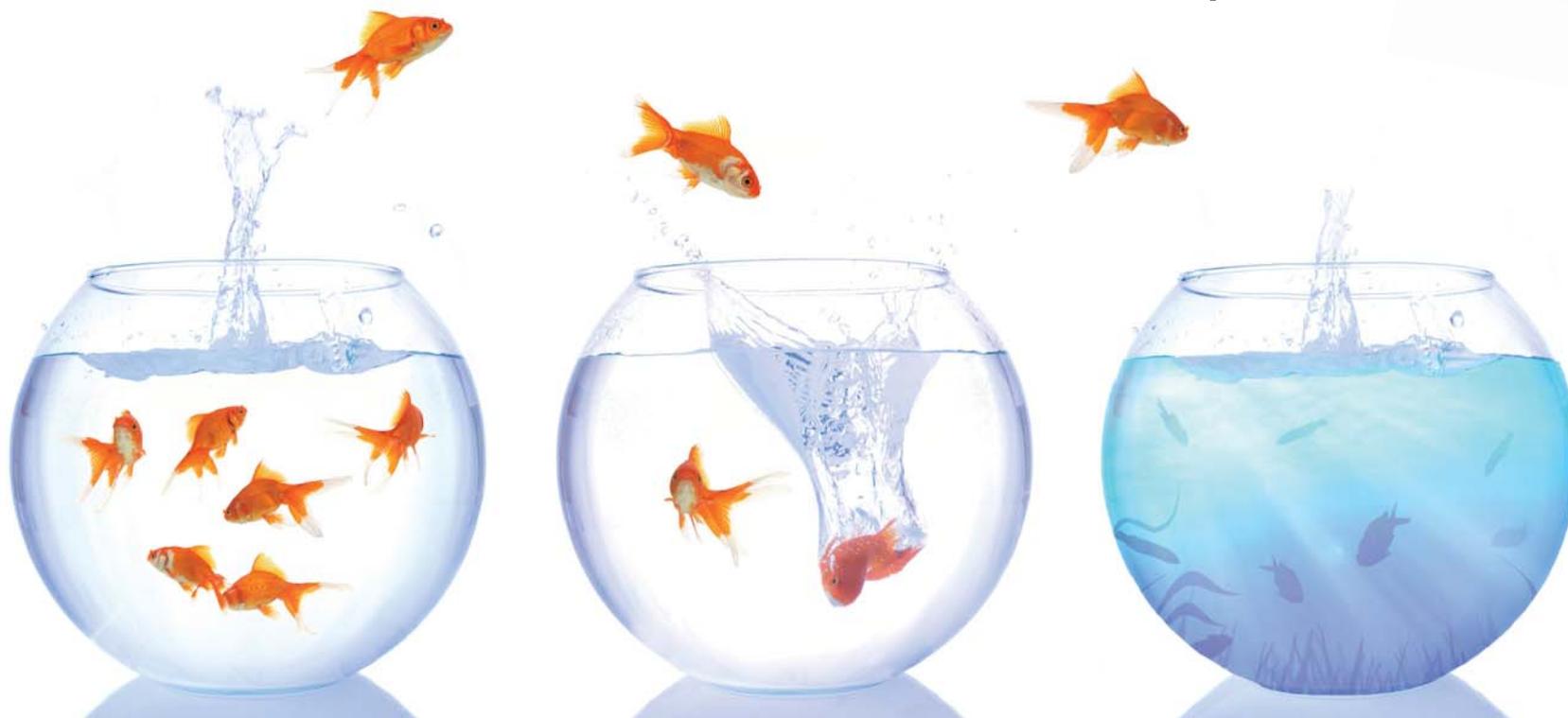


LIRMM

RAPPORT D'ACTIVITÉS 2005-2008
BILAN ET PROJET



Laboratoire
d'Informatique
de Robotique et
de Microélectronique
de Montpellier



SOMMAIRE

IMAGINER DEMAIN	05	LES SERVICES	71
POPULATION ET CROISSANCE	09	LES DEPARTEMENTS	77
BUDGET	13	INFO	81
GOUVERNANCE	17	ROB	89
VIE SCIENTIFIQUE	25	MIC	93
FORMATION PAR LA RECHERCHE	27	LES EQUIPES-PROJETS	97
BILAN ET PRODUCTION SCIENTIFIQUE	31	AIGCo	99
PLATEFORMES TECHNOLOGIQUES	37	APR	109
RELATIONS INDUSTRIELLES ET CREATION D'ENTREPRISES	43	ARITH	115
LE LIRMM DANS SON ENVIRONNEMENT INTERDISCIPLINAIRE	47	COCONUT	123
RELATIONS INTERNATIONALES	49	D'OC	129
INFORMATION ET CULTURE SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE	51	IDC	141
LE LIRMM DEMAIN	53	MAB	147
CONCLUSION : analyse SWOT	67	RCR	153
		SMILE	165
		TAL	173
		TATOO	179
		DEXTER	189
		NERO	201
		SYSMIC	207
		ICAR	229
		DEMAR	237
		IHMH	245
		ANNEXES	249
		DALI	251
		IDH	259
		LIRMM INFOS	265
		Projet stratégique campus	273
		Glossaire des acronymes	275



Imaginer demain

Rapport d'activités 2005 - 2008

Le LIRMM (Laboratoire d'Informatique, de Robotique et de Microélectronique de Montpellier) est une unité mixte de recherche CNRS et Université Montpellier 2, structurée en 3 départements de recherche scientifique, 16 équipes-projets et des services communs. Créé en 1992, par une volonté scientifique commune du CNRS et de l'Université Montpellier 2, sur la base de la fusion de deux laboratoires (CRIM et LAMM), le LIRMM regroupe ainsi des informaticiens, des microélectroniciens et des roboticiens. Il a été successivement dirigé par Gaston Cambon jusqu'en 2000 (adjointe : Danièle Hérin), Michel Habib de 2001 à 2004 (adjoint : Christian Landrault), puis Michel Robert (adjoints : Stefano Cerri et François Pierrot) depuis le 01/01/2005.

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 7 et 8 du Comité National de la Recherche Scientifique, 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, bioinformatique, bases de données et intelligence artificielle. Fort de cette diversité, le LIRMM renforce son originalité en alliant théorie, outils, expérimentations et applications dans tous ses domaines de compétence scientifique, en favorisant l'émergence de projets interdisciplinaires au sein du laboratoire (image, sécurité numérique, handicap,...) et à l'interface d'autres laboratoires et domaines scientifiques (mathématiques, sciences du vivant, santé, neurosciences,...).

Près de 350 personnes sont regroupées aujourd'hui dans un bâtiment construit lors de la création du laboratoire en 1992, complété par la suite par une extension et une halle technologique pour la robotique, sur un nouveau campus de l'Université Montpellier 2 (Saint-Priest) qui regroupera l'ensemble des laboratoires et des plateformes des domaines des STICS et du SPI de l'Université Montpellier 2, grâce à une opération immobilière programmée dans le cadre du contrat de plan Etat-Région. L'organisation du laboratoire en « équipes-projet » a amélioré la lisibilité des activités de recherche, mais également donné l'impulsion nécessaire pour orienter les recherches aux frontières, dans un souci d'innovation et d'ouverture, permettant de couvrir un large champ de thématiques de recherche :

Informatique

- Algorithmique : bioinformatique, réseaux, cryptographie, graphes, combinatoire
- Gestion de données et extraction de connaissances : gestion de données distribuées, intégration d'informations, fouille de données, ontologies
- Génie logiciel : langages de programmation, objets, composants, ingénierie des modèles
- Intelligence artificielle : agents, apprentissage, contraintes, représentation des connaissances, raisonnement
- Interaction homme-machine : langage naturel, hypermédia, e-learning

Microélectronique

- Conception et test de systèmes et circuits intégrés microélectroniques
- Systèmes matériels-logiciels hétérogènes (Mixtes, MEMs, reconfigurables...)

Robotique

- La rééducation et la suppléance fonctionnelle, le handicap
- La robotique médicale, la robotique de manipulation rapide
- La vision pour la robotique, protection et analyse d'images
- L'interaction haptique, la robotique humanoïde
- La robotique d'exploration sous-marine et terrestre, les architectures de contrôle des robots

Informatique, Microélectronique et Robotique

- Image (analyse, traitement, codage), de la modélisation 3D à la réalité virtuelle et augmentée
- Sécurité numérique
- Santé

Le laboratoire visait trois objectifs principaux pour la période 2005-2008 : (i) gérer la croissance, (ii) assurer sa cohésion et (iii) tendre vers l'excellence.

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

L'adhésion des personnels à un modèle commun d'organisation mixte (départements pour faire vivre les interactions au sein des disciplines ; équipes-projets pour focaliser les efforts de recherche et rendre leurs résultats visibles) a fortement participé au renforcement de la cohésion du laboratoire, cohésion qui trouve un deuxième point d'appui dans l'organisation centralisée des services techniques et administratifs. Enfin, des axes de recherche transversaux assurent un troisième niveau de cohésion.

Maîtrise de la croissance, cohésion et forte activité ont naturellement renforcé le rayonnement du LIRMM qui se mesure notamment par son implication dans de nombreux projets nationaux et internationaux, notamment les projets financés par l'Agence Nationale de la Recherche (ANR) et ceux financés par l'Union Européenne, 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, par une forte activité de publication avec plus de 1300 publications de rang A en quatre ans.

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

- Maîtriser la croissance des effectifs qui reste à la fois une chance et une source de difficultés ; nous aurons à cœur de viser une amélioration des conditions d'accueil des personnels en profitant des nouvelles surfaces qui seront mises à notre disposition sur le Campus Saint Priest ;
- Valoriser la diversité des origines des nouveaux entrants, permanents ou étudiants ; ceci sera au cœur de nos préoccupations, afin de faire de notre attractivité au plan international une richesse pour chacun ;
- Conforter nos réussites disciplinaires et faire que ces réussites rejaillissent sur l'attractivité de nouveaux étudiants dans les filières de formation de l'Université associées au laboratoire ;
- Réussir notre intégration dans la nouvelle organisation du système d'enseignement supérieur et de recherche qui se dessine à l'échelle du Languedoc-Roussillon et développer les opportunités de nouveaux partenariats scientifiques avec l'INRIA et l'Institut Télécom ;
- Accompagner le développement économique régional par notre investissement dans des projets de création d'entreprises ;
- Donner l'impulsion nécessaire pour orienter les recherches aux frontières de nos disciplines, dans un souci d'innovation et d'ouverture, en particulier vers les sciences du vivant, de la santé à l'environnement.

Le LIRMM contribuera ainsi à imaginer et à concevoir les outils de base de la science et de la technologie qui permettront au monde de demain de créer les objets et les solutions du futur, et d'explorer de nouveaux chemins.

Le présent rapport résume l'activité du LIRMM sur la période 2005-2008. A cette occasion, le laboratoire tient à remercier ses deux tutelles (CNRS et Université Montpellier 2) et ses partenaires, pour leur soutien constant dans ses activités.

Michel Robert ¹, directeur
Stefano Cerri ², directeur adjoint
François Pierrot ³, directeur adjoint
et tous les membres du LIRMM



(¹ et ² : PR UM2 - ³ : DR CNRS)



Population et Croissance

S'adapter à l'évolution du groupe

La population du LIRMM au 30 juin 2009 est de 353 personnes.

Comme c'est le cas depuis sa création en 1992, le LIRMM a connu, ces dernières années, une croissance importante de ses effectifs de personnels permanents ; en effet, nous avons enregistré **un accroissement net de 52 personnes (sur la période 2005-2008)** :

- 58 arrivées pour les chercheurs et enseignants-chercheurs, et 14 départs (4 mobilités vers un autre laboratoire ; 10 départs en retraite) ;
- 10 arrivées pour les ingénieurs et techniciens (8 CNRS ; 2 UM2) et 2 départs en retraite (1 CNRS et 1 UM2).

Cette croissance est bien entendu une force, fruit de :

- l'attractivité du laboratoire (pourtant, malgré les progrès récemment réalisés, nous sommes encore très loin globalement du niveau nécessaire à un soutien pérenne des activités de recherche par du personnel technique de haut niveau -Ingénieur de recherche-, comme c'est le cas dans d'autres disciplines plus anciennes -physique, chimie)
- des formations auxquelles il est associé,
- mais aussi de la confiance que lui accordent ses tutelles et partenaires.

Le laboratoire tient à saluer l'impact majeur du CNRS en ce qui concerne le personnel ingénieur et technicien : en effet la part CNRS correspond aujourd'hui à 1,3 chercheur

par ITA, alors que la part UM2 correspond à 8,5 EC par BIATOSS. Dans le même temps, le CNRS a affecté un nombre très important de jeunes chercheurs au LIRMM : il s'agit d'une période « record » en la matière.

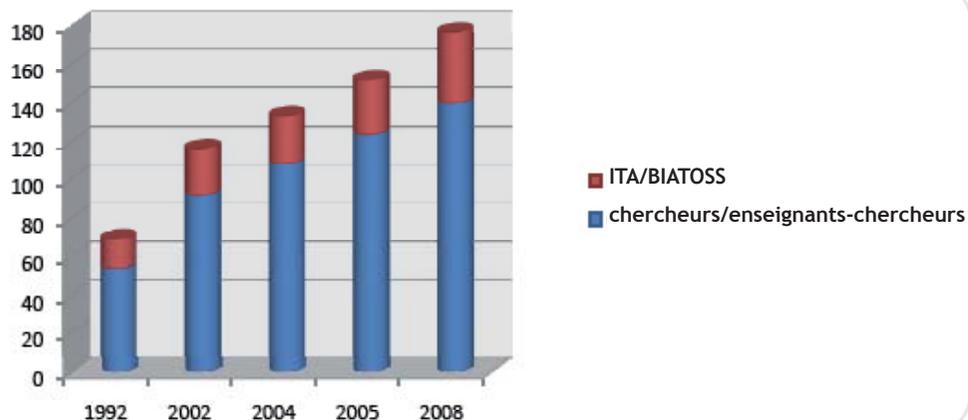
L'action de l'UM2 se mesure plus particulièrement dans le recrutement d'enseignants-chercheurs : un effort notable de redéploiement des postes vers nos disciplines a été initié sur la période, et cet effort se poursuit actuellement.

Enfin, s'il est encore marginal en volume, l'impact de l'INRIA a été vécu très positivement, et devrait se renforcer.

Une telle croissance est également source de difficultés :

- les locaux mis à notre disposition sont, de manière chronique, sous dimensionnés ; nous avons consenti des efforts financiers et une énergie considérables pour pallier ce problème, mais les marges de manœuvre sont très faibles ;
- malgré les progrès récemment réalisés, nous sommes encore très loin globalement du niveau nécessaire à un soutien pérenne des activités de recherche par du personnel technique, et les charges administratives croissantes imposent le recours à des emplois précaires.

La période qui nous intéresse a malheureusement été marquée par la triste disparition de notre collègue Claude Boksenbaum, décédé en 2007.



Croissance de la population du LIRMM

La palette des compétences du LIRMM se retrouve dans la diversité des instances représentées en son sein :

CNU 27	CNU 61	CNU 63	CN 01	CN 07	CN 08	CN 29	INRIA
71	21	12	1	22	6	1	5

Répartition de la population dans les instances

Parmi cette population, on compte 62 HDR.

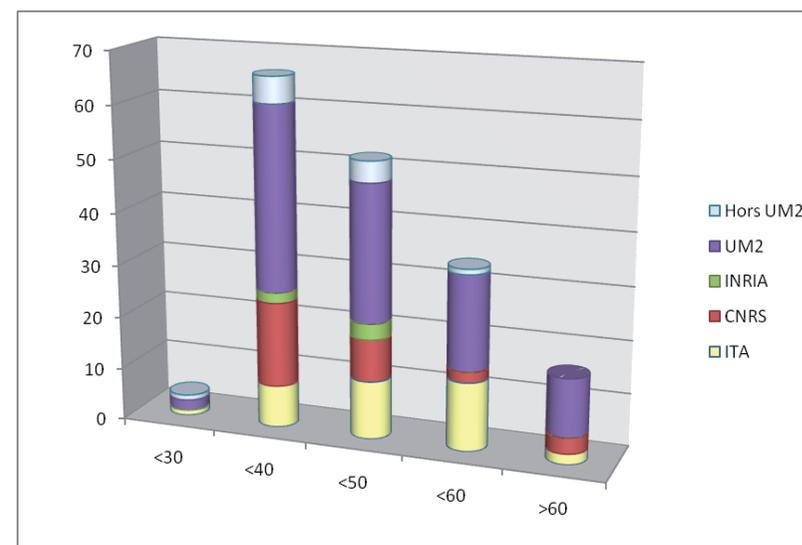
Grâce au recrutement, le laboratoire a légèrement rajeuni sur la période 2002-2005, avec une moyenne de 44 ans, mais la « pyramide » des âges fait apparaître deux facteurs de risques :

- la moyenne d'âge des ITA reste préoccupante (47 ans, alors que la moyenne pour les chercheurs est de 43 ans) ; une politique prévisionnelle de recrutements devra être imaginée pour éviter que le laboratoire perde certaines compétences ;
- le poids des jeunes générations laisse présager de tensions futures pour l'évolution des carrières ; ceci est à considérer globalement sur le long terme, mais pour certaines communautés (CNU 61 ou 63, par exemple), la question se posera très vite.

Types de collaborateurs	Nombre
Chercheurs	35
CNRS	30
Inria	5
Enseignants-chercheurs	104
Dont UM2	92
Hors UM2	12
IT	24
CNRS	23
Inria	1
BIATOSS*	11
Doctorants	151
Chercheurs contractuels (hors doctorants)	23
IT contractuels (services généraux)	5
Population totale	353

Les forces du LIRMM au 30/6/09

* en considérant que les 11 personnels Biatoss (Bibliothécaires, ingénieurs, administratifs, techniciens, ouvriers, de service et de santé) ont des missions extérieures au laboratoire (notamment dans les composantes d'enseignement) leur ETP (équivalent temps plein) est estimé à environ 8.



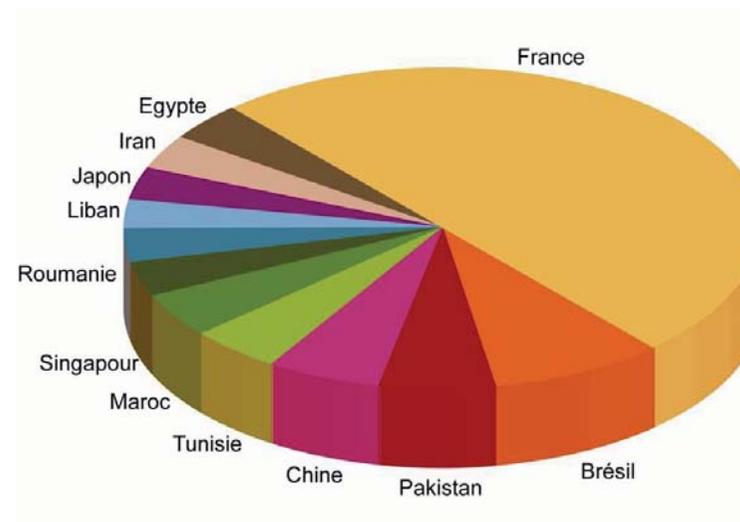
Pyramide des âges - permanents du LIRMM (juin 2009)

Le bilan des 58 nouveaux chercheurs est le suivant :

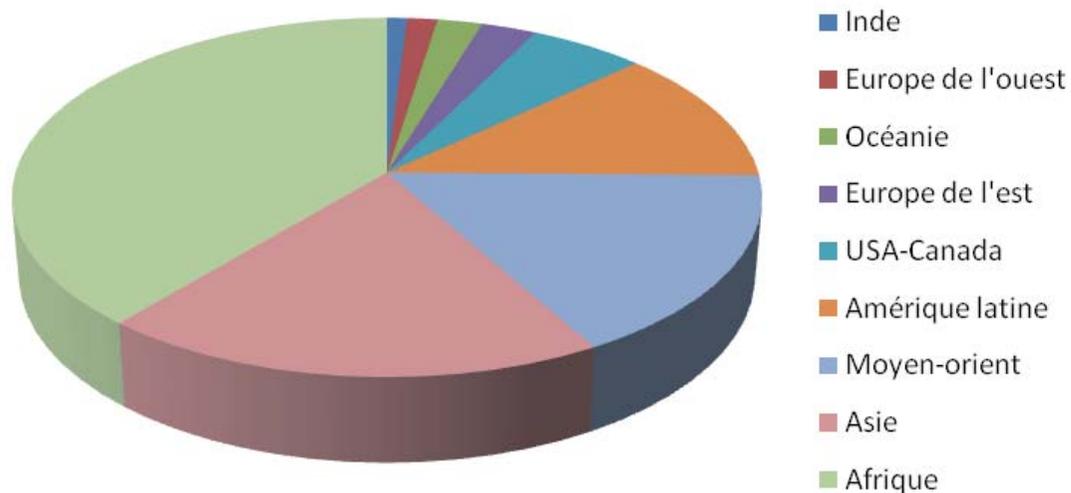
- sur 30 MCF recrutés, 25 sont des recrutements externes (c'est-à-dire : « n'ayant pas fait sa thèse au LIRMM, ou ayant effectué une mobilité de 3 ans au moins »)
- sur 8 PR recrutés, 2 sont des recrutements externes
- sur 14 CR recrutés, 13 sont des recrutements externes
- sur 6 DR recrutés, 1 est un recrutement externe

Pour les jeunes, nous avons privilégié les recrutements extérieurs, sans s'interdire le choix d'un candidat local quand l'excellence le justifiait ; pour les seniors, nous avons privilégié les promotions internes, sans s'interdire des recrutements extérieurs quand une opportunité s'est présentée.

L'attractivité du LIRMM en matière de recrutement se mesure à notre capacité à attirer des talents venus de toute la France, mais également du monde entier, et ce, pour les étudiants (à la rentrée 2008, la moitié des doctorants recrutés étaient étrangers) comme pour les permanents (6 nouveaux recrutés sur la période, en provenance du Japon, de Singapour, d'Italie ou de Roumanie).



Attractivité : nouveaux entrants 2008 - toutes populations confondues



Attractivité : répartition par pays (hors France) - 2006/2009 - toutes populations confondues



Budget

Gérer des crédits en croissance au service du groupe

Ressources

Le budget consolidé du LIRMM en 2008 est de 17,1 M€.

En moyenne annuelle, les ressources nouvelles du laboratoire se sont élevées à près de 3 M€, en progression de 36% par rapport à la période précédente. La gestion en est assurée à 60% au CNRS et 40% à l'UM2.

Compte tenu d'un report de l'ordre de 2,5 M€ (quasi exclusivement sur ressources contractuelles), le volant financier sur lequel peut compter le laboratoire est donc de 5,5 M€. Notons que c'est grâce à ce type de report que nous avons pu auto-financer des travaux importants dans nos locaux, pour un montant considérable, voisin de 0,6 M€ (cf LIRMM Infos spécial Locaux p.15 et 16).

Notons quatre éléments importants :

- Le total du soutien de base de nos deux tutelles compte pour environ 15% des ressources annuelles. Ces ressources sont employées pour

le fonctionnement des services du laboratoire et pour les dépenses communes. Le conseil scientifique a par exemple été doté de moyens financiers pour soutenir ponctuellement une équipe sur un projet. Il est à noter que la direction du LIRMM ne procède à aucun prélèvement sur les contrats.

- Le budget a évidemment été fortement impacté par l'essor des projets financés par l'ANR ; ainsi, en 2008 plus de 850 k€ en provenance de l'ANR sont venus donner un élan nouveau à nos travaux.
- Le montant lié à nos activités d'organisation de colloques est également conséquent, à l'image du dynamisme des équipes qui accueillent ces manifestations internationales.
- Enfin, nos sources de financement sont très diverses, même si cette diversité est ici en partie masquée par les agrégats utilisés dans nos tableaux : cette diversité est bien sûr une force, mais également une source de travail considérable pour les équipes administratives.

