le CNR de Gênes (Italie), et enfin dans le domaine des neuroprothèses avec l'Université d'Aalborg et l'Université de Barcelone. Par ailleurs, le département a un lien historique très fort avec le JRL (Joint Robotic Lab, UMI 3218, Tsukuba, Japon) dans lequel le LAAS et le LIRMM sont impliqués. Le directeur actuel de l'UMI est un membre permanent du département robotique (A. Kheddar). Cette collaboration permet des échanges fréquents et fructueux avec la communauté robotique japonaise.

II.3.4 Activité éditoriale (comités éditoriaux, comités de programme) et séminaires ou conférences invités

Les membres du département sont très actifs dans la communauté nationale et internationale au niveau des comités éditoriaux de journaux (IEEE TRO, IEEE T. on Haptics, J. of Neural Engineering, JESA, ...) ou des comités de programme de conférences internationales majeures (IEEE ICRA, IEEE/RSJ IROS, IEEE/RAS Humanoids, IEEE Neural Engineering, ...) ou nationales (JNRR, JNRH, JRA, CIFA). Ils sont par ailleurs régulièrement impliqués dans l'organisation de « workshops » se déroulant lors de ces conférences internationales. Enfin, ils sont également invités à présenter des séminaires en France (Collège de France, GdRs, ...) ou dans des universités à l'étranger (Max Planck Institute à Tübingen, La Sapienza à Rome, SSSA à Pise, University of Mie au Japon, Ecole d'été en robotique médicale aux USA....).

II.4. Interactions avec l'environnement social, économique et culturel

II.4.1 Des interactions avec la santé et l'environnement

Au travers de son activité dans les projets ANR et européens ainsi que les PIA, le département s'inscrit dans les axes forts affichés au niveau du laboratoire, et plus globalement de l'Université Montpellier 2, que sont la santé et l'environnement. Nous avons un impact majeur dans l'environnement social et économique régional et national.

Dans le domaine de la santé, cet impact se traduit notamment par de nombreuses collaborations avec des médecins ou des chirurgiens (CHU Montpellier, Nîmes, Grenoble, Clinique Mutualiste Propara, etc.) notamment au travers de plusieurs protocoles de recherche clinique. Dans le domaine de l'environnement, les interactions se développent avec les acteurs métiers tels que les hydrogéologues du laboratoire HydroSciences à Montpellier et l'OSU OREME pour des projets d'exploration des réseaux karstiques avec un soutien du Labex NUMEV.



II.4.2 Des partenariats industriels forts

Les activités de transfert et de valorisation étant un des objectifs fondamentaux au sein du département, elles s'appuient sur des collaborations industrielles pérennes telles que celle entretenue depuis plus de 15 ans avec la fondation espagnole Tecnalia dont une filiale est installée à Montpellier (collaboration portant sur la conception de robots parallèles manipulateurs rapides et à câbles) ou celle avec la société MXM (France) avec la création, fin 2011, d'un Innovation-Lab financé par l'Inria (collaboration pour la conception de neuroprothèses implantées). Plus récemment, de nouveaux partenariats industriels se sont mis en place notamment dans le cadre du projet PSPC INTENSE piloté par le groupe Sorin.

Comme cela a été souligné plus haut, les conventions de thèses CIFRE et les contrats industriels sont un autre témoin de ces interactions socio-économiques et de ce partenariat industriel fort.

II.4.3 L'implication locale et régionale

Le département est fortement impliqué dans les structures de valorisation et de transfert locales et régionales. Ainsi D. Andreu, E. Dombre et P. Poignet sont membres du Comité d'Orientation Scientifique, Technique et Industriel sur les domaines « Mécatronique et Systèmes Industriels » de Transfert-LR. E. Dombre en est le président. F. Pierrot est vice-Président en charge de la Valorisation à l'Université Montpellier 2 et administrateur de la SATT AxLR au titre du CNRS.

II.4.4 La diffusion de la connaissance et les aspects culturels

Les membres du département sont aussi sensibles à la diffusion du savoir et aux aspects culturels liés à la connaissance scientifique. La participation à plusieurs manifestations, événements ou productions en témoigne. Parmi ceux-ci, nous pouvons mentionner quelques exemples comme :

- La participation de D. Andreu, O. Company, E. Dombre et S. Krut aux « Journées Robotique et numérique, Festival du Numérique, Futur en Seine » organisées au Centquatre à Paris en juin 2012,
- La diffusion à destination des lycéens avec la participation de V. Creuze à une conférence sur la robotique au Lycée Daudet à Nîmes en mai 2011 ou de C. Azevedo aux « Premières rencontres éducation-recherche-industrie pour la mise en place d'un enseignement de l'informatique en Lycée » avec une illustration sur le thème « Des capteurs dans le désert » en 2011,
- La diffusion du savoir à destination du grand public avec la contribution de P. Poignet à un article « Science et vie junior » en 2010 sur la robotique médicale,
- La participation de P. Fraisse à plusieurs « Bars des Sciences » (à Avignon sur le thème « De l'homme réparé à l'homme augmenté », à Sète sur le thème « La robotique à portée de main ») ou bien encore de l'équipe ICAR à l'occasion des Journées du Patrimoine en 2011 sur la « Vision parlée » en collaboration avec un designer plasticien,
- La présentation du métier d'enseignant-chercheur en robotique par D. Andreu à des élèves de collège de 2007 à 2010 ou par N. Zemiti avec une vidéo préparée par l'ONISEP en 2013.

III. Implication dans la formation par la recherche

III.1. Une forte implication en IUT, Licence, Master et diplômes d'ingénieurs

Les enseignants-chercheurs du département robotique sont impliqués dans l'ensemble des enseignements associés à la robotique, l'automatique (modélisation, identification, commande), le traitement du signal (vision, image) et l'informatique industrielle (architecture de commande, temps réel, SED, réseaux). Cet ensemble de compétences permet de proposer des offres d'enseignements au niveau DUT (R&T, SRC, GMP, MP, GEII) et Licence Professionnelle (LP Administration et sécurité des réseaux, Intégration des systèmes voix/données, Métiers de la Mesure, de l'Instrumentation et des Contrôles, Vision industrielle) mais aussi Master et Diplômes d'Ingénieurs :

- Parcours Robotique du Master EEA, Faculté de Sciences,
- Filières ingénieur de Polytech Montpellier avec « Electronique, Robotique, Informatique Industrielle » et « Mécanique et Interactions ».

B. Jouvencel et D. Crestani sont responsables du parcours Robotique dans la mention de Master EEA. Les étudiants du Master Robotique sont régulièrement accueillis au sein du département pendant les périodes de projets ou de stages. En moyenne, une dizaine d'étudiants issus du Master Robotique font leur stage au sein du département. Une salle du département, entièrement réaménagée en 2012, est dédiée à l'accueil des étudiants de Master ou d'élèves-ingénieurs en stage.

Par ailleurs, avec ces activités aux interfaces en particulier dans le domaine de la santé, les membres du département sont également fortement impliqués dans le bouquet de formation STIC Santé en partenariat avec l'Université Montpellier 1 et l'Institut Mines Télécom (IMT) avec un Master co-habilitation UM1-UM2 ouvert depuis septembre 2011 et une filière ingénieur TIC-Santé au sein de l'IMT débutée en septembre 2010. P. Poignet est responsable de la mention de Master STIC et Santé et plusieurs chercheurs et enseignants-chercheurs du département se sont impliqués dans le montage de cette nouvelle filière ingénieur.

III.2. La formation doctorale

Au niveau doctoral, le département est partie prenante de la spécialité doctorale SYAM (Ecole Doctorale I2S, P. Poignet a été responsable de la spécialité doctorale SyAM de 2007 à 2011) et mène une politique scientifique en son sein en exprimant chaque année son besoin d'allocations par un classement des sujets de recherche prioritaires. Le département veille également, chaque année, à la mise en place des comités de suivis des thèses (CST) qui s'assurent du bon déroulement des thèses. Les doctorants ont une place importante dans le fonctionnement du département. Ainsi, 3 représentants des doctorants sont invités aux réunions du département afin qu'ils puissent exprimer leurs besoins et donner leurs avis sur les problèmes de la vie quotidienne. Enfin, pendant la période 2008-2013, 52 thèses ont été soutenues. La répartition des types de contrats en support de ces thèses ainsi que ceux pour les thèses en cours est indiquée sur les **figures R8 et R9**. Le devenir des doctorants est présenté sur la **figure R10**.

Ces doctorants sont souvent à l'origine de belles réussites reconnues au niveau national ou international comme cela a été mentionné dans le paragraphe sur les « Prix et Distinctions ».

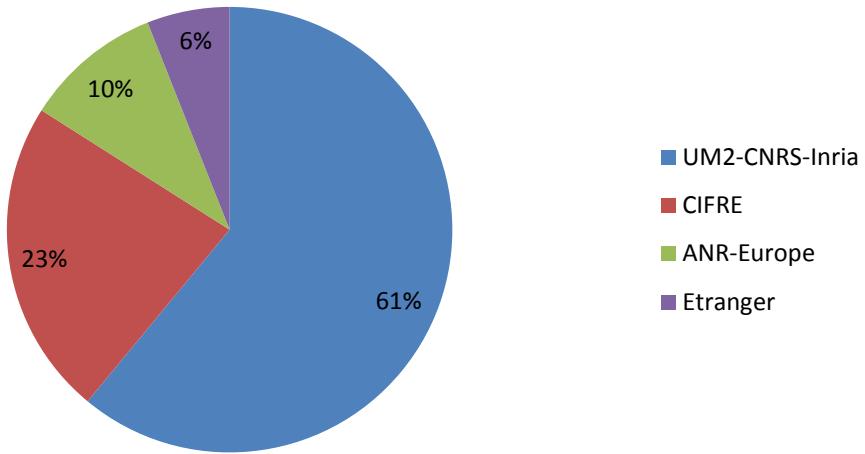


Figure R8 - Types de contrats des thèses soutenues

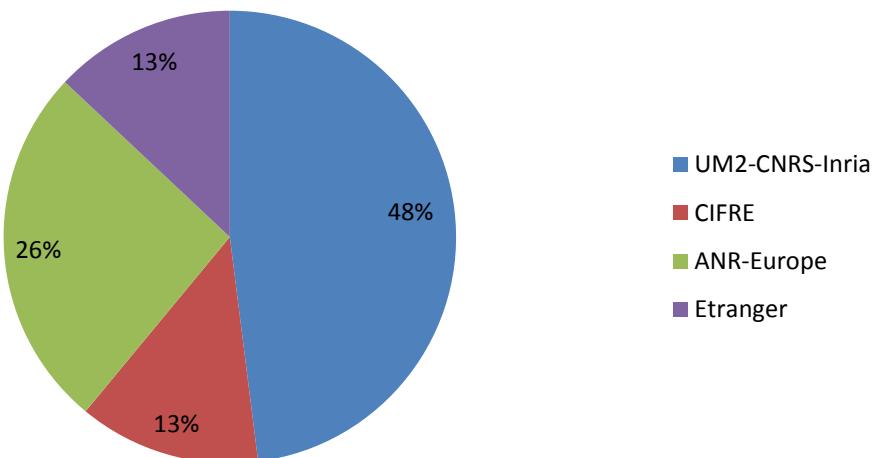


Figure R9 - Types de contrats des thèses en cours

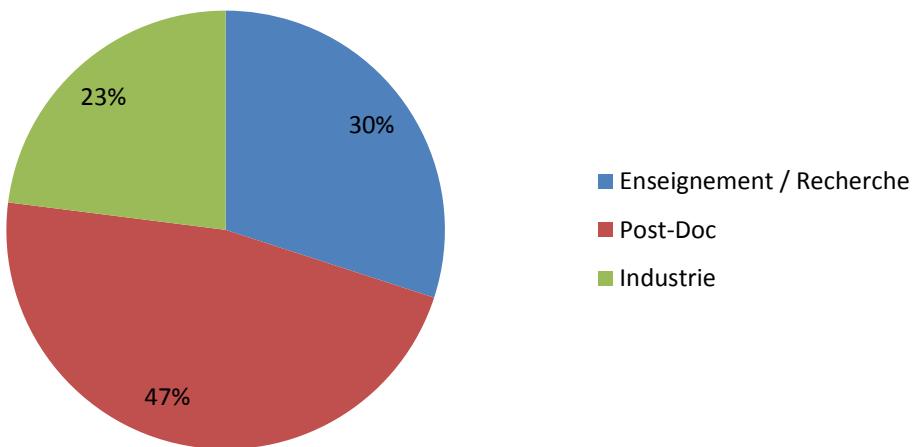


Figure R10 - Insertion professionnelle des doctorants

III.3. La diffusion de la connaissance au niveau doctoral

L'implication se traduit également au travers de l'organisation de manifestations spécifiques telles que l'Ecole d'Eté en Robotique Chirurgicale ou bien encore le module doctoral « Image ». L'Ecole d'Eté en Robotique Chirurgicale (<http://2013.sssr.fr>) a lieu tous les deux ans à Montpellier depuis 2003 et réunit les principaux acteurs internationaux du domaine pour donner un panorama complet de ce thème à une cinquantaine de jeunes chercheurs venus du monde entier. Le module « Image » offre tous les ans aux doctorants de Montpellier la possibilité de découvrir différentes thématiques dans le domaine de la perception (capteurs, traitement des images, applications en robotique ou imagerie médicale, ...).

DEPARTEMENT MICROELECTRONIQUE

I. Présentation du département Microélectronique

I.1. Historique, évolution dans le temps, champ de recherche

Le département Microélectronique est spécialisé dans la recherche de solutions innovantes pour modéliser, concevoir et tester les circuits et systèmes électroniques intégrés complexes. De tels systèmes sont caractérisés par un niveau d'intégration élevé (jusqu'à 6,8 milliards de transistors par puce en 2013), des composants de taille nanométrique (<28 nm en production pour les mémoires), des performances élevées (en vitesse et consommation), une grande hétérogénéité (systèmes à base de coeurs numériques, analogiques, RF, mémoires, MEMS, FPGA, etc.), et une intégration en trois dimensions (3D) de plus en plus présente.

Le département Microélectronique a été créé dès l'origine du LIRMM, en 1992. Les effectifs ont fortement augmenté en 20 ans, passant de 14 à 32 chercheurs et enseignants-chercheurs permanents. Les forces en présence aujourd'hui (une centaine de personnes, en comptant les ITA, doctorants, post-doctorants, etc.) positionnent donc le département comme l'un des principaux acteurs académiques du domaine de la microélectronique au niveau national et international. Par ailleurs, le département a une activité interdisciplinaire qui couvre des thèmes scientifiques relevant des sections CNU 61 et 63, et des CoNRS 07 et 08.

Concernant les aspects scientifiques, les évolutions successives du département sont guidées tout d'abord par les avancées technologiques dans le domaine de la microélectronique (technologies émergentes telles que les récentes technologies 3D), qui conduisent inévitablement à de nouveaux défis scientifiques. Par ailleurs, ces évolutions ont été guidées par une volonté de proposer des changements de paradigme dans les méthodes utilisées pour mettre au point et valider les systèmes microélectroniques de demain (par exemple mise au point du concept de test sans fil, avènement des architectures multiprocesseurs). Enfin, l'émergence de champs d'application nouveaux des systèmes microélectroniques (comme la sécurité numérique) est à l'origine de nouvelles problématiques.

D'une manière générale, l'approche considérée consiste à proposer des méthodes, algorithmes et outils pour la modélisation, la simulation, la vérification et l'intégration en vue de concevoir et de tester les systèmes microélectroniques. Le département répond ainsi aux enjeux considérables de la microélectronique d'aujourd'hui et de demain, qui sont à la fois scientifiques, sociétaux et économiques.

I.2. Politique scientifique

Le département de microélectronique se caractérise par sa cohésion. Cette cohésion se retrouve dans sa structure scientifique qui limite au maximum les frontières internes pour se focaliser sur les projets scientifiques. Sur la période considérée (2008-2013) l'ensemble de l'activité du département est couvert par 9 Groupes de recherche au sein de 2 équipes-projets (**SysMIC** et **DEMAR**). Les groupes de recherche regroupent des personnes autour de liens humains et d'expertises scientifiques communes ou complémentaires. Ces différents groupes ont tous pour objectif de relever certains défis

scientifiques de notre domaine de recherche. Ces défis ont été regroupés au sein de 5 thèmes scientifiques : Sécurité du matériel, Test, Adaptation & résilience, Technologies émergentes & MEMS et enfin Santé. La figure M1 donne une vue d'ensemble de cette organisation, avec mise en évidence des thèmes scientifiques couverts par chaque groupe.

THÈMES :	SysMIC									DEMAR
	GROUPE : Test & sécurisation des CI	GROUPE : ADAC	GROUPE : TRAFIC	GROUPE : Test Analogique et RF	GROUPE : Sécurité & Variabilité	GROUPE : MEMS	GROUPE : Défauts	GROUPE : RCIS	GROUPE : Neuro- prothèse	
Sécurité matériel	●	●			●					
Test	●		●	●		●	●			
Adaptation & résilience	●	●	●	●	●			●	●	
T. Emergentes & MEMS		●	●		●	●	●			
Santé								●	●	

Figure M1 : Organisation scientifique du département de microélectronique

Le détail de l'activité de chaque groupe de recherche est donné dans les fiches Equipe concernées. L'activité du département de Microélectronique sera ici illustrée sur la base des cinq thèmes transversaux du département.

I.2.1 Sécurité du Matériel

Ce thème de recherche s'est fortement développé ces dernières années avec l'évolution rapide des systèmes distribués communicants, où la protection des données est devenue essentielle. La partie matérielle de la sécurité numérique est très souvent l'élément pilier de tout le dispositif de sécurité (comme par exemple la carte à puce), elle est donc essentielle. Au niveau du département de microélectronique, nous nous intéressons aux problématiques de sécurité matérielle du point de vue du circuit ou du système intégré. Notre activité est centrée autour de trois axes fondamentaux et complémentaires pour améliorer le niveau de sécurité offert par les systèmes intégrés. Nous cherchons tout d'abord à évaluer la robustesse des solutions matérielles existantes en termes de sécurité en mettant à jour des failles de sécurité en cas d'attaques "classiques" (attaques par canaux cachés par exemple). Nous cherchons ensuite à définir de nouveaux types d'attaques (et à les modéliser) qui pourraient potentiellement être mis en œuvre. Enfin, nous développons des architectures et techniques qui ont pour objectif de contrer tous les types d'attaques, "classiques" ou nouvellement mises à jour ». A noter que 11 permanents, chercheurs et enseignants-chercheurs, sont directement impliqués dans ce thème.

I.2.2 Test de Circuits et Systèmes Intégrés

Le domaine du test couvre plusieurs problématiques scientifiques : le test de production pour vérifier qu'un circuit intégré est fonctionnel après fabrication et le test in situ pour s'assurer que la fonctionnalité du circuit est préservée dans le temps quand le circuit est dans son application finale. Avec l'évolution permanente de la technologie et la forte augmentation de la complexité et de l'hétérogénéité des circuits et systèmes intégrés, ces problématiques sont de réels défis scientifiques.

Trois approches complémentaires permettent de répondre à ces défis : i) le développement de méthodes ou structures permettant de faciliter le test du circuit, ii) la définition de modèles de défauts et de fautes qui soient à la fois réalistes et viables à utiliser en termes de complexité et iii) le développement de techniques permettant d'améliorer la fiabilité. A noter que 16 permanents, chercheurs et enseignants-chercheurs, sont directement impliqués dans ce thème.

I.2.3 Adaptation & Résilience

Même si l'évolution technologique permet d'atteindre des fonctionnalités et des performances extrêmes, elle engendre de réels problèmes pour les circuits et systèmes intégrés en termes de sensibilité à la variabilité des procédés de fabrication, à l'environnement applicatif ou au vieillissement. Autour du thème *Adaptation & Résilience* notre objectif est de développer des méthodes, des architectures et des modules microélectroniques permettant aux circuits ou systèmes d'être plus robustes. Plusieurs approches différentes sont considérées : i) rendre le circuit structurellement robuste de manière "passive" ou ii) doter le circuit de capacités de détection d'une faute ou d'une déviation et lui permettre de corriger ses propres caractéristiques en fonction du résultat de la détection (par exemple notion d'adaptation à un environnement). A noter que 23 permanents, chercheurs et enseignants-chercheurs, sont directement impliqués dans ce thème.

I.2.4 Technologies émergentes & MEMS

Le département de microélectronique ne fait pas de recherche pour le développement de nouvelles technologies mais développe des outils et techniques permettant de prendre en compte les particularités de certaines technologies émergentes dans l'objectif de développer des circuits ou systèmes viables dans ces technologies. Nous considérons donc des technologies réellement en rupture avec les technologies classiques, c'est le cas des mémoires magnétiques par exemple, pour les lesquelles les travaux menés permettent de mettre en évidence l'intérêt de technologies complémentaires au CMOS. Autour de ce thème, nous nous intéressons aussi aux MEMS (Micro-Electrical-Mechanical-Systems) qui ne sont pas des technologies émergentes à proprement parler mais qui relèvent dans notre cas des mêmes problématiques. En effet, les MEMS proposés et étudiés au sein du département sont des MEMS compatibles avec la technologie et les outils de conception CMOS et ne sont viables en termes de capteur que si on leur associe un conditionnement perfectionné. Enfin, nous nous intéressons aussi à certaines techniques de packaging comme l'intégration 3D. Les circuits 3D devraient permettre d'aller plus loin que la loi de Moore et le développement des prochains nœuds technologiques CMOS. L'intégration 3D est basée sur l'utilisation de TSVs (pour « Through-Silicon-Vias ») ou de connexions externes (pour le SiP : System-in-Package) permettant la conception de circuits intégrés multi-niveaux offrant de hautes performances, de fortes densités d'intégrations avec un grand nombre de fonctionnalités. En contrepartie, ces nouvelles techniques d'assemblage génèrent de nouvelles problématiques de conception pour prendre en compte, par exemple, les problèmes de dissipation thermique à l'intérieur du boîtier ou les problèmes d'interconnexion entre puces actives. A noter que 19 permanents, chercheurs et enseignants-chercheurs, sont directement impliqués dans ce thème.