	2005	2006	2007	2008		Moy. Annuelle	
					(% 2008)		(% moyen)
Total	1706	3747	3330	3258		3010	
ANR	0	498	902	877	27%	569	19%
Europe	328	594	384	519	16%	456	15%
Industrie	278	493	388	465	14%	406	13%
Soutien de base	437	441	470	465	14%	453	15%
Recettes colloques	62	86	68	275	9%	123	7%
Subventions	115	372	113	184	6%	196	6%
Région	120	221	69	178	5%	147	5%
Autres ressources	226	643	233	162	5%	316	10%
Contrats ministères	140	399	703	133	4%	344	11%

Ressources financières du LIRMM (hors report)

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 (2008 - permanents + ATER, pour leur part recherche)	4.0 M€
Salaires CNRS (2008 - permanents + non permanents)	3.6 M€
Salaires doctorants (estimation)	env. 4.0 M€
Total masse salariale	env. 11.6 M€
Budget consolidé 2008 (y compris les reports)	env. 17.1 M€

Dépenses

Une des conséquences les plus importantes de l'essor des contrats ANR est l'explosion du poste de dépenses « salaires des CDD ». Les autres postes subissent des fluctuations peu significatives, à l'exception d'un transfert technique entre les postes « missions » et « fonctionnement » suite à la mise en place de BFC (« Budget, finance et comptabilité ») et du marché Missions à partir de 2007.

	2005	2006	2007	2008		Moyenne annuelle	
					(% 2008)		(% moyen)
Total	2595	2471	3493	3855		3104	
Salaires	755	852	1262	1612	42%	1120	36%
Fonctionnement	746	818	1273	1450	38%	1072	35%
Equipement	559	279	572	465	12%	469	15%
Missions	535	522	386	328	9%	443	14%

Bilan Ressources / Dépenses

Sur la période considérée, les dépenses ont donc été supérieures aux ressources annuelles (env. 0,4 M€). Le LIRMM a consommé une partie des reports des années précédentes, principalement dans des opérations de restructuration de locaux financées sur fonds propres.

	2005	2006	2007	2008	Total	Moy. Ann.
Ress. - Dép.	-889	1276	-163	-597	-373	-93,25

Les locaux du LIRMM : d'un constat à quelques résultats

L'objectif de cette lettre d'information est de faire un bilan des actions menées en matière de locaux au LIRMM depuis le début 2005. Ces diverses actions ont fait l'objet de nombreuses discussions au sein du laboratoire (directoire, CL, AG, commission locaux,...). Cette synthèse permet ainsi de faire un premier bilan de ces actions, et d'évaluer les moyens qu'il a fallu mettre en oeuvre. Rappelons que le LIRMM est localisé sur l'un des campus de l'Université Montpellier 2, le campus Saint-Priest.

S. Cerri, R. Lorival, F. Pierrot, E. Praud et M. Robert

Etat des lieux et problèmes identifiés

Suite à divers échanges (AG, CL, directoires, commissions), la direction a identifié, en 2005, comme prioritaires, des actions à mener sur la rénovation de nos locaux et leur extension. Les éléments les plus critiques recensés ont été les suivants :

- ❑ des problèmes d'étanchéité de la toiture non réglés depuis des années pour des aspects juridiques (qui a construit ? qui est responsable ? faut-il appliquer et comment faire appliquer la garantie décennale ? qui paye ? impossibilité d'intervenir pour des questions juridiques ?...).
- ❑ une situation difficile pour les doctorants résidant dans les deux halles (3 et 4) du dernier étage : locaux inadaptés, non-conformes aux règles de sécurité, ... comment intervenir ? quand (c'est-à-dire après avoir réglé les problèmes de sécurité et d'étanchéité) ? avec quels moyens ?
- ❑ des problèmes préoccupants de manque de place, en raison de la croissance forte du laboratoire, sans aucune solution programmée au 1/1/2005.
- ❑ la prise en compte de demandes particulières, comme par exemple la création de plateformes expérimentales (visualisation,...).
- ❑ achèvement de l'installation du contrôle d'accès.



Actions à court terme - Action 1

» Etanchéité du bâtiment

Il nous est apparu prioritaire de travailler d'abord sur les problèmes d'étanchéité. Nous avons mené plusieurs actions, et fortement sensibilisé nos deux tutelles, réunies au laboratoire dans la salle du conseil lors des "Entretiens objectifs/moyens" organisés à la fin de l'année 2005. Nous avons par ailleurs fortement sollicité nos VPCA et Vice-Président du Conseil Scientifique (VPCS) de l'époque (invitation par exemple de J.L. Cuq à l'une de nos AG où il a pris des engagements... qu'il a tenus avec le VPCA).

Les travaux ont été réalisés en 2006. Le coût de cette opération de rénovation de l'ensemble de la toiture a été de 122.000 €, supportés à hauteur de 100.000 € par l'université, et de 22.000 € à la charge du laboratoire. **Le résultat concret vu du ciel est illustré ci-contre.**



Solutions et résultats

Au vu de la situation en 2005, la direction a travaillé en parallèle sur des actions à court, moyen et long terme pour répondre à ces interrogations tout en profitant de diverses opportunités. Une visite de la cour des comptes au LIRMM en janvier 2005, la volonté du Vice-Président du Conseil d'Administration (VPCA) de l'UM2 de mettre en place une politique rigoureuse de la gestion des reports des laboratoires, nous ont conduit à mettre en place un tableau de bord financier, qui a fait apparaître dans les reports historiques de nos crédits gérés par l'université, une capacité d'intervention financière pour des actions liées à notre infrastructure. Sans engagement sur un programme précis ces crédits de diverses natures accumulés non dépensés seraient "remontés" à l'université (autrement dit, ces crédits non dépensés étaient virtuellement perdus pour le laboratoire, les départements, les équipes). Grâce à une programmation réaliste, ils ont pu être ainsi reportés sur 2006 et vraisemblablement sur 2007 aussi.



Actions à court terme - Action 2

» Halles 3 et 4

Le LIRMM disposait à sa création de 4 halles " technologiques " qui sont devenues rapidement des bureaux : une halle au niveau 1 gérée par le département de robotique accueillant des doctorants et des stagiaires, une halle au niveau 2 gérée par le département de microélectronique, accueillant des permanents, des doctorants et des stagiaires, deux halles (3 et 4) au niveau 3 gérées par le département d'informatique, accueillant des doctorants et des stagiaires.

L'aménagement de ces halles, placées donc sous la responsabilité des départements avec leurs moyens propres, a conduit à des situations inégales en termes de confort et de sécurité. Le bilan a été jugé satisfaisant pour la halle 2, moins satisfaisant pour la halle 1 et très insatisfaisant pour les halles 3 et 4. Le département informatique avait provisionné en 2005 une somme de l'ordre de 20-30.000 € qui avait conduit dans un premier temps à des achats de mobilier. Suite à des réunions avec les représentants des doctorants, la direction s'était engagée en 2005 à trouver une solution... Le comité d'évaluation du laboratoire suggérait par ailleurs un meilleur brassage des populations permanents-doctorants.

Il a été décidé d'utiliser les crédits communs du laboratoire dont les reports avaient été acceptés par l'UM2, en se focalisant sur les halles 3 et 4 : destruction des aménagements existants, réaménagement suivant les orientations choisies par la commission locaux, mise aux normes, confort (climatisation).

Le coût total de cette opération a été de 322.000 €.

En complément, le laboratoire n'a fait au CNRS qu'une seule demande de moyens lourds en 2007 (c'est-à-dire que d'autres projets des services ou des départements n'ont pas été transmis pour afficher cette priorité) : le résultat est un fléchage du CNRS d'une somme de 30.000 € annoncée en avril 2007.

⇒ **L'intégralité de cette note est disponible en ligne sur l'intranet du LIRMM, rubrique "L'actu du LIRMM"**



Action 2 - Halles 3 et 4
Au début des travaux, février 07
Quelques jours avant la livraison, avril 07
Bureaux, avril 07

Actions à court terme - Action 3

» Salle de séminaire



Equipement de la salle des séminaires pour la visualisation. Cette opération a été réalisée début 2007, sous la conduite de M. Hascöet et de J.L. Oms sur des crédits CNRS 2006-07 d'un montant de 29.000 €.

Actions à moyen terme

» Projets d'aménagement

- ❑ Sous-sol (2006-07) : il est prévu de construire quelques bureaux supplémentaires. Il a fallu pour cela de nombreuses études, retrouver des plans, analyser l'étanchéité, etc. Il est prévu de construire en 2007, 6 bureaux pour une surface de 83,3 m2 et une capacité d'accueil de 12 à 18 personnes. La direction envisage de réserver dans cet espace un maximum de bureaux en libre service avec une allocation dynamique des ressources, pour nos visiteurs, nos retraités, etc. Un budget de 100.000 € est prévu sur nos crédits UM2 reportés.
- ❑ Bibliothèque (2006-07) : il est prévu de créer 2 bureaux pour l'ADM et le CODI. Un budget de 5.000 € est prévu sur nos crédits UM2 reportés.
- ❑ Halle mécatronique robotique (2006-07) : une mezzanine est à l'étude pour loger l'ingénieur responsable de la halle. Dans l'attente d'un avis favorable de l'UM2, le montant estimé est de 15.000 €.
- ❑ Halle 1 : des améliorations, voire une reconstruction, sont à envisager.
- ❑ Aménagement du parking et liaison halle mécatronique : cette opération est programmée par l'université sans co-financement du laboratoire.
- ❑ Aménagement d'un abri pour les vélos et les motos (prévu par l'UM2).

Actions à long terme

» Un nouveau bâtiment



L'emplacement des futurs locaux du LIRMM

Il s'agit du projet de construction sur le campus Saint Priest d'un bâtiment (n° 5 sur la campus) dont l'objet initial était d'accueillir une partie du laboratoire IES (Institut d'électronique du sud). Le LIRMM a proposé en Juillet 2005 de s'associer à ce projet en le rendant plus attractif afin de terminer l'implantation d'IES et envisager une extension du LIRMM. La crédibilité de ce projet s'est trouvée ensuite renforcée suite à des échanges en 2006 avec Michel Cosnard qui a proposé d'y associer l'INRIA. Ce projet, ébauché en 2005, a obtenu un soutien fort de l'université, du CNRS, de l'état et de la région dans le cadre du prochain Contrat de Plan Etat-Région (CPER). L'acte symbolique a été, en décembre 2006, la signature du CPER par le Préfet et le Président de la Région LR.

Ainsi, à l'horizon 2010, le LIRMM s'étendra sur un nouveau bâtiment qui, au-delà des ces infrastructures communes (IES, INRIA), nous permettra de disposer de 1128 m² :

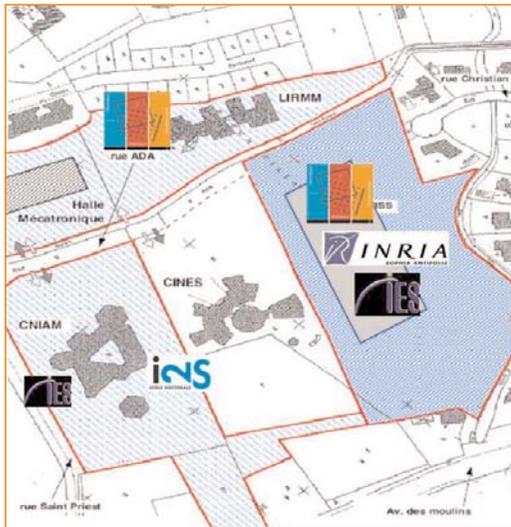
- 78 bureaux de 12m²,
- 3 salles de manip (sans aménagement particulier) de 24 m²,
- 5 salles de réunion de 24 m².

Au niveau des infrastructures communes :

- le plateau technique "Hermès" commun avec IES sur 180 m² disposera de 7 bureaux de 12 m² et de 2 salles de manip de 48 m²,
- et pour nos relations avec les entreprises (incubation), nous disposerons de 144 m² répartis en 6 bureaux de 12m² et 3 salles de manip de 24m².

A proximité de ces surfaces, l'installation de l'INRIA sur 1000 m², permettra d'accueillir les chercheurs LIRMM impliqués dans les projets communs. Enfin, pour les gardiens, une surface supplémentaire de 24 m² est prévue.

Le montant de ce projet global co-financé par l'état et la région LR est de 19,5 millions d'euros. C'est, après le pôle chimie, le plus gros projet en matière de recherche en Languedoc Roussillon.



◀ Le plan de masse du futur Campus Saint Priest : Horizon 2010

Gestion des locaux

» Affectation des locaux :

Affectation des locaux existants

La méthode est désormais la suivante : chaque année, en accord avec le Conseil de laboratoire, la commission locaux, sur la base d'un indicateur mis à jour, affecte aux départements et services des surfaces qu'ils ont la charge de distribuer dans les meilleures conditions et en toute transparence aux personnels rattachés.

Affectation des locaux futurs

Il est prévu de maintenir la procédure actuelle mais de ne pas figer aujourd'hui l'affectation de surfaces qui sont encore virtuelles.

» Equipement des locaux

Les achats de mobiliers ont été jusqu'à présent gérés par les départements et les services. On notera néanmoins une demande exceptionnelle de crédits de 200.000 € au CNRS qui a attribué 30.000 €.

Conclusion

Cette synthèse illustre bien l'intérêt d'un travail collectif du laboratoire et sa capacité à mobiliser des moyens importants de l'université, du CNRS, de la région et de l'état pour co-financer ces opérations.

Le coût de ces opérations est en résumé le suivant :

- Rénovation toiture : **122.000 €**
Opération cofinancée par l'UM2 (100.000 euros) et le LIRMM sur ressources propres gérées par l'UM2 et affectées dans le cadre de la politique de report 2006.
- Aménagement des Halles 3 et 4 : **322.000 €**
Opération financée par le LIRMM sur ressources propres gérées par l'UM2 et affectées dans le cadre de la politique de report 2006.
- Equipement de la salle des séminaires : **29.000 €** en 2007
- Achat de mobilier : **30.000 €** en 2007
Aide du CNRS.
- Aménagement de bureaux supplémentaires
Opération financée par le LIRMM sur ressources propres gérées par l'UM2 et affectées dans le cadre de la politique de report 2006.
- Construction de bureaux dans le cadre du CPER : **19,5 millions €**
Financement de l'état et de la région pour le LIRMM, IES et l'INRIA.

A ce stade, il restera encore sur ce campus des possibilités limitées de construction, pour accueillir, par exemple, de nouveaux partenaires.

Chacun à son niveau (direction, responsables de départements et de services, directoire, CL, commissions, services du laboratoire et en particulier logistique..., sans oublier le rôle essentiel des structures de l'Université Montpellier 2, de son Président et des Vice-Présidents qui ont soutenu nos projets ainsi que les diverses structures : département de recherche STICS, CS, CA, DPI, services financiers) a contribué efficacement à améliorer notre outil de travail.



CENTRE NATIONAL
DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE



UNIVERSITÉ MONTPELLIER 2
MONTPELLIER

LIRMM Infos

Directeur de la publication : Michel Robert

Responsable de la publication : Celine Berger - tél : 04 67 41 85 05 - berger@lirmm.fr



Gouvernance

Se structurer pour optimiser le fonctionnement

Le laboratoire est organisé en 3 départements scientifiques et des services communs, techniques et administratifs (cf organigramme ci-après). La direction, composée d'un directeur et de 2 adjoints, réunit chaque semaine autour d'elle le directoire regroupant les responsables de départements et leurs adjoints, et les responsables de services. Ainsi, le pilotage et l'animation du laboratoire s'appuient sur plusieurs instances qui se réunissent régulièrement :

- le directoire, 129 réunions sur la période 2005-2008,
- le conseil de laboratoire, réunit 34 fois,
- les assemblées générales, convoquées 11 fois en 4 ans complétées par les réunions des conseils de départements et des comités d'équipes-projets, du conseil scientifique, des services, des commissions, sans oublier tous les événements de la vie du laboratoire.

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

En 2009, nous avons mis en place un CPL (Comité des Projets Lirmm) pour préparer et coordonner l'évaluation du laboratoire et son projet.

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

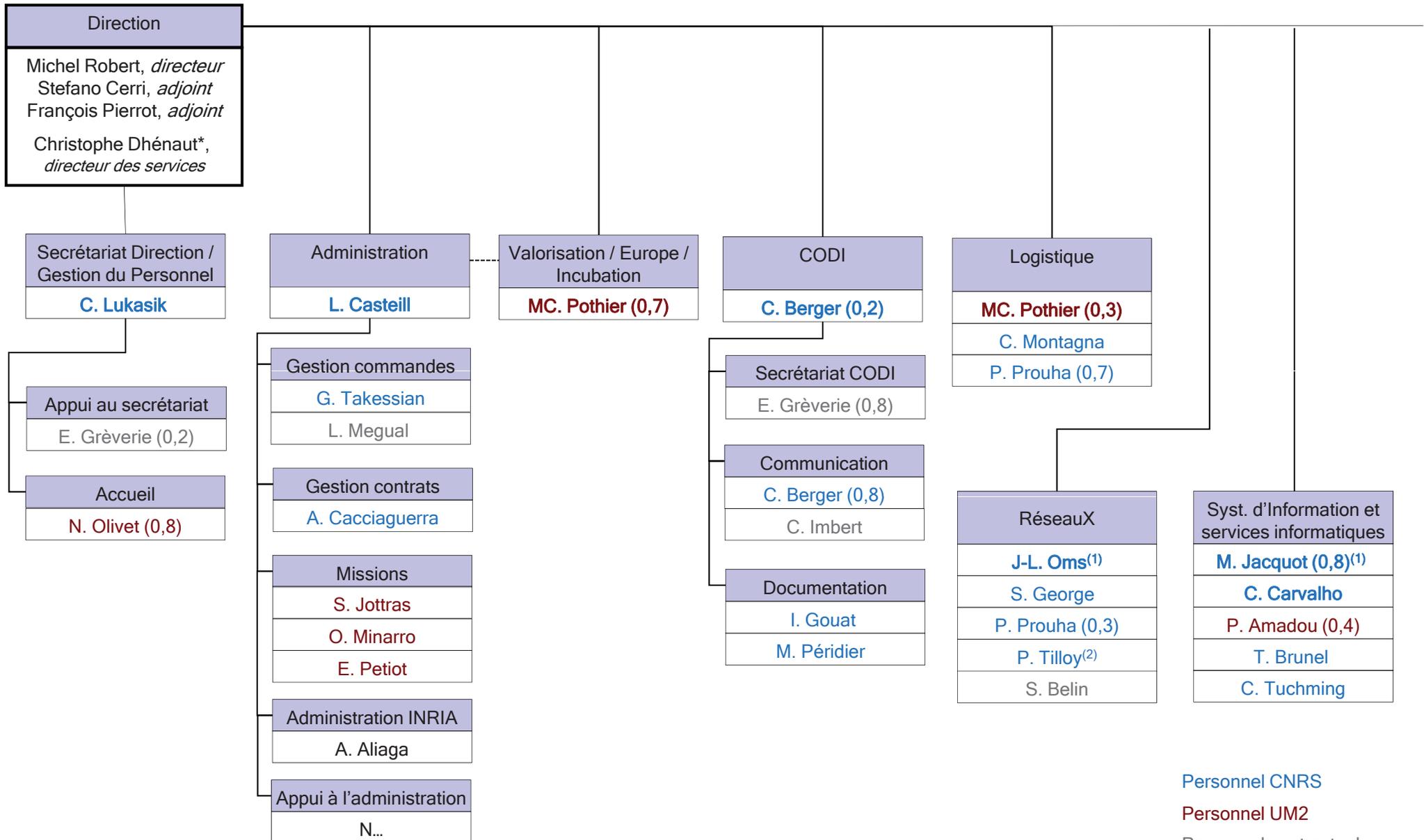
Membres des différentes instances du LIRMM (au 1/9/2009)

Composition du Directoire : M. Robert, S. Cerri, F. Pierrot, C. Dhénaut, C. Lukasik, E. Rivals, C. Bessière, M. Huchard, M-L. Mugnier, S. Thomassé, L. Torres, M-L. Flottes, P. Fraisse, O. Company, L. Casteill, R. Lorival, J-L. Oms, M. Jacquot, C. Berger, M-C. Pothier.

Composition du Conseil de laboratoire : M. Robert, S. Cerri, F. Pierrot, C. Dhénaut, D. Deschacht, E. Dombre, V. Lefort, F. Mailly, O. Strauss, O. Tempier, Z. Bellahsène, C. Dony, V. Prince, R. Giroudeau, V. Berry, S. Krut, T. Duquesne, C. Lukasik, L. Megual, L. Di Jorio, N. Houarche.

Composition du Conseil scientifique : V. Berthé, C. Bessière, O. Gascuel, D. Guiraud, P. Nouet, P. Poignet, M. Teisseire, S. Thomassé.

Composition du Comité des projets LIRMM (outre les membres du Directoire et du Conseil scientifique) : C. Paul, S. Thomassé, V. Berthé, R. Giroudeau, A. Jean-Marie, C. Bessière, C. Dony, Z. Bellahsène, O. Gascuel, M-L. Mugnier, J. Ferber, A. Gouaich, P. Poncelet, V. Prince, W. Puech, D. Guiraud, P. Poignet, B. Jouvencel, L. Torres.

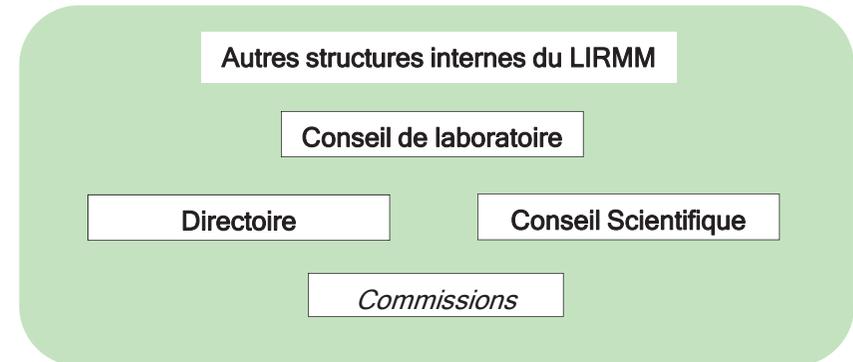
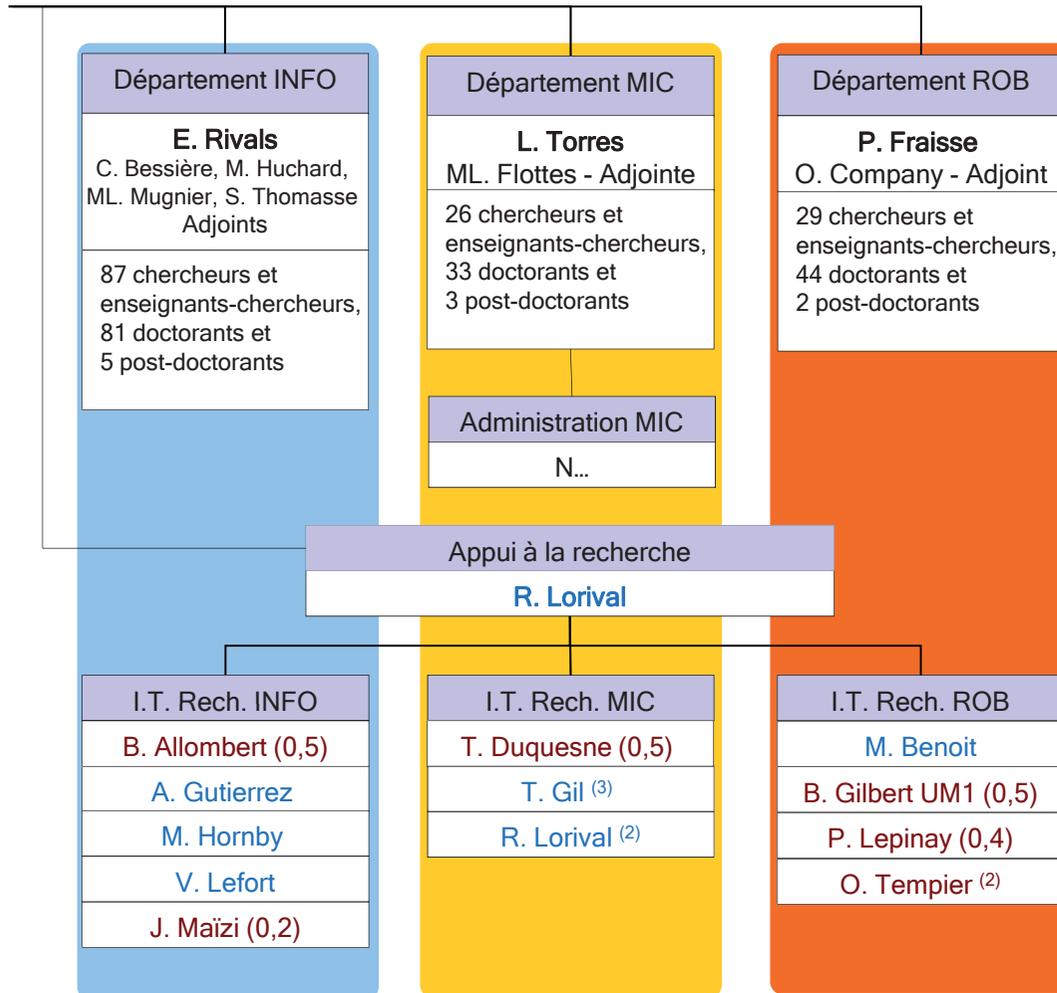


Personnel CNRS

Personnel UM2

Personnel contractuel

*à partir du 1^{er} août 2009 en remplacement de Emile Praud, secrétaire général



Fonctions particulières :
 (1) Correspondant sécurité informatique
 (2) ACO
 (3) Correspondant formation

Note : certains agents relevant de l'Université sont affectés également à des tâches externes au LIRMM et ne participent donc qu'à temps partiel aux activités scientifiques du laboratoire

Note : certains agents peuvent apparaître plus d'une fois dans cet organigramme car ils remplissent plusieurs fonctions distinctes

Note : liste des commissions au 01/01/2009 : Locaux, Budget, Système d'information, Ressources Informatiques, Hygiène et Sécurité, Doctorants, Bibliothèque, Statuts

Les diverses commissions permettent également une approche ciblée des questions à traiter :

- la Commission Doctorants, pour assurer le suivi des doctorants du laboratoire ;
- la Commission Locaux, pour gérer la répartition de cette ressource rare, et piloter les extensions ;
- la CURI, commission des utilisateurs des ressources informatiques : composée de représentants des utilisateurs provenant des différents départements et services du laboratoire ainsi que des responsables des services RX et SI2. Il s'agit : d'une part de définir chaque année les besoins des ressources informatiques du laboratoire afin de préparer et coordonner les demandes de moyens informatiques et, d'autre part, d'être à l'écoute des besoins utilisateurs afin de faire évoluer les outils et services mis à disposition pour les personnels du laboratoire par les services informatiques, que ce soit pour l'appui à la recherche ou pour le support à l'administration centrale (sécurité, maintenance, mise à jour logicielle, etc..). La commission se réunit 3 à 4 fois dans l'année.
- la Commission Budget, dont l'objectif est de préparer la soumission du budget annuel au Conseil de laboratoire ;
- la Commission Bibliothèque, afin de s'assurer notamment que les abonnements souscrits par le laboratoire correspondent aux besoins.

S'agissant de l'aspect «hygiène et sécurité», le laboratoire dispose de deux ACMOs, Philippe Tilloy en charge du bâtiment principal, et Olivier Tempier, en charge de la halle Robotique. Le document unique est mis à jour annuellement pour tenir compte des éventuelles modifications des risques. Une information est donnée aux nouveaux entrants à leur arrivée. Les risques présents au laboratoire sont les risques classiques de travail en bureau, à l'exception de la halle Robotique du fait de la présence de systèmes mécaniques en mouvement et de lignes électriques dédiées.

Un plan de formation d'unité (PFU) est élaboré chaque année, en concertation avec les équipes de recherche et les services. Thierry Gil, correspondant 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. En 2009, le PFU contenait 19 demandes de formation. Thierry Gil s'occupe également de transmettre aux personnels du LIRMM toutes les offres de formation proposées par le CNRS et l'Université Montpellier 2.

La mise en place du Conseil Scientifique a également joué un rôle majeur dans l'organisation du laboratoire.

Le Conseil Scientifique du LIRMM est composé, en plus de ses membres de droit (direction, responsables de département) de 8 membres élus et nommés (4 de

chaque) : Olivier Gascuel (Président), Philippe Poinet (vice-Président), Valérie Berthé, Christian Bessière, David Guiraud, Pascal Nouet, Maguelonne Teisseire et Stephan Thomassé.

Ses missions sont :

- L'animation scientifique au sein du LIRMM, en organisant et supportant financièrement des groupes de travail et des séminaires réguliers (voir rubrique Vie scientifique), et en invitant des chercheurs étrangers de premier plan.
- L'organisation des Colloquiums du LIRMM (voir rubrique Vie scientifique)
- L'évaluation scientifique de projets, parmi lesquels on peut citer les appels d'offres incitatifs de l'UM2 (classés en interne, avant d'être envoyés à l'Université) et les demandes de convention d'entreprises travaillant avec des chercheurs du LIRMM, auprès de LRI (Languedoc-Roussillon Incubation). Nous supportons également de manière ponctuelle des projets en émergence ou des demandes bien spécifiques, comme la relecture d'articles en anglais.
- L'élaboration de la prospective scientifique du LIRMM, pour laquelle nous faisons intervenir des extérieurs autant que possible. Ceci comprend : la discussion avec les équipes en ce qui concerne le bilan, les publications, la définition des axes de recherche, et les principales attentes ; l'évaluation des nouvelles équipes, notamment à la suite d'une fusion ou d'une scission d'équipes antérieures ; la journée annuelle de prospective scientifique, qui a réuni cette année (2009) la plupart des permanents pendant une journée en un lieu retiré et propice à la discussion, avec la participation de personnalités qui ont apporté un regard nouveau et averti sur nos travaux (Philippe Bidaud, ISIR, Paris - Wayne Burleson, University of Massachusetts - François Denis, LIF, Marseille - Luis Farinas del Cerro, IRIT, Toulouse - Michel Painsavoine, LE2I, Dijon).

Enfin, en termes de structuration :

- le remaniement de l'organigramme des services, avec des missions clairement identifiées,
- l'affichage thématique en équipes-projets,

ont constitué deux éléments forts de la gouvernance depuis 2005, en renforçant visibilité, cohérence et efficacité.

Des outils ont également été développés pour assurer une transparence au niveau des demandes de moyens faites aux 2 tutelles du laboratoire : des tableaux de bord mettent en évidence les moyens demandés par chaque département et les moyens obtenus.

Equipes-projets du LIRMM en 2005

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

Ainsi, les équipes ARCHI et WEB ont disparu. Leurs membres ont rejoint respectivement les équipes NERO et TATOO.

L'équipe IHMH ne figure plus dans la nouvelle configuration car ses membres sont partis en retraite, en détachement ou dans une autre équipe (TAL en l'occurrence).

VAG est récemment devenu ALGCo, avec un recentrage de ses thématiques sur les aspects Algorithmique et Combinatoire. La partie Visualisation de VAG s'apprête à rejoindre ICAR.

L'équipe KAYOU s'est scindée en 2 nouvelles équipes : SMILE et COCONUT.

L'équipe TATOO est issue de la fusion d'une partie de IDC et de WEB.

Enfin, les équipes CCSI et TCSI ont fusionné pour former aujourd'hui l'équipe SysMIC.

Informatique

APR	Algorithmique et Performance des Réseaux
ARITH	Arithmétique Informatique
D'OC	Données, Objets, Composants
IDC	Ingénierie des Données et des Connaissances
IHMH	Interaction Homme-Machine et Hypermédiats
KAYOU	Agents, apprentissage, contraintes et logique
MAB	Méthodes et Algorithmes pour la Bioinformatique
RCR	Représentation des Connaissances et Raisonnement
TAL	Traitement Algorithmique du Langage
VAG	Visualisation et Algorithmique des Graphes
WEB	Web sémantique et e-learning

Microélectronique

CCSI	Conception de Circuits et Systèmes Intégrés
TCSI	Test de Circuits et Systèmes Intégrés

Robotique

ARCHI	Productique et architectures de commande
DEXTER	Conception et commande de robots de manipulation
ICAR	Image et réalité augmentée
NERO	Coopération de robots mobiles terrestres et/ou sous-marins

Robotique - Microélectronique

DEMAR	Restauration de fonctions humaines (projet INRIA-LIRMM)
-------	---

Equipes-projets du LIRMM en 2009

Informatique

ALGCo	Algorithmes, Graphes, Combinatoire
APR	Algorithmique et Performance des Réseaux
ARITH	Arithmétique Informatique
COCONUT	Apprentissage, contraintes
D'OC	Données, Objets, Composants
IDC	Ingénierie des Données et des Connaissances
MAB	Méthodes et Algorithmes pour la Bioinformatique
RCR	Représentation des Connaissances et Raisonnements
SMILE	Systèmes, Multi-agents, Interaction, Langage, Evolution
TAL	Traitement Algorithmique du Langage
TATOO	Extraction de connaissances dans les bases de données : motifs séquentiels et ontologies

Microélectronique

SysMIC	Conception et test de systèmes microélectroniques
--------	---

Robotique

DEXTER	Conception et commande de robots de manipulation
NERO	Coopération de robots mobiles terrestres et/ou sous-marins

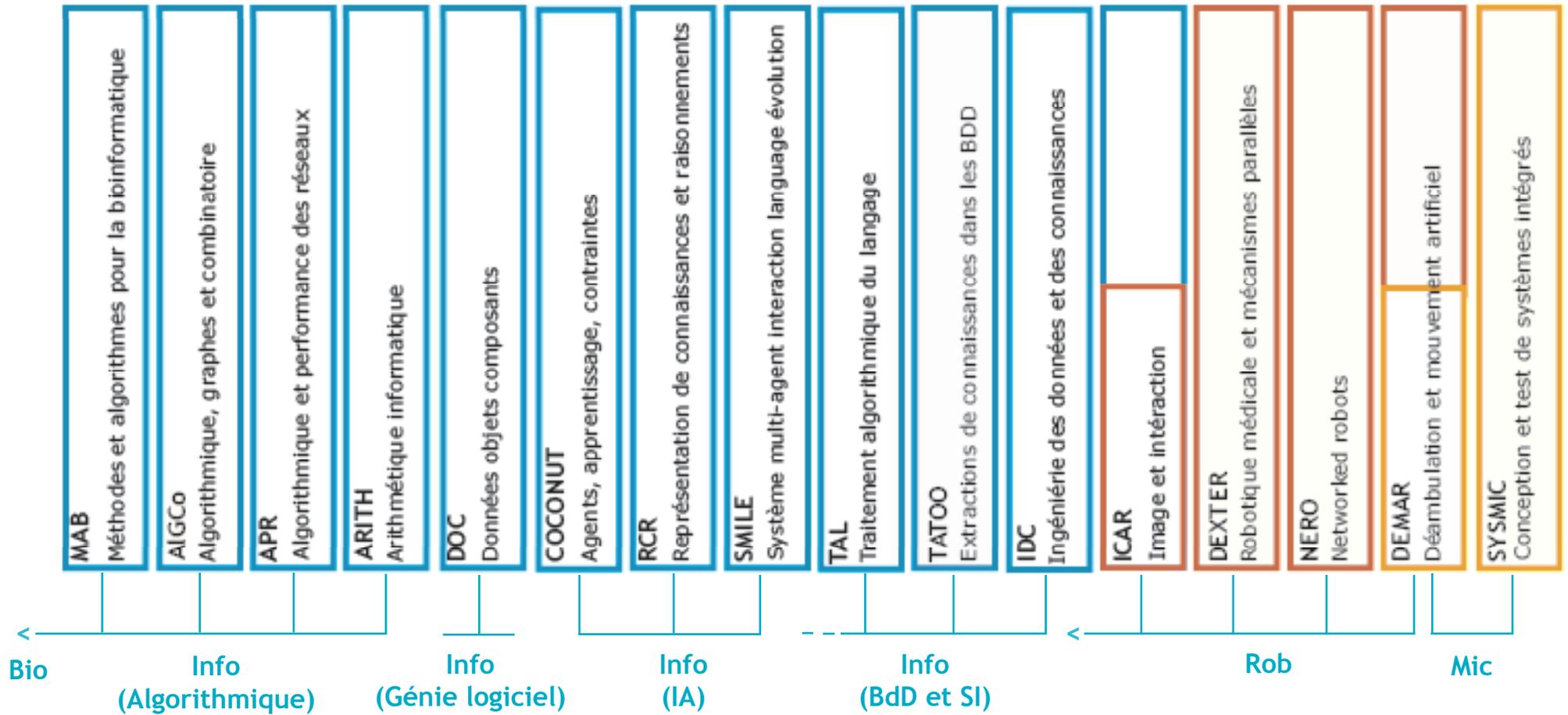
Informatique - Robotique

ICAR	Image et réalité augmentée
------	----------------------------

Robotique - Microélectronique

DEMAR	Déambulation et mouvement artificiel (projet INRIA-LIRMM)
-------	---

Equipes-projets du LIRMM en 2009





Vie scientifique

Animer et échanger

La vie scientifique du laboratoire se déroule à plusieurs niveaux, à commencer par l'animation de chaque équipe-projet.

Plusieurs équipes-projet organisent des séminaires ouverts à tous, dont la fréquence est variable (d'hebdomadaire à bimestriel) :

- Algorithmes, graphes et combinatoire (ALGCo)
- Extraction de connaissances (TATOO)
- Robotique parallèle et médicale (DEXTER)
- Intelligence artificielle (COCONUT et SMILE)
- Séminaire de bioinformatique (MAB)
- Module Image (ICAR)
- Optimisation discrète (APR et ALGCo)
- Groupe de travail Arithmétique Informatique (ARITH)

Ces groupes de travail/séminaires ont fonction d'animation interne aux équipes mais contribuent également à multiplier les rencontres entre équipes-projet et favorisent ainsi l'élargissement des discussions scientifiques.

Les équipes-projet demandent également à leurs invités étrangers d'intervenir lors de leur séjour au LIRMM afin de faire profiter l'ensemble du laboratoire (et plus selon les thématiques) de leur savoir. Ces interventions revêtent souvent un caractère informel, malgré le prestige de ces personnalités (Juergen Becker, Univ. Karlsruhe ; Ned Nedialkov, Univ. McMaster ; Oussama Khatib, Univ. Stanford ; Renée Miller, Univ.

Toronto, pour ne citer que les derniers).

Le Conseil scientifique du LIRMM a également vocation à contribuer à l'animation scientifique du LIRMM. Il a ainsi initié en 2006 la tenue de Colloquium, destinés à un très large public de chercheurs, enseignants-chercheurs et doctorants, et dont l'objet est de présenter un sujet de recherche fédérateur par un orateur prestigieux. Ces événements rassemblent ainsi un public très varié (de 50 à 150 participants), qui dépasse les contours du LIRMM.

Les sujets abordés ont été les suivants :

- Complexité aléatoire et complexité organisée, par Jean-Paul Delahaye (Laboratoire d'Informatique Fondamentale de Lille) ;
- *How will scientists explore Mars? Lessons from field science, the Mars Rovers and mission simulations*, par William Clancey (Florida Institute for Human and Machine Cognition and NASA/Ames Research Center) ;
- *Data Warehousing: Experiences from Agriculture and Health*, Pr Torben Bach Pedersen, Aalborg University ;
- Calcul et mouvement : du robot à l'homme, Jean-Paul Laumond, LAAS Toulouse
- Les systèmes embarqués : nouveaux défis scientifiques pour l'Informatique, Joseph Sifakis (prix Turing 2007).

Les soutenances de thèses, annoncées à l'ensemble des membres du laboratoire, constituent l'un des temps forts de la vie du laboratoire. Avec 129 thèses soutenues sur la période 2005-2008, le LIRMM a ainsi illustré toute la diversité de ses recherches.

Congrès

L'organisation de congrès est également un élément d'animation très important.

Sur la période 2005-2008, 37 congrès ou séminaires (dont 25 d'audience internationale) ont été organisés (en région, hors région, ou à l'étranger) par les chercheurs du LIRMM (cf encadré ci-contre). Ces congrès représentent une palette très large : Réseaux thématiques, Universités européennes d'été labellisées par le Ministère de la Recherche et de l'Enseignement supérieur, Congrès IEEE, des congrès majeurs pour la discipline, des congrès créés à l'initiative du LIRMM...

Environ 2500 congressistes ont été accueillis par le LIRMM au cours de ces quatre années. Cette activité témoigne de la forte reconnaissance dont bénéficient les équipes au sein de leurs communautés respectives.

Notons également une implication remarquable des chercheurs du LIRMM dans des comités de programme (cf fiches résumés et bilans des équipes).



MIRT'08 - Conférence Multimédia, Internet, Réseaux, Télécom
Parallel Robots Workshop - 2nd International Workshop on Fundamental Issues and Future Research Directions for Parallel Mechanisms and Manipulators
SIPTA'08 - 3ème Ecole d'Eté SIPTA, Society for Imprecise Probability: Theories and Applications
SAGEO'08 - Spatial Analysis and GEOmatics
SDH'08 - International Symposium on Spatial Data Handling
CAISE'08 - 20th International Conference on Advanced Information Systems Engineering
E-CAP'08 - International European Conference on Computing and Philosophy
SIES'2008 - 3rd International Symposium on Industrial Embedded Systems
MIEP'08 - Mathematics and Informatics in Evolution and Phylogeny
ICESCA'08 - First International Conference on Embedded Systems and Critical Applications
SPI'08 - 12th IEEE Workshop on Signal Propagation on Interconnects
ISVLSI'08 - IEEE Computer Society Annual Symposium on VLSI
CORESA'07 - COmpression et REprésentation des Signaux Audiovisuels
CLA'07 - Conférence internationale sur les treillis conceptuels et leurs applications
UEE'07 - 3rd Summer European University in Surgical Robotics
ARITH'18 - 18th IEEE Symposium on Computer Arithmetic
CryptArchi'07 - Cryptographic architectures embedded in reconfigurable devices
ReCoSoC'07 - Reconfigurable Communication Centric SoC
SADPI'07 - Semantically Aware Document Processing and Indexing
JNRH'07 - Journées Nationales de Robotique Humanoïde
Journées de la section électronique du **club EEA**
ARCHI'07 - École thématique : Architectures des systèmes matériels enfouis et méthodes de conception associées
Bioinformatics of African Pathogens and Disease Vectors, Nairobi 2007
Les **Rencontres Arithmétiques** de l'Informatique Mathématique
OTM'06 - On The Move 2006 CoopIS/DOA/ODBASE/GADA - OTM federated conferences and workshops
Perpi'06 - Conférences conjointes RenPar'17 / SympA'2006 / CFSE'5 / JC'2006
PATMOS'06 - IEEE conference on Power and Timing Modeling, Optimization and Simulation
ReCoSoc'06 - Reconfigurable Communication-centric Socs
EIAH'06 - Ecole thématique CNRS sur les EIAH : Simulation, réalités virtuelles et augmentées pour les apprentissages professionnels
SSIR 2006 - Ecole d'été 2006 Image et Robotique
CAR'06 - 1st National Workshop on Control Architecture of Robots: software approaches and issues
SURGICAL ROBOTICS 05 - Université Européenne d'été en Robotique Chirurgicale 2005
ReCoSocs'05 - Reconfigurable Communication-centric Socs
MathEvolPhyl'05 - Conference Mathematics of Evolution and Phylogeny
EIAH'05 - Environnements Informatiques pour l'Apprentissage Humain
EJC'05 - Ecole Jeunes Chercheurs en Algorithmique et Calcul formel
ROBEA'05 - Journées Bilan du PIR CNRS ROBEA



Formation par la recherche

Susciter et accompagner des vocations

Les enseignants-chercheurs du LIRMM sont très impliqués dans les différentes composantes de l'Université Montpellier 2 : IUT de Nîmes, Béziers et Montpellier, Faculté des Sciences, Polytech'Montpellier... où ils assurent non seulement des tâches classiques d'enseignement et d'encadrement, mais également prennent en charge de lourdes responsabilités en termes d'animation, de coordination et d'administration. D'autre part, depuis la mise en place du LMD, les personnels du laboratoire sont très fortement impliqués dans les Masters d'Informatique et d'Electronique, Electrotechnique et Automatique (EEA). Le laboratoire est équipé d'accueil pour les étudiants de ces deux Masters.

Masters : 90¹ étudiants accueillis en moyenne chaque année au laboratoire

Master EEA

De 2005 à 2007, le LIRMM accueillait les étudiants de la spécialité SAEI (Systèmes Automatiques et Electronique Intégrée), en M2 recherche ainsi que de nombreux étudiants de la première année du Master.

Depuis la rentrée 2007, deux spécialités sont proposées : «Systèmes Microélectroniques» et «Robotique et Automatique». Les effectifs sont stables sur le quadriennal et représentent environ 80 étudiants.

Concernant la spécialité «Robotique et Automatique» il est à noter que l'attractivité de l'équipe robotique n'a cessé de progresser d'année en année ; en effet, si nous maintenons le recrutement autour de 25 étudiants par année, le nombre de candidatures ne cesse d'augmenter pour avoir été en 2008 de l'ordre de 150 et pour l'année 2009 de 200 uniquement pour le M2. En M1, les étudiants sont issus à 55% de la licence de notre université ; 60% des étudiants de notre M2 sont issus de notre M1, 20% proviennent d'autres universités françaises et 20% sont des recrutements à l'étranger. Nous avons stabilisé autour de 50% des effectifs annuels, le nombre d'étudiants du M2 accueillis en stage au LIRMM.

Point important, cette spécialité n'existe que par son appui à la recherche car si elle dépend administrativement de l'université de Montpellier 2, et plus précisément de la composante Faculté des Sciences, les intervenants sont issus de 6 composantes de l'université et du CNRS. Le LIRMM est le point central de l'organisation et du rayonnement de cette spécialité.

La spécialité «Systèmes Microélectroniques» représente environ 1/3 des étudiants de ce Master. Les enseignements sont délivrés par les enseignants-chercheurs et les chercheurs du département Microélectronique du LIRMM dans les quatre spécialités

1 ce chiffre comprend aussi les élèves ingénieurs de Polytech'Montpellier

suivantes : «Test des Systèmes Microélectroniques», «Conception de Circuits Intégrés Analogiques», «Conception de Circuits Intégrés Numériques» et «Architectures des Systèmes Intégrés». Le taux de stage recherche dans ces effectifs varie de 30 à 50%.

Master Informatique

Plus de 350 étudiants suivent cette formation organisée en deux spécialités : Informatique à Finalités Professionalisantes et Recherche Unifiée (IFPRU) et Intégration des Connaissances (IC).

Il est à noter que les étudiants de Master Informatique de la Faculté des Sciences ont une insertion professionnelle remarquable. Pour ceux qui suivent un parcours professionnalisant, plus de 90% d'entre eux bénéficient d'une embauche soit à la suite de leur stage de fin de cursus soit dans les 6 mois après l'obtention de leur diplôme ; ceux qui suivent un parcours recherche poursuivent à 50% leurs études en doctorat (localement ou nationalement) ou bien bénéficient d'embauches dans des emplois au sein d'unités de recherche.

Des formations pluridisciplinaires sont également proposées, au travers des parcours du Master Informatique spécialité Intégration de Compétences de la Faculté des Sciences (Bioinformatique, Compétences Complémentaires en Informatique, Système d'Information et Informations Géographiques pour la Gestion et la Gouvernance du Territoire (SIG3T)), ainsi que dans des formations associant la physique et l'informatique (parcours Physique-Informatique du Master Physique), ou les mathématiques et l'informatique (Master Mathématiques, Statistique et Application, parcours Mathématiques et Informatique).

La mention Informatique de la Faculté des Sciences propose une ouverture vers l'international avec une co-diplomation avec l'Université Complutense de Madrid, une proposition de spécialité de Master en langue anglaise « Web Science » et un projet de participation au montage de Master au sein du projet Université Hanoi.

Doctorat : 151 doctorants au LIRMM au 30/6/2009, 129 thèses soutenues du 1/1/2005 au 30/6/2009

Le LIRMM est la structure d'accueil principale de deux spécialités (Informatique et Systèmes Automatiques et Microélectronique) au sein de l'École Doctorale I2S (Information, Structures, Systèmes) de l'Université Montpellier 2 (ED 166) qui regroupe 410 doctorants répartis dans 7 spécialités doctorales : Biostatistique, Electronique, Informatique, Mathématiques, Mécanique, Physique, Systèmes Automatiques et Microélectronique (effectifs 2008/2009, source : dossier bilan école doctorale).