I.2.5 Santé

Ce thème regroupe toutes les activités du département de microélectronique autour de la santé. On peut trouver un grand nombre d'applications liant la microélectronique et la santé. Notre activité se focalise sur les systèmes embarqués (portatifs ou implantés) dédiés à la suppléance de fonctions motrices ou sensorielles et à l'aide au traitement ou au dépistage de certaines pathologies. L'idée fondatrice de cette activité est de permettre au circuit intégré de prendre en compte les spécificités du vivant en termes de performances attendues (précision et efficacité par exemple) et de

contraintes (fiabilité, innocuité, etc.). Une grande part de cette activité a lieu dans l'équipe-projet DEMAR autour des applications de Stimulation Electrique Fonctionnelle (SEF). En particulier, nous participons activement à l'axe neuro-prothèse de cette équipe. Notre objectif est de développer des circuits intégrés qui permettent d'une part d'atteindre la fonction recherchée (efficacité de la stimulation électrique ou recueil de signaux physiologiques très faible amplitude) et d'autre part de respecter les contraintes très fortes pour les circuits implantés (consommation, sûreté, fiabilité, etc.). Les activités autour de la santé dans l'équipe SYSMIC couvrent des applications qui ne font pas intervenir la SEF mais pour lesquelles les attentes en termes de performances et les contraintes liées au domaine médical sont très strictes. A noter que 9 permanents, chercheurs et enseignants-chercheurs, sont directement impliqués dans ce thème.

Les groupes de recherche regroupent des chercheurs et enseignants-chercheurs autour de compétences et de visions scientifiques communes ou complémentaires. Un permanent peut faire partie de plusieurs groupes de recherche. Le nombre de permanents par groupe est le suivant :

- Test et sécurisation : 4 permanents
- ADAC : 6 permanents
- TRAFIC : 6 permanents
- Test Analogique et RF : 6 permanents
- Sécurité et variabilité : 3 permanents
- MEMS : 4 permanents
- Défauts : 4 permanents
- RCIS: 6 permanents
- Neuroprothèse : 3 permanents

I.2.6 Conclusion

Le développement des différents thèmes précédemment décrits repose sur l'expertise scientifique du département dans tous les aspects de la réalisation de systèmes ou circuits intégrés, que sont : la modélisation, la simulation, la conception, le test. Par ailleurs, la plupart des travaux de recherche sur ces thèmes ont été menés en coopération avec des partenaires académiques et/ou industriels, qui ont aussi apporté leur savoir-faire et leurs connaissances scientifiques et techniques, aussi bien pour les aspects de développement que de validation. Enfin, le cadre de ces travaux (projets Européens, ANR, FUI, FSN, régionaux, etc.) a permis de renforcer les moyens humains et de fournir les moyens financiers nécessaires pour aboutir aux résultats mentionnés ci-dessus.

Si l'on se réfère au projet défini lors de l'évaluation précédente (décembre 2009), les objectifs étaient d'abord de renforcer les axes de recherche fondamentaux sur la conception et le test de circuits et systèmes afin de gérer la complexité, les performances, la consommation, etc. Nous avions ensuite comme proposition d'innover autour de deux axes majeurs que sont la fiabilité (« vers les systèmes auto-adaptatifs pour la fiabilité et la tolérance aux fautes ») et l'hétérogénéité (« vers une plus grande hétérogénéité et intégration des systèmes »). Nous avions enfin comme défi de poursuivre nos actions dans les deux champs d'application privilégiés que sont la sécurité numérique et la santé. En se reportant à la nouvelle structuration du département et aux résultats énoncés dans la partie réalisation, on peut constater et affirmer que tous ces objectifs ont été atteints, et que le projet que nous avions proposé est cohérent avec le bilan pour le contrat en cours.

I.3. Organisation et vie du département

I.3.1 Structuration du département

Le département Microélectronique du LIRMM est actuellement structuré en deux équipes projets (EP) : Conception et Test de Systèmes MICroélectroniques (SYSMIC) et DEambulation et Mouvement ARtificiel (DEMAR). DEMAR est une équipe-projet commune avec le département Robotique du LIRMM. A un grain plus fin, SYSMIC et la partie microélectronique de DEMAR comprennent neuf groupes de recherche qui couvrent globalement 5 thèmes scientifiques définis par le département.

I.3.2 Moyens humains et matériels

Le département Microélectronique regroupe à ce jour :

- 18 Enseignants-Chercheurs (dont 10 MCF et 8 PR) sur les sections CNU 61 et 63,
- 1 Chercheur associé,
- 14 Chercheurs CNRS sur les CN 07 et 08 (dont 9 CR et 4 DR) et 1 Chercheur DR Inria,
- 4 ITA/IATOS au support à la recherche.

Dans la période considérée, le département s'est renforcé de trois CR CNRS (sections 07 et 08), de trois Maîtres de Conférences (sections 61 et 63) et d'un ITA en support à la recherche. Trois membres permanents ont passé leur HDR. Un seul départ à la retraite est à signaler.

Aux membres permanents viennent s'ajouter les personnels suivants :

- 40 Doctorants,
- 4 Post-doctorants présents à la date du rapport, mais 32 accueillis sur la période concernée,
- 2 ITA en CDD.

Les 2 ITA contractuels (ingénieur et technicien) supportent les activités de recherche dans le cadre de contrats (Europe, industrie) ou d'actions nationales.

A ces personnels s'ajoutent également des professeurs invités (une quinzaine sur la période concernée) qui passent de quelques semaines à quelques mois dans le département. Nous pouvons notamment noter la visite des professeurs internationalement reconnus comme Krishnendu Chakrabarty, de l'Université du Durham aux USA, Sandip Kundu et Maciej Ciesielski de l'Université du Massachusetts aux USA, Hans-Joachim Wunderlich, de l'Université de Stuttgart en Allemagne, ou encore Brahim Mezghani, de l'Université de Sfax en Tunisie.

I.3.3 Instances de pilotage

Le département est une structure permettant d'organiser la gestion administrative, budgétaire, de communication et de promotion aux niveaux national et international, tout cela en lien avec la direction du laboratoire, les tutelles (CNRS et UM2) et l'école doctorale. Un responsable et deux adjoints sont en charge du pilotage du département. Du point de vue organisation, une réunion hebdomadaire a lieu avec l'ensemble des permanents (enseignants, chercheurs, ingénieurs) et des représentants des doctorants du département pour, d'une part, faire le lien avec la direction du laboratoire et ses différentes instances (conseil scientifique, conseil de laboratoire) et d'autre part échanger et prendre des décisions concernant la politique générale et la vie du département.

Du point de vue budgétaire, nous essayons d'avoir la solidarité la plus importante possible malgré les contraintes du financement de la recherche sur projets. Cette solidarité consiste à maintenir un budget commun et permet aux membres du département désireux de lancer des recherches sur des

sujets très prospectifs de pouvoir le faire. Cette solidarité assure donc une certaine prise de risque dans les choix qui sont faits et permet donc une réflexion sur le long terme sans pour autant être toujours raccroché à la notion de projet.

I.3.4 Moyens en matière d'animation scientifique

L'animation scientifique se traduit par un ensemble d'activités tout au long de l'année, comme par exemple des séminaires scientifiques (notamment de personnalités extérieures, en moyenne un séminaire par mois) ou des journées scientifiques internes au département (deux par an) qui permettent, notamment à travers des exposés de doctorants, d'avoir des échanges scientifiques.

En vue de favoriser la diffusion de nos résultats scientifiques, et à des fins de communication externe, le département a mis en place, depuis 2010, la rédaction d'un rapport d'activités annuel. Ce rapport, rédigé en anglais, fait ressortir tous les faits marquants de nos activités et est diffusé auprès de nos partenaires industriels et académiques, ainsi qu'auprès de partenaires potentiels. Les rapports 2010, 2011 et 2012 sont disponibles sur le site web du département.

I.3.5 Evolutions envisagées quant à l'organisation du département

Les évolutions envisagées quant à l'organisation du département devraient concerner un affichage renforcé de ses thèmes scientifiques. La solution la plus adaptée en termes de structure est en cours de discussion au sein du département. Néanmoins, cet affichage ne s'accompagnera d aucun changement quant à la gestion humaine et financière des moyens du département.

En parallèle de cette restructuration nous voulons définir un nouveau type de gouvernance basée sur un responsable et un ensemble de chargés de missions qui permettraient de renforcer encore l'efficacité et la cohésion du groupe microélectronique.

II. Réalisations du département Microélectronique

II.1. Eléments d'appréciations sur l'ensemble des réalisations

La production scientifique du département est abondante, avec plus de 600 publications sur la période 2008-2013. Outre la vingtaine d'ouvrages ou chapitres d'ouvrages produits (chez des éditeurs comme Springer, Hermes Science, Solal, etc.), on peut souligner le nombre croissant d'articles publiés chaque année depuis 2008 dans des revues internationales ayant des facteurs d'impact élevés comme : IEEE Transactions on VLSI, IEEE Transactions on Computers, IEEE Design & Test of Computers, Microelectronics Reliability, IEEE Journal of Solid State Circuits, IEEE Sensors, Journal of Micromechanics and Microengineering, Sensors and Actuators, IEEE Transactions on Nuclear Science, Journal of Neural Engineering, etc.

Le décompte des publications est donné dans le tableau suivant :

	ACL	ASCL	INV	ACTI	ACTN	COM	AFF	OS	DO	AP	BV	Total
2008-2013	94	1	46	300	4	66	40	19	11	10	11	602
par an, par C (ETP=1)	0,63	0,01	0,31	2,02	0,03	0,44	0,27	0,13	0,07	0,07	0,07	4,05
par an, par C (ETP=0,5)	0,90	0,01	0,44	2,87	0,04	0,63	0,38	0,18	0,11	0,10	0,11	5,76

Par ailleurs, on peut mentionner le nombre considérable de communications avec actes dans les congrès internationaux phares (conférences avec des taux d'acceptation inférieurs à 30%) de nos disciplines comme : IEEE/ACM Design Automation Conference, EDAA/ACM Design, Automation and Test in Europe, ACM/SIGDA International Symposium on FPGA, IEEE International Test Conference, IEEE Field Programmable Logic and Applications, European Solid State Circuits Conference / European Solid State Device Research conference, IEEE European Test Symposium, IEEE Neural Engineering Conference, etc. Tous ces congrès sont très sélectifs, avec des taux d'acceptation voisins de ceux des meilleures revues. L'impact des publications y est donc souvent proche de celui des articles de revues internationales, la préférence pour ce média s'expliquant par des délais plus courts de relecture et par le fait que la présence à ces évènements est essentielle à la visibilité du département.

Un autre élément permettant de témoigner de notre reconnaissance et de la qualité de nos activités scientifiques est le nombre de conférences données à l'invitation du comité d'organisation dans un congrès national ou international. Sur la période concernée, on dénombre ainsi plus de 50 conférences invitées (incluant des tutoriels) dans les congrès internationaux phares de nos disciplines.

Les prix et distinctions octroyés aux membres du département témoignent aussi de son rayonnement et de son excellence scientifique. Parmi ces prix, on peut mentionner :

- un Grand prix de l'Académie des Sciences,
- deux nominations en tant que « IEEE Computer Society Golden Core Member »,
- une récompense de « ASAR Gold Medal ».
- une nomination en tant que IEEE Fellow d'un membre du département.

Notons également que dans le cadre du projet Européen CATRENE « TOETS », et avec le concours de la société NXP basée à Caen, les membres du département travaillant dans le domaine du test sans fil ont mis au point un démonstrateur qui a reçu un prix (Exhibition Award) lors de l'European Nanoelectronics Forum, organisée à Munich, en Allemagne, les 20 et 21 novembre 2012.

La création de structures de recherche communes avec des partenaires extérieurs est aussi un élément qui montre le rayonnement du département : Le laboratoire ISyTest commun avec la multinationale NXP semiconductors et le Laboratoire International Associé (LIA) LAFISI avec le Politecnico di Torino en Italie.

II.2. Réalisations

II.2.1 Réalisations scientifiques

Les réalisations scientifiques sont illustrées autour des différents thèmes fédérateurs du département. De plus amples détails sur ces réalisations sont donnés dans les fiches équipes SYSMIC et DEMAR.

a) Thème - Sécurité du Matériel

Sous le thème de la sécurité, nous ne traitons pas les notions mathématiques ou d'algorithmique cryptographique, nous nous focalisons sur la notion de sécurité du matériel au sens du circuit. Dans ce contexte, l'approche consiste à rendre le circuit ou le système plus robuste à des attaques extérieures. Nous considérons ici trois grands types d'attaques matérielles : les attaques par canaux cachés, les attaques en faute et les attaques détournant les fonctions initiales de certaines infrastructures internes du circuit. Les approches considérées au sein du département de microélectronique vont de la sécurisation haut-niveau jusqu'à la sécurisation des canaux électriques et des blocs fonctionnels bas niveau. Trois axes principaux sont considérés :



- L'évaluation du niveau de sensibilité des architectures de circuits intégrés existantes à des attaques "classiques". Les premiers types d'attaques considérés sont les attaques dites en canaux cachés (ou auxiliaires) qui consistent à observer des signaux (observation de la consommation, des délais, des ondes émises ...) qui ne sont pas les signaux fonctionnels primaires mais qui peuvent donner une signature différente en fonction de la nature des informations traitées par le circuit, permettant, par exemple, de détecter si la clef utilisée est la bonne clef de cryptage. Le deuxième type d'attaques considéré regroupe les attaques dites en fautes qui consistent à injecter une faute dans le circuit pour le mettre dans un fonctionnement erroné susceptible de mettre en défaut les solutions utilisées pour sécuriser le circuit. Enfin, le dernier type d'attaques considéré rassemble les attaques utilisant les canaux de communication existants dans le circuit, généralement en les détournant de leur fonction initiale (infrastructure prévue pour le test du circuit ou procédure d'initialisation ou de mise à jour).

Autour de cet axe de recherche nous avons par exemple proposé une analyse poussée [[FDets09](#)] de la vulnérabilité de tous les types d'infrastructures complexes dédiées au test. Un autre exemple marquant est l'analyse de sensibilité des architectures classiques de circuit CMOS à des attaques utilisant les canaux cachés [[MDtvlsi12a](#)].

- La recherche de nouvelles attaques susceptibles d'être mises en œuvre par des attaquants. L'objectif est de permettre aux concepteurs de circuits intégrés d'anticiper au mieux les futures attaques. Trois exemples marquants de notre contribution pour cette activité critique : i) nous avons démontré [[MPdate12a](#)] que certaines attaques de type électromagnétique pouvaient, à moindre coût pour l'attaquant, être extrêmement efficaces; ii) nous avons développé un tout nouveau type d'attaque [[BCches10](#)] basé sur l'émission de lumière (DLEA : Differential Light Emission Analysis) , iii) dans le cas des attaques utilisant les infrastructures de test existantes nous avons proposé un nouveau type d'attaque [[DDjce12](#)] qui permet de mettre en défaut tout type d'architecture de test même celles intégrant des étapes de compression ou de masquage.
- Le développement de contremesures efficaces ou de solutions architecturales permettant de diminuer au maximum la sensibilité du circuit intégré aux attaques. A bas niveau, nous avons développé une architecture double rail qui permet de brouiller l'information secrète au niveau des canaux d'alimentation [[SCdft11](#)]. Dans le cas des attaques utilisant les infrastructures de test nous avons proposé une technique de contremesure [[DDjetta13](#)] qui permet de bloquer les attaques classiques et les nouvelles attaques potentielles que nous avions définies dans le deuxième axe. A haut niveau, nous avons développé des techniques permettant de sécuriser les mises à jours du système d'exploitation embarqué et la configuration des FPGA [[BDliv11](#)] et nous avons développé des solutions permettant de sécuriser les communications internes d'un SOC ou de brouiller les informations circulant dans les infrastructures de test.

Pour être en mesure de valider les solutions proposées pour la sécurité numérique nous avons développé un outil logiciel (tLIFTING) "open source" permettant de simuler des attaques en faute sur un circuit, une plateforme logicielle (SecretBLAZE) "open source " de description de processeur sécurisé et une plateforme matérielle d'attaque physique (SECNUM).

b) Thème - Test

Les objectifs de ce thème sont multiples : i) développer des techniques de conception en vue du test afin de faciliter la mise en œuvre du test et d'augmenter son efficacité, ii) développer des modèles de fautes, des méthodes, des algorithmes et des outils pour tester les défauts de fabrication.

Les techniques de test sont très dépendantes de la nature du bloc ou du circuit à tester :

- Dans le cas du test des blocs numériques, une des problématiques critiques est la consommation importante du circuit durant la phase de test. Pour éviter qu'une consommation excessive n'affecte la fiabilité ou l'intégrité du circuit, nous avons proposé une nouvelle technique de génération des vecteurs de test qui permet de faire redescendre la consommation du circuit durant la phase de test à un niveau proche de la consommation en fonctionnement normal [[WDjolpe10](#)]. Un autre point critique est le test de circuits spécialement conçus pour avoir une consommation réduite en fonctionnement. Ce type de circuits intègre des infrastructures particulières qui imposent le développement de techniques de test spécifiques [[VBats12](#)]. Une autre problématique importante des circuits numériques est de pouvoir évaluer l'influence de certains défauts physiques sur l'intégrité du fonctionnement du circuit pour être en mesure d'effectuer un test et un diagnostic efficaces. La première étape consiste à définir des modèles de fautes réalistes utilisables pendant la phase de génération des stimuli de test. Dans ce cadre, nous avons proposé des modèles originaux paramétriques et des outils de simulation de faute et de génération de vecteurs de test [[HCvts09](#)]. Nous avons aussi réalisé une analyse complète [[BGieetc10](#)] de l'influence des défauts de type court-circuit, circuit-ouvert ou faute temporelle, et nous avons développé des techniques de diagnostic supportant les structures complexes des SoCs [[SBistfa12](#)].
- Les blocs mémoires sont particulièrement critiques car ils couvrent la plus grande partie de la surface des circuits actuels et sont implémentés dans les dernières technologies disponibles. Au sein du département, nous avons développé des solutions spécifiques aux différents types de mémoire. Dans le cas des mémoires de type SRAM, nous avons développé des algorithmes de test visant à détecter des défauts au niveau du plan mémoire et des blocs annexes (adressage, alimentation) [[ZBvts13](#)]. Dans le cas de mémoires non-volatiles (flash ou MRAM) nous avons développé des modèles de simulation permettant d'analyser les mécanismes de défaillance pouvant affecter ce type de mémoires [[MVjetta12](#)]. Enfin, nous avons démontré l'efficacité de certaines solutions de test pour détecter des événements transitoires du type SEU (Single Event Upset) pour des mémoires volatiles ou non-volatiles [[TDieetns13](#)].
- Les blocs fonctionnels analogiques ou Radio Fréquence ne couvrent qu'une partie réduite (généralement inférieure à 15%) de la surface de silicium des circuits mixtes (analogiques et numériques). Pour autant, le test de cette partie est de loin le plus coûteux et peut même représenter plus de la moitié du prix de revient de ces circuits. L'objectif est donc de réduire le coût du test de ces blocs fonctionnels. Les deux angles d'attaque pour atteindre cet objectif consistent à réduire le temps de test ou à simplifier l'équipement requis pour le test. Dans ce contexte, nous avons proposé une nouvelle technique qui consiste à convertir la valeur du signal analogique ou RF en information temporelle qui peut être traitée par un équipement de test bas coût. Nous avons ainsi développé des algorithmes de post-traitement qui permettent d'estimer les paramètres de signaux élémentaires (amplitude d'une sinusoïde par exemple) [[ALnewcas12](#)] ou des signaux complexes (signaux modulés par exemple) [[PAets10](#)]. Une autre approche intéressante pour réduire le coût du test consiste à ne pas mesurer directement les paramètres spécifiés dans la datasheet des circuits mais à estimer ces spécifications à partir de mesures d'autres paramètres (paramètres indirects) plus facilement mesurables en termes d'équipement ou de temps nécessaires. Nos contributions principales pour ce type d'approche ont été de mettre en place des algorithmes particulièrement efficaces pour optimiser la sélection des paramètres indirects nécessaires pour une estimation précise des spécifications [[AAvts12](#)] et une méthode générique utilisant les redondances d'information pour améliorer la robustesse de l'estimation des spécifications [[AAims3tw12](#)]. Dans le cas de blocs analogiques enfouis dans un système intégré, aux problématiques de temps de test et de coût d'équipement de test se rajoutent les problématiques d'accès à ces blocs. Dans ce contexte, nous avons proposé une architecture et une méthode appelée ANC (Analog Network of Converters) qui

permet de tester tous les convertisseurs Analogique-Numérique et Numérique-Analogique avec uniquement des ressources numériques [[KCecctd09](#)]. Nous avons aussi proposé une extension de cette méthode permettant de tester des convertisseurs comportant des erreurs non déterministes [[KCjetta11](#)].