Les spécialités doctorales s'appuient sur plusieurs unités de recherche, à l'échelle régionale (Montpellier, Perpignan, Alès, Nîmes, Avignon).

Au niveau du LIRMM :

- la spécialité doctorale informatique concerne essentiellement le département Informatique : des compléments liés à cette activité sont présentés dans la partie «Département Info» de ce rapport d'activités, page 75. Quelques doctorants travaillant sur des sujets interdisciplinaires sont rattachés à d'autres Ecoles doctorales (cas de la bioinformatique ou des sciences du mouvement par exemple) ;
- la spécialité doctorale SyAM concerne les départements Robotique et Microélectronique : des compléments liés à cette activité sont présentés dans ces deux départements aux pages 83 et 87.

Le financement des doctorants répond à une exigence constante du laboratoire qui s'assure que tous les doctorants soient financés dans leur travail de thèse.

La spécialité SyAM propose deux spécialisations : Systèmes Automatiques et Microélectroniques. Au 30/06/2009, 78 étudiants étaient inscrits dans cette spécialité. Ces 78 doctorants sont encadrés par des chercheurs et enseignants-chercheurs du LIRMM ; les 3/4 sont hébergés au LIRMM, le reste en entreprises. Parmi les 78 thèses en cours, on compte : 22 allocations du ministère, 18 CIFRE, 5 BDI (INRIA/Région, CNRS/DGA), 8 CDD avec des contrats européens, 6 bourses en co-tutelle avec des universités étrangères (Belgique, Brésil, Mexique), 9 contrats de recherche, 3 AMN et 7 autres financements (bourses industrie, CEA, ...). La diversité des sources de financement permet à la spécialité doctorale SyAM d'assurer un taux d'autofinancement important, supérieur à 60%, et traduit également des relations industrielles fortes. L'attractivité de la spécialité se traduit en particulier par le nombre de doctorants issus d'une formation hors de Montpellier. Ils sont ainsi 39 à n'avoir pas fait leur cursus (ou la première partie) à l'UM2.

Sur la période 2005-2009, 61 thèses ont été soutenues dans la spécialité SyAM. Parmi les 61 docteurs de la spécialité SYAM, 37 sont actuellement ingénieurs, 8 sont en post-doc, 2 ont été recrutés sur des postes de Chargé de Recherche, 6 sont devenus Maître de Conférences, 5 travaillent dans une entreprise privée.

Dans la spécialité Informatique, 73 doctorants sont encadrés par des chercheurs et enseignants-chercheurs du LIRMM. Sur ces 73 doctorants, les deux tiers sont hébergés au LIRMM, le reste l'étant par des laboratoires partenaires (EMA-LGI2P, CIRAD, TETIS, LIA) ou dans des entreprises (CIFRE). Sur ces 73 thèses, 23 sont financées sur des

allocations ministérielles, 9 sur des contrats de recherche, 9 par une CIFRE, 8 sont en cotutelle avec des Universités étrangères ou bénéficient de financements étrangers ; on compte également 4 AMN, 8 BDI et 12 autres financements divers (bourses, salaire, ATER...). Ainsi, la capacité d'autofinancement des thèses en Informatique s'élève à environ 50%. La durée moyenne des thèses est de 44 mois (sur la période 2005-2008, et de 42 mois sur 2008 seulement). 23 des doctorants de la spécialité Informatique n'ont pas fait leur cursus (ou la première partie) à l'UM2.

Le département informatique du LIRMM s'affirme comme le lieu prépondérant de formation des doctorants en informatique dans la région Languedoc-Roussillon. On peut en outre remarquer la forte progression dans ce département des thèses autofinancées et des thèses pluri-disciplinaires d'autre part. En matière de pluridisciplinarité en 2006, 1 thèse a été soutenue sur un sujet pluri-disciplinaire informatique/robotique. En 2008, 3 thèses ont été soutenues sur des sujets à l'intersection entre biologie et informatique d'une part et entre robotique et informatique d'autre part. Cette progression se confirme et s'accélère en 2009 : 12 thèses en cours dans le département informatique sont pluridisciplinaires avec 9 thèses biologie/informatique, 2 thèses informatique/chimie, et 1 informatique/robotique. Du point de vue de l'autofinancement des thèses, la situation du département informatique du LIRMM est également en constante progression. Ainsi, sur les 38 nouveaux inscrits sur le département informatique en 2008/2009, seulement 5 thèses sont financées par des allocations du ministère, 2 bénéficient d'un co-financement avec la région (CNRS/région et UM2/Région) et les 31 autres thèses sont financées par des CIFRE, des ANR, ou des co-tutelles.

Sur la période 2005-2009, 68 thèses ont été soutenues dans la spécialité INFO. Parmi les 68 docteurs de la spécialité INFO, 16 sont actuellement en post-doc, 12 sont ingénieurs, 3 ont été recrutés sur des postes de Chargé de recherche, 20 sont devenus Maître de Conférences, 6 travaillent dans une entreprise privée, 7 sont en CDD dans des établissements publics.

Durant la période, 10 HDR ont été soutenues en Informatique et 5 HDR en SyAM.

SéminDOC, séminaire de doctorants

(<http://www.lirmm.fr/~semindoc/>)

Ce séminaire permet aux doctorants de présenter leurs travaux de recherche devant les autres thésards du département informatique du LIRMM. Ce moment convivial est aussi un moyen de se tenir au courant des problématiques abordées dans les différentes équipes du département, qui représentent divers domaines de l'informatique. Ce séminaire a lieu en moyenne une semaine sur deux le mercredi. Les orateurs sont principalement des doctorants en informatique du LIRMM, et en fonction des thèmes des doctorants invités d'autres départements ou laboratoires. Les exposés concernent les travaux de l'orateur ou bien peuvent être des états de l'art sur un sujet donné. La tendance actuelle est d'alterner des séminaires spécialisés et des séminaires plus généraux ouverts à l'ensemble des doctorants du LIRMM.

La cellule doctorale et commission des doctorants du LIRMM, mise en place en 2005, est le relais privilégié entre la population des doctorants (151 au 30/6/2009), force vive du laboratoire, et la direction. Composée de représentants élus de chaque département, elle assure une communication opérationnelle sur tous les sujets de la vie quotidienne des doctorants, en allant des conditions d'hébergement jusqu'aux relations doctorants-encadrants. Le suivi scientifique du déroulement des thèses se fait lors des Comités de Suivi de Thèse (CST) qui ont été mis en place au sein de l'ED I2S en 2005. Ces CST ont lieu au moins une fois par an.

L'animation scientifique se traduit de différentes façons au sein du laboratoire. Tout d'abord, elle se fait au travers des séminaires qui peuvent être organisés au sein des départements ou des équipes. Elle passe également par les soutenances de thèse (129 sur la période 2005-2009). Enfin, les journées des DOCTISS qui ont lieu une fois par an et organisées par des doctorants de l'ED I2S, sont l'occasion pour les doctorants de chaque spécialité de découvrir les travaux d'autres doctorants dans des disciplines très variées de l'Ecole Doctorale. Actuellement pour favoriser les échanges entre doctorants, se met en place une animation inter-département sous la forme d'un séminaire commun organisé par les doctorants au niveau du laboratoire.

CST

Afin d'assurer un parcours efficace à nos étudiants, il a été mis en place au niveau de l'école doctorale I2S le principe de « Comité de suivi des thèses (CST) ».

Le CST est composé de l'encadrant du doctorant, des co-encadrants et d'au moins un rapporteur extérieur. Chaque année, les doctorants effectuent une présentation orale de l'avancement des travaux de recherche devant leur CST.

A la suite de cette soutenance, un rapport sur l'état d'avancement des travaux est rédigé par l'encadrant de la thèse, en accord avec le CST. Un avis est également donné sur la réinscription en thèse.

Ce rapport est présenté ensuite au Responsable de la formation doctorale lors de la demande de réinscription en thèse.

Les DOCTISS

Chaque année, l'école doctorale I2S organise les DOCTISS, journée dédiée aux doctorants, dont les objectifs sont :

- Promouvoir la science et la recherche au sein du campus. Montrer les possibilités, les thèmes et sujets de recherches aux jeunes générations et susciter l'envie et l'engagement dans cette voie.
- Donner aux jeunes chercheurs une expérience dans la pratique de la communication scientifique, et dans la mise en avant de leurs sujets et leurs travaux, en profitant entre autre des recommandations du jury. Leur donner l'opportunité de rencontrer un public divers et varié.
- Mettre en avant les compétences des futurs-docteurs auprès d'un public d'industriels, et de responsables d'entreprises, et leur donner une meilleure visibilité dans le monde du travail hors carrière académique.

Les doctorants du LIRMM se mobilisent tant au niveau de l'organisation que du programme scientifique. Toutes les informations sur : <http://www.doctiss.fr/>





Bilan et Production scientifique

Communiquer nos résultats

	ACL	ACLN	ASCL	INV	ACTI	ACTN	COM	AFF	OS	OV	DO	AP	BV	Prix	Orga	Tot. rg A	
<i>Pour mémoire 2002-2005</i>	0.49			0.09	1.40				0.09				0.02			2.09	

	ACL	ACLN	ASCL	INV	ACTI	ACTN	COM	AFF	OS	OV	DO	AP	BV	Prix	Orga	Tot. rg A	
2005-2008	377		3	63	821	144	127	30	84		41	191	12	9	37	1357	
par an, par C (ETP = 1)*	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	rg A/an/C
par an, par C (ETP = 0.5)*	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	rg A/an/C

* voir paragraphe page suivante

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...).
- ACLN Articles dans des revues avec comité de lecture non répertoriées dans des bases de données internationales.
- 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).
- OV Ouvrages de vulgarisation (ou chapitres de ces ouvrages).
- DO Directions 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.

NB : A ces rubriques, nous avons rajouté : BV (Brevets), Prix et Orga (organisation de congrès)

Publications des équipes-projets, du 1/1/2005 au 31/12/2008

	ACL	ACLN	ASCL	INV	ACTI	ACTN	COM	AFF	OS	OV	DO	AP	BV	Prix	Orga	Tot. rg A
AIGCo	49			2	37	2						21			0	88
APR	12			1	17	9	4		1			9				31
ARITH	41			4	45	4	2		3		1	19			3	93
COCONUT	15			5	42	7	2		10		2	2			2	72
DEMAR	13			8	64	2	4		4			4	2	2		91
DEXTER	13		1	2	60	5			4		1	3	4		4	83
DOC	13				34	13	2	1	11		5	23			2	58
ICAR	18			2	53	19	3		3			5	2		3	78
IDC	4			1	16	3			1		4	12			2	22
IHMH	2				10	2			1		1	6			1	13
MAB	63			9	23	1	12	2	6		3	4			3	101
NERO	21			1	40	6	2		4			7		1	3	66
RCR	8			1	21	7	2	1	3		3	25				33
SMILE	10			7	20	3	4		13		3	8				50
SYSMIC	56		2	19	231	16	88	24	8		14	17	4	6	10	318
TAL	18			1	45	19		2	4		1	10				68
TATOO	21				63	26	2		8		3	16			2	92

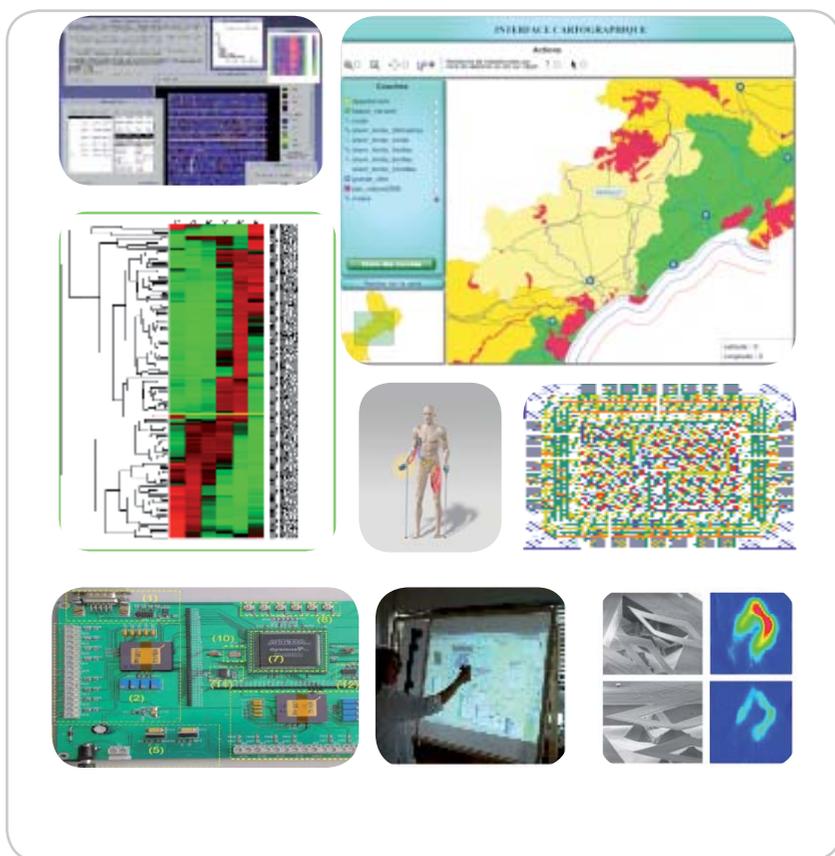
La période 2005-2008 a vu une croissance sensible du nombre de publications, par chercheur et par an, en comparaison de la période précédente : chaque chercheur a publié, en moyenne, plus de 2,5 articles ou communications de rang A chaque année. La progression a été particulièrement sensible pour la rubrique « ACL », où ce ratio est passé de 0,49 à 0,72. Ces valeurs sont établies 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, le ratio s'élève à plus de 4 (cf. tableau page précédente). Enfin, les nombres de C/EC considérés sont ici des valeurs moyennes estimées sur la période (131 pour la première ligne, 82 en équivalent temps plein pour la seconde).

Selon les équipes-projets, leurs forces en termes de personnel, les orientations fondamentales ou appliquées de leurs travaux, l'importance donnée à l'expérimentation, la production scientifique est évidemment d'une grande variété. Le tableau ci-dessus en donne un aperçu, sachant que des informations bien plus complètes sont détaillées plus loin par chaque équipe-projet. Notons que 59 publications sur la période 2005-2009 sont inter-équipes (co-auteurs LIRMM appartenant à plusieurs équipes-projet).

NB : Le nombre de publications par équipe qui apparaît dans chaque bilan d'équipe (voir section les équipes-projets) comptabilise les publications du 1/1/2005 au 31/8/2009.

Au-delà de l'ensemble de ces publications, le LIRMM a pour particularité de développer de nombreux prototypes, et ce dans les trois départements. Les plateformes (voir rubrique suivante) de bioinformatique, de sécurité numérique, de robotique (une quinzaine de prototypes abrités dans une halle de 180m²) et de microélectronique en témoignent.

Chaque équipe-projet décrit dans son bilan les maquettes et prototypes issus de ses travaux : réalisations logicielles, plateformes publiques, commerciales, industrielles, prototypes logiciels, prototypes et démonstrateurs microélectroniques, puces, MEMS, Rétines, FPGA-MRAM, prototypage matériel... autant d'atouts qui attestent de la forte productivité du laboratoire.



Pourtant, le bilan de la recherche partenariale est difficile à quantifier en comparaison avec la production scientifique classique.

Néanmoins, compte tenu du fort développement du LIRMM en termes de plateformes et de projets de création d'entreprises innovantes (détaillés aux pages 37 et 43) nous avons résumé ci-après quelques éléments de bilan (extraits des tableaux bilan AERES - période 2005-2008 à laquelle nous avons rajouté quelques créations en cours ou succès antérieurs à la période) qui nous semblent pertinents :

Plateformes logicielles et logiciels libres	Plateformes matérielles	Dénomination
49	8	HILECOP, SENISManager, Madkit, Warbot, Turtlekit, Agora, PhyMMP, Crypto 1, Crypto 2, Crypto 3, PhyML, FastME, BioNJ, STAR, MS_ALIGN, PermutMatrix, PhyloBayes, Dtscore, PhySIC, Mpscan, PhySIC_IST, PhyD*, Phylogeny.fr, PlasmDraft, SDM, LG, CAT, Treecloud, TourSolver, NursePlanner, MatchPlanner, XbenchMatch, Bmatch, PORSCHE, Cogui, Cogitant, Icar/cryptage1, Icar/cryptage2, Icar/tatouage_detatouage, Icar/evaluation, Icar/tatouage3d, SYGFRAN, PRM, Soilwater2, Orange-FTGROUP Gumm, Orange-FTGROUP Erca, Orange-FTGROUP Mxl, Orange-FTGROUP Minjava, Webconf + Plateformes matérielles SECNUM (1), R2LR (5), CNFM (2)

Essaiage entreprises innovantes	Noms	Emplois créés estimés
33	ADAMENTIUM SAS, AIRTIST, ALCI, AQUAFADAS, CORTUS SA, EKIOO, ELITE IMAGE SOFTWARE, EXPERNOVA, FATRONIK France, IBISKUS, INTRASENSE, KEOSIA, M2J GROUP, MAEGLIN SOFTWARE, MARA-PROCESS, MEDTECH, MENTA, NAMAÉ CONCEPT, NELIS, NETHEOS, NORMIND, NOUT, OKTALOGIC, ORIDAO SAS, OSMOSIZ, PIKKO, QUIETYS SAS, SATIN IP SAS, SMARTVCFS, TIXEO, VODDNET, WE ARE CLOUD, ZENVIA	200

Faits marquants, distinctions



Le CNRS a honoré le LIRMM en attribuant ses médailles de bronze et d'argent à deux talents dont les travaux illustrent typiquement l'ouverture des TIC aux disciplines du vivant.

Ainsi, en 2005, David Guiraud, CR INRIA et responsable de l'équipe-projet DEMAR (Déambulation et Réhabilitation de la Marche) s'est vu decerner une Médaille de Bronze. En 2009, c'est Olivier Gascuel, DR CNRS, responsable de l'équipe-projet MAB (Méthodes et Algorithmes pour la Bioinformatique) qui a reçu une Médaille d'Argent.

Chaque équipe-projet a cité dans ses propres comptes rendus les diverses distinctions obtenues, en particulier lors de conférences internationales avec un nombre élevé de « best paper awards ».

Le LIRMM a également été distingué en 2006 par l'INPI (Institut National de la Propriété Industrielle) qui lui a décerné son Trophée Régional de l'Innovation.

Enfin, au travers de communiqués de presse, le LIRMM a signalé plusieurs moments forts de ses résultats scientifiques :

- des records de vitesse obtenus en robotique parallèle,
- des innovations microélectroniques,
- un article publié dans Nature,
- un article de bioinformatique parmi

les plus cités dans le domaine,

- l'arrivée du robot humanoïde Hoap3 au LIRMM,
- le lancement du laboratoire commun CNRS-IsyTest.

Ces faits marquants sont diffusés auprès de nos partenaires (scientifiques, institutionnels, industriels, presse) notamment par le biais d'une Newsletter « LIRMM Infos » (voir en annexe).



L'ensemble des publications du LIRMM du 01/01/2005 au 31/08/2009¹ (2184 documents) fait l'objet d'un fascicule séparé.

Il est en ligne dans la rubrique «publications» du site web du LIRMM :

<http://www.lirmm.fr>

Ce fascicule a été réalisé à partir du portail HAL-Lirmm, conçu et géré par nos services.

¹ Les tableaux p. 31 et 32 concernent strictement la période d'évaluation définie par l'AERES, soit du 1/1/2005 au 31/12/2008. Le fascicule, quant à lui, intègre en plus les premiers mois de 2009 pour donner une vue partiellement plus actualisée de nos travaux.

Le pick-and-place et la robotique parallèle

par Vincent Nabat qui a associé à cet article l'un des acteurs principaux de leur développement, à savoir **Raymond Clavel**, professeur à l'École Polytechnique Fédérale de Lausanne.

Les architectures parallèles regroupent plusieurs catégories telles que les manipulateurs « lents » utilisés pour déplacer de lourds charges, les machines-outils et les manipulateurs « rapides » pour la prise/dépose d'objets de faibles masses. Lors de la rédaction de cet article, nous avons fait le choix de nous concentrer uniquement sur les robots utilisés pour le pick-and-place, largement connus dans le milieu industriel.

La robotique parallèle : un peu d'histoire

La robotique parallèle s'est fait connaître du milieu industriel depuis peu de temps, mais cette discipline existe depuis la fin des années 50. En fait, la première machine parallèle fut inventée par Cough qui créa un mécanisme muni de six vérins capable de mouvoir une plate-forme mobile dans six degrés de liberté. La première utilisation de cette machine était destinée au montage de composants pneumatiques, mais cette technologie fut utilisée pour réaliser des tâches de pick-and-place.

Recherche Hoap 3 fait ses premiers pas à Montpellier

Le laboratoire de recherche Montpellier LIRMM, qui rassemble à l'atelier de son personnel, a trouvé, en un nouveau robot, un nouveau visage. Il s'agit d'un robot humanoïde nommé Hoap 3, un robot de taille humaine, capable de réaliser des tâches de pick-and-place. Le robot est équipé d'une plateforme mobile et de six degrés de liberté. Il est capable de réaliser des tâches de pick-and-place avec une précision et une vitesse phénoménales.

une dizaine de scientifiques à temps plein. « On travaille sur des applications qui vont aider la personne qui dans une situation peut-être le robot peut-être le robot... »



Philippe Fraisse et son « bébé »

Le Monde Informatique

Toute l'info et les tendances du monde IT

La Malaisie collabore avec le CNRS sur les technologies sémantiques

L'agence gouvernementale malaise de recherche appliquée (RCR) du CNRS pour le développement de plateformes sémantiques. Ces techniques consistent à s'appuyer sur le sens des contenus pour les organiser et les retrouver. Elles sont à la base de ce qui est appelé déjà le web 3.0.

Le Progrès

Des chercheurs de Lyon (CNRS-université Lyon 1) et de Montpellier de mettre au point de nouveaux moyens d'étude des conditions de savoir il y a plus de trois milliards d'années.

Actualité > France > Le CNRS et PSI Electronics colmatent les fuites des circuits intégrés

Le CNRS et PSI Electronics colmatent les fuites des circuits intégrés

Navigation menu: Pôles d'excellence, Filières, Santé Agro, TIC, Dossier TIC, Environnement, Pôles de compétitivité, votre projet, Implanter votre entreprise, Créer votre entreprise, Développer votre entreprise.

Navigation menu: Economie, Web et multimédia, Foncier et immobilier, Observatoire, Développement local, Montpellier Méditerranée.

Journal du CNRS

Retour au sommaire, Imprimer

Alci: Le robot boucher, futé et affûté



MAG SECOURS: Le magazine de la sécurité informatique. Informations sur réseaux, telecom, internet.

L'ADEPT Quattro: allie vision de précision et vitesse phénoménale. Image of a robotic hand holding a small object.

Bee Ware s'associe avec les chercheurs du LIRMM et du LGI2P pour un programme de recherche de 18 mois. Annonce de collaboration entre CNRS, LIRMM et LGI2P.

Montpellier Méditerranée: Foncier et immobilier, Observatoire, Développement local, S'inscrire.

Recherche: le LIRMM, une référence internationale. Trente-cinq projets d'entreprises incubés depuis 2002.

MONTPELLIER Innovation Deux "couples" labos-sociétés récompensés. Annonce de prix pour des couples labo-société.