- Dans le cas particulier des MEMS la problématique principale est de proposer des techniques permettant de s'affranchir de stimuli physiques pour estimer les spécifications. Dans ce contexte, nous avons, pendant la période considérée (2008-2013), développé des techniques de test indirect permettant de détecter des défauts de fabrication mais aussi de doter les MEMS, des accéléromètres dans notre cas d'étude, de capacités d'auto-calibration [[AAdate11](#)]. L'approche de test indirect proposée est similaire à celle utilisée pour le test de circuits analogiques et RF mais dans ce cas particulier les algorithmes de corrélation permettent de définir les liens entre des mesures électriques et des spécifications physiques (mécaniques par exemple).
- Dans le cas des systèmes intégrés 3D qui consistent à empiler des circuits fabriqués séparément puis à les connecter par des moyens d'interconnexion externes (par exemple System-In-Package, SiP) ou internes (utilisation de via au travers du silicium, TSVs). Le déploiement de ces solutions nécessite de proposer des solutions innovantes permettant de tester ces composants complexes non seulement après fabrication mais aussi lors des différentes phases de fabrication. Nous avons par exemple proposé des solutions de test sans fil qui permettent le test des SiP durant les différentes phases d'assemblage [[DCpatent11](#)]. Pour les interconnexions internes, nous avons proposé des solutions originales et particulièrement efficaces d'auto-test [[FVnewcas13](#)] et des solutions permettant de prendre en compte les dissipations thermiques et certaines défaillances spécifiques de ces TSVs [[TKvlsi13](#)].

c) Thème - Adaptation & Résilience

L'objectif du thème Adaptation & Résilience est de doter les circuits de capacités leur permettant d'être plus tolérants aux défaillances causées par des défauts de fabrication, des déviations technologiques ou des agressions externes. Dans ce contexte, on trouve, par exemple, la notion de circuits tolérants aux fautes dont l'approche consiste soit à rendre le circuit structurellement insensible à une possible défaillance ou à un facteur perturbateur, soit à doter le circuit de capacités actives de détection et de correction lui permettant de corriger à la volée sa fonctionnalité.

Les solutions développées au sein du département couvrent l'ensemble des niveaux d'abstraction matériels des systèmes intégrés.

- Au niveau architectural, nous avons, par exemple, développé des solutions permettant de combiner des mesures locales à l'aide de capteurs embarqués et une modélisation dynamique basée sur ces mesures pour permettre au système intégré d'adapter ces modes de fonctionnement (couple fréquence-tension d'alimentation par exemple) en fonction de performances recherchées en termes de durée de vie, de sensibilité à la variabilité de fabrication ou de dissipation thermique [[MBieeeTCS13](#)]. Toujours à haut niveau, mais cette fois-ci dans le cas des systèmes multiprocesseurs (MPSoC) fortement parallèles, nous avons développé une architecture à mémoire distribuée. Basés sur cette architecture ouverte, nous avons développé plusieurs solutions originales et efficaces [[OGieeeTC13](#)] qui permettent au système de s'adapter en fonction de critères simples ou d'heuristiques complexes autour de certaines caractéristiques à atteindre en termes de performances mais aussi en termes de fiabilité. Dans le cadre des solutions dédiées au cas particulièrement critique des circuits

sécurisés, nous avons mis au point des techniques permettant au système de revenir dans sa configuration initiale après une perturbation à effet transitoire [[BDjetta13](#)].

- Au niveau logique, nous avons développé des solutions de correcteur d'erreurs à la volée pour les circuits numériques [[BDintech10](#)] et nous avons proposé une solution innovante de correction de code de sortie des convertisseurs analogique-numérique basée sur une table de correspondance embarquée (LUT: Lookup table) [[KFtim11](#)]. Pour être en mesure de s'adapter à des agressions extérieures, à un contexte particulier de l'application (fréquence d'échantillonnage par exemple) ou au simple vieillissement du circuit, nous avons développé une solution peu coûteuse en surface de silicium qui permet de mettre à jour cette table de correspondance tout au long de la vie du circuit [[BAims3tw10](#)]
- A bas niveau, nous avons développé des capteurs de courant pour détecter une possible agression extérieure et permettre au système de s'adapter en fonction [[BTmej12](#)]. Dans le cas particulier des communications en champ proche pour lesquelles la qualité de la communication proprement dite est très sensible au contexte applicatif et aux perturbations extérieures, nous avons proposé une modélisation complète [[DCnewcas13](#)] de l'antenne de couplage qui permet au système de modifier la valeur des éléments des blocs d'adaptation d'impédance en fonction du critère à optimiser (transfert de puissance par exemple). Dans le cas des MEMS, nous avons développé des circuits analogiques utilisés en conditionneurs de signaux permettant d'effectuer un traitement du signal bas niveau très performant pour une consommation extrêmement faible. Nous pouvons citer, par exemple, des conditionneurs très faible consommation associés à un capteur de température haute résolution [[HEsens11](#)], des conditionneurs multivoies pour capteurs résistifs [[DHnew11](#)], des conditionneurs dédiés aux switchs RF [[TDsa11](#)] et une architecture alternative aux solutions classiques de pont de Wheatstone [[BN08](#)].

d) Thème - Technologies émergentes & MEMS

Le thème Technologies émergentes et MEMS a pour objectif de mettre en place des architectures et des méthodes permettant de prendre en compte les nouvelles spécificités amenées par ces technologies. En plus des activités liées aux technologies nanométriques et aux nouveaux défauts ou paramètres sensibles inhérents à ces technologies (« more Moore »), nous nous intéressons à des technologies particulières comme les circuits MRAM, ou les MEMS (« More than Moore »).

- Dans l'axe que nous pouvons appeler "More Moore", nous nous sommes intéressés aux nouveaux paramètres sensibles des dernières générations de technologies CMOS. Nous cherchons d'une part à proposer des modèles et outils utilisables dans des plateformes de conception assistée par ordinateur (CAO) et d'autre part à modéliser de nouveaux défauts susceptibles de dégrader la fonctionnalité du circuit. Nous avons ainsi proposé des modèles complets d'interconnexions des circuits permettant de prendre en compte les effets capacitifs, résistifs mais aussi les effets inductifs qui étaient jusqu'alors négligés [[Dedaps11a](#)]. Nous avons aussi développé une technique statistique basée sur la propagation des moments conditionnels qui permet d'améliorer significativement la précision sur l'estimation des performances temporelles des circuits nanométriques [[MMjolpe10a](#)]. Pour être en mesure de valider les approches proposées, nous avons développé notre propre flot statistique intégrant nos techniques, adaptable à n'importe quel outil de CAO, ce qui a permis d'appliquer nos méthodes sur des circuits réels [[MMjolpe10a](#)]. Dans les nouvelles technologies CMOS, certains défauts émergents ont des caractéristiques inédites impliquant des phénomènes globaux sur le circuit comme par exemple les fluctuations des tensions de référence (Ground Bounce) ou les chutes de tension

d'alimentation (IR drop). Nous avons proposé pour ces deux types de défauts des modèles [[ABddecs09](#)] [[AClatw13](#)] dont l'intégration dans les outils de CAO est en cours actuellement.

- Dans l'axe "More than Moore", nous nous intéressons d'une part aux nouvelles technologies de puce active et d'autre part aux problématiques liées aux nouvelles techniques permettant d'assembler plusieurs puces actives dans un même boîtier. Un autre des axes importants du département de microélectronique est le développement de MEMS (Micro-Electrical Mecanical System). Nous avons choisi de travailler sur le développement de MEMS monolithiques compatibles CMOS qui peuvent être développés avec les outils "standards" de la microélectronique et ne nécessitent généralement que quelques étapes de traitement post-CMOS. Grâce à cette approche nous pouvons proposer des MEMS faible coût dont les performances sont grandement améliorées par les étapes de conditionnement qui bien sûr sont implémentées en technologie CMOS. Au cours de la période 2008-2013, nous avons principalement travaillé sur la mise à profit de la combinaison de plusieurs capteurs de deuxième génération (magnétomètres, accéléromètres, jauge Pirani ou microphones). Nous avons ainsi pu proposer des solutions multi-capteur aux fonctionnalités évoluées comme par exemple une centrale inertielles monolithique [[ALsens11](#)]. De nouveaux dispositifs ont aussi été développés, notamment un accéléromètre thermique triaxial [[NMdtip13](#)], un récupérateur d'énergie basé sur des structures bistables [[TAjmm10](#)] et un résonateur FBAR [[CMsens09](#)]. Nous avons aussi proposé une nouvelle méthodologie d'étude des performances au niveau système dédiée aux MEMS qui permet d'améliorer grandement l'estimation des performances durant la phase de conception [[LMnew09](#)].
- Un exemple marquant de technologie émergente étudiée est la technologie des mémoires magnétiques. Cette technologie, qui était, au début de notre activité de recherche, loin d'être mature et validée, semble maintenant être une réelle alternative viable aux mémoires existantes. Jouissant d'une réelle avance sur l'étude de ce type de technologie, nous avons proposé plusieurs architectures profitant des potentialités des MRAM. Nous avons, par exemple, proposé plusieurs prototypes technologiques dédiés au FPGA [[GTjetcdt10](#)], ou architectures mémoires spécifiques qui ont eu un impact significatif sur la communauté académique et industrielle et qui font l'objet de plusieurs brevets, et qui permettent une reconnaissance forte de cette thématique au niveau international.

En complément des technologies émergentes de fabrication se développent des technologies émergentes d'assemblage. Elles consistent actuellement à assembler à l'intérieur d'un même boîtier plusieurs circuits actifs les uns sur les autres ou côté-à-côte sur un substrat commun. Ces techniques, qui connaissent un essor très important, génèrent de nouvelles problématiques liées aux interconnexions entre puces ou à la dissipation thermique à l'intérieur du boîtier. Dans ce contexte, nous avons proposé un nouveau modèle de dissipation thermique et des modèles d'interconnexion interne (TSV) qui permettent de prendre en compte les caractéristiques propres de ces éléments pendant la phase de conception [[TKieetvlsi13](#)].

e) Thème - Santé

Le spectre des applications médicales nécessitant le développement de circuits ou systèmes intégrés est très large, allant des biopuces ou "lab-on-chip" à l'imagerie médicale. Le département de Microélectronique du LIRMM ne se focalise que sur les systèmes embarqués possédant une interface directe avec le vivant. Les problématiques sont très spécifiques à ce type d'applications pour lesquelles les contraintes de vitesse ou de résolution sont rarement aussi critiques qu'habituellement lors du développement de circuits intégrés. En revanche, les défis sont ici de concevoir des dispositifs performants au regard des contraintes biomécaniques, de l'effet fonctionnel ou de l'information physiologique recherchée.

L'activité du département autour de ce thème se répartit entre les deux équipes-projets SysMIC et DEMAR.

Dans le cadre de l'équipe-projet DEMAR, les objectifs sont de développer des circuits biomédicaux implantables pour la stimulation électrique fonctionnelle (SEF) de neurones, nerfs ou muscles, en vue de la suppléance de fonctions motrices ou sensorielles. Nous avons trois activités principales dans le cadre de DEMAR : le développement d'architectures de circuits pour le recueil de signaux physiologiques ou pour la génération de signaux de stimulation et la mise au point de techniques et méthodes en vue d'une meilleure sûreté de fonctionnement de ces dispositifs.

- Pour le développement de circuit pour le recueil de signaux physiologiques, nous avons développé une architecture dédiée à la mesure d'électroneurogramme (ENG). Les problématiques à adresser sont multiples car il est nécessaire d'extraire des signaux de très faible amplitude, de l'ordre du microvolt, dans un environnement où l'amplitude des parasites, les électromyogrammes (EMG) par exemple, sont de l'ordre du millivolt. L'approche que nous avons proposée consiste à utiliser des combinaisons de sept pôles de recueil, un point central et six pôles environnants. Partant de cette configuration originale et d'un traitement du signal bas niveau en entrée du circuit nous pouvons réduire significativement l'influence des signaux parasites tout en améliorant la sensibilité aux signaux recherchés, les ENG [[SGbest08](#)]. Par la suite, avec pour objectif d'améliorer la sélectivité du recueil pour pouvoir discriminer les informations émanant de certains fascicules à l'intérieur d'un même nerf, nous avons proposé une nouvelle architecture d'électrode Cuff multipôle (électrode qui s'entoure autour du nerf) en rupture avec les solutions existantes et qui permettrait d'obtenir des niveaux de sélectivité jamais atteints par des systèmes de recueil non-invasifs pour le nerf [[RSembc11](#)]. Les modèles, simulations et validations sur une plateforme d'axone artificiel que nous avons développée sont très prometteurs. En parallèle, nous avons travaillé sur la partie conditionnement de signaux et nous avons proposé une solution faible bruit qui est configurable en fonction de la dynamique attendue dépendant fortement du contexte (implantation, caractéristiques physiologiques et anatomiques) [[CRiscas12](#)].
- Pour la partie système intégré pour la génération de signaux de stimulation, nous avons principalement participé à la partie microélectronique du stimulateur qui est un des socles de l'activité neuro-prothèse de l'équipe-projet DEMAR. Cette technologie d'interface analogique qui permet une distribution programmable et précise des courants de stimulation vers plusieurs pôles (12 à 24 pôles typiquement) a été transférée vers notre partenaire industriel MXM pour leur future génération d'implant cochléaire et leur stimulateur multi-application avec deux licences de notre brevet [[GCpatent04](#)] qui ont été cédées à MXM-Obélia et MXM-Neurelec. Sur la période considérée, nous avons aussi participé à la mise en œuvre de stimulateurs sur table distribués à l'ensemble du consortium du projet européen TIME.
- La sûreté de fonctionnement est essentielle pour des dispositifs électroniques médicaux et en particulier s'ils sont implantés dans le corps humain. Nous avons défini une nouvelle stratégie permettant d'optimiser la sûreté dans le cas très particulier des dispositifs implantables et nous avons proposé des techniques bas niveau qui permettent de détecter de possibles défaillances au niveau de l'interface avec le vivant [[LFBner11](#)].

Dans le cadre de l'équipe projet SysMIC, les objectifs sont de développer des circuits et systèmes intégrés pour le traitement de pathologies ophtalmologiques telles que le glaucome. Dans ce contexte, nous avons participé au développement d'une architecture innovante de mesure de pression intraoculaire [[ARirbm12](#)] qui a permis la création d'un PME (Ophtimalia).

II.2.2 Transfert

Le département de microélectronique a un très grand nombre de collaborations avec l'industrie, soit dans le cadre de projets collaboratifs nationaux ou européens (13 projets européens, 17 projets ANR, 2 PIA, 6 FUI,...) soit dans le cadre de collaborations directes. Ces collaborations directes peuvent aller du simple contrat de recherche (plus 25 bourses CIFRE sur la période) à des structures collaboratives communes. Nous pouvons citer comme exemple l'accord cadre avec INTEL, le laboratoire ISyTest avec NXP Semiconductors.

Dans le cas de projets collaboratifs le niveau de transfert dépend directement du niveau plus ou moins amont des développements communs. Un exemple marquant de transfert dans le cadre de collaborations directes est le transfert de la partie analogique de l'implant de stimulation cochléaire avec MXM et d'un brevet licencié à MXM-Obelia et MXM-neurelec.

Dans le cas des structures de recherche communes les transferts sont très nombreux. Nous pouvons citer par exemple les techniques de BISR (Built-in-self-Repair) ou de test indirect avec NXP semiconductors.

Toujours en termes de transfert technologique, on peut citer le nombre important de brevets déposés ou en cours de dépôt avec ces mêmes partenaires industriels ou avec des organismes comme le CEA (8 brevets déposés au total en 2011 par exemple) et un brevet licencié (à MXM-Neurelec et MXM-Obélia). Les domaines concernés sont la conception hybride CMOS/MRAM, le test sans fil de circuits intégrés, le conditionnement de signal faible bruit / faible consommation pour capteur résistif, la sécurité numérique, l'optimisation du fonctionnement d'un circuit intégré multiprocesseur, le test de mémoires SRAM faible consommation ou la stimulation électrique pour implant cochléaire.

Un autre point original en termes de transfert est le transfert de nos plateformes EM-secure vers plusieurs partenaires industriels.

II.2.3 Plateformes

Toujours en termes de réalisations, le département a mis en place plusieurs plateformes détaillées ci-dessous, qui permettent à la fois de mener à bien nos activités et qui peuvent également être mises à disposition pour de la formation ou des activités de recherche annexes. A part pour la plateforme CNFM, toutes ces plateformes ont été créées et sont gérées par le département Microélectronique.

a) Plateforme technologique régionale SECNUM : Sécurité numérique

Cette plateforme labellisée en 2008 et cofinancée par la Région Languedoc Roussillon, le CNRS, l'UM2 et l'industrie dans le cadre des grands plateaux techniques, a pour objectif de proposer des services dans le domaine de la sécurité numérique pour les circuits intégrés. Cette plateforme nécessite des compétences disciplinaires diverses en mathématiques (Laboratoire I3M, Montpellier), informatique et microélectronique (LIRMM, Montpellier) et électronique (Laboratoire IES, Montpellier). Ce projet s'inscrit clairement dans une démarche scientifique et technique transversale dans le paysage de l'Université Montpellier 2 et de son Pôle Formation-Recherche MIPS (Mathématiques, Informatique, Physique et Systèmes).

Dans ce contexte, l'objectif de cette plateforme est d'analyser les potentialités, en termes sécuritaires, des plateformes matérielles et des systèmes embarqués, et de proposer :

- une plateforme d'expérimentation académique régionale (avec un impact national et international) unique pour l'analyse et la compréhension des mécanismes sécuritaires sur

- des composants matériels et logiciels, et notamment par l'analyse et l'injection des signaux électromagnétiques,
- des méthodes d'intégration des primitives cryptographiques robustes vis-à-vis de contraintes sécuritaires,
- une analyse logicielle et matérielle des circuits sécurisés par canaux cachés ; un environnement logiciel flexible est par ailleurs proposé,
- une plateforme ouverte au monde académique, pour l'évaluation de composants et protocoles sécuritaires,
- une plateforme ouverte au monde industriel, notamment PME/PMI régionales, pour l'évaluation de composants sécurisés.

Ainsi, autour de cette plateforme, plusieurs projets de recherche ont vu le jour, comme les ANR ICTER, SECRESOC, les projets FUI CALISSON I, PROSECURE, ou le projet Européen MODERN.

Par ailleurs, une opération de transfert a démarré en 2012, dans le cadre du projet d'initiative d'excellence IDEFI-FINMINA porté par le GIP CNFM. Il s'agit de créer une version « Education » de la plateforme qui sera exploitée dans le cadre du Pôle CNFM de Montpellier (voir ci-dessous).

b) Plateformes EM-Secure

Il s'agit là de deux plateformes matérielles innovantes imaginées en 2008 : plateforme d'injection électromagnétique (EM) pulsée et plateforme d'injection FBBI (Forward Body Bias Injection). D'un point de vue scientifique, elles ont permis de mettre en évidence que les ondes électromagnétiques peuvent être un moyen efficace pour perturber les circuits intégrés sécurisés à des fins de cryptanalyses matérielles (attaques par faute(s)) et nécessitent des modèles expliquant l'apparition des fautes. Ces plateformes matérielles s'accompagnent d'une troisième plateforme logicielle et de son interface permettant d'analyser, de traiter et d'extraire les signaux EM des informations secrètes des circuits sécurisés, comme les codes pins, les clefs de chiffrement manipulées par les algorithmes, des données mémoires, etc.

La mise en place de ces plateformes a suscité un vif intérêt dans la communauté Cryptanalyse Matérielle, tant au niveau académique qu'au niveau industriel. Cet intérêt s'est traduit par quelques faits marquants :

- développement d'une plateforme d'injection harmonique et de deux plateformes d'injection pulsée vendues à la DGA,
- coordination de deux projets ANR, dont les objectifs sont soit d'évaluer la dangerosité des ondes EM comme canal de cryptanalyse matérielle, soit d'optimiser les sondes d'analyses EM et d'injection EM.
- participation à un projet FSN porté par STMicroelectronics dont un des objectifs est d'analyser la robustesse sécuritaire des systèmes intégrés de demain, et à un projet FUI porté par Gemalto dont l'objectif est de diminuer le coût supplémentaire engendré par l'ajout de protections matérielles de sécurité dans les systèmes intégrés.

Outre ces faits marquants, les plateformes ont été ouvertes aux industriels à des fins de recherche et développement. Ainsi, les sociétés STMicroelectronics, MORPHO, MAYA Technologies, Freescale et les laboratoires TIMA, LaHC, CMP-Provence ont été, ces trois dernières années, des utilisateurs de ces plateformes d'analyse et d'injection EM ou FBBI.

c) Plateformes matérielles et logicielles (en Opensource)

Il s'agit là de deux plateformes innovantes : plateforme SecretBlaze et plateforme OpenScale. La plateforme Secretblaze (microprocesseur sécurisé haute performance) est un processeur Open Source développé dans l'équipe SysMIC du LIRMM. Ce processeur est actuellement utilisé dans plusieurs projets (ANR, plateforme SECNUM, etc.) afin de concevoir et prouver des mécanismes de protection contre les attaques par canaux cachés.