Plateformes technologiques

Mutualiser pour être plus efficaces

La région Languedoc-Roussillon et le CNRS ont, ces dernières années, donné l'impulsion nécessaire à la volonté du LIRMM de mettre à disposition de tous les résultats de certains travaux structurés en plateformes thématiques. C'est ainsi que plusieurs plateformes ont vu le jour :

Plateforme Bioinformatique <http://www.atgc-montpellier.fr>

La plateforme a été créée en 2000 à l'initiative de l'équipe Méthodes et Algorithmes pour la Bioinformatique (MAB) du LIRMM, dans le contexte de la Génopôle de Montpellier. Le projet a été soutenu par le Réseau National des Génopôles (8 ans de CDD d'ingénieurs et deux clusters de calcul), par le CNRS (1 poste IR, 1 CDD d'ingénieur de 3 ans et un cluster de calcul) et, récemment, par la Région Languedoc-Roussillon (1 CDD d'ingénieur d'un an). Depuis sa création, les contours de la plateforme ont évolué. Elle fédère aujourd'hui plusieurs équipes de Montpellier et propose un grand nombre d'outils et de bases de données liés à la génomique évolutive, comparative et fonctionnelle. L'équipe MAB conserve un rôle central dans la maintenance et l'évolution de la plateforme. Deux ingénieurs de recherche (CNRS et CDD) s'y emploient à plein temps, et nous disposons de deux clusters de calcul de

16 nœuds chacun qui sont administrés par le STI du LIRMM.

La plateforme a la triple vocation de diffuser les outils bioinformatiques développés au sein de la communauté montpelliéraine, 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. Les outils que nous proposons sont accessibles en ligne gratuitement. Ils peuvent être téléchargés et/ou exécutés sur nos clusters. Notre activité vise donc la communauté régionale, nationale et internationale. Les outils distribués sur ATGC ont une très grande visibilité internationale. Par exemple, GenePop (1995) a été cité plus de 5500 fois et PhyML (2003) plus de 1900 fois (cf. Web of Science).

Un axe majeur de la plateforme concerne les études évolutives. Nous développons des algorithmes de reconstruction phylogénétique (par exemple PhyML, développé au sein de l'équipe MAB, et classé « Current Classic » depuis Octobre 2007 par Science Watch), de génétique des populations (par exemple GenePop, développé par l'ISEM) et des outils d'analyse et de visualisation d'arbres. Un effort d'intégration de ces outils a été réalisé (en collaboration avec la plateforme de bioinformatique de Marseille) afin de les rendre accessibles au sein d'un pipeline d'analyse phylogénétique en ligne (<http://www.phylogeny.fr> : 300 analyses par jour).

Les autres services proposés concernent l'analyse des génomes (par exemple STAR développé au LIRMM pour la recherche de répétitions en tandem), la transcriptomique à l'aide de méthodes de séquençage à haut débit (par exemple Mpscan pour la localisation de shortreads dans un génome), et la génomique végétale (par exemple GreenPhyl développé par le CIRAD pour la génomique comparative du riz et d'arabidopsis).



La plateforme a une volonté forte de diffuser ses travaux au plan international. Ceux-ci sont typiquement publiés dans Bioinformatics et BMC Bioinformatics (7 publications depuis 2007) et dans les issues Web Server et Database de Nucleic Acid Research (6 publications depuis 2007), ce qui leur assure une excellente visibilité et explique notre impact en termes de citations et de requêtes : plus de 3000 requêtes par mois en 2009, provenant du monde entier (dont 1/6 France, 1/4 Europe, 1/4 Amérique du Nord, 1/6 Chine et Japon).

Nous allons poursuivre nos activités dans les domaines de la génomique évolutive, comparative et fonctionnelle, à travers notamment nos projets de recherche actuels : comparaison de génomes, reconstruction de l'arbre de la vie, évolution et génomique fonctionnelle de virus et de parasites humains (*Plasmodium*, HIV, *Leishmania* ...). Au-delà de ces prolongations naturelles, nous nous intéressons actuellement au traitement des données de séquençage à très haut débit. Ainsi, nous développons, en collaboration avec la plateforme de séquençage Montpellier Genomix, de nouvelles approches d'étude des génomes et de la complexité de leur régulation.

Plateforme Régionale SECNUM : sécurité numérique

<http://www.lirmm.fr/SECNUM>

L'implantation matérielle est devenue le talon d'Achille de nombreuses applications sécuritaires et les attaques matérielles (fuites d'information des composants électroniques) ou side channel attacks comme la Simple Power Analysis (SPA), la Differential Power Analysis (DPA), la Differential ElectroMagnetic Analysis (DEMA) ou encore la Differential Fault Attack (DFA) se sont généralisées. 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 qu'utilisent notamment nos cartes à puce. L'objectif est de proposer une plateforme ouverte pour étudier, évaluer et accompagner les académiques et industriels (sous certaines conditions) vers la conception de circuits et systèmes embarqués robustes vis-à-vis de contraintes

sécuritaires, notamment les attaques matérielles citées ci-dessus.

Cette plateforme nécessite des compétences disciplinaires diverses telles que : mathématiques (Laboratoire I3M, Montpellier), informatique et microélectronique (Laboratoire 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 du Pôle Formation-Recherche MIPS (Mathématiques, Informatique, Physique et Systèmes).

Dans ce contexte, l'objectif de cette plateforme récemment labellisée (octobre 2008) par la région Languedoc-Roussillon (avec support budgétaire de l'ordre de 150K€) 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 ; un environnement logiciel flexible est par ailleurs proposé,
- une plateforme ouverte au monde académique, pour l'évaluation de composants & protocoles sécuritaires,
- une plateforme ouverte au monde industriel, notamment PME/PMI régionales, pour l'évaluation de composants sécurisés.

Grand Plateau Technologique Régional R2LR : robotique

<http://www.lirmm.fr/R2LR/>

Les missions du grand plateau technologique régional R2LR sont de :

- Rassembler les moyens expérimentaux robotiques de la région Languedoc-Roussillon
- Créer une interface entre chercheurs du monde académique et besoins du monde socio-économique
- Représenter une vitrine du savoir-faire régional en robotique en s'appuyant sur le soutien du CNRS, de l'université Montpellier 2 et de la région Languedoc-Roussillon.

Situées sur le campus Saint-Priest de l'université Montpellier 2 (halle de mécatronique), plusieurs plateformes ont été dotées de matériels à la pointe de la technologie, qu'il s'agisse de moyens expérimentaux classiques ou de prototypes :

Robotique chirurgicale

- Développer les activités de robotique médicale en Région Languedoc-Roussillon en concevant et en réalisant des systèmes qui intègrent de nouvelles technologies pour l'assistance aux gestes chirurgicaux.
- Renforcer le partenariat des chercheurs en robotique médicale du LIRMM avec les praticiens hospitaliers.
- Favoriser les collaborations avec les acteurs économiques du domaine et le transfert de savoir-faire.
- Permettre aux partenaires médicaux du LIRMM en région (CHU Montpellier, CHU Nîmes, ...) et hors région (Hôpital La Pitié Paris, CHU Grenoble, ...) d'avoir accès à un plateau technique ouvert, modulaire et évolutif pour s'initier aux nouvelles technologies, se former et spécifier de nouveaux besoins qui permettront d'améliorer les systèmes existants au bénéfice tout d'abord des patients et ensuite des personnels médicaux impliqués.
- Donner accès à l'utilisation d'une plateforme technologique co-financée par le CNRS dont le LIRMM est coordinateur.



Robotique de manipulation

- Concevoir des robots manipulateurs dont les performances dépassent celles des équipements commerciaux.
- Etudier les aspects «Mécanique» et «Automatique» de manière conjointe.

Robotique humanoïde

- Modéliser et commander des robots humanoïdes.
- Modéliser le mouvement humain pour le contrôle des robots anthropomorphiques.
- Utilisation de ces modèles robotiques pour l'évaluation des déficiences motrices chez l'humain (handicap - vieillissement).
- Valider les modèles de comportement humain sur le robot humanoïde HOAP3 ou en simulation sur la plateforme logicielle OPENHRP.

Vision artificielle

- Vision stéréoscopique 3D.
- Vision omnidirectionnelle pour la robotique mobile.

Robotique sous-marine

- Concevoir des robots sous-marins autonomes.
- Modéliser et commander les robots sous-marins autonomes.
- Validation de méthode de perception et de localisation sous-marine pour la détection de source d'eau douce en mer méditerranée ainsi que l'exploration et la cartographie des fonds marins.

Une équipe de près de 40 chercheurs et ingénieurs, encadrant 40 étudiants en thèse d'Informatique et de Robotique.

Outre le soutien institutionnel, R2LR travaille en étroite collaboration avec des acteurs industriels :

Fatronik France, Montpellier - Symétrie, Nîmes - Osmozis, Montpellier - Adept France, Annecy - Alci, Montpellier - Techno-concept, Montpellier - ECA-Hytec, Montpellier

L'impact de cette plateforme robotique sur le tissu industriel régional, national et international est aujourd'hui conséquent et en pleine progression. Cela assure une visibilité forte à nos activités de recherche. Cette visibilité nous encourage aujourd'hui à poursuivre nos développements à la pointe de la recherche internationale dans l'ensemble des domaines cités précédemment. Aussi avons-nous pour les prochaines années de nouveaux prototypes en cours d'élaboration dans les domaines de la robotique : de manipulation, médicale, d'assistance aux personnes, sous-marine et humanoïde.

Plateforme de logiciels libres

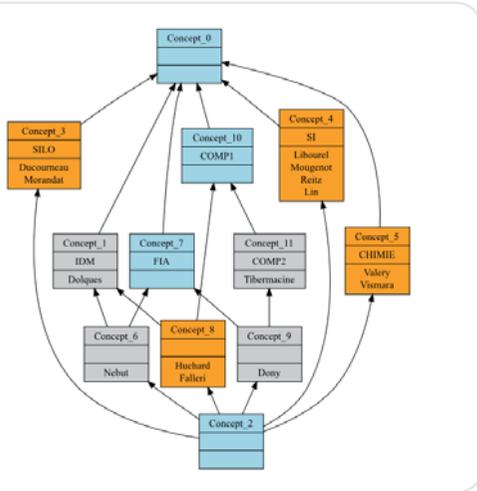
Aux 3 plateformes précédentes, ajoutons que les chercheurs du département Informatique consacrent beaucoup d'efforts à la valorisation des résultats en pilotant ou en participant au développement de logiciels libres. Certains logiciels sont directement accessibles sur le web. Une liste est présentée ci-après, classée par équipe-projet.

Combinatoire et Algorithmique (AlgCo/VAG-MAB)

- TreeCloud <<http://www.treecloud.org>> : TreeCloud construit une visualisation en nuage arboré d'un texte, c'est à dire un nuage de mots disposés sur un arbre pour refléter leur distance sémantique dans le texte.

Arithmétique informatique (ARITH)

- Seedgen <<http://www.lirmm.fr/~tisseran/devel/seedgen/>> : un générateur de circuits pour l'approximation de l'inverse et la racine carrée inverse.



Données, objets et composants (D'OC)

- ERCA : Plateforme IDM de manipulation de treillis. Elle permet de calculer les treillis de contextes binaires ainsi que de familles de contextes relationnels.
- Galicia - Plateforme sourceforge de manipulation de treillis.
- Gumm - Outil permettant de trouver les correspondances entre les noeuds de deux graphes orientés et étiquetés. Une collection de plugins permet de convertir plusieurs types de ressources utilisées en génie logiciel (diagrammes de classes, modèles de composants, ...) en graphes qui peuvent être fournis à Gumm.

- Minijava - Minijava est un outil de rétro-ingénierie de bytecode Java. Il est capable d'analyser un ensemble de classes compilées pour construire un modèle global du code facile à manipuler. Ce modèle peut ensuite être utilisé pour calculer des métriques sur le programme, générer un diagramme de classes, ...

- Mxl - Model eXchange Language est un langage conçu pour offrir une alternative au peu lisible XML.
- PRM - Un langage à objet statiquement typé novateur (classes + modules + héritage multiple) doté d'un compilateur efficace.
- Géomatique, espace, territoires et mobilité - construction et usages d'infrastructures liées à l'information géomatique
- SCL (Simple Component Language) - Interpréteur de langages de composants.

Images et Interaction (ICAR)

L'équipe ICAR produit de nombreux logiciels afin de manipuler des données visuelles telles que des images, des vidéos et des objets 3D. Une partie de ces logiciels est accessible sur ce site : <http://www.lirmm.fr/icar/en_ligne/index.html>

Ingénierie des données et des connaissances (IDC)

- BMatch est un outil qui s'appuie sur une combinaison de mesures terminologiques et d'informations contextuelles pour découvrir des correspondances entre schémas. Par ailleurs, pour être efficace dans un contexte large échelle, il utilise une structure d'indexation B-tree pour réduire l'espace de recherche. Logiciel en ligne : <http://www.lirmm.fr/~duchatea/projects/BMatch>

- XBenchMatch - un benchmark pour évaluer des outils de découverte de correspondances entre schémas de bases de données. Il est actuellement en cours d'extension pour prendre en compte les outils d'alignement d'ontologies. Logiciel en ligne : <http://www.lirmm.fr/~duchatea/XBenchMatch>
- PORSCHE - un outil d'intégration de schémas dans le contexte du large échelle (très grands schémas ou très grand nombre de schémas). Ce logiciel est basé sur la fouille d'arbre et utilise une structure d'encodage d'arbre qui permet d'optimiser l'espace de recherche lors de la recherche de concepts similaires entre schémas (sous forme d'arbre).
- MatchPlanner - MatchPlanner, est un outil de découverte de correspondances basé sur un arbre de décision pour combiner les mesures de similarité les plus appropriées pour un domaine donné. L'arbre de décision est appris automatiquement. Logiciel en ligne : <http://www.lirmm.fr/~duchatea/MatchPlanner>

Interaction Homme-Machine et Hypermédias (IHMH)

- EadGen : environnement ouvert de génération de ressources pédagogiques sur le web
- OPALES : environnement d'indexation sémantique de ressources audiovisuelles

Méthodes et algorithmes pour la bioinformatique (MAB)

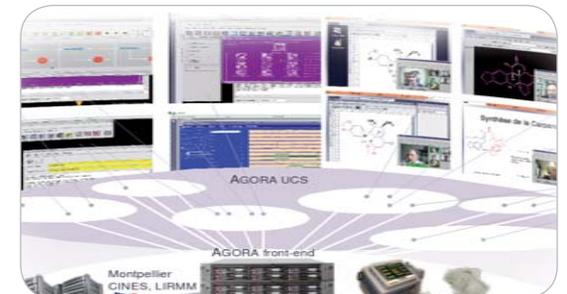
- Plateforme ATGC <<http://www.atgc-montpellier.fr>> : (voir p.37)

Représentation des Connaissances et Raisonnements (RCR)

- CoGITaNT <<http://cogitant.sourceforge.net/>> : La librairie CoGITaNT est un ensemble de classes C++ permettant le développement d'applications basées sur le modèle des graphes conceptuels.
- Cogui <<http://www.lirmm.fr/cogui/>> : Cogui est une interface graphique, écrite en Java, dédiée à la construction de bases de connaissances utilisant le modèle des graphes conceptuels. Une architecture client-serveur permet de communiquer, pour les raisonnements, avec un serveur CoGITaNT.

Systemes, multi-agents, interaction, langage, environnement (SMILE)

- AGORA-GSD <<http://agora.lirmm.fr>>. Une plateforme expérimentale destinée au déploiement d'espaces collaboratifs par intégration de services



- Warbot <<http://www.warbot.org/>> : A la fois un RTS (jeu de stratégie temps-réel) et une plateforme d'évaluation et d'analyse de techniques de coordination entre agents.
- Madkit <<http://www.madkit.net>> : Plateforme multi-agents très utilisée dans l'univers des SMA, construite sur le modèle organisationnel «Agent-Groupe-Rôle».

Traitement algorithmique du langage (TAL)

- SYGMART <<http://www.lirmm.fr/~chauche/PresentationSygmart.html>> : Moteur de transformation d'un langage en un autre, moyennant une grammaire de transformation. Il utilise des algorithmes de Markov appliqués à la transformation d'arbres syntaxiques.
- SYGFRAN <<http://www.lirmm.fr/~chauche/SourcesAnalyse/>> : Analyseur 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 <<http://www.lirmm.fr/jeuxdemots/world-of-jeuxdemots.php>> : Accessible gratuitement sur Internet en Français, Anglais, Thai et Japonnais. 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. Une variante du jeu, basée sur des modalités différentes est PtiClic <<http://www.lirmm.fr/pticlic/pticlic.php>>

La Plateforme CAO, Prototypage et Test microélectronique <http://web.cnfm.fr/PCM/>

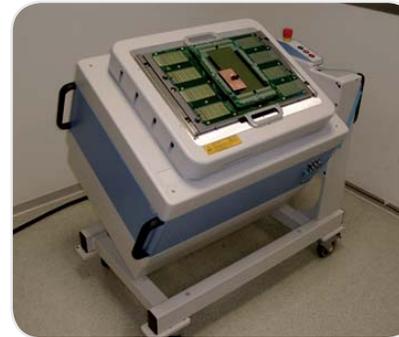
Cette plateforme, mise en place dans le cadre du CNFM (Coordination Nationale pour Formation en Micro et Nano Technologies) s'appuie sur les compétences et l'expertise des enseignants-chercheurs et chercheurs de l'équipe SysMIC. L'objectif est de mutualiser les moyens lourds d'investissement des outils logiciels de CAO, de prototypage et de test de circuits et systèmes intégrés pour l'ensemble des établissements du CNFM.

La 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'enseignements 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 a été créée en 1997 sous l'impulsion des enseignants-chercheurs et chercheurs du LIRMM. Cette plateforme, mise en place dans le cadre du CNFM est implantée au LIRMM dans l'environnement de l'équipe SYSMIC, par ailleurs reconnue au niveau international dans le domaine du Test. De 1997 à 2006, la plateforme mettait à disposition de la communauté nationale un testeur HP 83000-F330t. Depuis 2007, un nouvel équipement V93000, acquis en partenariat avec la société Verigy, la région Languedoc-Rousillon et le GIP

CNFM, permet d'offrir aux utilisateurs des possibilités de test industriel à distance, élargies aux circuits analogiques et mixtes analogiques-numériques.



Relations industrielles et création d'entreprises

Transférer vers les jeunes pousses comme vers les géants

Organisation et stratégie

Le LIRMM a clairement fait le choix de considérer les actes de valorisation des travaux de recherche comme autant de succès pour les chercheurs et les personnels qui accompagnent ces activités. Aussi, nous cherchons à donner un cadre à la valorisation, développer des partenariats sur le long terme et à mettre en lumière nos réussites dans ce domaine.

Ainsi, les relations entre les entreprises en cours de création et les équipes de recherche sont-elles suivies dès leur émergence par le service Valorisation jusqu'à leur présentation devant le Conseil Scientifique et le Directoire ; une fois l'aval de ces instances obtenu, chercheurs et entreprises peuvent s'engager en sachant qu'ils seront soutenus par le laboratoire.

De même, 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.

Création d'entreprises

Un tiers des entreprises portées par Languedoc-Roussillon Incubation (structure majeure d'incubation au niveau régional) a été accompagné par des chercheurs du LIRMM.

Ainsi, entre 2005 et 2008, 6 starts-ups ont été créées à partir de travaux du LIRMM et 23 l'ont été grâce au soutien scientifique de chercheurs du LIRMM. L'impact du laboratoire est notable à plusieurs niveaux :

- 7 de ces créations ont été distinguées par les jurys du Concours National d'Aide à la Création d'Entreprises de Technologies Innovantes.
- L'une d'entre elles, Normind, était présente au palmarès 2006 des 110 entreprises innovantes du journal l'Usine Nouvelle.
- Environ 200 emplois ont été créés.

Partenariats majeurs

Le LIRMM s'enorgueillit d'avoir su mettre en place au cours du dernier quadriennal plusieurs partenariats « au long cours » avec des acteurs privés capables de nous accompagner dans des démarches d'innovation s'appuyant sur la recherche scientifique.

Parmi ces partenariats, trois peuvent être mis en avant, chacun reposant sur un modèle assez poussé d'intégration des équipes de recherche des partenaires.

(voir encadrés)

Brevets

Sur la période 2005-2008, douze brevets ont été déposés par des chercheurs du LIRMM, et ce, dans tout le spectre de compétences du laboratoire puisque nous avons déposé des brevets protégeant des architectures de processeurs, des dispositifs médicaux implantables, des robots de manipulation, des technologies logicielles d'envoi d'images cryptées, des dispositifs de suivi des mouvements d'un être vivant... Parmi ces brevets, l'un peut être mis en exergue car il a d'ores et déjà été transféré vers l'industrie : l'architecture de robot Par4 [WO 2006/087 399] est devenue le robot Adept Quattro, l'un des robots manipulateurs les plus efficaces du marché mondial pour les opérations de pick-and-place.

Cette politique de protection de nos résultats a été saluée en 2006 par l'INPI (Institut National de la Propriété Industrielle) qui a décerné son Trophée régional de l'innovation au LIRMM.

Contrats avec l'industrie

Malgré l'importance des contrats de recherche pilotés par l'ANR et par la Commission Européenne, les équipes du LIRMM trouvent les ressources à consacrer à des projets de recherche en lien direct avec l'industrie. Ces relations avec l'industrie se développent aussi bien dans la sphère régionale, avec par exemple MENTA, HDR Soft ou SATIN IP, qu'auprès de grands acteurs nationaux comme STMicroelectronics, ATMEL, Alcatel, France Telecom...

En particulier, le LIRMM est heureux de pouvoir compter 27 doctorants financés par des contrats CIFRE, ces jeunes chercheurs étant autant de ponts jetés entre les préoccupations d'accroissement des connaissances et celles du développement économique.

ISyTEST

Le laboratoire commun ISyTest (Institute for System Testing : [<http://www.lirmm.fr/isytest/>]) entre le LIRMM et NXP Semiconductors (anciennement Philips semiconductors) a été officiellement créé en mai 2006. Il est né à la suite de plusieurs collaborations de recherche avec NXP dans le cadre de projets Européens. Ces collaborations avaient mis en évidence l'intérêt de la mise commun de nos compétences et moyens complémentaires pour relever certains défis scientifiques autour de la thématique du test de circuits et systèmes intégrés.

Ce laboratoire commun, basé sur la structure d'équipe commune du CNRS, est un laboratoire localisé sur le site de NXP Caen et le site du LIRMM à Montpellier. Il est défini sur la base d'un contrat de 4 ans renouvelable et il est piloté par un responsable associé à un comité scientifique constitué d'experts scientifiques de NXP et du 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.

Le comité directeur est constitué d'un responsable scientifique du CNRS, du président(e) de l'UM2 et d'un responsable scientifique de NXP ou de leurs représentants. Depuis sa création, deux réunions du comité directeur ont eu lieu. Les conclusions du comité ont été très positives aux vues des bons résultats de la structure en termes de recherche et de partenariat.

D'un point de vue qualitatif et quantitatif, le laboratoire a trois brevets en cours de dépôt, a eu quatre papiers invités dans des conférences internationales, quatre articles dans des revues scientifiques et huit papiers dans des conférences ou workshops internationaux. Deux de ces publications ont été primées (meilleur papier de la conférence ETS 2006 et meilleur papier 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 produit de NXP. Enfin, ISyTest a permis la création d'une PME en 2009 sur des thèmes dérivés de l'activité du laboratoire.

Dû aux restructurations actuelles de NXP, le programme scientifique d'ISyTest va évoluer au cours de l'année 2009 et nous prévoyons un accroissement des activités du laboratoire avec une ouverture vers des partenaires extérieurs universitaires et industriels.