La plateforme multiprocesseur matérielle logicielle OpenScale comporte un support matériel multiprocesseur innovant de par ses caractéristiques et une architecture logicielle associée qui s'articule autour d'un système d'exploitation dédié et des API de programmation. Cette plateforme sert de support d'expérimentation pour des projets internes dédiés à l'informatique embarquée adaptative, et a donné lieu à des instances spécifiques constituant des accélérateurs de traitement pour le calcul intensif dans le cadre du projet Européen « MontBlanc ».

d) Plateformes CNFM

Bénéficiant des compétences des chercheurs et des enseignants-chercheurs du LIRMM et de l'Université Montpellier 2, le Pôle Montpelliérain de la Coordination Nationale pour la Formation en Microélectronique et en nanotechnologies (CNFM) héberge les Services Nationaux du GIP CNFM, outil de mutualisation au service de l'enseignement et de la recherche, qui se déclinent en quatre plateformes technologiques et une plateforme pour la formation continue.

La Plateforme « **Logiciels de CAO** » assure l'interface entre les fournisseurs et les sites de formation et de recherche du CNFM. Le pôle CNFM de Montpellier négocie les conditions de mise à disposition des logiciels, passe les marchés, diffuse les logiciels et les clés d'accès, apporte une aide à l'utilisation, organise la formation des formateurs. Quatre suites logicielles sont aujourd'hui disponibles sur la plateforme : Cadence, Synopsys, Coventor et Silvaco. Cette plateforme est utilisée par plus de 50 sites d'enseignement et de recherche.

La Plateforme « **Vérification et prototypage** » permet l'évaluation, la sélection et la distribution de cartes de vérification et de prototypage (à base de circuits programmables Altera et Xilinx) et des logiciels associés. A ce jour, ce sont plus de 400 sites répartis sur les niveaux LMD qui ont été équipés. Des cartes plus puissantes sont aussi disponibles pour des applications recherche. En 2012, c'est plus de 1200 cartes qui ont été mises à disposition.

La Plateforme « **Test Industriel** » met à la disposition des utilisateurs un équipement permettant de caractériser les performances de circuits intégrés. Cette plateforme a été mise à niveau en 2007 avec le soutien de la région Languedoc-Roussillon, du GIP CNFM et de la société Verigy. Cette plateforme est utilisée en enseignement (Niveau LMD) et en recherche (une thèse CIFRE soutenue en 2010). La plateforme dispose de son propre formateur mais l'accès à distance permet d'utiliser cet équipement depuis n'importe quel site d'enseignement en France ou à l'étranger. En 2012-2013, c'est ainsi 253 personnes qui ont été formées au test industriel pour un total supérieur à 3100 heures.

La Plateforme « **SECurité NUMérique** » est une plateforme en cours de montage qui concerne le transfert vers le CNFM de la plateforme recherche développée au LIRMM ces dernières années. Elle est financée à hauteur de 50% par l'ANR dans le cadre des initiatives d'excellence et de l'IDEFI FINMINA porté par le GIP CNFM en particulier.

La Plateforme « Formation Continue » sera mise en place au cours de l'année scolaire 2013-2014. Il s'agit de mettre en place un guichet national d'entrée à destination des chercheurs, des enseignants et des industriels du domaine afin de répondre aux demandes diverses en Formation Continue. Elle est financée à hauteur de 50% par l'ANR dans le cadre des initiatives d'excellence et de l'IDEFI FINMINA porté par le GIP CNFM en particulier.

Les services nationaux du CNFM s'appuient sur les compétences des membres du LIRMM et de Polytech Montpellier pour un total évalué à 1,5 h.an. De plus, trois personnes sont payées sur le budget propre de la plateforme : une secrétaire et deux ingénieurs-formateurs.

Le Groupement d'Intérêt Public « Coordination Nationale pour la Formation en Microélectronique et en nanotechnologies » (GIP CNFM) est composé des établissements actifs en enseignement et en recherche en microélectronique, microsystèmes, et nanotechnologies, et des industries du semi-conducteur fédérées par le syndicat SITELESC. Il agit dans le cadre de conventions pluriannuelles signées avec le ministère chargé de l'enseignement supérieur et de la recherche.



En 2012, le GIP CNFM a répondu à l'appel d'offre IDEFI (Initiatives d'Excellences dans le Domaine des Formations Innovantes) et a été labellisé et financé (4,4 Millions d'euros sur 8 ans) - Le projet « Formations Innovantes en Microélectroniques et Nanotechnologies » (FINMINA, 2012-2019) est composé de cinq actions principales dont deux seront pilotées par le PCM et les Enseignants-Chercheurs du LIRMM.

II.3. Rayonnement et attractivité académiques

De très nombreux éléments permettent de témoigner du rayonnement et de l'attractivité du département Microélectronique.

II.3.1 Activité dans les structures nationales de la recherche

Les membres du département participent aux instances de pilotage suivantes :

- **CNRS** : délégué scientifique auprès de l'INS2I, membre du Conseil Scientifique de l'INS2I, directeur et membre de comités de pilotage des GDR SoC-SiP, MNS et ERRATA
- **ANR** : membres de comités de pilotage (programmes ARPEGE, INS et MN), membre de comités sectoriels (STIC et NANO), membre de comité d'évaluation (programme DEFI), membres de comités de sélection (programmes ARPEGE et RP-DOC)
- **AERES** : présidents et membres de comités d'évaluation de laboratoires français
- **MESR** : membres du CNU en section 61 et 63, membre du GT Brésil (Maths, STIC, Matériaux, Nano)
- **UM2** : président de l'Université Montpellier 2, directeur de la Faculté des Sciences de l'UM2, membre du conseil scientifique de l'UM2, directeur et directeur Adjoint de Polytech Montpellier, responsable du département ERII de Polytech Montpellier, directeur adjoint du PFR MIPS
- **Société Accélération Transferts Technologies (SATT) AXLR** : membre du conseil d'administration

En plus de ces responsabilités dans les structures nationales, nous pouvons citer notre participation à des projets de recherche collaboratifs nationaux, comme les projets ANR (17 sur la période concernée), les projets FUI (4 sur la période concernée), les projets FCE (2 sur la période concernée), les PEPS CNRS (4 sur la période concernée), ou les projets FSN (1 sur la période concernée). Les

domaines concernés sont la sécurité numérique, les microsystèmes, les architectures multi-processeurs, la santé, le test et la fiabilité des circuits, et les technologies émergentes.

II.3.2 Le département et l'Europe

Nous participons activement à des projets de recherche collaboratifs internationaux, parmi lesquels 5 projets Européens réalisés dans le cadre des 6^{ème} et 7^{ème} PCRD, et 5 projets avec label et consortium Européens mais financés (ou cofinancés dans le cas des projets du programme ENIAC) par le ministère de l'industrie. Ces derniers ont été réalisés dans le cadre des programmes Européens MEDEA+, CATRENE et ENIAC. Les domaines concernés sont la modélisation et la conception de systèmes nanoélectroniques tolérants aux variations de paramètres de fabrication, le développement de plateformes HPC pour le calcul intensif, le test de circuits et systèmes intégrés en technologies 2D et 3D, et le développement d'un système implantable pour l'inhibition par Stimulation Electrique Fonctionnelle intra-fasciculaire des douleurs fantômes chez l'amputé.

Notons que c'est dans le cadre d'un de ces projets Européens (MEDEA+ NanoTEST) que le laboratoire commun ISyTest (www.lirmm.fr/ISytest) entre le LIRMM et la société NXP semi-conducteurs a été créé en 2006. Ce laboratoire commun, dont l'objectif est de développer des solutions de test innovantes pour les systèmes intégrés SoC/SiP, a été renouvelé pour quatre ans en 2010.

II.3.3 Collaborations nationales et internationales

Un grand nombre de collaborations suivies avec d'autres laboratoires nationaux ou internationaux témoignent également du rayonnement de notre département. Ces collaborations, pour certaines instaurées il y a très longtemps, ont donné lieu à un grand nombre de publications (ouvrages, articles de revue, communications avec actes dans des congrès internationaux, etc.) issues de travaux de recherche communs. Pour certaines, elles ont conduit au montage de projets permettant de financer des bourses de thèse ou des séjours de chercheurs invités (comme les projets CAPES-COFECUB avec l'UFRGS et le PUCRS au Brésil, ou le projet PROCOPE MOKA avec le Karlsruhe Institute of Technology en Allemagne).

Pour l'une d'entre elles (Politecnico di Torino en Italie), elle a conduit à la création d'un Laboratoire International Associé (LIA), dénommé « LAFISI » (LAboratoire Franco-Italien de recherche sur les Systèmes Intégrés matériel-logiciel). Ce LIA, dont le projet a été retenu par l'institut INS2I du CNRS, l'Université de Montpellier 2, et le Politecnico di Torino, a été officialisé par une convention établie pour une durée de quatre ans, du 1^{er} janvier 2013 au 31 décembre 2016 (http://www.lirmm.fr/LIA_LAFISI). Ce LIA a pour but de promouvoir les recherches franco-italiennes dans le domaine des systèmes intégrés matériel-logiciel, en s'intéressant plus particulièrement aux approches de conception en vue du test et de test intégré, de génération de vecteurs de test et de simulation de fautes, de vérification des performances, de diagnostic, de tolérance aux fautes et d'amélioration de la fiabilité de ces systèmes.

Parmi les autres partenaires académiques internationaux avec lesquels nous avons mis en place des collaborations, citons : les Universités de Darmstadt, de Stuttgart, de Freiburg et de Passau en Allemagne, l'Université de Aalborg au Danemark, l'Université de Catane, le Campus Biomedico of Roma et le SSA Pisa en Italie, l'Université de Tokyo et le Kyushu Institute of Technology au Japon, l'UPC et l'UAB de Barcelone en Espagne, l'UNIL et l'EPFL en Suisse, l'Université de Sfax en Tunisie, les Universités de Waterloo et de McMaster au Canada, l'Université de Lancaster en Grande-Bretagne, et les Universités du Massachusetts - Amherst, de Duke et de Stanford aux Etats-Unis.

En ce qui concerne les collaborations suivies avec des laboratoires français, elles sont très nombreuses et ont permis, pour la plupart, de monter des projets de recherche communs (ANR, FUI, etc.) et de participer ainsi de façon commune à la diffusion de la connaissance scientifique. Parmi ces collaborations, on peut citer celles réalisées avec les laboratoires TIMA, LIP6, Telecom ParisTech, LabSTICC, IEF, IMS, LAAS, IETR, CMP, IM2NP, LaHc, ENSMSE, ainsi que celles mises en place avec les laboratoires LIST et LETI du CEA. Notons que ces collaborations (contractuelles ou réalisées dans le cadre de projets de recherche du type ANR, Europe, etc.) avec le CEA, acteur incontournable dans le paysage français de la recherche en microélectronique, sont un témoignage de notre reconnaissance et de notre expertise dans les domaines de la microélectronique qui sont les nôtres.

Citons enfin les collaborations avec des laboratoires montpelliérains, comme l'IES (électronique) ou l'I3M (mathématique), sur des thèmes scientifiques comme l'étude des radiations sur le fonctionnement des circuits et systèmes intégrés ou la sécurité numérique.

En termes de participation à des réseaux nationaux, le département est fortement impliqué dans le pilotage et l'animation du GDR SoC-SiP, qui compte 840 membres à travers toute la France et qui couvre les sections 6, 7 et 8 du CoNRS et les sections CNU 27, 61 et 63. L'objectif de ce GDR est d'étudier et de proposer de nouvelles approches pour la conception et la validation des systèmes complexes intégrés sur une puce de Silicium (SoC) ou en trois dimensions dans une technologie « SiP ». Les membres du département ont assuré et assurent encore la direction du GDR, ainsi que la responsabilité de trois parmi les huit groupes de travail de ce GDR (détails sur <http://www.lirmm.fr/SOCSIP>). Sur le plan international, le département est porteur d'un projet Européen de type COST (European Cooperation in Science and Technology) dont le thème scientifique est la fabrication et l'utilisation de systèmes sécurisés. Les membres du département sont également fortement impliqués dans l'animation de sociétés savantes, comme la IEEE Computer Society (avec une position phare comme celle de vice-président de l'European Test Technology Technical Council de la IEEE Computer Society) ou l'IFIP (membre du comité technique).

Un des faits marquants concerne notre participation au Programme « Investissements d'Avenir » (PIA) lancé par le gouvernement en 2010. En effet, dans ce contexte, le département a été porteur et coordinateur du labex NUMEV (Solutions Numériques, Matérielles et Modélisation pour l'Environnement et le Vivant) retenu pour financement en mars 2011, avec une enveloppe budgétaire de 8 M€ prévue d'ici à 2020. Informations détaillées sur <http://www.lirmm.fr/numev>. Nous participons également à un des deux seuls projets retenus lors de la première vague de l'appel PSPC (projet « INTENSE », qui a pour objectif la mise en place d'une plateforme autour de la SEF, en particulier dédiée à l'insuffisance cardiaque et à l'obésité). Ce projet, sur une durée de 6 ans, a un niveau d'aide de 17M€ dont 1,5M€ pour l'équipe projet DEMAR.

De par sa visibilité, le département s'est vu confier l'organisation d'un grand nombre de colloques nationaux et internationaux pendant le contrat en cours. Les 11 colloques internationaux organisés par les membres du département sont les suivants :

- IEEE International Symposium on VLSI, Montpellier, 7-9 avril 2008
- IEEE Signal Propagation on Interconnects, Avignon, 12-15 Mai 2008
- IEEE Symposium on Industrial Embedded Systems, Montpellier, 11-13 Juin 2008
- IEEE Signal Propagation on Interconnects, Strasbourg, 12-15 Mai 2009
- European Workshop Composition and Variability, Rennes, 15-19 Mars 2010
- 1st European Workshop on CMOS Variability, Montpellier, 26-27 Mai 2010

- IEEE International Mixed-Signals, Sensors & Systems Test Workshop, La Grande Motte, 7-9 Juin 2010
- IEEE International Workshop on Reconfigurable and Communication-centric Systems-on-Chip, Montpellier , 20-22 Juin 2011
- 27th Conference on Design of Circuits and Integrated Systems, Avignon, 28-30 Novembre 2012
- IEEE European Test Symposium, Avignon, 27-31 Mai 2013
- IEEE VLSI Test Symposium, Berkeley, 29 Avril - 1^{er} Mai 2013

La participation (académique et industrielle) à ces manifestations s'est située entre 60 et 300 participants.

Au niveau national, le département a organisé les Journées « Technologies émergentes et Green SoC/SiP » à Montpellier, les 27 et 28 octobre 2011, en partenariat avec le Club EEA, le GDR SoC-SiP, le GDR SEEDS et le CNFM. Par ailleurs, les doctorants du département participent chaque année à l'organisation des DOCTISS (journée de conférences et de présentations scientifiques centrées sur le travail des doctorants de toutes les disciplines de l'école doctorale I2S de l'UM2) et des JNRDM (Journées Nationales du Réseau Doctoral en Microélectronique).

Pour conclure cette partie, on peut relever la participation des membres du département à six comités éditoriaux de revues internationales dont un avec présidence, la présidence de comités de programme (« Program Chair ») et de comités d'organisation (« General Chair ») d'un grand nombre de conférences internationales (4 présidences en moyenne par an), la participation à des comités exécutifs (12 en moyenne par an) ou des comités de programme de conférences internationales et les nombreuses participations à des instances d'expertise scientifique nationales (ANR, AERES) et régionales.

II.4. Interactions avec l'environnement social, économique et culturel

En termes d'interactions avec l'environnement économique, on peut citer tout d'abord le nombre important de contrats de recherche avec des partenaires industriels leaders dans le domaine de la microélectronique, comme STMicroelectronics, NXP semiconductors, Intel Mobile Communications, THALES, etc. D'autres contrats de recherche avec des partenaires non académiques comme le CEA, la DGA ou encore le CNES font partie des interactions que le département entretient depuis de nombreuses années et qui témoignent de notre visibilité et de notre excellence scientifique. Ces contrats peuvent prendre la forme de contrats directs (avec les partenaires industriels) ou de conventions de recherche classiques (avec le CEA LETI par exemple), ou sont mis en place dans le cadre de conventions CIFRE (19 conventions sur la période concernée). On peut également mentionner le même type de partenariats avec des PME régionales (NETHEOS, Menta, FOGALE nanotech, etc.) ou nationales (PSI Electronics, Crocus Technologies, MXM, Ophtimalia, etc.).

On peut ensuite citer les partenariats dans le domaine de la santé avec les services de rééducation et de neurochirurgie du Centre Hospitalier Universitaire (CHU) de Montpellier et de Nîmes, l'institut de la Vision à Paris et le Centre Mutualiste Propara avec qui l'équipe DEMAR a signé une convention d'accueil pérenne.

On peut enfin citer les nombreuses annonces de presse faites dans des médias avec support électronique, comme EETimes, Electroniques, EUROPElectronics.net, Solid State technology, etc., celles parues dans des quotidiens comme Les Echos ou Midi Libre, ou encore celles publiées dans le journal du CNRS. A titre d'exemple, on peut citer [l'annonce du 2 avril 2009](#) concernant une nouvelle technologie pour sécuriser les circuits et systèmes intégrés, [celle du 10 juin 2010](#) faite par la société

Menta et le LIRMM concernant les premiers FPGA basés sur des mémoires MRAM, ou encore [celle du 22 décembre 2010](#) dans le quotidien "Les Echos" sur le département Microélectronique et ses 30 ans d'expérience au service de la recherche.

Toujours dans le cadre des interactions avec le tissu économique régional et national, on peut mentionner le nombre significatif de bourses de thèse cofinancées, comme les BDI CNRS / Région Languedoc-Roussillon ou les BDI CNRS / CEA.

II.5. Implication dans la formation par la recherche

Le département, par l'intermédiaire du laboratoire, est équipe d'accueil de la Formation Doctorale « Systèmes Automatiques et Microélectroniques » de l'École Doctorale I2S, ainsi que du Master EEA, spécialité « Systèmes Microélectroniques ». Il assure d'ailleurs la responsabilité de ces deux formations par le biais de deux de ses membres. Le département accueille donc chaque année environ 12 à 15 étudiants de Master 2, ainsi qu'une quinzaine de stagiaires de formations locales ou extérieures.

Notons aussi qu'un lien fort existe avec Polytech'Montpellier, de nombreux E/C du département sont investis dans cette composante de l'Université Montpellier 2 (direction, responsables de filières). Ainsi dans le cadre de projets de fin d'études une dizaine d'étudiants sont en lien avec le département Microélectronique sur différents projets scientifiques. De plus c'est aussi une dizaine de stagiaires de 4^{ème} année qui chaque année réalisent leur stage au sein du département. Cette implication importante permet à des étudiants ingénieurs de poursuivre en étude doctorale par la suite (15% des recrutements).

La population doctorante au sein du département est importante et fait l'objet d'une attention particulière. Tout d'abord, nous avons inclus les doctorants dans l'animation scientifique du département ; deux responsables élus par l'ensemble des doctorants participent aux réunions hebdomadaires de département. Par ailleurs, nous organisons chaque année deux journées scientifiques avec l'ensemble des doctorants, la première étant destinée à faire un bilan des activités des doctorants qui sont en fin de première année, la seconde permettant de faire la même chose avec les doctorants qui sont en fin de deuxième année. Ces journées permettent ainsi d'avoir de réels échanges scientifiques entre tous les membres du département. Les doctorants sont aussi impliqués dans l'animation scientifique de l'école doctorale I2S (journées DOCTISS, journée d'échange scientifique interdisciplinaire). De plus, depuis plusieurs années une animation mensuelle est organisée par les doctorants du département pour les doctorants eux-mêmes, l'objectif étant de favoriser les échanges scientifiques entre doctorants. Il faut aussi mentionner que chaque doctorant a une responsabilité collective lui permettant ainsi d'avoir un rôle actif dans la vie administrative ou scientifique du département. Enfin chaque doctorant fait l'objet d'un suivi dans le cadre du Comité de Suivi des Thèses (CST).

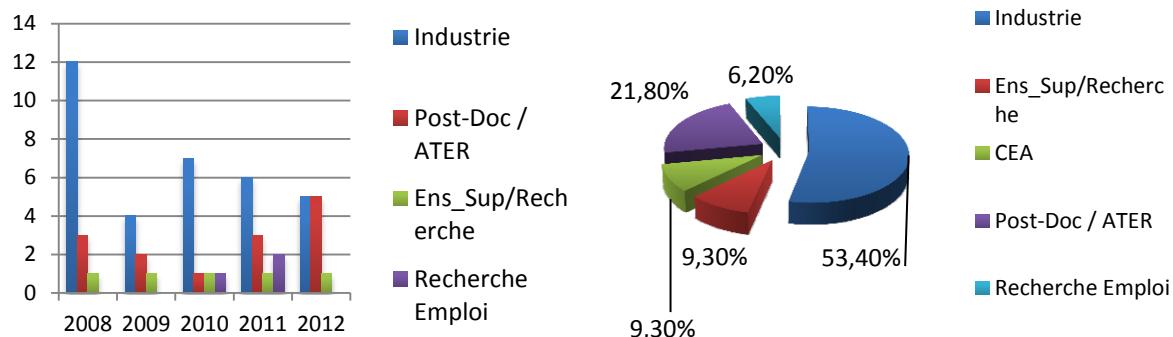


Figure M2 : Répartition (en nombre et en %) des thèses soutenues et devenir des doctorants

Dans la période 2008-2013, 52 thèses ont été soutenues. La figure 1 montre le devenir de ces étudiants une fois leur thèse soutenue, avec notamment une prédominance d'employabilité dans l'industrie 53% (exclusivement des CDI). A noter aussi que 31% continuent dans l'enseignement et la recherche (CR CNRS, MCF, IR, Post-doc). La figure M2 montre l'origine en termes de formation initiale de ces doctorants, avec notamment 23% des étudiants ayant réalisé leurs études initiales à Montpellier.

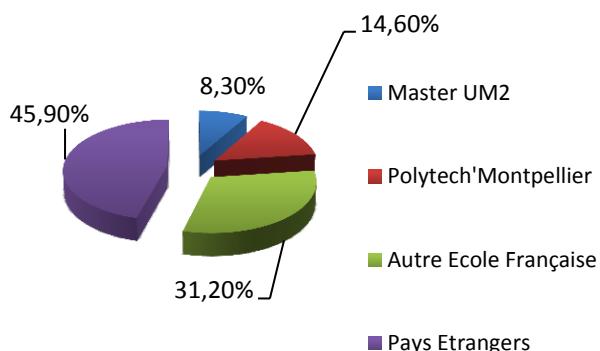


Figure M3: Origine des étudiants qui ont soutenu leur thèse entre 2008 et 2013. On peut noter la très forte proportion d'étudiants étrangers, témoigne de notre attractivité et de notre reconnaissance au niveau international.

En ce qui concerne la provenance de nos doctorants actuels, nous constatons que près de 75% d'entre eux viennent d'une formation initiale extérieure à Montpellier, et près de 45% ont été formés dans des universités à l'étranger (Allemagne, Brésil, Espagne, Grèce, Inde, Italie, Liban, Suisse, Tunisie). Ce chiffre démontre l'attractivité du département vis-à-vis des jeunes diplômés du niveau M et notamment au niveau international.



172

Chapitre 4

Le LIRMM demain



I - Le Laboratoire

I.1. Introduction

L'organisation du laboratoire en départements de recherche, garants de l'évolution sereine et du rayonnement du cœur de nos disciplines, restera au centre de notre structuration. Les frontières des départements sont d'ailleurs en cohérence avec celles des sections du CNU et du CNRS. Le travail et les prises de décisions au sein du Directoire ont montré la maturité de ce modèle. Le respect des disciplines et des différentes approches de la recherche nous permet maintenant de profiter pleinement de notre diversité et d'augmenter notre impact sans nous disperser. Une priorité sera donc de conserver ce bien si difficilement acquis. Notre but sera également de partager cette expérience au niveau du Campus Saint-Priest et du Pôle MIPS pour continuer à améliorer nos performances et l'image de la recherche dans notre société.

Sur la période à venir, nous continuerons à entretenir des relations privilégiées avec les services des relations internationales de nos tutelles pour capitaliser sur notre attractivité à l'international et attirer les meilleurs chercheurs. Entre juin et octobre 2013, nous allons par exemple accueillir de nombreuses délégations étrangères : Djibouti, Maroc, Egypte, Chine, Japon, Brésil.

D'autre part, le LIRMM va s'engager dans la réponse à plusieurs défis, afin de renforcer le positionnement et la cohésion du laboratoire :

- La disponibilité de nouveaux locaux, la prise en compte de la dimension multisites du laboratoire, la croissance des effectifs du laboratoire et la finalisation du campus STICS vont nous obliger à repenser notre fonctionnement, notre organisation et notre communication interne et externe.
- La vitalité de nos recherches aux frontières de nos disciplines avec les sciences du vivant et de l'environnement nous a donné une visibilité nationale validée par de nombreux projets et un ancrage régional solide. La continuité de cette démarche consistant à « irriguer sans se diluer » est évidemment pour nous une priorité scientifique. La réussite de notre intégration dans le cadre de la fusion UM1-UM2 sera un point central de ce défi.
- Le laboratoire est en cohérence et au cœur des axes de la 3S du Languedoc-Roussillon. Nous comptons assumer nos responsabilités dans ce contexte. Nous continuerons d'accompagner le développement économique régional, de communiquer et d'agir pour contribuer au rayonnement du territoire.
- Même si notre recrutement de doctorants est fortement orienté vers l'extérieur, nous souhaitons conserver des bases solides dans la pyramide des formations universitaires et renforcer nos interactions avec l'école doctorale et le pilotage des masters. En amont, nous devons aussi prendre soin d'attirer les jeunes vers nos formations porteuses d'emplois.

I.2. S'adapter à la nouvelle situation du laboratoire : croissance et nouveaux locaux

La période 2008-2013 a été marquée par une forte croissance des effectifs, une saturation des locaux, une aggravation du déficit du personnel support à la recherche par rapport aux effectifs et la naissance de nouveaux sites à Béziers et à Perpignan. Sur ce point, la période à venir offrira un certain nombre d'opportunités : inauguration de nouvelles surfaces, arrivée de l'ensemble des forces STICS de l'université sur le Campus Saint-Priest (déménagement de l'IES).

Notre but consistera à gérer au mieux ces opportunités en permettant à certains projets de se réaliser. Une réflexion a été lancée au sein du LIRMM au sujet de l'occupation des nouvelles surfaces.

Plusieurs propositions sont en cours de réflexion :

- Regroupement des chercheurs du département Robotique sur un seul bâtiment et regroupement des salles d'expérimentation du département dans deux bâtiments. Ce projet assure une cohérence scientifique et permet aux techniciens et ingénieurs de ce département une gestion plus aisée des plateformes de la robotique,
- Regroupement des chercheurs du pôle Données pour le rendre encore plus visible, et développer ainsi son potentiel d'interactions avec d'autres disciplines,
- Regroupement sur le nouveau bâtiment des chercheurs thématiquement proches de l'IES pour développer la synergie entre les deux laboratoires,
- Recherche de la meilleure cohérence avec les équipes Inria qui seront localisées sur ce nouveau bâtiment,
- Regroupement des forces autour de la modélisation du vivant et de l'environnement, afin de faciliter l'accueil de chercheurs en vue de développer des recherches pluridisciplinaires.

Pour faire les meilleurs choix scientifiques, cette réflexion se poursuivra durant l'année 2014 en relation avec nos partenaires et en tenant compte de l'arbitrage de nos tutelles.

A la fin de 2014, les chercheurs du LIRMM travailleront donc sur 3 sites du Languedoc-Roussillon et sur 5 bâtiments. Une réflexion de fond va être engagée au sujet de l'organisation de nos services. L'objectif sera la recherche d'un bon équilibre entre la proximité interne aux services et la proximité des chercheurs avec les personnels supports à la recherche. Cette question associée à l'exploitation optimale des nouvelles surfaces sera au centre des débats de l'année prochaine. La recherche d'une cohésion scientifique et d'une organisation efficace et de proximité sur chacun des bâtiments ne doit pas nuire à l'identité du laboratoire. Des procédures et des systèmes de communication interne performants, réalistes et simples devront être pensés et mis en place.

L'arrivée de nouvelles surfaces sur le campus Saint-Priest rendra plus critique encore le déficit en personnel support à la recherche. Cette situation menace les projets du laboratoire et il est clair qu'en l'absence d'actions significatives, les choses ne peuvent que s'aggraver : démotivation des personnels en surcharge de travail et plus particulièrement des personnels en CDD qui n'ont pas de perspective à moyen terme, différence de pyramide des âges entre les personnels technique et administratif et les chercheurs (taux de renouvellement sensiblement différent du fait de la politique actuelle des tutelles). Résoudre ce problème sera une des priorités de la direction pour le prochain quinquennat.

L'utilisation d'emplois précaires pour assurer le fonctionnement du laboratoire a atteint ses limites surtout dans un contexte budgétaire tendu. Le laboratoire s'est d'ailleurs engagé dans une volonté de résorber l'emploi CDD sur tâches pérennes en demandant la titularisation des personnels compétents et actifs.

La marge de manœuvre est très faible pour réduire ce déficit et une des pistes à explorer consiste en la mise en réseau de nos services et de ceux des laboratoires voisins pour profiter au maximum des compétences de chacun et effectuer des demandes communes (et ainsi se faire mieux entendre par nos tutelles). En effet, si certains services nécessitent une proximité forte, d'autres peuvent être pensés au niveau d'un campus : par exemple la logistique et la communication. D'ailleurs des réunions

entre les directions et les responsables administratifs ont déjà eu lieu entre l'IES, le LMG et le LIRMM pour étudier les différences et les convergences de nos organisations internes et identifier les solutions pour mieux utiliser nos ressources matérielles et nos ressources humaines ([voir Le Pôle MIPS et le Campus Saint-Priest](#)). Des réunions entre les membres des différents services équivalents devraient suivre pour déterminer les souhaits de chacun dans le fonctionnement du site.

La croissance et le dynamisme du laboratoire peuvent aussi paradoxalement générer des risques humains tels que l'isolement de certains personnels, l'affaiblissement de l'identité du laboratoire, ce qui aurait comme conséquence de favoriser la montée des corporatismes et des communautarismes. Nous souhaitons ainsi mettre en place un cycle d'ateliers de médiation scientifique à destination du personnel scientifique et non scientifique du LIRMM. Inspiré par le succès de la Journée Scientifique 2011 et des présentations effectuées lors des 20 ans du LIRMM qui avaient permis au personnel administratif de se faire une meilleure idée des activités scientifiques du laboratoire, le service communication étudie l'idée d'organiser un cycle d'exposés dédiés à tous les personnels du laboratoire et ouvert à nos partenaires.

Par ailleurs, une mission sera confiée au CS du LIRMM afin d'aider à la réussite et à la réalisation de projets individuels ou collectifs : par exemple, pour faciliter le retour à la recherche après une période de lourde charge administrative, pour initier des projets et regrouper des chercheurs autour d'un thème ou d'un objectif dans le but de créer une équipe ou des compétences, ou pour accompagner des jeunes chercheurs dans un projet innovant. D'ailleurs, plusieurs projets ANR inter-équipes portés par des jeunes chercheurs ont déjà été déposés durant cette période, ce qui montre un potentiel que le CS peut aider à exploiter et à optimiser.

I.3. Interactions avec les sciences de la vie et les sciences humaines et sociales

Les membres du LIRMM ont acquis des compétences pluridisciplinaires liées à leurs nombreuses interactions avec les sciences de la vie (biologie, environnement, agronomie, santé, sciences du mouvement) et les sciences humaines et sociales. Le prochain défi du LIRMM portera sur le renforcement du continuum existant entre les données, les informations, les connaissances, et les actions dans ces thématiques.

I.3.1 Une vision transversale, déclinée en quatre projets collaboratifs

Dans ce projet, le LIRMM visera à faire émerger des approches communes ou complémentaires, et à concevoir des méthodes génériques qui soient largement indépendantes des domaines d'applications. Nous entendons aussi, comme nous l'avons largement fait au cours de l'exercice précédent, être force de proposition auprès de nos tutelles et de nos partenaires pour mettre en place des structures fédérant l'ensemble de nos travaux. Celles-ci se déclineront en quatre projets collaboratifs dans les domaines suivants :

- Maison de la Modélisation du Vivant, fondée sur l'expérience naissante d'IBC ;
- Institut du Mouvement Humain et Cybernétique, issu d'un rapprochement entre sciences du mouvement et sciences de l'ingénieur ;
- Centre d'expertise en robotique chirurgicale, grâce à une intégration au sein du nouveau centre de formation et d'apprentissage par la simulation de la Faculté de Médecine ;
- Centre de recherche sur les données et connaissances environnementales et de santé basé notamment sur une structuration de nos relations avec les laboratoires de la Maison de la Télédétection.



Nous détaillons ci-dessous les grandes lignes de ces quatre projets, leurs objectifs scientifiques et leurs liens avec nos partenaires et tutelles. Au-delà des différences thématiques, ces projets présentent une forte synergie, en se plaçant précisément à l'interface entre les disciplines cœurs du LIRMM et les sciences de la vie et les sciences humaines et sociales. Ils constituent une étape clef dans la mise en place du projet ambitieux, esquissé dans les différents documents présentant l'IDEX, consistant à bâtir sur Montpellier un centre de recherche (unique en France) analogue au BioX de Stanford (<http://biox.stanford.edu/>) dont l'objectif est de « catalyser les découvertes scientifiques, en croisant les frontières entre disciplines, pour créer des solutions interdisciplinaires et de nouvelles connaissances sur les systèmes biologiques, pour le bénéfice de la santé humaine ».

a) Maison de la Modélisation du Vivant

Un premier pas a été engagé dans ce projet avec l'Institut de Biologie Computationnelle (IBC, PIA 2012). L'objectif est ici d'en assurer la pérennité en termes de structuration et de liens avec les tutelles, et d'en élargir le périmètre scientifique (exemple : méthodes en épidémiologie moléculaire, tests diagnostiques basés sur le séquençage, données et modèles écologiques...). Il existe d'autres structures analogues à Montpellier : la Maison des Sciences de l'Homme et la Maison des Sciences de l'Eau, qui ont toutes deux montré l'intérêt du concept. L'expérience de l'IBC, grâce à sa localisation unique rue de la Galéra, montre aussi l'intérêt de l'approche, notamment en termes de visibilité. Celle-ci se mesure déjà nettement par le nombre de visiteurs internationaux, la fréquentation des séminaires, et surtout la qualité des candidats sur les postes de « chercheurs juniors », actuellement ouverts au concours. Les objectifs de la Maison de la Modélisation du Vivant se déclinent comme suit :

- Hébergement de projets collaboratifs impliquant des contacts étroits entre les chercheurs issus du LIRMM et du secteur STIC en général, I3M notamment, et les chercheurs issus des laboratoires en sciences de la vie. Cet accueil pourra être associé à des fonds de soutien incitatif, comme mis en place par le CNRS et la Mission à l'Interdisciplinarité. L'ensemble constituera donc un environnement favorable et équilibré entre les différents secteurs disciplinaires.
- Accueil de plateaux techniques STIC (serveurs de calcul bioinformatique, imagerie biologique...) ou ne nécessitant qu'une infrastructure légère (séquençage...). La présence de ces plateaux techniques contribuera grandement à l'attractivité du projet, en associant le traitement des données (voire leur acquisition) par des méthodes standards, aux développements plus prospectifs et à la modélisation suscités par ces données. Ces plateaux techniques pourront être associés et soutenus par les actions nationales de type RENABI-IFB et France Génomique, actions dans lesquelles nous sommes déjà fortement impliquées.
- Les projets d'interface existant aujourd'hui à l'IBC et plus largement au LIRMM ou dans NUMEV sont très variés quant aux applications biologiques, mais les méthodes informatiques et mathématiques pour les aborder sont souvent proches. On retrouve en effet des constantes dès lors que l'on parle de modèles, d'incertitude, d'algorithmes, de données ou de connaissances en sciences de la vie. L'existence d'un lieu unique destiné aux chercheurs travaillant sur cette interface leur permettra d'échanger et de collaborer sur les aspects les plus fondamentaux sur le versant STIC, même si les applications peuvent différer.
- Une demande récurrente des laboratoires et institutions en sciences de la vie est l'accueil et la formation permanente de leurs personnels (techniciens, ingénieurs, chercheurs) issus du secteur STIC et souhaitant garder le contact avec leur milieu d'origine. La Maison de la Modélisation du Vivant permettra cet accueil dans les meilleures conditions, et participera de manière active à la formation des étudiants (accueil de stagiaires, intervention dans les écoles doctorales) et des personnels (accueil temporaire, cours de formation permanente).



- La Maison de la Modélisation du Vivant permettra l'accueil de partenaires industriels travaillant dans le domaine. En effet on peut facilement prévoir le développement de ces partenariats dans les années à venir avec la création et la commercialisation de logiciels bioinformatiques permettant d'analyser les données de séquences toujours plus nombreuses dans de nombreux secteurs socio-économiques (agro-alimentaire, médecine personnalisée, conception de médicaments et de solutions diagnostiques).

Le LIRMM a joué un rôle pilote dans la structuration de l'interface STIC - Sciences de la Vie. Il continuera à jouer ce rôle dans la mise en place de la Maison de la Modélisation du Vivant, même si la gouvernance sera assurée par un collectif de laboratoires concernés et un comité de pilotage issu des tutelles. Le LIRMM trouvera dans cette structuration forte et visible un excellent moyen : d'attirer des jeunes chercheurs de valeur (l'IBC le démontre déjà) ; de motiver ses chercheurs à consacrer une partie de leurs activités à cette interface si importante sur le plan régional ; d'appliquer ses résultats fondamentaux dans des domaines à forts enjeux sociétaux ; de nouer des liens industriels avec de nouveaux secteurs, en santé et agronomie notamment ; de participer activement à la formation dans ce secteur et de trouver des débouchés pour ses doctorants.

b) SFR Institut du Mouvement Humain et Cybernétique (IMHC)

Ce projet vise à mettre en place une action structurante sur le site montpelliérain, centrée autour du Mouvement Humain et de la Cybernétique, avec des applications au handicap, à la performance et à l'apprentissage du mouvement. Cette action s'appuie sur la création d'une Structure Fédérative de Recherche (SFR). Les objectifs scientifiques s'orientent vers l'étude de méthodes et d'outils logiciels et matériels principalement dédiés aux secteurs de la santé (patients, personnels de santé, tiers-aidants), du sport et de l'ingénierie numérique (robotique, *computer graphics*, PLM...). Ce projet reposera sur une synergie entre sciences et technologies du numérique (robotique, geste chirurgical assisté, capteurs, traitement du signal et des images, jeux sérieux, calcul scientifique et simulation, informatique embarquée), sciences de la santé et du mouvement humain (signatures motrices de la santé, physiologie, neurosciences intégratives et sciences cognitives) et spécialités médicales (neurologie, neurochirurgie, médecine physique de réadaptation, orthopédie, ...). Le rapprochement scientifique des équipes concernées autour du thème Mouvement Humain et Cybernétique permettra de créer à Montpellier un groupe de recherche de taille suffisante. Ce groupe assurera une animation de la recherche pluridisciplinaire (sciences de la santé, sciences de l'information) de haut niveau focalisée sur le mouvement humain. Ce projet a également comme objectif de mutualiser les forces en présence autour de plateformes, du transfert (thèse CIFRE, brevets, TPEs...) et de la recherche de financements (ANR, H2020...).

Ce projet rassemble des équipes de recherche provenant de laboratoires associés aux Universités Montpellier 1 et Montpellier 2. Il s'agit des laboratoires IES (UM2/CNRS), LIRMM (UM2/CNRS, Inria), M2H (UM1), le laboratoire de physiologie et médecine expérimentale du cœur et des muscles (UM1/INSERM/CNRS), l'unité Dynamique Musculaire et Métabolisme, (UM1/INRA). Cet ensemble représente environ 14 équipes comprenant 70 chercheurs et enseignant-chercheurs permanents.

Ce projet s'articule autour de deux axes scientifiques que sont la modélisation et la simulation numérique du mouvement humain avec des applications potentielles au handicap, à la performance et à l'apprentissage du mouvement. L'axe « modélisation » consiste en une description de la commande motrice, des signaux calciques et des mouvements des moteurs moléculaires (cycle mécano-chimique avec ses étapes fondamentales) mais aussi en l'actionnement musculaire et la redondance d'actionnement musculaire pour le mouvement du corps complet. Il s'articule autour d'une activité de mesure (capteurs, cinématiques rapides), d'analyse et de modélisation mathématique associée à des

validations expérimentales. L'axe « simulation numérique » s'attachera au développement d'algorithmes pour la simulation et la restitution réalistes du mouvement humain permettant l'analyse cinématique et dynamique en interaction avec l'environnement (multi-contacts, robots,...). Des interactions avec le monde réel seront également considérées. On peut citer notamment le contrôle, l'apprentissage et la rééducation du mouvement. Ce point nécessitera la capacité d'intégrer des mesures et des traitements temps réel d'informations issues de capteurs embarqués sur un sujet ou un opérateur pour une interaction avec un robot réel, un robot virtuel ou un avatar humain.

Le projet s'appuiera sur une animation scientifique, des collaborations constituées d'encadrement de thèses, de post-doctorants ou des participations à des projets nationaux ou internationaux. La concrétisation des avancées et des développements collaboratifs se fera autour du développement d'une nouvelle plateforme de simulation numérique physique 3D.

Les applications potentielles sont nombreuses ainsi que les opportunités de transfert technologique. On peut citer par exemple des applications pour la création d'outils d'aide à la rééducation, aux diagnostics, à l'analyse du mouvement pour la performance sportive mais aussi à l'apprentissage du mouvement (gestes médicaux, sport, rééducation),

c) Centre d'expertise en robotique chirurgicale

L'évolution des techniques chirurgicales et l'intégration croissante de nouveaux dispositifs pour l'assistance aux gestes chirurgicaux conduisent tout naturellement à développer des collaborations entre chirurgiens et chercheurs en robotique médicale. L'acquisition récente de nouveaux systèmes dédiés à l'assistance aux gestes de chirurgie mini-invasive tels que le robot DaVinci fabriqué et commercialisé par la société Intuitive Surgical pour le CHU et la plateforme RAVEN II (plateforme ouverte sur les plans logiciel et matériel) pour le LIRMM, constitue un excellent vecteur de développement d'activités de recherche communes UM1-UM2-CHU. Guidés par la nécessité permanente d'améliorer les outils ou pratiques chirurgicales des cliniciens et dans un souci constant d'augmenter le service médical rendu pour le patient et le chirurgien, deux axes dans le prolongement des travaux menés jusqu'à présent seront particulièrement développés dans le cadre de ces collaborations. Le premier s'attachera à l'amélioration et l'augmentation des capacités d'apprentissage des praticiens et le deuxième axe aura pour vocation d'augmenter leurs capacités d'action et de perception.