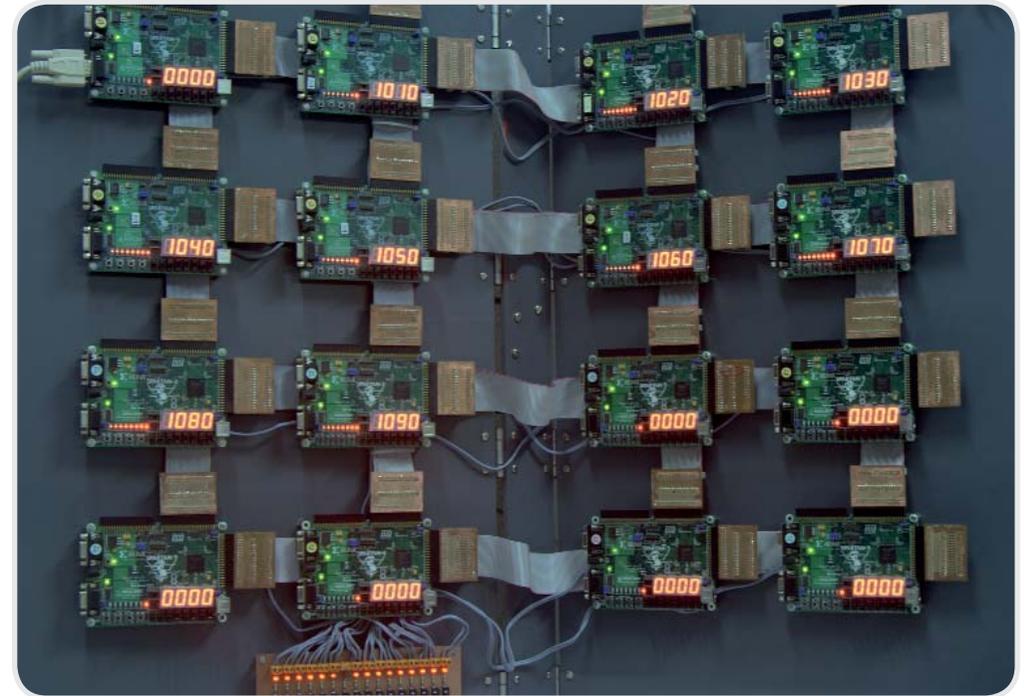
FATRONIK

Fatronik est une fondation de recherche espagnole, de droit privé, mais à but non lucratif : à ce titre, elle ambitionne de tisser des liens entre recherche académique et innovation dans deux secteurs technologiques (industrie - santé), puis de réinvestir tous les produits de la recherche dans de nouveaux projets, et ce, à l'échelle européenne. C'est d'ailleurs dans un cadre européen que les premiers liens entre le LIRMM et Fatronik se sont tissés, pendant le projet du 5ème PCRD Mach21 (2000-2003). Depuis cette époque, projets communs et échanges scientifiques se sont succédés, jusqu'à devenir suffisamment denses pour justifier la création de la première filiale de Fatronik à l'étranger, à Montpellier : Fatronik France.

Cette collaboration étroite a déjà porté de nombreux fruits :

- 16 publications internationales
- 4 brevets
- 4 prototypes

et a pu déboucher sur un transfert de technologie spectaculaire : l'architecture de robot Par4, inventée pendant la thèse de V. Nabat, est devenue le Robot Adept Quattro, produit phare du constructeur américain Adept. Aujourd'hui, ces liens sont plus vivaces que jamais, avec quatre doctorants et un post-doctorant financés par Fatronik pour réaliser des travaux de recherche au LIRMM, dans des domaines aussi variés que les robots industriels (DEXTER), la coordination posturale (DEMAR) ou la fouille de données (TATOO).



CEA-LETI

Récemment (janvier 2009) un partenariat a été signé avec le CEA/LETI. Les chercheurs du LIRMM et du CEA/LETI associent ainsi leurs compétences dans le domaine de la conception des architectures multiprocesseurs et de la sécurité numérique. Le programme permettra de réaliser des circuits complexes fiables, performants en termes de vitesse et de consommation, et peu coûteux. Son originalité concerne la possibilité pour les architectures multiprocesseurs de s'auto-adapter en fonction de l'environnement et de l'application tout en prenant en compte les variations de process, de température, de performances et de tolérances aux fautes dans des technologies avancées. Cette approche doit permettre de constituer une véritable base de référence pour déterminer, et éventuellement corriger, tous les phénomènes pouvant perturber à terme ces architectures. Ce partenariat se traduit par la mise en place de 4 financements de doctorant, dont une allocation bourse BDI CNRS/CEA, un projet Européen (projet MODERN, appel d'offre ENIAC) et un projet ANR autour des architectures multiprocesseurs. A ce jour, cette collaboration compte également à son actif : 2 articles dans des revues internationales, 2 brevets et 8 articles dans des conférences internationales majeures dans le domaine de la microélectronique.





Le LIRMM dans son environnement interdisciplinaire

S'ouvrir aux autres

Au-delà de l'interdisciplinarité fortement présente en ses murs, par exemple au travers d'équipes telles que DEMAR, MAB qui sont, par nature pluridisciplinaires, le LIRMM entretient des relations étroites avec un environnement régional complémentaire :

IES et LMGC

Institut d'Electronique du Sud et Laboratoire de Mécanique et de Génie Civil

L'IES et le LMGC sont nos voisins géographiques et thématiques. Ensemble, LIRMM, IES et LMGC regroupent quasiment tous les chercheurs des sections 7, 8 et 9 du CNRS en Languedoc-Roussillon. Ils appartiennent au même Pôle Formation-Recherche de l'Université (MIPS) et à la même Ecole Doctorale (I2S). Cette proximité « au quotidien » se traduit, de fait, par des travaux communs, dont plusieurs soutenus par des financements PEPS du CNRS.

- Robots de nouvelle génération : architecture - composants - matériaux - commande (IES-LIRMM-LMGC) - Ambition : dépasser les limites des robots actuels en intégrant dans leur conception l'ensemble des paramètres (motorisation,

- matériaux de structure, architecture d'ensemble, méthodes de commande).
- Puces ADN sur CD : détection électrique (IES - LIRMM) - Ambition : profiter de la possibilité de repérer sans marqueur la position de molécules biologiques dispersées sur une surface, grâce au relevé d'une cartographie du potentiel électrique de cette surface (qui a fait l'objet d'un dépôt de brevet international en 2002).
- Micro- et nano-systèmes : de la fabrication à l'intégration système (IES-LIRMM) - Ambition : créer un pôle capable de rivaliser au niveau international en termes de visibilité et de taille critique. L'équipe de l'IES spécialisée en « conception et fabrication de dispositifs » et celle du LIRMM reconnue dans le domaine de la « conception de systèmes et l'intégration » pourrait à terme collaborer avec des chercheurs du LMGC pour les aspects mécaniques de l'infiniment petit.
- Sécurité : de l'algorithme à la mesure à champ proche (IES-LIRMM) - Ambition : rendre les architectures et systèmes du futur robustes vis-à-vis de nouvelles attaques cryptographiques, en prenant en compte les aspects de modélisation (acoustique et électromagnétique). L'objectif est de créer une structuration fédératrice et lisible autour de la thématique de la sécurité numérique alliant des compétences dans les domaines des mathématiques, de l'informatique, de la microélectronique.

- Fiabilité des composants : du sol à l'espace (IES-LIRMM) - Ambition : développer des méthodes pertinentes d'évaluation et de qualification des composants et systèmes électroniques soumis à l'environnement radiatif naturel (avionique, voiture électrique, drone, sécurité des systèmes sensibles).
- Développement durable : énergies renouvelables, gestion des risques, pollutions (IES - LIRMM - LMGC) - Ambition : renforcer la cohésion de la démarche scientifique entreprise par l'IES, le LIRMM et le LMGC, autour de ce thème, en matière notamment d'innovation et de soutien R&D aux PME/PMI régionales (voir IBM-RIDER).
- Calculs répartis pour la simulation (IES-LIRMM) - Ambition : compréhension microscopique du fonctionnement des lasers semi-conducteurs, y compris dans l'origine du gain non-linéaire qui a un effet connu sur la production d'états non-classiques de la lumière.

I3M

Institut de Mathématiques et de Modélisation de Montpellier

Nos relations avec les mathématiciens de l'I3M (également membres du même pôle MIPS et de la même école doctorale I2S) ont été particulièrement fructueuses en ce qui concerne la cryptographie et la géométrie discrète. La collaboration autour de la cryptographie avec des mathématiciens de l'I3M a débuté en 2001 par un groupe de travail qui s'est transformé en un séminaire hebdomadaire, baptisé A2C2 (Arithmétique, Algorithme, Chipset, Cryptographie) localisé au LIRMM, permettant de faire interagir informaticiens, microélectroniciens et mathématiciens. D'autres thématiques d'interaction se sont peu à peu dégagées comme la géométrie discrète par exemple.

Cette collaboration s'est traduite par des co-encadrements de thèse entre l'I3M et les équipes ARITH (N. Meloni, N. El Mrabet, F. Rieux, A. Sarr) et TATOO (C. Low-Kam), par des projets pluridisciplinaires du département STICS UM2 (Surfaces discrètes 2007, Cryptographie elliptique et hyperelliptique 2006, Segmentation d'images non supervisée adaptative 2006, Mathématiques des échanges de données 2005), par un PEPS CNRS (Interfertilisation des techniques de géométrie discrète dans le cadre des maillages et des voxels 2008), par des ANR communes (ANR Blanche AlgoL 2008–2011 Algorithmics of L-functions AlgoL, ANR Blanche 2007-2009 Lattice Reduction Algorithms: Dynamics, Probabilities, Experiments, Applications LAREDA). Des chercheurs de l'I3M sont ou ont également été chercheurs associés du LIRMM (S. Duquesne, Prof. IRMAR depuis 08, C. Mercat). Un ingénieur d'études (B. Allombert) est partagé entre le LIRMM et l'I3M.

Enfin, un colloquium Mathématiques-Informatique a été mis en place en 2007. Notons qu'avec le recrutement de J. Ramirez Alfonsin (sur des thématiques qui vont de la géométrie discrète et convexe à la théorie des graphes) en tant que professeur à l'I3M, les relations avec les équipes AlGCo et ARITH du LIRMM vont se resserrer naturellement.

CINES

Centre Informatique National de l'Enseignement Supérieur

Le CINES est un établissement public national, basé à Montpellier et placé sous la tutelle du Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche. Il a deux missions stratégiques nationales : le calcul intensif, avec des moyens exceptionnels à la disposition des enseignants-chercheurs pour relever de grands défis scientifiques, et l'archivage pérenne, avec une solution performante pour la conservation à long terme du patrimoine numérique

L'année 2009 a été marquée par plusieurs initiatives de rapprochement entre le LIRMM et le CINES. L'un des faits officialisant cette collaboration est le projet ECRINS remporté dans le cadre de l'appel à projets de 2009 lancé par le Très Grand Equipement (TGE) Adonis du CNRS [1]. Le TGE Adonis fait partie des Très Grandes Infrastructures de Recherche (TGIR) qui s'inscrivent dans la feuille de route française aux grandes infrastructures européennes et au plan de relance gouvernemental [2]. ECRINS vise à déployer une infrastructure distribuée avec le centre de calcul de l'IN2P3 à Lyon pour des services collaboratifs de recherche interdisciplinaire. La mutualisation porte, d'une part, sur des moyens techniques, avec des ressources de calcul intensif les plus importantes de France et une préservation à long terme de corpus théoriques et expérimentaux produits par les différentes disciplines de recherche. D'autre part, elle porte sur la complémentarité des compétences de recherche des chercheurs du LIRMM en synergie avec celles, plus opérationnelles, des ingénieurs du CINES.

En plus de la recherche sur des thèmes disciplinaires comme l'environnement avec l'UMR TETIS, l'archéologie avec institut Archéovision de Bordeaux, des études pourront être menées sur les aspects liés à la complexité des réseaux sociaux (modèles d'organisation spontanée et émergentes) grâce à l'apport des spécialistes des systèmes complexes du CREA (Centre de Recherche en Epistémologie Appliquée de l'Ecole Polytechnique) et de l'équipe Smile du LIRMM.

[1] CNRS UPS2916 TGE Adonis: <http://www.tge-adonis.fr/?Appel-a-projets-2009-2010>

[2] TGIR, feuille de route:

http://www.roadmaptgi.fr/Documents/roadmap_complete_13janvier.pdf



Relations internationales

Regarder loin et s'enrichir



Le mot « international » a plusieurs significations en fonction du contexte. Par exemple à Bruxelles, le Département « External Relations » (http://ec.europa.eu/external_relations/index_en.htm) concerne les pays hors EU, souvent appelés « international », de différents types en fonction de différents niveaux de développement socio-économique et de l'engagement politique. Ainsi, par exemple, les pays de l'ex-Union Soviétique et de la Méditerranée ont un rôle particulier de « voisins » ; l'Asie et l'Amérique Latine un autre, l'Amérique du Nord et ... Israël et la Norvège un troisième. En France, l'International concerne tous les pays hors France, y compris l'EU. C'est aussi notre vision.

Dès le début de notre activité à l'international au LIRMM, nous avons essayé - dans le respect des traditions françaises qui privilégient certains pays, par rapport par exemple, à la francophonie - de développer des relations exclusivement en fonction des intérêts scientifiques des chercheurs. Par conséquent, notre première cible a été d'encourager les projets Européens. Il faut admettre que les chercheurs en France se heurtent à deux faits incontestables :

1. le niveau extrêmement élevé de la compétition (jusqu'au ridicule du hasard, comme quand il n'y a que 5% des projets approuvés) ;
2. les fortes pressions nationales (ANR), régionales, locales et industrielles qui

permettent l'accès aux projets des chercheurs sans devoir se battre pour un projet EU à Bruxelles. Néanmoins, pas moins de 12 projets européens sont actifs sur la période 2005-2008 (sans compter les projets Eureka). Certains d'entre eux sont d'un niveau absolument mondial ; les retombées peuvent se lire dans les rapports des équipes et des chercheurs.

En deuxième lieu, nous avons cultivé « l'international chez nous » : la Méditerranée et en particulier le Maghreb (voir encadré). Les liens tissés grâce à diverses missions en Tunisie et en Algérie ont eu un accueil très positif ; surtout à partir de l'existence des bourses Averroes gérées par l'UM2. Ces liens se sont illustrés principalement au niveau « apprentissage par la recherche » (stages de Master et de Doctorat).

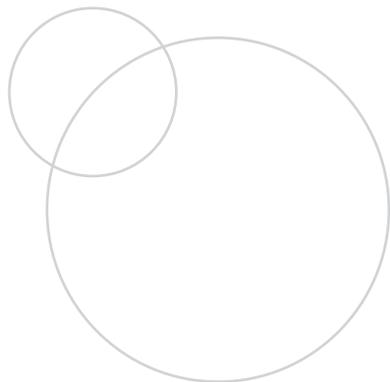
En troisième lieu, on peut facilement voir l'internationalisation globale du cycle de vie complet de la recherche au LIRMM dans la diversité des pays d'origine des permanents, des doctorants et des étudiants de Master (voir Population, Croissance). Ainsi, à la fin de cette période, on peut déclarer que 50% des activités de toute nature au LIRMM sont en collaboration avec des personnes et/ou des institutions internationales. Il est prévu aussi qu'à partir de 2010-2011 il y ait au moins un Master anglophone accueillant les meilleurs étudiants des pays non francophones en plus des étudiants francophones qui souhaitent avoir une formation professionnelle et de recherche ouverte au monde.

Une action ciblée vers les pays du Maghreb

Afin de développer efficacement la coopération entre le Lirmm et des universités des pays du Maghreb, nous avons orienté nos efforts vers le recrutement de bons étudiants niveau Master et Doctorat. L'objectif est d'identifier à travers les projets de formation et de recherche dont bénéficient ces étudiants, des pistes de collaboration sur des projets communs de recherche et de formation. Afin de faciliter ces recrutements nous avons exploité certaines sources de financement telles que le programme européen Averroes qui finance des bourses de mobilité pour des étudiants sélectionnés, et ceci dans les deux sens Maghreb->Europe et Europe->Maghreb. Le Lirmm accueille 5 doctorants et 4 masters qui bénéficient de ces bourses et ceci profite aux trois départements du laboratoire. Nous avons aussi obtenu des bourses de la région Languedoc-Roussillon qui ont permis à 2 étudiants majors de leur promotion de l'université de Sfax (Tunisie) de poursuivre la formation du Master microélectronique piloté par le Lirmm. Un des étudiants qui a fini major de ce Master, poursuit actuellement sa thèse au laboratoire, en cotutelle avec son école d'origine (Ecole nationale d'ingénieurs de Sfax). Des enseignants des départements informatique et robotique apportent leurs compétences à l'Ecole nationale des sciences informatiques à Tunis, en développant de nouveaux modules de formation dont ils assurent l'enseignement. Nous intervenons également pour faciliter l'organisation de colloques internationaux impliquant le Lirmm et des écoles tunisiennes telles que l'Ecole nationale d'ingénieurs de Sfax, l'Institut national des sciences appliquées et de technologies de Tunis et l'Institut supérieur d'électronique et de communication de Sfax.

Cette dynamique de coopération profite essentiellement à la Tunisie car les collègues du Lirmm ont trouvé un terrain assez favorable au développement de projets concertés de formation et de recherche et d'échanges d'étudiants.

Nous pensons que ces efforts doivent être poursuivis et aussi en direction d'autres pays du sud de la Méditerranée, en profitant de la dynamique générée par le programme ambitieux de l'Union pour la Méditerranée.



Information et culture scientifique et technique

Diffuser

Le LIRMM tient beaucoup à participer à des manifestations visant à faire connaître le milieu de la recherche au grand public.

Quelques exemples :

- Les Rendez-vous scientifiques du CNRS, organisés par la Délégation Régionale Languedoc-Roussillon, où des chercheurs du LIRMM ont donné des exposés sur des thèmes tels que la robotique médicale ou la bioinformatique.
- Le Salon Européen de la Recherche (2005-2007-2008 - Paris), où le LIRMM a assuré une présence scientifique successivement sur les stands du Ministère de la Recherche - CNRS, de l'Université Montpellier 2, et de la Région Languedoc-Roussillon.
- La Nuit Blanche de Paris où, aux côtés d'un jeune artiste, le Robot Quattro a accompli les prouesses de DJ le plus rapide du monde (2007 - Paris).
- Des expositions telles que celle organisée par le CNRS sur les «Micro et Nano Systèmes» (2005 - Paris).
- Des tournages de documentaires TV (Compagnie des Taxis Brousses, Outland's production).
- La Fête de la Science au cours de laquelle des chercheurs ou des doctorants vont faire des interventions en lycées.
- Des événements culturels, tels que le Festival de La Chartreuse (théâtre contemporain) autour de la thématique Humanoïde (2007 et 2008, Avignon).
- Un partenariat avec le rectorat de Montpellier et l'ONISEP pour promouvoir les métiers de l'informatique auprès de lycéens de la région.
- Et au fil de l'eau, des rencontres avec des collégiens et lycéens de la Région (rencontre dans les structures ou accueil en stage au LIRMM).



Le LIRMM demain

S'approprier de nombreux défis



Nous décrivons dans cette partie, la stratégie du laboratoire pour la préparation de son projet 2011-2014.

1 - Le LIRMM conserve sa structure et son organisation

Le projet du LIRMM pour la période 2011-2014 s'inscrit dans le prolongement de la dynamique actuelle avec une volonté de continuité et de renforcement de notre mode de gouvernance et d'organisation scientifique autour des équipes-projets et de nos équipes de soutien technique et administratif.

Comme nous l'avons indiqué dans l'introduction, le laboratoire visait trois objectifs principaux pour la période actuelle (i) gérer la croissance, (ii) assurer sa cohésion et (iii) tendre vers l'excellence. Pour la période qui s'annonce, le LIRMM va s'engager dans plusieurs défis :

- Donner l'impulsion nécessaire pour orienter les recherches aux frontières de nos disciplines, dans un souci d'innovation et d'ouverture, en particulier vers les sciences du vivant, de la santé à l'environnement. Fort de notre diversité, nous continuerons à favoriser l'émergence de nouveaux projets interdisciplinaires au

sein du laboratoire et à l'interface d'autres laboratoires et domaines scientifiques (STIC, ST2I, mathématiques, sciences du vivant, santé, neurosciences, SHS...) ;

- Maîtriser la croissance et la diversité des effectifs qui restent à la fois une chance et une source de difficultés ; nous aurons à coeur de viser une amélioration des conditions d'accueil des personnels en profitant des nouvelles surfaces qui seront mises à notre disposition sur le Campus Saint-Priest ; la diversité des origines et des vocations des nouveaux entrants, permanents ou étudiants, sera également au coeur de nos préoccupations, afin de faire de notre attractivité au plan international une richesse pour chacun ;
- Conforter nos réussites disciplinaires et faire que ces réussites rejaillissent sur l'attractivité de nouveaux étudiants dans les filières de formation de l'Université associées au laboratoire ;
- Réussir notre intégration dans la nouvelle organisation du système d'enseignement supérieur et de recherche qui se dessine à l'échelle du Languedoc-Roussillon. L'Université de Montpellier 2 a été créée en 1970 sur un prestigieux héritage : une faculté de médecine datant de 1222 et une faculté de sciences datant de 1809. Dans la cadre du plan Campus, un projet de regroupement des 3 universités

de Montpellier est envisagé (UMSF, Université Montpellier Sud de France). Le LIRMM sera sans aucun doute un acteur majeur du PFR MIPS (Pôle Formation recherche Mathématique, Informatique, Physique, Structures et Systèmes) et de l'ED I2S (Ecole doctorale Information, Structures, Systèmes) à l'intérieur des dynamiques de l'UMSF ;

- Attractivité : développer les opportunités de nouveaux partenariats scientifiques nationaux notamment avec l'INRIA, l'Institut Télécom, le CEA-LETI, et régionaux notamment avec les universités de Montpellier 1, de Perpignan et l'Ecole des Mines d'Alès...
- Accompagner le développement économique régional par notre investissement dans des projets de création d'entreprises, en partenariat avec les structures locales telles que l'incubateur régional LRI (Languedoc Roussillon Incubation), et le Centre Européen d'Entreprises et d'Innovation (CEEI) de Montpellier Agglomération qui a été élu premier incubateur mondial, le 3 avril 2007, à Seattle, lors de la 21ème Conférence Internationale de l'Incubation d'Entreprise par le NBIA (National Business Incubation Association) ;
- Maintenir et renforcer notre cohésion interne par une nouvelle organisation des services techniques et administratifs avec l'arrivée au second semestre 2009 d'un nouvel administrateur.

Il s'agira dans un premier temps de préparer dans les meilleures conditions :

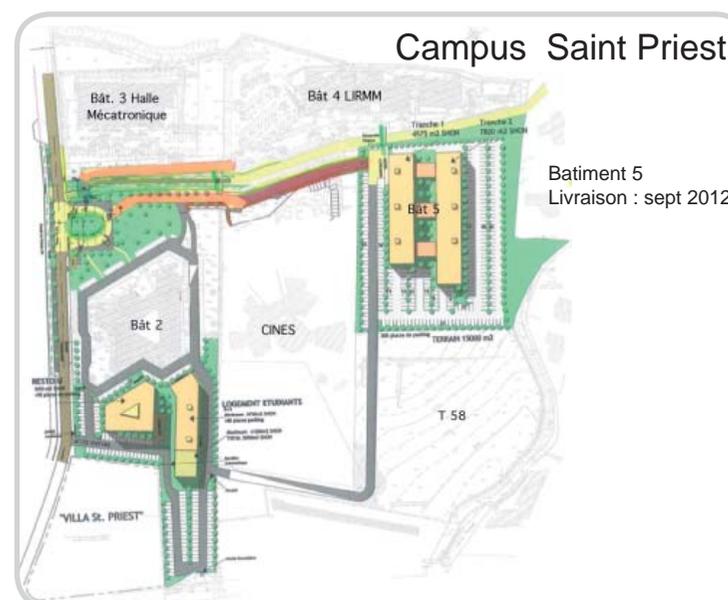
- Le renouvellement de l'équipe de direction, qui sera l'occasion d'un débat public interne au LIRMM initié par les sujets de politique scientifique et de politique générale introduits par ce chapitre : la place du LIRMM en région, son ouverture au monde, ses relations aux institutions, sa propre gouvernance, son ouverture à la pluridisciplinarité, ...
- La prise en compte des recommandations des experts du comité d'évaluation : l'analyse de notre bilan-projet fera l'objet de discussions internes dans le courant du premier semestre 2010.

2 - Le LIRMM est un pôle attracteur en STIC

• A l'échelle locale

Développement du Campus « Saint Priest »

L'Université Montpellier 2, dans le cadre de sa politique scientifique définie dans son Contrat Quadriennal 2007-2010 avec le Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche, et dans le CPER, Contrat de Plan Etat-Région en Languedoc-Roussillon 2007-2013, poursuit le développement du campus Saint Priest. Ce Campus est vu comme un pôle d'excellence en Sciences et Technologies de l'Information, de la Communication, des Structures et des Systèmes, regroupant sur le même campus trois laboratoires, l'Institut d'Electronique du Sud (IES), le Laboratoire d'Informatique, de Robotique et de Microélectronique de Montpellier (LIRMM), le Laboratoire de Mécanique et de Génie Civil (LMGC), ainsi que le Centre Informatique National de l'Enseignement Supérieur (CINES) qui est une plateforme technologique en parfaite cohérence scientifique avec les UMR du site. Ce campus s'intègre au sein du pôle MIPS, Mathématique, Informatique, Structures et Systèmes, l'un des quatre grands pôles de recherche montpelliérains.