Dans le prochain quinquennat, une partie des activités de recherche qui sont aujourd'hui réalisées dans l'équipe DEXTER, se développera au sein du « Centre de formation et d'apprentissage par la simulation » de la nouvelle Faculté de Médecine. L'objectif affiché est d'être au cœur des besoins exprimés par les chirurgiens et les médecins pour aborder des verrous scientifiques et techniques liés à des nouvelles pratiques chirurgicales dans des domaines tels que la chirurgie endoluminale, la chirurgie ORL ou bien encore la radiologie interventionnelle.

Ce projet s'inscrit au cœur du Labex CAMI (2012-2019), un réseau national de six laboratoires (TIMC-IMAG, ICube, ISIR, LIRMM, LTSI, LaTIM) qui ont des compétences reconnues dans le domaine de l'assistance aux gestes chirurgicaux assistés. Ce Labex a pour vocation de dépasser les frontières des connaissances scientifiques, médicales et industrielles pour développer des innovations dans les domaines de l'assistance aux gestes médicaux-chirurgicaux et des dispositifs médicaux avec une démonstration claire du bénéfice médical en termes de santé publique. Le projet trouve également une interaction naturelle avec le projet intégré « Aide à la personne malade et déficiente » du Labex NUMEV qui a pour mission de faciliter le développement d'interactions des chercheurs et des cliniciens au niveau régional.

d) Centre de recherche pour les données et connaissances environnementales et de santé

Depuis de nombreuses années, différentes équipes du département informatique du LIRMM travaillent avec des laboratoires régionaux, nationaux ou internationaux sur le traitement des données complexes liées à la santé et à l'environnement. Elles s'intéressent à des données volumineuses, disponibles de plus en plus rapidement et très souvent hétérogènes : données satellitaires, données textuelles, données issues de capteurs, données de terrains. Les équipes s'intéressent à l'intégration, la représentation, l'extraction et la visualisation de connaissances nouvelles.

Qu'il s'agisse de données médicales, environnementales ou sociétales, elles possèdent cependant au niveau des traitements qui peuvent être réalisés des similarités :

- Hétérogénéité : les données médicales sont hétérogènes (par exemple les patients abordent leur symptôme/maladie de manière différente des professionnels de santé). Il en est de même des données environnementales : le traitement de la qualité de l'eau nécessite l'intégration et l'analyse des données satellitaires, des données d'occupation des sols, de relevés terrains, de capteurs.
- Volume : Vouloir rendre interopérable les données dans un contexte de recherche médicale nécessite de traiter de gros volumes de données pour créer des ontologies adaptées. Les contraintes sont similaires pour l'environnement : mesurer la pollution par les nitrates nécessite d'intégrer de très gros volumes de données relatives aux évolutions des cultures, aux ruissellements et à l'érosion, pour mieux appréhender les impacts sur la qualité de l'eau et des surfaces. Par ailleurs, les nouveaux modes de communication via les réseaux sociaux produisent des données massives (par exemple, 500 millions de tweets postés par jour) contenant des informations qui peuvent avoir un impact sociétal majeur (par exemple pour la prédiction de maladies ou de catastrophes naturelles). Il est alors nécessaire de mettre en place de nouvelles méthodes d'analyse permettant de traiter ces données volumineuses et complexes.
- Disponibilité : les données manipulées sont disponibles de plus en plus rapidement (par flux). Qu'il s'agisse d'information sur les patients, de flots de données cytométriques, d'images satellites, de données de capteurs, il est indispensable de proposer des approches prenant en compte cet aspect dynamique et adaptant les connaissances acquises.

Des résultats ont déjà été obtenus dans le cadre du pôle « données connaissances », des projets Mastodons et PEPS, du labex NUMEV et de l'Equipex GEOSUD. Notre objectif est de favoriser le développement de méthodes et d'outils logiciels pour traiter le continuum existant entre les données, les informations et les connaissances issues de ces données environnementales, sociétales ou de santé. Ce développement ne peut se faire sans la mise en place d'un groupe de recherche pluridisciplinaire. Les actions communes engagées de longue date entre le LIRMM et le laboratoire TETIS et les recrutements récents comme Directeurs de Recherche de plusieurs anciens membres du LIRMM dans des laboratoires de recherche de la Maison de la Télédétection, sont autant de signes de l'engagement réciproque des différents laboratoires sur ces domaines à fort enjeu scientifique et sociétal. Une première étape consistera en la mise en place d'une équipe mixte sur l'extraction de connaissances portée par l'équipe TATOO et une partie des chercheurs de TETIS. A terme, nous souhaitons associer à ce projet d'autres laboratoires et des partenaires industriels. Nous nous appuierons sur les contacts académiques et industriels créés dans le cadre du bouquet de formation TIC Santé (en partenariat avec l'Université Montpellier 1 et l'Institut Mines Télécom) et du Master STIC pour l'Écologie et l'Environnement.

I.4. Accompagner le développement économique régional

Les dernières années ont montré un impact de plus en plus fort de la Région sur le financement de la recherche. Il nous a fallu convaincre la Région que l'argent public investi sur la Recherche était un bon investissement avec des retombées économiques et culturelles. Les fonds investis dans le nouveau bâtiment, le financement de certains chercheurs ou projets montrent la confiance des collectivités territoriales. Notre but est de renforcer notre visibilité dans ce cadre pour nous inscrire sur la durée dans les priorités locales.

I.4.1 Renforcer la lisibilité de nos compétences

Avec ses 19 équipes, le laboratoire possède aujourd’hui un champ de compétences large. La lecture de ces compétences depuis l’extérieur n’est pas toujours chose facile. A partir du travail réalisé lors de l’élaboration de la plaquette valorisation, et profitant de l’évaluation, nous souhaitons élaborer un portefeuille de compétences (fiches de compétences accessibles par mots-clés sur notre site Web, vidéothèque de nos réalisations, etc.) afin de faire connaître à un public le plus large possible (académiques, industriels, étudiants, grand public) nos savoirs et nos savoir-faire. Des outils complémentaires tels qu’une lettre d’information (numéros spéciaux de LIRMM Infos) diffusée à nos partenaires tous les semestres), l’organisation de journées « partenaires » (en collaboration avec nos partenaires comme Transferts LR), la participation à la vie des pôles de compétitivité aideront à mieux faire connaître nos compétences.

I.4.2 Améliorer la valorisation des logiciels libres

De par ses compétences, le laboratoire développe de nombreux logiciels libres qui prennent des formes très variables comme en atteste la présentation faite dans le chapitre 2. Le laboratoire souhaite développer une meilleure sensibilisation des chercheurs à la capitalisation, la valorisation et la diffusion de ce savoir-faire. Cette préoccupation est aussi partagée par certains laboratoires de l’Université. Deux actions sont à l’étude :

En collaboration avec nos tutelles, nous sommes en train de travailler à la mise en place d’un cycle de séminaires sur le logiciel libre (caractéristiques, licences, outils de Protection Intellectuelle, etc.) destinés aux chercheurs.

Côté laboratoire, un groupe de travail en lien avec la commission valorisation a été constitué avec pour mission en 2014 l’étude d’une plateforme de recensement et de dépôt de logiciels dédiée à la promotion des réalisations du laboratoire. Le laboratoire pourra être pilote pour l’Université. Des retombées pour ce projet sont attendues pour le prochain quinquennal.

I.4.3 Conforter les partenariats avec les entreprises

Le laboratoire souhaite renforcer les liens avec les entreprises, PME/PMI situées en Région mais aussi grands groupes nationaux. L’accueil ponctuel dans nos locaux de personnes de ces entreprises pour travailler sur des projets communs est une solution efficace pour réaliser des opérations de transfert. Le schéma de l’Innovation-lab (Inria) est intéressant pour cela, et mérite d’être développé. D’autres solutions de partenariats forts sont en cours de discussion comme par exemple, l’installation en Région d’un OpenLab avec PSA dans lequel le laboratoire sera fortement impliqué, en particulier sur les aspects robotique, ou encore les montages des LabCom avec les sociétés Berger Levraud et Tecnalia.

Dans le cadre du campus Saint-Priest, avec nos collègues du LMGC et de l’IES, nous avons comme ambition de devenir un acteur majeur de la recherche et de l’innovation au niveau régional et national. Nous sommes impliqués ensemble dans des projets (par exemple RIDER) et nous comptons

sur la proximité pour amplifier notre collaboration avec comme catalyseur la toute nouvelle SATT située elle aussi sur le campus. Notamment nous comptons valoriser et ouvrir nos plateformes technologiques et logicielles de façon coordonnée.

I.5. Mieux communiquer vers le grand public

Le LIRMM a été sollicité pour participer activement à l'animation de la toute nouvelle plateforme de diffusion des savoirs Genopolys, implantée au cœur du campus hospitalier Arnaud de Villeneuve à Occitanie (inauguration prévue en novembre 2013). Cette nouvelle "médiathèque" de la recherche dédiée à la biologie-santé proposera des cours, des conférences et des formations au grand public, aux chercheurs, aux médecins et aux acteurs industriels.

Les enseignants-chercheurs du LIRMM pourront également prendre part à la future Unité d'Enseignement (UE) "Médiation Scientifique" proposée par le Collège Doctoral Université Sud de France (responsable du projet : Thierry Brassac, Pôle Culture Scientifique de l'UM2)

Afin d'améliorer la visibilité du LIRMM lors de certains événements publics, le service communication étudie l'idée de concevoir un kit événementiel modulable afin de pouvoir monter et animer un stand et mettre à la disposition des intervenants du matériel d'information vulgarisée adaptée au grand public.

Notre mission est également d'attirer des lycéens vers nos disciplines. Dans ce but, nous accueillons régulièrement des classes de lycéens. Cette démarche qui rencontre du succès nécessite une structuration pour la rendre plus efficace et visible. Par exemple, une bibliothèque d'exposés à destination du grand public pourrait être conçue. Le service communication étudie également l'idée de privilégier l'accueil de petits groupes, dans le cadre de projets scolaires plus précis. Le renfort de doctorants motivés par ce projet pourrait nous permettre d'assurer cette évolution. Enfin, une piste de réflexion pourrait être la signature d'une convention (partenariat long terme), soit avec le Rectorat de l'Académie de Montpellier, soit avec un lycée en particulier.

Afin de mieux préparer les interventions de nos enseignants-chercheurs dans les lycées, le service communication étudie l'idée de mettre à disposition des enseignants du secondaire une liste de documents scientifiques à partir desquels ils pourraient travailler avec leur classe, avant même la venue de l'intervenant.

I.6. Formation et Formation par la recherche

En ce qui concerne la formation par la recherche, plusieurs enjeux nous attendent sur la période à venir. Voici une liste établie à partir d'une réflexion commune avec des doctorants du laboratoire (Groupe de travail Formation pour le Recherche).

- Réflexion sur la durée moyenne des thèses. Nous avons constaté sur la période une durée des thèses qui s'est légèrement allongée. Cette durée trouve souvent des explications dans la nécessité de développer des prototypes afin de mettre à l'épreuve des contributions théoriques, de mettre en place des validations expérimentales et de mieux valoriser le travail.
- Réflexion sur un taux d'abandon qui nous interroge. Certains abandons sont positifs en un sens car nous travaillons dans des domaines où l'industrie offre des emplois attractifs, notamment de recherche et développement. Nous allons proposer à l'Ecole Doctorale d'étudier ces phénomènes et d'en identifier les causes.

- Le développement du laboratoire sur plusieurs sites peut avoir des effets sur l'intégration des doctorants de l'équipe distante de Perpignan dans la communauté des doctorants du LIRMM. Les actions à mener consisteront à offrir des moyens techniques pour la venue ou la participation à distance de ces doctorants aux activités du laboratoire qu'elles soient de nature conviviale ou scientifique.
- Différentes propositions seront faites pour renforcer et élargir le SéminDOC : séminaires croisés entre deux doctorants sur un thème commun pour susciter des collaborations, ouverture de certaines présentations aux permanents, accentuation de la participation des étudiants de Master, invitation de doctorants d'autres universités, pour échanger à la fois scientifiquement (exposé) et sur la vie pratique.
- Association des doctorants aux actions de médiation, de manière à les encourager à s'investir dans la médiation scientifique. Ce pourrait être étendu aux étudiants de Master. Plusieurs occasions sont offertes dans l'année de mettre en pratique des actions de médiation : journées universitaires, journées des organismes et des collectivités territoriales, pratique dans les lycées avec l'ouverture actuelle d'enseignements dans nos disciplines.
- Continuer à améliorer l'accueil, déjà plébiscité par les doctorants et les étudiants de Master, en offrant un bureau fermé pour mieux préserver la confidentialité des échanges. Le maillon manquant dans l'accompagnement, à savoir l'aide aux doctorants pour les formalités de constitution des dossiers de sécurité sociale, est en cours de construction. Sur le plan de l'accueil, nous allons également concevoir un processus d'accueil (avec rédaction d'un document "comment accueillir un doctorant ?") impliquant les directeurs de thèse et les équipes plus en amont (dès que le doctorant est connu et bien avant son arrivée au laboratoire) de manière à construire les dossiers plus tôt, accélérer les formalités (cartes d'entrée, de photocopie, de cantine, bureaux, clefs, etc.) et contribuer à intégrer les arrivants dans un réseau social plus rapidement. La journée des nouveaux entrants est un événement très apprécié, mais nous devons proposer un moyen de faire parvenir l'information aux doctorants qui arrivent plus tard : affecter un « ange gardien » et stocker les mails d'informations envoyés avant l'arrivée des doctorants puis les renvoyer automatiquement aux nouveaux arrivants serait une bonne solution.
- Le développement des CMI (Cursus Master en Ingénierie) nous demandera de prévoir un accueil plus tôt dans les cursus (dès la licence), donc d'étudiants plus jeunes et pour lesquels il sera important de prévoir un environnement sécurisant, enrichissant et attractif. Les cursus CMI sont une occasion unique pour les laboratoires d'attirer de très bons étudiants et de les former à la recherche sur une longue durée.
- Sensibiliser à la création d'entreprise pour développer l'emploi en Région. En plus des actions existantes nous souhaitons proposer aux doctorants la participation à un module doctoral IAE/Polytech, ou de faciliter la participation à la formation organisée par le BIC (Incubateur de l'agglomération de Montpellier).

Le LIRMM s'engage à continuer à soutenir activement toutes les initiatives participant à la formation des jeunes chercheurs, par un appui financier ou organisationnel à la participation ou à l'organisation d'événements tels que les écoles de jeunes chercheurs ou les modules doctoraux du type du module image (<http://www.lirmm.fr/ModuleImage/>) qui fait venir des conférenciers de haut niveau dans un domaine précis.

De plus, le développement de la recherche aux interfaces (géographie, biologie, médecine, SHS, etc.) transforme l'origine disciplinaire de certains des doctorants que nous accueillons, qui plutôt que d'être exclusivement informaticiens, roboticiens ou micro-électroniciens, se trouvent diplômés dans des formations de Master hors du champ disciplinaire du LIRMM. Nous devrons construire avec ces

étudiants des compléments de formation pour asseoir le champ disciplinaire complémentaire de leur formation initiale et leur faciliter l'intégration dans les deux communautés disciplinaires. Le laboratoire peut s'appuyer sur les différentes Ecoles Doctorales et les structures pluridisciplinaires comme certains PIA pour mener des actions de financement et de suivi de l'avancement des doctorants concernés.

Après avoir brossé une vue d'ensemble du laboratoire dans les pages ci-dessus, nous pouvons maintenant nous rapprocher des divers fronts de sciences qui seront abordés par nos trois départements.

II - Projet pour le Département Informatique

II.1. Introduction

Le projet du département, regroupant 14 équipes, comporte inévitablement un important volet structurel que nous détaillons à travers deux aspects : l'évolution des équipes et le développement des interfaces de la recherche en informatique. Les pôles de recherche devraient améliorer la visibilité de nos activités, faciliter le travail aux interfaces et favoriser les synergies inter-équipes. Les projets de recherche relèvent de la compétence des équipes. Le volet scientifique du projet du département sera donc présenté au travers de quelques exemples significatifs dans chacun des pôles.

II.2. Evolution des équipes

Les équipes évoluent inévitablement au gré des projets de recherche développés en leur sein, des recrutements et départs, de l'arrivée de nouvelles équipes générant de nouvelles interactions. Les éventuelles recompositions d'équipes doivent être soigneusement accompagnées dans le temps afin de garantir une pérennité et la solidité de ces nouveaux projets.

L'accueil des équipes DALI (architecture, arithmétique des ordinateurs) et ESCAPE (complexité, logique, automates), couplé aux départs de plusieurs membres de l'équipe ARITH, ont profondément modifié le profil du pôle ALGORITHMES ET CALCUL. Depuis fin 2010, un groupe de recherche (ECO : Exact Computing) de trois permanents issus de l'équipe ARITH s'est constitué sur les thématiques du calcul formel, de l'arithmétique et de la cryptographie. Des discussions sont en cours avec l'équipe DALI, localisée à Perpignan, sur l'opportunité de former une équipe bilocalisée. Les autres membres de l'équipe ARITH se rapprochent de l'équipe ESCAPE sur des thématiques de combinatoire et complexité en géométrie discrète. Afin de mieux appréhender la cohérence scientifique des projets sous-jacents, ces évolutions d'équipes se concrétisent par la mise en place d'actions d'animation scientifiques communes entre DALI et ECO et d'un séminaire commun entre ARITH et ESCAPE. L'objectif est de converger, en cas d'expériences positives, vers de nouvelles équipes à échéance de 2015.

Le pôle Intelligence Artificielle a beaucoup évolué et s'est structuré ces dernières années. L'équipe Coconut a accueilli quatre nouveaux permanents (deux recrutements et deux transferts d'équipe) pour un départ. L'équipe GRAPHIK est devenue équipe-projet Inria. Le dynamisme de ces deux équipes est le gage de leur développement. L'équipe TEXTE est, quant à elle, à un tournant de son évolution après le départ de deux de ses cinq permanents. Un nouveau projet de recherche autour du traitement automatique de la langue doit être défini si nous souhaitons maintenir cette équipe. Des discussions sont en cours sur un projet recentré sur les aspects logiques de l'articulation syntaxe-sémantique du langage naturel.

Comme pour le pôle Algorithmes et Calcul, l'arrivée de l'équipe ZENITH (Inria) dans le pôle Données et Connaissances a eu un impact fort pour notre communauté : constitution d'une communauté de recherche importante sur le traitement des données et donc amélioration de notre visibilité dans ce domaine. L'équipe TATOO, spécialisée dans la fouille de données, collabore de longue date avec l'équipe SISO du laboratoire TETIS (CIRAD, IRSTEA) sur les grandes bases de données (big data) liées à l'environnement, la santé et les sciences humaines et sociales. Le renforcement de ces deux équipes sur des thématiques communes à l'aide de recrutements récents de part et d'autre, nous amène à considérer la mise en place d'une équipe commune avec le laboratoire TETIS. De leur côté, quelques chercheurs issus des équipes ZENITH et TATOO lancent un groupe de recherche, OPEN DATA, sur les problématiques spécifiques aux données ouvertes. Dans ce contexte, l'enjeu des prochaines années pour le département sera de stabiliser et de structurer le contour de ses équipes de recherche autour du traitement des données. Ce travail est nécessaire pour devenir un acteur majeur de ce domaine ouvert à l'ensemble des disciplines scientifiques générant des grandes masses de données.

II.3. Analyse et évolution des pôles

Malgré leur mise en place très récente, l'apport des pôles est mesurable par l'espace d'échanges scientifiques qu'ils créent. Il sera important, à très brève échéance, d'analyser finement ces interactions. Nous devrons nous interroger sur les contours des pôles pour intégrer les nouvelles dynamiques inter-équipes. Nous pouvons d'ores et déjà évoquer deux constats :

- La proximité entre le pôle Méthodes Informatiques et Modélisation pour l'Environnement et le Vivant et le pôle Données et Connaissances sur les applications liées au traitement de données environnementales et biologiques est importante. Des différences notables existent néanmoins de part les cultures scientifiques ainsi que les objectifs. Le pôle Données et Connaissances n'a pas vocation à se limiter aux données environnementales ou biologiques. Outre le traitement de telles données, les objectifs du pôle Méthodes Informatiques et Modélisation pour l'Environnement et le Vivant comportent aussi la modélisation mathématique et informatique et le traitement algorithmique de ces données.
- La question d'un pôle Génie Logiciel autour de l'équipe MAREL se pose. Cette équipe se positionne aujourd'hui dans le pôle Données et Connaissances pour ses activités sur les données logicielles (ingénierie des modèles, de la réutilisation et la variabilité). D'autres équipes mènent aussi des travaux relevant pour certains aspects du génie logiciel (l'équipe SMILE par exemple). Le développement à terme d'un véritable pôle de recherche autour du génie logiciel est une question sur laquelle le département devra se positionner.

II.4. Développement des interfaces

Les pôles de recherche peuvent aussi être un outil formidable pour améliorer la visibilité de nos recherches auprès de notre communauté mais aussi auprès des autres disciplines. Nous avons observé au cours du dernier quinquennat l'émergence de structures d'animation scientifique interdisciplinaires à travers les projets NUMEV et plus récemment IBC. Pérenniser des telles structures, les élargir ou les ouvrir à des thématiques non couvertes aujourd'hui mais fortement présentes dans notre département constituera un projet de grande envergure.

II.4.1 Informatique - Mathématiques

Les liens entre les équipes d'informatique théorique du LIRMM et celles du laboratoire de mathématiques (I3M) existent depuis de nombreuses années sur des thématiques qui évoluent au cours

du temps. Aujourd’hui, les collaborations se développent autour de la combinatoire et de la géométrie discrète. Cela s’est traduit par plusieurs recrutements d’enseignants-rechercheurs spécialistes de mathématiques discrètes à l’I3M, l’animation d’un séminaire commun (Algèbre et géométrie combinatoire) avec les équipes ALGCO et ARITH ainsi qu’un projet de recherche soutenu par l’ANR (sur la théorie des matroïdes).

Il serait intéressant d’élargir les interactions entre informatique et mathématiques à d’autres thématiques. L’analyse statistique et le traitement des données massives pourraient être un point de rencontre intéressant entre nos communautés. Citons dans ce cadre : des travaux récents menés au sein de NUMEV sur la détection de cellules rares aussi bien du côté de l’I3M que du pôle Données et Connaissances, ainsi que l’implication de chercheurs de l’I3M dans l’Institut de Biologie Computationnelle sur des problématiques autour des modèles et méthodes en biologie évolutive. Nous le constatons, les conditions sont réunies à l’échelle du site de Montpellier pour développer et structurer les collaborations entre informatique et mathématiques. Un tel projet pourrait offrir de nouvelles perspectives de recherche originales.

II.4.2 Sciences des données

Le récent développement de nos équipes de recherche sur les données couplé à un environnement académique extrêmement riche sur les thèmes de l’environnement, l’agronomie, la biologie et la santé constituent un potentiel de recherche unique et prometteur. Nous devons exploiter ce contexte afin de devenir un acteur majeur du domaine. Pour ce faire, au-delà de l’organisation des équipes discutée plus tôt, nous devrons agir à deux niveaux :

- stimuler au mieux les interactions entre nos équipes de recherche : par exemple l’implication des équipes d’Intelligence Artificielle dans les projets développés par le pôle Données et Connaissances sera un atout supplémentaire.
- pérenniser nos collaborations avec les organismes de recherche partenaires (tels que le CIRAD, IRSTEA, INRA. . .) A l’instar de ce que nous développons pour la bioinformatique, nous pouvons viser à moyen terme le développement d’une plateforme logicielle pour la fouille de données, l’intégration des données et la gestion de connaissances, ainsi que les workflows. A plus long terme, la mise en place d’une structure d’hôtel à projets pourrait être un levier extraordinaire.

II.4.3 Informatique - Biologie

Le projet NUMEV et plus récemment le projet de l’Institut de Biologie Computationnelle offrent un cadre très stimulant pour le développement de collaborations entre informatique et autres disciplines scientifiques (au sein du pôle MIPS pour NUMEV et avec les biologistes pour l’Institut de Biologie Computationnelle). Pérenniser l’Institut de Biologie Computationnelle passera sans doute par une implication plus prononcée des tutelles partenaires. Les recrutements récents de bioinformaticiens dans différents laboratoires de biologie à Montpellier ne pourront que stimuler ces interfaces. L’option d’un hôtel à projets aux contours scientifiques élargis par rapport à l’Institut de Biologie Computationnelle et NUMEV doit aussi être envisagée.

II.5. Directions et projets de recherche au sein des équipes

Nous avons déjà évoqué quelques projets qui pourraient être à l’origine de l’évolution de certaines équipes. La plupart des projets démarrant dans les équipes s’inscrivent dans les thématiques mises en avant pour chacun des pôles. Nous mentionnons ci-dessous quelques directions de recherche pour chacune de ces thématiques.

II.5.1 Pôle Algorithmes et Calcul

Ce pôle présente désormais une continuité thématique allant de la théorie de la complexité (ESCAPE) en passant par la combinatoire, les mathématiques discrètes et le calcul formel (ARITH, groupe ECO et ALGCO) jusqu'à l'algorithmique, l'optimisation combinatoire et la recherche opérationnelle (ALGCO et MAORE). Les équipes DALI et ICAR apportent des compétences relevant du calcul numérique (pour la sécurité numérique et le traitement d'image). Nous devrons à l'avenir mieux structurer l'animation scientifique commune afin de tirer profit au mieux des compétences complémentaires des uns et des autres.

a) Combinatoire et structures discrètes

Les graphes topologiques seront l'une des thématiques de recherche principales de l'équipe ALGCO (projet ANR Egos). La plupart des familles de graphes plongeables dans le plan possèdent des structures orientées en lien avec des objets combinatoires classiques (par exemple les triangulations Delaunay). L'objectif sera de généraliser ces résultats (combinatoires et algorithmiques) à des surfaces de genre supérieur et des objets de dimensions supérieures. Les liens entre combinatoire et géométrie discrète relèvent aussi des projets des équipes ARITH (droites et courbes discrètes) et ESCAPE (automates cellulaires et pavages). Enfin ces deux équipes mènent des projets à l'interface de la combinatoire et de la physique théorique (systèmes dynamiques discrets).

b) Algorithmes combinatoires et complexité

Résoudre efficacement des problèmes combinatoires difficiles du point de vue de la théorie de la complexité est un objectif que partagent les équipes MAORE et ALGCO. Les projets de l'équipe MAORE sont motivés par des applications issues des systèmes et réseaux, de la conception et du test de circuits intégrés ou encore de l'ordonnancement. Les outils utilisés sont aussi bien l'approximation (avec garantie de performance ou non) que des méthodes exactes (paramétrées et non-paramétrées). L'équipe ALGCO travaille sur la théorie de la kernelization afin de comprendre et mesurer l'efficacité des méthodes de prétraitement polynomial (utilisées dans de nombreuses heuristiques). Dans ce cadre, de nombreux résultats (bornes inférieures et supérieures) ont été obtenus sur des problèmes spécifiques. Pour une compréhension plus globale de ces techniques, il est nécessaire d'obtenir des résultats méta-algorithmiques.

Il s'agit d'établir des liens entre expressibilité d'un problème dans une certaine logique et l'existence d'algorithmes de kernelization. La question de calculer dans un modèle tolérant à une probabilité d'erreurs même faible n'est toujours pas bien résolue dans le modèle des réseaux booléens, mais pas non plus dans celui des automates probabilistes. Un des projets de l'équipe ESCAPE est de regarder ce qu'il est possible de faire dans un modèle statistique comme celui de Ising. Dans ce contexte, des notions d'énergie et de température remplacent les petites chances d'erreurs, et personne n'a encore réussi à inclure un modèle de calcul.

c) Calcul numérique, calcul formel, cryptographie et HPC

Les problèmes et applications liés aux différents types de calculs (calcul formel, calcul haute-performance, calcul et précision numérique) forment le socle commun des projets du groupe ECO et de DALI. Une thématique nouvelle pour ECO concerne la résolution effective de problèmes réputés difficiles, notamment dans le cadre d'applications cryptographiques, par exemple le problème du logarithme discret dans un corps fini (ANR Catrel). Ces questions reposent autant sur des améliorations algorithmiques que sur des implantations logicielles optimisées en lien avec le HPC. Ce dernier point est aussi un sujet de recherche important de l'équipe DALI qui envisage plusieurs pistes pour l'amélioration de la performance des calculs : par élargissement des chemins (micro-architecture

vectorielle), multiplication des cœurs (parallélisme de tâches), ou encore augmentation du parallélisme d'instructions (ILP).

Dans son axe de recherche sur la sécurité numérique, l'équipe ICAR développera de nouveaux algorithmes pour sécuriser des données numériques telles que des images, des vidéos ainsi que des scènes ou des objets 3D. Les domaines de recherche de cet axe s'orientent autour de plusieurs thématiques qui sont la stéganographie/stéganalyse, l'insertion de données cachées, le chiffrement sélectif des images et des vidéos, ainsi que la recherche de preuves dans des documents multimédias.

II.5.2 Pôle Intelligence Artificielle

Outre la réorientation du projet de l'équipe TEXTE discutée plus tôt, les équipes d'intelligence artificielle se trouvent à la croisée de nombreux projets de recherche inter-équipes : sur le traitement des données (avec l'équipe ZENITH), le génie logiciel (avec l'équipe MAREL) ou encore l'algorithmique et l'optimisation (avec les équipes ALGCO ou MAREL).

a) Raisonnement et inférence

Les travaux de l'équipe COCONUT mêlant la théorie de l'apprentissage à la résolution de problèmes de contraintes se poursuivront dans le cadre du projet Européen ICON. Le développement d'algorithmes efficaces pour la prise en compte d'inconsistances dans les données vis-à-vis des ontologies est au cœur de deux nouveaux projets ANR (Pagoda et Aspiq) de l'équipe GRAPHIK. Dans ce cadre, le développement d'une plateforme logicielle est un objectif à moyen terme.

Les liens avec le pôle Données et Connaissances sur ces problématiques liées au raisonnement et à l'inférence sont appelés à se renforcer. Notons que ces projets pourront s'inscrire pleinement dans la nouvelle action de recherche du GDR I3 sur la gestion de données distribuées à large échelle. Notons aussi les projets en collaboration avec l'équipe MAREL sur l'utilisation des techniques de contraintes (Coconut) pour l'ingénierie des modèles logiciels, ou sur l'accessibilité numérique s'appuyant sur la théorie des préférences (GRAPHIK).

b) Aspects algorithmiques de l'intelligence artificielle

Les travaux de GRAPHIK sur Ontology-Based Data Access avec des règles existentielles se sont d'abord attachés à des études de décidabilité (mise en évidence de propriétés suffisantes de décidabilité) et de complexité des problèmes sur les fragments logiques identifiés comme décidables, puis d'algorithmique. L'un des objectifs à moyen terme est maintenant de développer des algorithmes efficaces en pratique (projets ANR Pagoda et Aspiq) en vue du développement d'une plateforme logicielle qui sera soutenue par une Action de développement technologique par Inria.

Suite aux récents recrutements, l'équipe COCONUT portera un effort particulier sur le traitement les problèmes à contraintes portant sur des variables continues. Les aspects algorithmiques des méthodes à intervalles seront abordés en s'inspirant des principes issus de la programmation par contraintes discrètes. A long terme, l'équipe profitera de sa double compétence sur les contraintes discrètes et continues pour travailler sur des modèles mixtes très courants en pratique. Notons enfin que des discussions préliminaires démarrent sur la complexité paramétrée des problèmes de contraintes (avec ALGCO) ou l'utilisation de contraintes dans le cadre de l'ordonnancement (avec MAORE).

c) Jeux sérieux

Fort de son expérience sur les systèmes multi-agents et les jeux sérieux, l'équipe SMILE travaillera notamment sur l'adaptation dynamique et automatique du jeu au profil utilisateur. Dans ce cadre, leurs futures recherches concernent la génération automatique des différentes scènes d'un jeu. De plus, cet axe de recherche est fortement connexe avec les problématiques que SMILE aborde dans le domaine de la simulation multi-agents. Ainsi, il est prévu que les projets sur le calcul haute

performance et la simulation multi-agents bénéficient directement à leurs activités en lien avec le jeu.

II.5.3 Pôle Données et Connaissances

Les données massives (big data), les données scientifiques, les données ouvertes, distribuées ou non sont donc au cœur du pôle Données et Connaissances. Les équipes du pôle sont impliquées dans plusieurs PIA (par exemple Xdata) ou projets défi MASTODON.

a) Intégration de données et gestion de connaissances

Le projet Qualinca sur la résolution d'entités pour les bases documentaires et le web des données sera au cœur des activités de l'équipe GRAPHIK. Les équipes SMILE, TATOO et TEXTE débutent un projet sur l'utilisation d'ontologies pour des services d'indexation, de fouille et recherche de données pour des ressources biomédicales. Nous avons évoqué l'émergence du groupe de recherche Open Data. Par ailleurs, l'équipe ZENITH est impliquée dans le nouveau PIA Xdata sur l'intégration de données ouvertes et privées dont un des objectifs est d'étendre l'outil WebSmatch. Cet outil intégrera des techniques d'apprentissage (en collaboration avec COCONUT) et sera appliqué à l'intégration de données biologiques. Les travaux de ZENITH sur le framework MapReduce pour l'analyse de bigdata se poursuivront dans le cadre du projet PIA Datascale et des projets Plantnet et Bigdatanet.

b) Fouille de données

L'équipe TATOO aborde la problématique de la détection de données atypiques. Grâce aux moyens obtenus dans le cadre du Labex NUMEV, les travaux entrepris pourront se prolonger. Le domaine d'application visé sera la santé. Enfin plusieurs projets du défi CNRS MASTODONS débutent : sur l'analyse de données multidimensionnelles (TATOO), la fouilles de données issues de phénotypage (ZENITH) ainsi que des données environnementales et agronomiques (TATOO). La prise en compte de l'hétérogénéité et de la complexité des données à traiter seront centrales à ces projets. Mentionnons aussi les projets de l'équipe MAREL sur l'ingénierie de la réutilisation et de la variabilité logicielle qui nécessiteront l'utilisation de méthodes de fouilles de données pour analyser des relations entre les entités logicielles.

c) Recommandation, recherche d'information et distribution/parallelisme

L'équipe ZENITH lance de nombreux projets sur la recommandation de contenus et la gestion de workflows scientifiques distribués dans les architecture cloud multi-sites : développement d'un système de recommandation de contenus entre utilisateurs collaborant depuis des clouds différents (projets Bigdatanet et MASTODONS); projet de middleware Scifloware pour exécuter des workflows scientifiques spécifiés dans des langages de workflows différents ; système d'exécution de workflows sur un système de stockage de données multi-sites (projet avec Microsoft).

II.5.4 Pôle Méthodes Informatiques et Modélisation pour l'Environnement et le Vivant

L'augmentation de la masse des données biologiques (génomiques et transcriptomiques), environnementales ou agronomiques s'accélère et s'accélérera encore dans les années à venir. Ces données ouvrent la voie à de nouvelles problématiques de recherche (médecine personnalisée, étude de biodiversité, identification de variants pathogènes, etc.) qui nécessitent des développements algorithmiques et méthodologiques importants. Ces projets s'inscrivent pour la plupart dans le cadre de l'Institut de Biologie Computationnelle et sont complémentaires de ceux relatifs à ces domaines

d'application que nous avons déjà évoqués dans le cadre des autres pôles (fouille de données, jeux sérieux, etc.).

a) Informatique et biologie fondamentale

L'équipe Mab va étendre ses travaux pour l'analyse de séquences haut-débit (logiciel CRAC). L'identification d'événements rares dans les mécanismes de transcription est l'un des objectifs. Il faudra pour cela comprendre les mécanismes biologiques et développer de nouvelles méthodes d'analyses flexibles, efficaces et statistiquement contrôlées. Les applications visées sont par exemple le développement de cellules cancéreuses. Par ailleurs, l'équipe Mab travaillera sur de nouveaux outils d'annotation fonctionnelle des protéomes intégrant, aux mesures d'homologies classiques avec d'autres génomes proches, des mesures d'expression transcriptomiques ou des signaux de régulation.

b) Agronomie, environnement et santé

En phylogénie, les méthodes algorithmiques actuelles (basées sur des modèles probabilistes ou combinatoires) sont efficaces à l'échelle des gènes. Les rendre efficaces à l'échelle du génome permettra par exemple d'attaquer des questions à l'interface de la phylogénie et la génétique. Les principales applications porteront sur les génomes d'intérêt agronomique (riz) et les données issues des pandémies virales (VIH, grippe, etc.).

Par ailleurs, l'équipe GRAPHIK, en tant qu'équipe-projet Inria, compte parmi ses membres des chercheurs du laboratoire IATE (INRA). Leurs travaux communs (dans le cadre du projet Européen EcoBioCap) portent sur l'aide à la décision dans les filières agro-alimentaires en utilisant des techniques de représentation des connaissances. Les techniques développées étant génériques, divers types d'applications liées à l'agronomie et l'environnement pourront être envisagées par la suite.

L'équipe ICAR développe des méthodes originales d'analyse et de traitement de l'image et les applique en particulier aux domaines de la santé et de l'environnement. Pour un meilleur suivi thérapeutique en cancérologie, il est important d'être capable de quantifier le bruit dans les images tomographiques. En agriculture de précision, la détection de plantes adventices à l'aide de caméras hyper-spectrales implantées sur un drone permettra d'optimiser les traitements.

II.6. Moyens nécessaires à la réussite du projet

Le département accompagnera ce projet par l'attribution de moyens fléchés sur les différentes actions : des affichages de postes d'enseignants-chercheurs pourront être destinés à accompagner les restructurations d'équipes dont les projets seront concluants. La politique budgétaire du département permettra de garantir le fonctionnement des pôles de recherche. Enfin, nous constatons depuis plusieurs années une augmentation des développements logiciels, en cohérence avec l'élargissement des interactions avec les autres disciplines et la nécessité toujours présente d'entretenir une visibilité internationale. Cependant, les projets de développement logiciels (prototypes, plateformes, etc) se heurtent au manque de moyens en ingénieurs. Obtenir de tels moyens humains est de toute première nécessité pour le département et sera l'un de ses objectifs ces prochaines années.

III. Projet pour le département Robotique

III.1. Introduction

Comme nous l'avons mis en évidence dans la présentation du bilan, le département a un fort ancrage national qui s'est illustré sur la période 2008-2013 au travers des différents PIA (Equipex ROBOTEX, Labex CAMI, Labex NUMEV, PSPC INTENSE) dans lesquels ses équipes sont impliquées avec des compétences identifiées et reconnues dans des domaines tels que la robotique de production, la robotique humanoïde, la robotique médicale, la robotique sous-marine ou bien encore les neuroprothèses. Le département a été ou est également très présent au niveau international dans de nombreux projets européens (FP6 NEXT, FP6 AccuRobAs, FP7 ARAKNES, FP7 CableBot, FP7 TIME, FP7 VERE, FP7 ROBOHOW.COOG, FP7 ECHORD-PRADA) et réseaux européens (FP6-Mobility FreeSubNet, COST Action Robotics for Neurore habilitation, COST Action for European Scientific Network for Artificial Muscles) et développe de nombreuses collaborations internationales. Cette implication, traduisant son rayonnement international, a pour vocation à s'élargir encore dans les années à venir. Ainsi, sur la base des réalisations scientifiques et matérielles et de la valorisation, le projet du département et de ses équipes se définit suivant les quatre grands domaines présentés précédemment dans le bilan à savoir la robotique et les systèmes de production, l'aide à la personne malade ou déficiente, la robotique d'exploration et l'interaction homme-robot.

III.2. Défis majeurs

III.2.1 Robotique et systèmes de production

Dans ce domaine, le projet se décline suivant deux axes que sont la robotique parallèle et la co-robotique.

Robots parallèles - Ce premier axe, essentiellement porté par l'équipe DEXTER, repose sur le développement d'outils scientifiques de conception, de modélisation et de commande nécessaires pour accompagner et anticiper les besoins et les évolutions de l'industrie dans des secteurs tels que l'industrie agro-alimentaire. L'objectif toujours affiché est d'améliorer les performances en termes de précision et vitesse, grâce, par exemple, à l'extension des travaux théoriques sur la redondance d'actionnement et la validation expérimentale sur de nouveaux prototypes développés dans le cadre de l'ANR ARROW et de l'Equipex ROBOTEX. Par ailleurs, la preuve de concept de robots suspendus de grandes dimensions a été faite. Mais les réalités du terrain (manutention, aéronautique, démantèlement, etc.) orientent la poursuite de ces travaux vers la conception de systèmes reconfigurables (FP7 CABLEBOT) et/ou qui embarquent des outils actifs générant des efforts dynamiques sur la plateforme qui nécessitent alors le développement de nouvelles stratégies de compensation et/ou de commande.

Co-robotique - Ce deuxième axe, porté par l'équipe IDH en collaboration avec l'équipe DEXTER, a pour objectif de développer des techniques de contrôle basées vision-force qui seront destinées à améliorer l'interaction humain-robot pour des applications industrielles de co-robotique. Ces activités visent essentiellement à améliorer l'efficacité de l'outil de production et à renforcer la sécurité des personnes tout en diminuant la fatigue des opérateurs. L'équipe IDH entreprend également dans ce contexte des activités de recherche visant à développer de nouveaux outils d'analyse, de modélisation et de compréhension du mouvement humain pour répondre aux nouveaux paradigmes d'interaction humain-robot qui seront prochainement mis en œuvre dans le domaine industriel.

III.2.2 Aide à la personne malade ou déficiente

Ce domaine continue à se développer suivant les axes majeurs des équipes DEMAR, DEXTER et ICAR, à savoir les solutions palliatives et la rééducation des déficiences sensori-motrices, les interventions médico-chirurgicales assistées, l'analyse et le traitement d'images médicales.