La communauté ST2I organisée en 3 UMR principales, LMGC, IES et LIRMM, a pour vocation à se structurer dans une fédération du CNRS (Projet de Fédération Paul Riquet). Le CPER, signé entre l'Etat et la Région Languedoc-Roussillon, vient d'officialiser la création d'un nouveau bâtiment sur ce campus, permettant d'ici 3 ans le regroupement de l'intégralité des personnels de ces 3 unités sur le même campus. Le campus Saint-Priest intègrera dans son projet de nouveau bâtiment une surface pour accueillir l'INRIA.

Les trois laboratoires ont volonté commune de mettre en avant leurs convergences scientifiques. Les chercheurs de l'IES, du LIRMM et du LMGC se retrouvent autour de problèmes souvent posés par des artefacts ; ces objets, matériels ou non, créés de la main de l'homme sont donc au cœur de nos préoccupations : chaque jour plus complexes, ils doivent aujourd'hui être appréhendés dans une « approche système » commune aux trois laboratoires. Enfin, notre ambition est d'aborder en commun des thèmes de recherche nouveaux. Les orientations envisagées concernent les thèmes suivants :

- Robots de nouvelle génération : architecture - composants - matériaux - commande (IES-LIRMM-LMGC)
- Puces ADN sur CD. Détection électrique (IES - LIRMM)
- Micro- et nano-systèmes : de la fabrication à l'intégration système (IES-LIRMM)
- Sécurité : de l'algorithme à la mesure à champ proche (IES-LIRMM)
- Fiabilité des composants : du sol à l'espace (IES-LIRMM)
- ST2I & Développement durable (énergies renouvelables, gestion des risques, pollutions) (IES - LIRMM - LMGC)
- Calculs répartis pour la simulation (IES-LIRMM)
- Humanoïde sur sol granulaire (LMGC-LIRMM)
- Modélisation et simulation du vivant (LIRMM-LMGC)

Développement du PFR « MIPS » et de l'ED I2S

Le pôle MIPS (structure mise en place en 2008) regroupe les chercheurs et enseignants-chercheurs en Mathématiques, Informatique, Physique, EEA (Electronique, Electrotechnique, Automatique) et Mécanique. MIPS est composé de trois communautés principales : ST2I, Physique et Mathématiques qui se sont fortement restructurées ces dernières années. MIPS fédère plus de 450 chercheurs et enseignants chercheurs, plus de 150 ITA-BIATOSS, 410 doctorants inscrits dans l'école doctorale I2S qui a le même contour que MIPS.

L'Ecole Doctorale Information, Structures et Systèmes (I2S, ED 166) est une entité dont la structure et le fonctionnement permettent d'apporter une contribution très significative à la cohérence disciplinaire et la dynamique d'interaction des unités de recherche de la communauté MIPS. Depuis 2007, l'ED I2S a le même périmètre que le pôle MIPS mais pratique depuis fort longtemps un mode de gestion et d'animation très

consensuel qui favorise les échanges interdisciplinaires. La qualité du dialogue entre les représentants des disciplines de MIPS y est exemplaire et ceci sera pleinement exploité pour assister le pôle dans ses évolutions.

Un objectif de la communauté est de renforcer la cohérence interne et d'exploiter sa diversité disciplinaire pour aborder les grands défis scientifiques et technologiques de façon globale. La cohérence interne de MIPS repose sur les interactions existantes et émergentes. Ces interactions vont se développer, notamment sur les axes matière et composants électroniques, sûreté sécurité et fiabilité, mathématiques et informatique, mécanique et robotique, nanosciences et nanotechnologies, mathématiques et physique théorique.

• A l'échelle régionale

Le développement de plateformes régionales

Le LIRMM a développé ces dernières années, avec le soutien de la Région Languedoc-Roussillon notamment, plusieurs plateformes spécialisées (voir détails pages 37-41) :

- Plateforme Bioinformatique
- Plateforme régionale SECNUM (sécurité numérique)
- Grand plateau technologique régional R2LR (robotique)
- Plateforme de logiciels libres
- Plateforme CAO, prototypage et test microélectronique

C'est dans cet esprit de mutualisation et d'interaction que le LIRMM entend poursuivre ses recherches.

Intégration de l'équipe-projet DALI de l'Université de Perpignan Digits, architectures et logiciels informatiques

L'équipe DALI (<http://webdali.univ-perp.fr/>) de l'université de Perpignan et le LIRMM collaborent depuis 2003. Cette collaboration se décline sur le versant enseignement et recherche. Ainsi, l'équipe DALI propose deux modules de mastère recherche aux étudiants de l'UM2 sur l'architecture avancée des ordinateurs et sur les méthodes pour la fiabilité numérique des algorithmes (i.e. comment assurer que les calculs sur des nombres réels soient corrects). Versant recherche, la collaboration s'appuie sur l'équipe ARITH du Département Informatique qui s'intéresse aussi à l'arithmétique des ordinateurs et ses applications. Elle passe, malgré la distance géographique, par des participations croisées aux séminaires, et de dépôts d'ANR communes (dont une soumise en 2009). Les échanges avec le Département Informatique portent sur

des intégrations croisées de personnes formées au LIRMM qui intègrent l'équipe DALI et inversement (par ex. C. Nègre et P. Giorgi), mais aussi sur des participations croisées aux commissions de spécialistes, aux journées scientifiques du Département Informatique. Après un premier effort de structuration régionale de la recherche sur la fiabilité des calculs dans le cadre d'un PPF, DALI, le Département Informatique et le LIRMM souhaitent s'engager dans une intégration de DALI comme une nouvelle équipe-projet et conforter les projets de recherches communs. Cette équipe resterait localisée à Perpignan.

Partenariat avec l'Ecole des Mines d'Alès LGI2P : Informatique et ingénierie de production

Le LGI2P, composé d'une vingtaine d'enseignant-chercheurs, a été fondé en 1994 par regroupement de compétences issues principalement de l'informatique, du génie informatique et de l'automatique, auxquelles se sont ajoutées des compétences plus spécifiques : électronique, sciences de l'information et de la communication, sciences de gestion. Le laboratoire est implanté sur le site de Nîmes de l'Ecole des Mines d'Alès (site EERIE).

Le LIRMM entretient de nombreuses collaborations avec le LGI2P depuis la création de ce dernier. Ces collaborations ont lieu avec les départements robotique (productique) et informatique (objets, composants, fouille de textes, images, aide à la décision) et plus particulièrement avec les équipes projets DOC, TAL, TATOO et ICAR. Ces collaborations ont donné lieu à de nombreuses publications (plus de 51 publications en co-auteurs), à des projets de recherches (e.g. ANR Facoma, Axilliance Beeware, Adamentium...) et au co-encadrement de doctorants ou de stages de Master Recherche.

Les collaborations croissantes entre les chercheurs du LGI2P (Nîmes) et du LIRMM ont conduit à organiser des séminaires communs pour évaluer en concertation avec les tutelles l'intérêt d'équipes de recherche communes ou de l'accueil de chercheurs du LGI2P comme membres d'équipes-projets LIRMM dans le cadre du prochain contrat quadriennal.

Une synthèse des discussions en cours, pondérée par le positionnement de nos tutelles, sera présentée lors de la visite du comité d'évaluation.

• A l'échelle nationale

Renforcement de la présence INRIA

L'INRIA est présent sur Montpellier à travers son personnel scientifique dans des Equipes-Projets INRIA communes avec ses partenaires montpelliérains et notamment au sein du LIRMM. Ces équipes sont rattachées au Centre de Recherche INRIA Sophia Antipolis - Méditerranée. Le centre de recherche INRIA (CRI) Sophia Antipolis - Méditerranée a la volonté de structurer et d'amplifier ses activités scientifiques sur Montpellier et la région Languedoc Roussillon dans le domaine STIC-Santé et STIC-Agronomie & Développement Durable. La construction prévue dans le cadre du CPER du bâtiment 5 du Campus Saint Priest comprendra près de 1000 m² réservés à l'INRIA dans ce bâtiment, afin d'étoffer l'antenne du CRI Sophia Antipolis - Méditerranée dans le cadre du CPER 2007- 2013.

L'INRIA et l'UM2 ont la volonté de construire un partenariat fort qui doit faciliter la création d'équipes-projets communes, qu'elles soient communes aux deux partenaires ou communes aussi à d'autres partenaires. Dans ce contexte le partenariat entre l'INRIA et le LIRMM s'est renforcé. Il est actuellement construit au laboratoire autour de l'accueil de personnels INRIA, et de l'équipe-projet DEMAR (Déambulation et Mouvement Artificiel) commune avec le CNRS et l'Université Montpellier 2 au sein du LIRMM, équipe-projet dans laquelle l'Université de Montpellier 1 est également partenaire. Une autre équipe-projet est en cours d'instruction autour de l'équipe LIRMM RCR (Représentation des Connaissances et Raisonnements) : GraphIK (Graphs for Inferences and Knowledge Representation). Outre l'équipe RCR, GraphIK intégrerait des chercheurs en informatique de l'UMR IATE (Ingénierie des Agropolymères et Technologies Emergentes, un laboratoire montpelliérain en agronomie associant l'INRA, le CIRAD, Sup Agro et l'UM2). La thématique de GraphIK est la représentation des connaissances et les raisonnements, s'appuyant à la fois sur la logique et les graphes. L'une des applications privilégiées sera le contrôle de la qualité dans les filières agroalimentaires. Enfin, l'arrivée en 2009 de Patrick Valduriez chercheur INRIA, spécialiste de Bases de Données, hébergé au LIRMM, permettra une collaboration renforcée avec l'équipe IDC qui conduira à l'émergence de nouveaux projets scientifiques.

Le renforcement du partenariat INRIA-LIRMM se construit autour de nouvelles équipes-projets/dans le contexte montpelliérain, sur les interfaces des STIC et des secteurs de la Santé et de l'Agronomie.

Arrivée de l'Institut Télécom

Montpellier est l'une des plus grandes villes universitaires de France, en termes de nombre d'étudiants par habitant. Son offre de formation couvre l'ensemble des disciplines, l'ensemble des cycles, allant des formations académiques aux formations professionnalisées. On y trouve des filières dites courtes, des filières classiques, des filières d'ingénieurs avec Polytech' Montpellier et l'Ecole Nationale Supérieure de Chimie, l'Ecole de commerce. Cependant, contrairement à la plupart des grandes villes de France, aucune école d'ingénieurs de rang A ne se trouve à Montpellier.

L'Institut Telecom regroupe Telecom ParisTech, Telecom & Management SudParis (ex-INT), Telecom Bretagne, ainsi que deux filiales, Telecom Lille1 et Eurécom.

L'Institut Telecom et l'université de Montpellier souhaitent lancer une nouvelle école, avec un cycle ingénieur et des masters, spécialisée sur les TIC et la santé. Ce projet bénéficie d'un soutien fort de la région et des collectivités locales, très favorables au développement d'une offre de formation de haut niveau, de recherche et de transfert dans ce domaine. La direction du LIRMM, est à l'origine de ce projet.

Pour la recherche, l'Ecole s'appuierait sur des équipes-projets qui s'inséreraient dans la structure d'organisation locale des laboratoires de recherche associés à ce projet. L'originalité du projet tient au positionnement de ses spécialisations à l'interface des TIC et de la santé. Ceci est rendu possible par l'association des compétences locales fortes dans les domaines du vivant, de la santé, de l'informatique, de la robotique et des micro/nanotechnologies, et celles de l'Institut Telecom, qui apporte sa maîtrise des domaines des communications (télécoms, contenu, usages). Les compétences et la stratégie du LIRMM à l'interface TIC et santé sont décrites dans la suite du document.



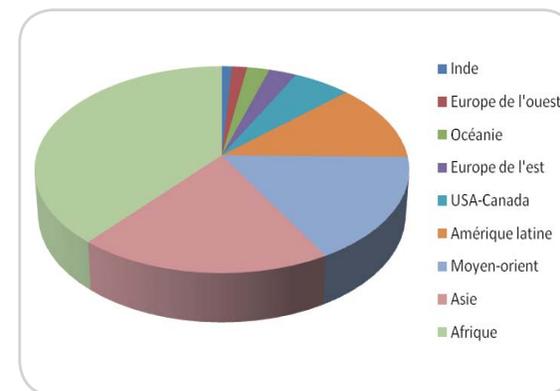
L'institut Télécom et le LIRMM organiseront en particulier un atelier scientifique :

« @Health - Advanced Technologies for Health » dans le cadre de la conférence Digiworld Summit en réunissant des chercheurs en sciences du vivant et en sciences de l'information et de la communication, autour des thèmes suivants : modélisation des systèmes biologiques, imagerie médicale, robotique, réseaux de capteurs biomédicaux et data mining.

A l'échelle internationale : Europe, Méditerranée, Asie, Amérique du Nord et du Sud

Le développement à l'international est une priorité majeure.

Pour mémoire la figure ci-contre résume l'attractivité internationale actuelle du laboratoire. Le détail de nos partenariats internationaux pour chaque thème scientifique est présenté dans les fiches de nos équipes. On peut citer par exemple sur le thème de la bioinformatique, l'équipe MAB avec la Nouvelle Zélande (Allan Wilson Centre) ou l'Afrique (Afrique du Sud, Nigéria), ou l'équipe RCR avec la Malaisie.



Attractivité : répartition par pays (hors France) 2006/2009 - toutes populations confondues

Enfin, notons l'impact de l'implication de nos chercheurs dans des comités et des participations éditoriales à des revues internationales de tout premier plan.

Le LIRMM va poursuivre son développement international avec un intérêt particulier pour :

- **L'Europe.** En complément des projets collaboratifs Européens qui sont affichés, nous poursuivons le développement de nos liens bilatéraux : Italie (en particulier avec Milan et la Région Lombardie qui développe de fortes interactions avec la Région Languedoc-Roussillon, ainsi qu'avec Turin et Pise), Espagne, Allemagne, Pays Bas, Irlande, Royaume Uni, mais aussi par exemple Roumanie compte tenu du recrutement de 2 enseignants-chercheurs d'origine roumaine.
- **La Méditerranée :** nous avons fortement renforcé les liens avec le Maghreb (dans l'ordre : Tunisie, Algérie et Maroc) en multipliant les échanges coordonnés par un chargé de mission (F. Rachdi, CNRS). Cette orientation se renforcera avec le programme Averroés. Les relations bilatérales avec ces pays passent souvent en priorité par l'enseignement puis, dans un deuxième temps, par la recherche. Nous veillerons aussi à la pérennisation de nos échanges en adéquation avec les priorités technologiques de ces pays.

- **L'Amérique du Nord** : Etats Unis (Stanford - à ce jour deux projets Stanford France, <http://francestanford.stanford.edu/home/about>), et Canada avec les équipes ALGCo et ARITH.
- Le **Japon** avec le JRL (laboratoire conjoint franco-japonais en Robotique Humanoïde), le National Institute of Informatics de Tokyo (avec le laboratoire Systèmes Multi-Agents, Honyden Lab) et l'University of Electro Communications (e-Learning).
- Le **Brésil** avec les Universités de Porto Alegre, Brasilia, Macéio-Alagoas, Ouro Preto- Minas Gerais.
- Enfin avec le **Vietnam** : L'université Montpellier 2 est partenaire du projet de création de l'Université des Sciences et Technologies de Hanoi (USTH). Cette université sera l'une des 4 universités nouvelles que le gouvernement du Vietnam compte développer avec l'appui de partenaires étrangers (Hanoi avec la France, Danang avec le Japon, HCMV avec l'Allemagne). Dans ce contexte le LIRMM participe activement à la coordination du volet sciences et technologies de l'information et de la communication (STICS). Au-delà de la délivrance de diplômes de Master et de Doctorat, cela nous offre une chance importante de mettre en place des collaborations scientifiques et technologiques avec une réflexion sur des pistes originales de coopération.

L'attractivité internationale du LIRMM est une priorité forte, elle doit faire l'objet d'une attention toute particulière et de nouvelles actions aussi bien vers les pays dits émergent que vers les grands centres de recherche internationaux (Europe, USA, Canada, Japon, Corée, etc ...) doivent être envisagées. C'est une étape fondamentale et nécessaire pour attirer les meilleurs scientifiques dans nos domaines.

3 - Le LIRMM et la prospective scientifique de ses équipes-projets

Les évolutions de la société du numérique comme la virtualisation, l'accès ubiquitaire au Web..., amèneront à des transformations rapides des comportements, de la façon de travailler, de vivre, d'apprendre, de faire de la science, des loisirs, etc.

De l'information aux systèmes, de la technologie à l'humain et aux usages, les activités de recherche du LIRMM se construisent et se construiront au sein de nos équipes-projets, en favorisant l'émergence de projets interdisciplinaires au sein du laboratoire (image, sécurité numérique, handicap,...) et à l'interface d'autres laboratoires et domaines scientifiques (mathématiques, sciences du vivant, santé,

neurosciences, SHS...).

Pour faciliter la lecture, les évolutions et les perspectives scientifiques de chaque équipe-projet sont présentées dans la section consacrée aux équipes-projets. Par construction, certaines équipes-projets ont un caractère fortement pluridisciplinaire comme DEMAR ou ICAR. L'objectif est de poursuivre ce mouvement en s'intéressant à de nouveaux défis mobilisant plusieurs équipes, notamment sur les thèmes de la santé, de la sécurité et du développement durable (voir la paragraphe suivant).

On peut prendre comme exemple de piste de réflexion interne au laboratoire, le thème transversal de l'autonomie qui se définit comme la faculté attribuée à une entité ayant la capacité de s'auto-suffire pour agir dans son environnement en optimisant le maximum de critères.

Un système autonome se différencie ainsi d'un système auto-adaptatif par sa capacité à acquérir ses propres critères d'optimisation. L'autonomie est la conséquence d'une boucle d'apprentissage lors de laquelle : les "capteurs" observent, le "diagnostic" oriente, le "langage de commande" commande et les "actionneurs" agissent. Le principe de machine autonome est fédérateur : le LIRMM, fort de ses compétences en informatique mais aussi robotique et microélectronique, cristallise une activité de recherche transversale autour de l'autonomie. Ainsi, en robotique, l'autonomie revêt un intérêt certain dans le contexte de la réalisation de robots autonomes. Elle résulte de l'action du diagnostic sur la commande. Elle consiste à différer, déporter et réaliser des séquences d'actions sans mettre en danger le robot. En microélectronique, l'environnement mais aussi la technologie influent sur les scénarios de fonctionnement de systèmes intégrés complexes et contribuent à l'émergence d'un non-déterminisme global.

La conception de systèmes capable de prendre des décisions en réponse à l'état observé constitue une solution ambitieuse et pertinente à de nombreux défis (architectures parallèles, énergie des systèmes sur puce...).

Un autre exemple concerne le projet de création d'un Institut Pluridisciplinaire en Modélisation et Analyse du Vivant : de science pauvre en données, la biologie est devenue en une vingtaine d'années une science extraordinairement riche en données, et ce à tout niveau, de la molécule à l'écosystème.

L'exploitation et la compréhension de ces données requiert des approches pluridisciplinaires associant aux biologistes, médecins et écologues, des informaticiens, mathématiciens et physiciens.

L'objectif de cet institut serait de favoriser et faire fructifier ces rencontres, au sein de la communauté Montpellieraine en biologie, santé et environnement.

Les laboratoires principalement concernés localement sont : I3M, LATP, LIRMM ... et d'autres (modélisateurs), AMAP, CEPHE, CIRAD, CRBM, IGH, IGF, ISEM, IRB, IRD ... et bien d'autres (biologie, santé, environnement).

Equipes-projets du LIRMM en 2009

Informatique		Microélectronique	
ALGCo	Algorithmes, Graphes, Combinatoire	SysMIC	Conception et test de systèmes microélectroniques
APR	Algorithmique et Performance des Réseaux		
ARITH	Arithmétique Informatique	Robotique	
COCONUT	Apprentissage, contraintes	DEXTER	Conception et commande de robots de manipulation
D'OC	Données, Objets, Composants		
IDC	Ingénierie des Données et des Connaissances	NERO	Coopération de robots mobiles terrestres et/ou sous-marins
MAB	Méthodes et Algorithmes pour la Bioinformatique		
RCR	Représentation des Connaissances et Raisonnements	Informatique - Robotique	
SMILE	Systèmes, Multi-agents, Interaction, Langage, Evolution	ICAR	Image et réalité augmentée
TAL	Traitement Algorithmique du Langage		
TATOO	Extraction de connaissances dans les bases de données : motifs séquentiels et ontologies	Robotique - Microélectronique	
		DEMAR	Déambulation et mouvement artificiel (projet INRIA-LIRMM)

Equipes-projets du LIRMM en 2011 (proposition)

ALGCo	Algorithmes, Graphes, Combinatoire	SysMIC	Conception et test de systèmes microélectroniques
APR	Algorithmique et Performance des Réseaux		
ARITH	Arithmétique Informatique	DEXTER	Conception et commande de robots de manipulation
COCONUT	Apprentissage, contraintes		
D'OC	Données, Objets, Composants	NERO	Coopération de robots mobiles terrestres et/ou sous-marins
IDC	Ingénierie des Données et des Connaissances		
MAB	Méthodes et Algorithmes pour la Bioinformatique	ICAR	Image et réalité augmentée
RCR	Représentation des Connaissances et Raisonnements	DEMAR	Déambulation et mouvement artificiel (projet INRIA-LIRMM)
SMILE	Systèmes, Multi-agents, Interaction, Langage, Evolution		
TAL	Traitement Algorithmique du Langage	IDH	Interactive Digital Humans
TATOO	Extraction de connaissances dans les bases de données : motifs séquentiels et ontologies	DALI	Digits, Architectures et Logiciels Informatiques (projet LIRMM / UPVD)

4 - LIRMM et STIC, au coeur des enjeux sociétaux et pluridisciplinaires

Compte tenu de nos compétences disciplinaires, le LIRMM s'inscrit dans les grands défis de la société numérique, notamment autour de la santé, de la sécurité et du développement durable.

• LIRMM et Santé / Biologie

Le LIRMM est actuellement au cœur des grands défis des disciplines dans les domaines des STIC au service de la Santé et de la Biologie. Avec plus de 40 chercheurs travaillant au sein de ces disciplines, il se positionne comme un acteur de premier plan dans la communauté nationale et internationale à l'aube de la prochaine décennie. Ces grands défis s'inscrivent naturellement comme des enjeux sociétaux majeurs pour la lutte contre les grandes pandémies et les principales pathologies (HIV, paludisme, cancer) et pour l'amélioration de la qualité de vie d'une personne ou d'un patient mais également en termes de coûts de santé. Ils s'articulent autour de différentes problématiques qui vont de l'assistance à la personne afin de lui offrir une plus grande autonomie, à l'assistance au médecin ou au chirurgien pour lui permettre un diagnostic plus fiable ou un geste plus sûr et moins invasif. Ces défis sont également amonts et concernent le développement d'outils algorithmiques permettant de traiter les masses de données de la biologie à grande échelle, qu'il s'agisse des génomes pathogènes ou des données d'expression géniques, indispensables aujourd'hui pour le diagnostic et le décryptage des pathologies.