Solutions palliatives et rééducation des déficiences sensori-motrices. Ces dernières années de recherche ont nécessité le développement des outils logiciels et matériels communs à l'ensemble des travaux de l'équipe DEMAR. La recherche technologique a atteint sa maturité et va se poursuivre notamment sur la mesure implantée dont les deux défis majeurs restent la localisation de la source du signal ENG et l'immunité aux signaux autres que l'ENG (EMG et stimulation notamment). L'équipe consolide maintenant les technologies en lien étroit avec les partenaires industriels (Vivaltis, MXM, Sorin) afin que celles-ci, non seulement, atteignent le marché, mais soient également disponibles au sein de l'équipe comme outils de recherche performants. Ainsi, un Innovation-Lab a été créé, fin 2011, avec la société MXM-Obelia pour les systèmes implantés. En ce qui concerne la recherche fondamentale, des techniques d'automatique, de traitement du signal et des technologies logicielles ou microélectroniques innovantes seront nécessaires pour proposer des approches globales, plus difficiles à formaliser et à mettre en œuvre, mais fonctionnelles. Il s'agira ainsi de passer de la modélisation, de l'observation et du contrôle d'une articulation, à la génération du mouvement d'un membre puis du corps entier. Dans le même temps, il est indispensable pour ce contrôle de passer, de capteurs conventionnels à des capteurs réalistes pour l'utilisation clinique : estimer la force produite par un muscle et son état de fatigue à l'aide de l'EMG seulement est un des nombreux défis à relever. Par ailleurs, ces recherches fondamentales s'étendront vers les neurosciences, notamment grâce aux interactions avec les neurochirurgiens et avec l'arrivée en 2012 de deux chercheurs ayant une forte expertise dans ce domaine. L'enjeu consiste à proposer une vue globale du mouvement de la périphérie au système nerveux central. Enfin, la recherche translationnelle expérimentale, en particulier avec les patients, restera le cœur de cette activité.

Interventions médico-chirurgicales assistées. Dans cet axe, le projet est résolument guidé par la nécessité permanente d'améliorer les outils ou pratiques chirurgicales des cliniciens, dans un souci constant d'augmenter le service médical rendu pour le patient et le chirurgien. Ce projet, qui s'inscrit au cœur du Labex CAMI (2012-2019), peut se décliner suivant deux axes dans le prolongement des travaux menés jusqu'à présent à savoir d'une part l'augmentation des capacités d'apprentissage des praticiens et d'autre part l'augmentation de leurs capacités d'action et de perception. L'amélioration de la pratique des nouvelles techniques chirurgicales se fera par exemple par le développement de modèles de procédures chirurgicales et l'exploitation de ces modèles et de ces connaissances procédurales pour faciliter l'apprentissage de gestes nouveaux à l'aide d'outils dédiés avec des mobilités distales actionnées, ainsi que l'envisage l'équipe DEXTER actuellement en chirurgie à port unique. Le développement de nouvelles capacités d'action et de perception et l'amélioration des fonctions existantes impliquent de travailler sur des problématiques de conception de mécanisme et de synthèse de lois de commande performantes, robustes et sûres. Dans la continuité des travaux de recherche initiés ces dernières années, les efforts se concentreront sur différents aspects tels que, par exemple, la conception de nouveaux dispositifs déployables poly-articulés capables de prolonger les mains du chirurgien à l'intérieur du patient et compatibles avec les systèmes d'imagerie de type CT ou IRM, la planification adaptative (prise en compte des incertitudes, déformations et mouvements des organes) et le guidage actif pour l'insertion d'aiguille en radiologie interventionnelle ou pour des interventions robotisées de curiethérapie de la prostate sous échographie 3D. Ils concerneront également la téléopération à retour d'effort avec compensation de mouvements physiologiques en profitant de l'acquisition de la nouvelle plateforme de chirurgie minimalement invasive RAVEN III ou

bien encore le contrôle de robots continus (de type tubes concentriques) et d'instruments miniatures pour des gestes de chirurgie endonasale de la base du crâne.

Analyse et Traitement des images médicales - Modélisation et Visualisation. En imagerie médicale, l'aspect théorique des recherches se poursuivra autour de la robustesse des techniques de traitement de l'information appliquées aux images. En particulier en imagerie médicale tomographique, les travaux traiteront de la validation de l'apport de la quantification du bruit en tomographie d'émission dans l'aide au diagnostic médical principalement pour le suivi thérapeutique en cancérologie. Par ailleurs, un nouvel axe de recherche, mené en collaboration avec l'équipe DEMAR et portant sur la reconstruction 3D du système musculo-squelettique à partir d'images médicales pour le diagnostic assisté par ordinateur et la simulation biomécanique « patient-spécifique », devrait se développer dans les années futures avec l'arrivée récente d'un chercheur CNRS.

III.2.3 Robotique d'exploration

Dans ce domaine, le projet s'inscrit dans un contexte de robotique mobile pour l'exploration et l'intervention dans l'environnement naturel et s'appuie de façon complémentaire sur deux axes. Le premier axe, au cœur des activités de l'équipe EXPLORE, aura pour objectif de traiter des enjeux scientifiques tels que l'exploitation et l'enrichissement des modèles de l'environnement (exploitation et mise à jour des connaissances et des objectifs métiers en lien étroit avec des partenaires tels que l'OSU-OREME, CIRAD, INRA, etc. - modélisation sémantique et multimodale de l'environnement), la robustesse et la réjection des perturbations (milieu d'évolution inconnu et fortement dynamique : vents, courants, etc.), la sûreté de fonctionnement et la garantie de performances (établissement de garanties à des critères relatifs à l'exécution de la mission - architecture de contrôle sûre et observable, validation formelle), ainsi que le problème de l'autonomie ajustable dans ces milieux ouverts, non structurés et pour lesquels supervision et téléopérabilité sont contextuellement variables. Le deuxième axe, développé au sein de l'équipe ICAR, sera centré sur le développement de techniques de vision pour l'assistance à la navigation et au guidage automatique, robuste aux perturbations visuelles en considérant différentes options pour l'acquisition (monoculaire, stéréoscopique, ou stéréoscopique omnidirectionnelle) selon l'application (suivi de mur, exploration de réseaux karstiques, suivi de pipeline, reconstruction 3D de structures immergées).

III.2.4 Interaction homme-robot

Le projet dans ce domaine, principalement porté par l'équipe IDH, a pour objectif de renforcer les investigations en cours dans les thèmes majeurs de l'équipe sur la modélisation et l'interaction homme-robot cognitive, la planification multi-contacts et le contrôle visio-haptique. Dans le domaine de la modélisation et de l'interaction homme-robot cognitive, les travaux porteront sur la modélisation et l'identification de l'intention du partenaire humain moyennant les données physiologiques ou l'identification de patterns d'interaction visio-haptiques. Il s'agira également de faire croître en complexité les scénarios de tâches collaboratives homme-robot (par exemple, la co-manipulation d'objets mouvants avec des bras à base fixe, mains dextres, ou humanoïde) et d'arriver idéalement à une synergie telle que l'interaction homme-robot soit perçue par l'homme comme interactive, intuitive, sûre, et totalement proactive. Pour la planification et le contrôle en multi-contacts, les travaux de recherche se concentreront sur des méthodes qui résolvent le problème sur la base d'une perception égocentrale de l'environnement, en fusionnant des informations visuelles et des informations issues des appuis. L'identification des invariants d'appuis fera l'objet d'une investigation particulière pour déterminer quels critères guident le choix d'un appui particulier parmi une infinité de choix possibles dans des configurations types. La perception multi-contacts humaine sera également considérée pour segmenter des tâches robotiques ou faire de l'imitation robotique dans

l'espace sensori-moteur. Par ailleurs, ces travaux trouveront une extension naturelle dans le cadre d'applications en ergonomie, avec comme objectif de résoudre le problème inverse : pour un mouvement humain de tâche(s) donnée(s), où a-t-on le plus intérêt à placer des appuis et comment ? Les nouvelles plates-formes robotiques acquises via l'Equipex ROBOTEX (HRP-4, mains dextres, manipulateur mobile à deux bras, etc.) permettront de valider et d'évaluer l'ensemble des développements méthodologiques sur des scénarios variés et complexes.

III.3. Des évolutions dans le contexte régional

Au-delà du projet de recherche propre à chacune des équipes, il faut souligner l'importance de l'identité et de la visibilité régionale. Ainsi, dans le domaine de la santé, les collaborations avec l'Université Montpellier 1 (UM1 - Faculté de Médecine et STAPS) et les structures hospitalières (CHU Montpellier, Nîmes, Clinique Propara) se sont encore renforcées au regard de la complémentarité des problématiques scientifiques traitées dans les activités de recherche et de la complémentarité des acteurs. Ces collaborations s'inscrivent dans une démarche avec une vision stratégique à long terme comme l'exigent les travaux réalisés dans ces domaines. Ainsi quatre équipes du département ont des collaborations scientifiques soutenues avec des équipes de médecins ou de chirurgiens. Dans le domaine du « mouvement » par exemple, des chercheurs du département (DEMAR, IDH) collaborent avec l'équipe M2H (Movement to Health, équipe d'accueil UM1) sur des questions scientifiques de modélisation (dynamique, 3D), d'identification, de commande, ou de conception de mécanismes pour la rééducation de patients. En robotique chirurgicale, une partie des activités de recherche qui sont aujourd'hui développées dans l'équipe DEXTER, devraient, dans le prochain quinquennat, se développer au sein du « Centre de formation et d'apprentissage par la simulation » de la nouvelle Faculté de Médecine, pour être au cœur des besoins exprimés par les chirurgiens et les médecins. Ce rapprochement naturel est le fruit de collaborations récentes autour de verrous scientifiques liés à des nouvelles pratiques chirurgicales dans le domaine de la chirurgie laparoscopique, la chirurgie ORL ou bien encore la radiologie interventionnelle. Une grande partie de ces activités dans le domaine de la santé devrait être fédérée pendant le prochain quinquennat dans une Structure Fédérative de Recherche qui aura pour nom l'« Institut du mouvement humain et cybernétique » et qui a déjà reçu un avis favorable et le soutien des deux tutelles UM1 et UM2.

Par ailleurs, le département reçoit un soutien important de la région LR, en particulier, pour le financement de plateformes robotiques (robotique de production, robotique médicale, robotique sous-marine).

Enfin, nous nous inscrivons dans une dynamique régionale forte autour de la robotique dans le contexte de la spécialisation des régions au niveau européen (« Smart Specialization Strategy ») et les équipes du département se sont clairement positionnées dans la consultation régionale avec la participation à plusieurs propositions autour des thèmes « robotique et industries agroalimentaires », « robotique, mouvement et santé » ou bien encore « robotique et environnement aquatique ».

Ces exemples sont à l'image des travaux menés par les chercheurs du département qui collaborent avec les acteurs « métiers » pour garantir la pertinence des solutions ou des propositions scientifiques et reflètent parfaitement son implication actuelle à la fois au niveau local, national et international dans les domaines tels que la robotique de production, la robotique pour la santé ou l'aide à la personne malade ou déficiente, l'interaction homme-robot et la robotique et l'exploration de l'environnement.

IV. Projet pour le département Microélectronique

IV.1. Introduction

Pour bien appréhender les enjeux il est important de bien comprendre le contexte de notre domaine de recherche. Le point caractéristique de la microélectronique est son évolution permanente avec, concrètement, une nouvelle technologie d'intégration tous les 18 mois. A chaque nouvelle technologie, de nouvelles problématiques apparaissent qui ne peuvent pas être traitées par les technologues. A cette évolution des technologies "classiques" s'ajoute l'apparition de technologies "émergentes" comme les MRAM par exemple ou les transistors FinFET ou en technologie FDSOI qui sont, par nature, sources de nouveaux défis scientifiques majeurs. Enfin, une autre évolution majeure des systèmes intégrés est la mutation progressive vers des systèmes dits "intelligents". Ces systèmes sont "conscients" de leur état et sont en mesure de corriger ou d'adapter leurs caractéristiques en fonction de cet état. En d'autres termes, ces circuits sont capables de détecter ou d'estimer un paramètre caractéristique qui peut être interne ou externe. Ce paramètre peut être, par exemple, l'image d'un paramètre technologique, une information sur une perturbation externe volontaire (une attaque par exemple) ou involontaire (la température, le champ magnétique externe...), une information sur le vieillissement, sur la consommation ou sur la qualité de service. A partir du résultat de cette détection le circuit doit être en mesure de reconfigurer son architecture ou ses processus internes pour être en mesure d'atteindre un rendement de fabrication suffisant, le niveau de fiabilité recherchée, la qualité de service ou les performances (fréquence, résolution, consommation) attendues.

IV.2. Projet scientifique

Le département doit combiner une bonne vision à long terme et une grande réactivité pour être en mesure de répondre efficacement aux défis scientifiques associés à l'évolution des technologies. Dans ce contexte, notre objectif n'est pas de suivre ou de coller à l'évolution prédictive mais de permettre de réels sauts méthodologiques ou technologiques pouvant dépasser les prédictions. Pour y parvenir, nous prévoyons de poursuivre notre approche en nous autorisant à compléter l'attaque frontale ou classique des défis scientifiques par une recherche de solutions qui peuvent sembler "exotiques" en l'état des connaissances mais qui ont le potentiel de faire émerger des solutions particulièrement efficaces à long terme.

En pratique, nous allons poursuivre notre activité autour des cinq thèmes (Sécurité, Test, Technologies émergentes & MEMS, Adaptation & Résilience, Santé) qui nous semblent parfaitement adaptés pour faire émerger les défis scientifiques propres à notre domaine de recherche.

IV.2.1 Thème - Sécurité du Matériel

Le thème de la sécurité numérique restera clairement d'actualité au vu de l'explosion des demandes pour ce type d'applications. Dans ce domaine nous sommes clairement dans le cas d'une approche qui doit combiner une investigation des problématiques moyens termes et une vision long terme. Nous prévoyons d'accentuer notre activité autour des trois axes décrits dans le bilan : i) étude de sensibilité aux attaques classiques, ii) recherche de nouvelles attaques et iii) développement de techniques de contremesure. Nous prévoyons de renforcer notre activité avec l'apport des expertises complémentaires de nos partenaires académiques (par exemple, expertise en modélisation physique des effets laser, ou expérience basée sur des résultats d'expérience d'attaque laser), et de l'expertise technologique de partenaires comme STMicroelectronics ou le CEA-Leti. L'action COST TRUDEVICE sera un outil privilégié pour soutenir nos échanges au sein de la communauté européenne jusqu'en 2016. D'autre part, nous travaillerons à améliorer la confiance que l'on peut accorder au matériel

("trusted hardware") et à déjouer de nouvelles menaces comme l'insertion de chevaux de Troie matériels. Au niveau architectural nous avons démarré des travaux sur la sécurisation des processeurs et des composants programmables afin de répondre à certaines attaques au niveau logique ou protocolaire. Ces travaux se continueront notamment en association avec des industriels comme BULL, Netheos, Seclab, STMicroelectronics.

A plus long terme, les compétences acquises dans les domaines de la conception/modélisation des systèmes complexes en 3D et de la sécurité numérique devraient nous permettre d'appréhender des solutions de sécurisation du matériel pour de tels systèmes. Ce thème est dès à présent supporté par 1 projet européen (COST TRUDEVICE 2013-2016) et plusieurs projets nationaux (FUI HOMERE 2013-2016, FSN MAGE 2012-2015, ANR LISSSE 2013-2016, ANR MATAHARI 2013-2016, contrat direct avec la DGA, etc.).

IV.2.2 Thème - Test

Ce thème est un bon exemple de la nécessité de réactivité dans notre activité de recherche. Il est, en effet, difficilement concevable de parler de test si les technologies sur lesquelles il s'applique ne sont pas du tout matures. Or, à partir d'un niveau acceptable de maturité, le test devient une problématique extrêmement critique qui, si elle n'aboutit pas à des solutions viables économiquement, peut compromettre la viabilité d'une solution technologique émergente et stopper net son développement. Nous pouvons malgré tout donner des pistes d'axes de recherche qui seront étudiées. Nous allons, par exemple, analyser les mécanismes de défaillances dans les technologies mémoires non-volatiles à changement de phase (OxRAM, CBRAM). Nous allons monter en niveau d'abstraction (logique vers RTL) pour les problématiques de test faible consommation ou prendre en compte les fautes combinées matérielle/logicielle pour la tolérance aux fautes des architectures de processeurs. Nous allons aussi poursuivre toutes les activités autour du test indirect de circuits analogiques, RF et MEMS, car ces techniques ont un fort potentiel et les problématiques en présence sont très loin d'être résolues. Le projet autour de ce thème est dès à présent supporté par de nombreux projets collaboratifs européens (MASTER_3D 2013-16, ELESIS 2012-15) et nationaux (ANR EMYR, ANR SACSO, contrats directs avec la société Intel Mobile Communications ou avec le CEA LETI, etc.).

IV.2.3 Thème - Adaptation & Résilience

Ce thème couvre typiquement toutes les problématiques des systèmes intelligents de demain décrits précédemment. Nous allons ainsi poursuivre nos activités autour de l'optimisation en ligne de divers paramètres en fonction de l'état du circuit, du contexte applicatif ou des perturbations externes. Nous allons, par exemple, prendre en compte de nouveaux paradigmes et heuristiques d'optimisation dans le contexte des systèmes embarqués et de leur virtualisation (recherches menées dans le cadre du projet européen FP7 Dreamcloud), mais aussi transposer certaines de ces techniques dans le cadre de l'informatique haute performance (recherches conduites notamment dans le cadre du projet intégré FP7 Mont-Blanc 2) ou au contraire de se rapprocher des problématiques physiques bas niveau des communications en champ proche (dans le cadre des projets ANR SACSO et européen ELESIS).

Dans une dimension plus fonctionnelle haut niveau, une action visant à proposer de nouveaux réseaux de capteurs mobiles intelligents débutera en 2014, dans le cadre de l'axe « observation de l'environnement » du LabEx NUMEV.

IV.2.4 Thème - Technologies émergentes & MEMS

Il est clair que ce thème restera toujours d'actualité dans un contexte où l'évolution technologique est permanente. Pour les circuits CMOS, nous allons accentuer notre effort pour la mise au point de flots d'évaluation et de conception statistiques (en collaboration avec des mathématiciens) permettant au

concepteur de définir des variations énergétiques réalistes permettant d'assurer un fonctionnement correct du circuit au moindre coût et donc d'assurer un bon compromis performances/rendement de fabrication. Pour les nouveaux substrats technologiques (3D, FINFET, nanotube,...) nous allons développer des modèles spécifiques pour l'évaluation des phénomènes physiques (thermique, fuite de courant, variabilité,...) mis en jeu pour permettre leur prise en compte dès la phase de conception. Nous allons aussi accentuer nos efforts autour des réalisations tirant partie des technologies de mémoires émergentes non volatiles basées sur la commutation de résistance (notamment sur des mémoires magnétiques). Nous allons par exemple étendre nos recherches à l'apport de ces technologies au niveau des architectures d'ordinateur, des architectures hautes performances, des architectures parallèles ou dans le cadre de domaines d'applications fortement contraintes telles que l'aéronautique et le spatial. Le projet de ce thème est actuellement supporté par une action dans le cadre du projet MONTBLANC II, des projets nationaux ANR (ANR EMYR, ANR MARS porté par le LIRMM, ANR DIPMEM) et un support de la société CROCUS et du CEA-LETI. D'autre part une action s'intensifie avec le laboratoire IES avec un financement de la Fondation Van Allen pour l'analyse d'architectures à base de mémoires émergents pour le domaine des Nano-satellites.

IV.2.5 Thème - Santé

Nous prévoyons à court terme des évolutions importantes concernant les activités en rapport avec la santé. Les travaux s'appliquant à la stimulation électrique fonctionnelle, dans le cadre du projet DEMAR, vont se focaliser sur le recueil de signaux physiologiques et sur développement de solutions de stimulation appliquées au système nerveux central. Toutes ces activités s'effectueront en partenariat avec des cliniciens. Parallèlement, les travaux impliquant la microélectronique pour d'autres domaines médicaux (comme l'aide au diagnostic embarqué) sont appelés à se développer et à gagner en visibilité. Dans cette optique, nous avons démarré des collaborations avec le soutien de la mission pour l'interdisciplinarité du CNRS autour d'un consortium comprenant un grand nombre de laboratoires français autour des systèmes embarqués pour la santé (<http://www-etis.ensea.fr/bionicamp>). Nous avons clairement identifié avec nos partenaires la nécessité d'avoir une activité inter-laboratoires, voire inter-GDR, pour être en mesure d'adresser les défis scientifiques soulevés par cette thématique, à la frontière entre microélectronique, biologie et pratique médicale. Une première expression concrète en est le PEPS FibroSES, qui porte sur l'étude et la mesure de la fibrose se développant autour des systèmes implantés. Le projet de ce thème est supporté actuellement par deux projets nationaux (PIA INTENSE, ANR SACSO).

IV.3. Evolution quant à l'organisation du département

L'organisation du département en groupes et thèmes de recherche nous semble être particulièrement bien adaptée aux défis scientifiques de notre domaine de recherche. Nous sommes, pour autant, en cours de réflexion sur les moyens d'améliorer encore la visibilité du département pour une meilleure valorisation des travaux et des domaines d'expertises, pour accroître encore l'animation scientifique interne et la cohésion du département et pour développer des thèmes scientifiques innovants. Cette réflexion devrait aboutir rapidement à des modifications de la structure et de l'organisation tout en préservant la solidarité interne.