De la modélisation de l'humain au développement de neuroprothèses

Comme en témoignent les différents projets nationaux ou européens initiés très récemment au sein du laboratoire dans les domaines de la rééducation ou de la suppléance fonctionnelle, les besoins concrets exprimés par les patients ou les médecins sont extrêmement divers. Ils vont de la recherche d'un traitement pour les douleurs fantômes liées à une amputation par stimulation électrique périphérique (projet européen FP7 TIME) à la réalisation de systèmes robotisés d'aide à la manipulation d'objets pour un patient tétraplégique dans sa vie quotidienne (projet ANR ASSIST), en passant par la compensation du tremblement pathologique (projet ANR TREMOR). La déficience sensorielle est un autre aspect abordé depuis moins de deux ans, et a vocation à s'étendre. Il s'agit de la restauration de l'audition chez les sourds profonds à l'aide d'un implant cochléaire entièrement implanté (projet FUI

NEUROCOM), ou bien d'un dispositif ambulatoire de mesure de pression intra oculaire dans le cas du glaucome (projet ANR MATEO). Ces besoins se traduisent naturellement en verrous scientifiques et technologiques pour la prochaine décennie, qui vont de la modélisation du système physiologique ou du comportement sensorimoteur humain pour aider à la compréhension des déficiences ou des pathologies et améliorer les techniques de contrôle du système sensori-moteur au développement de technologies innovantes de neuroprothèses (stimulation de la vessie, des systèmes musculaires, neuroprothèses auditive et visuelle) pour interfacer les parties vivantes et artificielles. Cet axe de recherche multidisciplinaire bénéficie d'un contexte régional très favorable puisque les compétences essentielles sont au LIRMM (automatique et micro-électronique), avec l'appui de l'INRIA, grâce à un partenariat fort avec les centres cliniques environnants (CHU Montpellier pour la surdité, les tremblements pathologiques, CHU Nîmes pour les AVC, le centre Propara pour les blessés médullaires) et des industriels (MXM Vallauris pour les implants et Vivaltis Montpellier pour les explants) et enfin l'Université de Montpellier 1 au travers de ces laboratoires partenaires orientés vers la neurophysiologie (INM, EDM, plateforme PRAM).

De l'aide au diagnostic au geste chirurgical assisté

L'imagerie médicale

Avant toute chose, l'assistance au praticien passe par l'amélioration et la fiabilisation du diagnostic lors de la lecture et l'interprétation d'images médicales. Ainsi, le diagnostic et le suivi thérapeutique de nombreux cancers utilisent des informations issues d'images de scintigraphie pour mettre en évidence des anomalies pathologiques. Ces anomalies sont repérées par comparaison de la fixation de traceurs métaboliques dans différentes régions de l'image. Pour fiabiliser le diagnostic, il est important d'avoir une estimation même grossière de l'erreur de reconstruction. Ce verrou scientifique est en passe d'être levé par une équipe pluridisciplinaire composée de spécialistes de la médecine nucléaire, du traitement du signal, des mathématiques, des statistiques et des théories de la décision en collaboration avec le CHU de Montpellier. Cet axe de recherche, soutenu par le CNRS par l'intermédiaire d'un financement d'un post-doctorant ainsi que du projet PEPS AMENOPHIS (2008-2009), a pour but de définir de nouvelles procédures intervallistes de reconstruction en tomographie d'émission aboutissant à des images reconstruites dont l'erreur de reconstruction est quantifié. De même, la segmentation d'image, c'est-à-dire le « contournage » des structures anatomiques présentes dans l'image, est également un exemple d'enjeu majeur en imagerie médicale. Dans le cas de l'IRM cérébrale (collaboration avec la société Intracense, Montpellier), cette segmentation s'avère particulièrement complexe car les structures à détecter présentent des contrastes faibles ou variables dans l'image et peuvent être très petites. La précision du

contourage est importante et doit être fiable car il s'agit souvent de résultats qui seront utilisés pour planifier (par exemple pour définir des cibles en chirurgie et en radiothérapie) ou quantifier des thérapies (par exemple, évaluer l'efficacité d'une chimiothérapie). Il peut donc être important de proposer des méthodes interactives afin que l'expert puisse retoucher ou guider le processus automatique. Ceci implique de développer des méthodes de calcul intensif pour atteindre une cadence proche du temps réel (collaboration avec IBM Montpellier). A noter que les dispositifs d'imagerie médicale 3D peuvent être aussi utilisés pour l'analyse des restes fossiles d'hominidés soutenu par le CNRS par l'intermédiaire du projet PEPS ODENT (2007-2008) qui a eu pour objectif de développer des outils logiciels de modélisation et d'interaction 3D pour la recherche en archéologie et en paléontologie. Sur un autre plan, allant de l'aide au télé-diagnostic sécurisé à la vidéoconférence sur des téléphones portables en passant par la vidéo-surveillance de personnes âgées et la vérification d'intégrité et d'authenticité des données médicales, le tatouage ou cryptage de données permettent d'assurer la sécurité des informations du patient lors du l'archivage et le transfert des données pour le partage d'informations, en particulier dans le cas de données numériques visuelles, deviennent également des enjeux scientifiques majeurs. Cet axe de recherche a permis de mettre en place des collaborations entre l'équipe ICAR et les CHU de Montpellier et Nîmes, en particulier pour de la visualisation à distance et sécurisée de séquences d'images échocardiographiques.



La robotique chirurgicale

Les nouvelles et futures techniques proposées doivent permettre d'être beaucoup moins invasif voire non invasif tout en augmentant les capacités d'action et de perception du chirurgien. Mais la diminution du caractère invasif du traitement nécessite de développer des efforts de recherche importants pour aller vers une miniaturisation des outils du chirurgien et des systèmes d'aide aux gestes. Ainsi pour réaliser des opérations en passant par les orifices naturels en chirurgie endoluminale ou transluminale, il faudra être capable de développer de nouvelles cinématiques de robots, d'adapter les actionneurs et les capteurs à ces tailles réduites tout en étant capable de les contrôler de façon performante et robuste. Dans ce contexte, et en collaboration avec les acteurs majeurs de robotique médicale en Europe tels que la Scuola Superiore Sant'Anna à Pise, l'Imperial College à Londres, l'EPFL en Suisse, le LIRMM est partenaire du projet européen ARAKNES (FP7 2008-2012) qui a pour objectif de concevoir et réaliser des méso-robots ingérables par le patient et

dotés de capacités de mobilité et d'une grande dextérité pour opérer un patient de l'intérieur.

De façon tout aussi ambitieuse dans une perspective à plus long terme encore, les techniques de chirurgie cardiaque à coeur battant doivent encore évoluer pour offrir au chirurgien la possibilité de travailler dans un environnement virtuellement stable pour réaliser son geste (travaux initiés dans le projet européen FP6 AccuRobAs, 2006-2009) sans avoir recours à des stabilisateurs mécaniques et ce grâce à une assistance robotisée. La réalisation de ces gestes assistés passe nécessairement par le développement d'outils ou de fonctionnalités comme, par exemple, des techniques de compensation de mouvements physiologiques grâce à différentes modalités de capteurs tels que l'échographie (projet ANR USComp, 2009-2011) qui nécessitent de développer des modèles de déformation de tissus et des algorithmes performants d'estimation de mouvement ou de reconstruction 3D de surface non rigide. Ces activités de recherche dans le domaine de la robotique médicale s'inscrivent également dans une dynamique régionale qui évolue positivement en particulier avec une orientation STIC qui se renforce considérablement au sein du CHU de Montpellier.

Traitement et analyse des masses de données en biologie et santé

La biologie à grande échelle produit des masses de données en augmentation exponentielle. Il s'agit tout d'abord des données génomiques : on dispose aujourd'hui de milliers de génomes complets, de pathogènes notamment, et bientôt de 1000 génomes humains qui permettront d'étudier les prédispositions aux maladies (génétiques ou non-génétiques). On dispose aussi de données post-génomiques, principalement de transcriptomes qui mesurent l'expression génique dans des conditions données et donnent ainsi une image de la vie cellulaire. A l'échelle du patient, on dispose aussi d'une quantité toujours croissante de données épidémiologiques.

L'exploitation de ces données est un défi majeur pour les années à venir, qui est attaqué sur plusieurs fronts au LIRMM.

L'exploitation des données post-génomiques par des méthodes d'apprentissage statistique et de fouilles de données sera crucial pour décrypter les génomes des agents pathogènes majeurs, comme *Plasmodium falciparum* (principal agent du palud) ou *Leishmania* (agent de la leishmaniose). L'enjeu est d'identifier la fonction des gènes, d'avancer dans la compréhension de la biologie de ces organismes complexes, et de proposer de nouvelles cibles thérapeutiques (ANR - PlasmoExplore, collaboration avec l'Institut Pasteur de Tunis). Les données transcriptomiques sont également centrales pour le diagnostic et la compréhension du cancer (projet BioStic UM2 avec l'Institut de Recherche en Biothérapie de Montpellier) et de pathologies

graves comme la maladie d'Alzheimer (PEPS ST2I GeneMining). Elles permettent d'identifier les transcrits (non-codants, en particulier), d'en quantifier le niveau d'expression suivant le type de cellule (cancéreux, par exemple), et d'établir des corrélations indiquant de possibles co-régulations au sein de réseaux de gènes.

L'analyse évolutive des données génomiques est également au centre de problèmes cruciaux en santé. En particulier les virus (dont le VIH) évoluent très rapidement et développent des résistances aux traitements. Le suivi de cette évolution, l'identification des nouvelles souches, et le lien avec les données épidémiologiques relèvent de méthodes phylogénétiques et sont développés en collaboration avec l'IRD, l'Université d'Auckland (Egide Dumont D'Urville) et l'Université du Cap (financement CNRS/NRF d'Afrique du Sud). Un autre aspect lié à l'évolution est le vieillissement des cellules, dont on estime qu'il est en grande partie lié à l'hypermutableté du génome mitochondrial (ANR MitoSys).

Finalement, l'analyse de données épidémiologiques sur le vieillissement cérébral et fonctionnel s'avère cruciale pour la maladie d'Alzheimer (PEPS SHS-ST2I « Langage, Mémoire et Alzheimer »). Les méthodes de fouille de données devraient permettre de distinguer les modalités normales et pathologiques, d'identifier les sujets à haut risque de détérioration physique ou intellectuelle chez lesquels une action préventive serait possible. Dans un contexte voisin, ces méthodes devraient permettre d'étudier le lien entre la densité des idées du discours et la pathologie du patient, d'identifier les contextes permettant de compenser les pertes liées à la pathologie et de formuler une méthode d'analyse utile au diagnostic précoce.

• LIRMM et Sécurité numérique

La sécurité numérique est dorénavant présente dans la plupart des applications.

Elle n'est plus simplement dédiée au segment de la carte à puce. Le domaine de la sécurité numérique subit actuellement de profondes mutations : très forte pression concurrentielle, complexité et innovations constantes et structurantes qui forcent les acteurs à toujours plus d'efficacité en recherche. Cette complexité pousse également les besoins en sécurité avancée en sécurité matérielle et logicielle des composants qui migrent du monde de la carte à puce à celui des objets communicants ou nomades : téléphone mobile, PC portable, PDA, set top box (Pay TV), automobile, etc. A terme, c'est toute la chaîne de valeur de l'industrie électronique qui est impactée.

Or, la validation a priori des spécifications de sécurité des composants ou des systèmes

reste un procédé itératif et principalement empirique. Il n'est possible de vérifier réellement leurs propriétés sécuritaires qu'a posteriori, c'est-à-dire une fois que les produits sont réalisés. Toute vulnérabilité entraîne donc un risque important ainsi qu'un coût significatif en temps de développement. Un rejet de certification par exemple en France par la DCSSI, peut obliger les fabricants de circuits et de systèmes à aller jusqu'à modifier profondément la conception du circuit/système en utilisant des règles empiriques de contre-mesures.

Enfin dans ce contexte sécurité, il existe une importante problématique liée au respect de la vie privée des individus. La confidentialité de nombreuses données personnelles sensibles, quelles soient médicales (carte vitale), d'identité (passeport) ou d'authentification (signature numérique), doit être assurée.

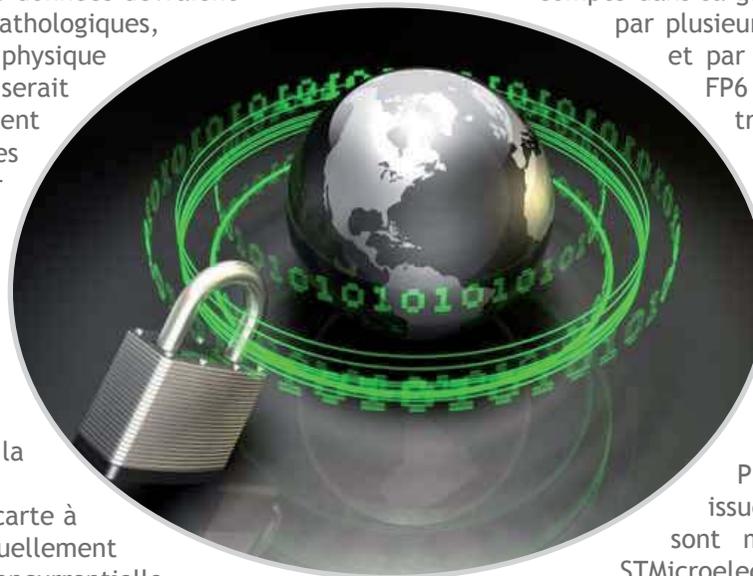
Depuis 2002, une action transversale est née, composée de partenaires de plusieurs laboratoires (I3M et LIRMM, Equipe Projet ARITH, Equipe Projet SysMIC, Equipe Projet ICAR) actifs dans le domaine de la sécurité numérique, reliant des aspects Mathématiques, Informatiques et Microélectroniques permettant de prendre en compte dans sa globalité ce problème. Ces actions se sont concrétisées par plusieurs projets nationaux du type ACI et par la suite ANR,

et par la soumission de projets Européen dans le cadre du FP6 & FP7, mais aussi par l'appartenance du LIRMM (au travers ses tutelles UM2/CNRS) au Pôle mondial de compétitivité Solutions Communicantes Sécurisées (dont la gouvernance est venue à plusieurs reprises à Montpellier, avec la mise en place d'une journée d'échange entre les PME/PMI, académiques et ce Pôle SCS en juillet 2007).

Actuellement près de 20 enseignants et/ou chercheurs et autant de doctorants sont immergés dans cette problématique, chaque année plus d'une dizaine d'étudiants de Masters/Ingénieurs sont initiés à la sécurité numérique sur différents aspects.

Plusieurs dizaines de publications internationales sont issues de ces travaux, plusieurs collaborations industrielles sont mises en place avec des grands groupes comme STMicroelectronic, ATMEL, Thales, GemAlto, PSI, Orange Labs, mais aussi des sociétés régionales qui bénéficient de cette dynamique (Néthéos, Menta, Oridao ex-BEA Technologie, Medics, Crystallium, Vodnet, Sygma Méditerranée, etc).

En 2007 une initiative originale s'est construite entre le LIRMM et IES dans le domaine des attaques des systèmes électroniques et microélectroniques : attaque par écoute sonore du circuit, il s'agit à l'aide d'un laser de mesurer les vibrations d'un circuit (résolution de l'ordre du pico-mètre). Cette initiative qui par ailleurs



a été financée par un PEPS du CNRS, nous montre une nouvelle source d'attaque possible dans le domaine de la cryptographie, ce qui serait une première mondiale (à notre connaissance). Les premiers résultats obtenus sont encourageants et devraient déboucher dans les prochains mois à une étude réelle sur des composants sécurisés, un projet DGA est en cours d'expertise. En complément, une plateforme Régionale (Plateforme SECNUM) a été mise en place fin 2008, plateforme ouverte pour l'analyse de robustesse de circuits et systèmes sécurisés.

Ainsi les thématiques de recherche actuelles sont nombreuses, nous pouvons citer :

- Conception de circuits & systèmes intégrés robustes aux contraintes de sécurité,
- Utilisation de technologies asynchrones contre les attaques différentielles,
- Test de circuits & systèmes intégrés sous contraintes de sécurité,
- Analyse de la robustesse des briques sécurisés pour les technologies FPGA,
- Analyse des émissions électromagnétiques pour la réalisation d'attaques et propositions de contre-mesures,
- Optimisation des opérateurs arithmétiques pour la cryptographie,
- Systèmes redondants de représentation des nombres (double base, bases adaptées,...),
- Systèmes modulaires de représentation des nombres (Residue Number Systems),
- Opérations élémentaires sur les corps finis (représentation de Lagrange, représentation trinomiale,...),
- Arithmétique sur les courbes elliptiques,
- Etude de la fragilité des pairings, implémentation de ceux-ci et nouveaux pairings.
- Protection des données visuelles (images, vidéos et objets 3D) par cryptage et tatouage,
- Protection de la vie privée des personnes dans des systèmes de vidéosurveillance,
- Ecoute des circuits pour obtention d'une signature acoustique d'émission,
- Couplage thermo photo électro acoustique.

Actuellement de nombreuses actions sont en cours dans le domaine de la sécurité numérique entre le LIRMM et d'autres centres académiques et industriels, on peut citer notamment :

- Projet ANR ICTER, sur la sécurité, intégrité et confidentialité des données dans les systèmes numériques (partenaires : LIRMM - porteur du projet, ENST-Paris, Labo. Hubert Curien- Saint Etienne, LESTER-Lorient, Netheos-Montpellier) ;
- Projet TSAR de l'ANR Sécurité Informatique, qui a permis de développer des systèmes de protection de la base de données de peintures numériques du CR2MF et du Musée du Louvre. Ce projet a mis en place des collaborations avec le CR2MF, le GIPSA, l'IRCCyN et l'IETER ;
- Projet VOODOO de l'ANR Audiovisuel et Multimédia permet une collaboration entre la société régional Vodnet, la Ligue Nationale de Rugby, les équipes ICAR

- et APR du LIRMM, afin de protéger la diffusion de vidéos sportives sur internet ;
- Projet FCE CALISSON (labelisé par le Pôle SCS), sur la conception et l'analyse de systèmes intégrés sécurisés. Partenaires pour les sociétés ATMEL, STMicroelectronics, PSI ; pour les académiques : CEA, LIRMM, Centre Microélectronique de Provence, EURECOM/ENST- Nice.

Un projet Européen (projet CARMA) STREP dans le cadre du FP7 a été déposé portant sur la sécurité de systèmes Multi-processeurs, avec comme partenaires INESC (Portugal), Infineon (Allemagne), Bosch (Allemagne), ASIC-Centrum (Rep. Tchèque), TU Darmstadt (Allemagne).

Des collaborations internationales avec le Canada, USA (Univ. Princeton), Allemagne, Autriche, Brésil etc. sont initiées dans ce domaine.

Nous pouvons aussi citer des collaborations fortes et locales (sur le même campus, lien LIRMM, I3M, IES) et avec les sociétés PME/PMI régionales (MENTA, Oridao ex-BEA Technologie, NETHEOS, Medics, Crystallium, etc). Notamment le projet PEPS du CNRS (Projets Exploratoires Pluridisciplinaires) entre le LIRMM et l'IES qui a permis de financer les premières études sur les attaques par analyse sonore de circuits et de composants.

Nous pouvons aussi citer l'initiative INTS (portée par le Transfert LR), Intelligence Numérique et Technologies Sensibles, permettant de fédérer les sociétés régionales et les scientifiques autour du thème de l'Intelligence Numérique. Cette initiative est clairement orientée vers les technologies logicielles dans le domaine du Multimédia et des TICs. Notre proposition est complémentaire à INTS en proposant une plateforme pour les composants et systèmes matériels, prenant en compte le logiciel embarqué.

• LIRMM et Energie : partenariat avec la société IBM

Le projet RIDER (Réseau et Interconnectivité Des Energies classiques et Renouvelables) s'inscrit dans le cadre de la mise en place d'un partenariat UM2/IBM initié en septembre 2008. Il vise à définir des méthodes innovantes pour le traitement intelligent en temps réel de données afin de mettre en place des outils liés aux énergies renouvelables. Ayant pour objectif de montrer que l'utilisation des Technologies de l'Information et de la Communication (TIC) permettra d'optimiser l'efficacité énergétique d'un bâtiment ou groupe de bâtiments, il inclura plusieurs applications réelles : centres de calcul au travers le green data center situé dans les locaux d'IBM Montpellier, les bâtiments tertiaires Capdeville à Montpellier et le théâtre de l'archipel à Perpignan. Le projet regroupe différents acteurs, dont des partenaires académiques/institutionnels : LIRMM, IES, ELIAUS, IBM, Cofely GDF Suez, EDF, Coronis, Pyrescom, ASA, Enoleo, Oceansoft.

Il s'inscrit dans le cadre du pôle de compétitivité DERBI. Les premières actions communes de recherche entre IBM et le LIRMM, débiteront au dernier trimestre

2009, par plusieurs thèses co-encadrées et accompagnées par des ingénieurs IBM afin de garantir le meilleur environnement de recherche, de transfert et de valorisation. IBM mettra également à disposition des ressources matérielles et logicielles. Des partenariats seront établis avec les acteurs du projet afin de bénéficier de leur expertise et des données qu'ils permettent d'acquérir ou de restituer aux utilisateurs.

Au LIRMM, les recherches menées dans le cadre de l'exploitation intelligente des données sont les suivantes :

- modélisation de composants et objets : C. Dony et M. Huchard (accompagnés au LGI2P par : C. Urtado, S. Vauttier),
- visualisation interactive d'objets 3D : W. Puech, N. Rodriguez, et G. Subsol,
- entrepôts de données et architectures de Business Intelligence « temps réel » : A. Laurent (accompagnée par M. Teisseire, CEMAGREF),
- fouille de données parallèle et aide à la décision : P. Poncelet (accompagné au LGI2P par : G. Dray, J. Montmain).

• LIRMM et Environnement

Le LIRMM et l'UMR TETIS (Territoires, Environnement, Télédétection et Information Spatiale - Cemagref, CIRAD, AgroParisTech) souhaitent renforcer leurs collaborations déjà engagées depuis de nombreuses années.

Deux 1/2 journées de rencontres scientifiques ont eu lieu (début avril 2009), impliquant également l'unité ESPACE de l'IRD. La thématique principale de ces rencontres était « L'information spatiale : modélisation, systèmes d'information, traitement des données, extraction des connaissances ». Ces échanges ont souligné les dynamiques actuelles et ouvert de nouvelles pistes de travail sur des projets prospectifs d'intérêt commun.

Domaines d'intérêt communs :

Deux domaines prioritaires ont été identifiés, sur lesquels la complémentarité existant entre les deux unités LIRMM et TETIS permettra de lever les verrous scientifiques actuels :

- Gestion des connaissances et information : Modélisation des Systèmes d'Informations Environnementaux : intégration de données hétérogènes et distribuées, construction d'entrepôts... ; Fouille de données spatiales (Objets géographiques et interactions spatiales) ; Travail collaboratif et apprentissage à distance.
- Traitement des images et du signal : Classification automatique d'images à moyenne et haute résolution ; Algorithmique d'extraction d'information sur les objets à partir de l'imagerie à très haute résolution spatiale ; Traitement de

séries temporelles d'images ; Fusion de données multi-sources ; Traitement du signal et propagation d'incertitude...

Objectifs communs :

La complexité des données et la diversité des domaines d'application traités actuellement par l'UMR TETIS constitue un réel challenge de maîtrise de l'information spatiale qu'il devient indispensable de relever ensemble pour proposer demain des solutions adaptées aux problèmes non seulement économiques mais également sociétaux. La collaboration renouvelée entre les deux laboratoires vise à étendre les innovations scientifiques exprimées en termes de concepts et de méthodes à toutes les étapes de l'information spatiale : de l'acquisition des données à leur traitement et leur gestion jusqu'à la prise de décision. Il s'agit également d'échanger et de capitaliser les méthodes développées.

Modes de collaboration et moyens mis en œuvre :

L'organisation de séminaires scientifiques se poursuivra de façon régulière avec l'objectif de présenter des travaux, de développer des réflexions communes sur des outils et méthodes spécifiques, et de « déverrouiller » les points de blocage communs reconnus. Des financements pour des co-encadrements de doctorants et de post-doctorants seront dégagés sur ces thématiques émergentes. La création d'équipes de recherche « trans-UMR », en collaboration avec le CINES, l'INRIA, l'IRD..., sera encouragée. Ces équipes pourront mener des projets méthodologiques « pilotes » et, à terme, se positionner comme moteur dans des projets de plus grande envergure.

5 - Au delà du projet, quelle vision pour la prochaine décennie ?

Vers de nouveaux modèles d'organisation de la recherche collaborative et partenariale

Au cœur des défis de la société du numérique de la prochaine décennie, le LIRMM suggérera et participera activement à l'émergence de nouveaux modèles d'organisation de la recherche collaborative et partenariale.

Ainsi, cherchant à dépasser le modèle classique du « laboratoire intra muros », le LIRMM propose d'envisager que l'espace de travail des chercheurs aux frontières des disciplines se situent sur plusieurs sites, le laboratoire restant le barycentre du développement disciplinaire, le lieu majeur d'échanges et d'animation de nos communautés.

S'il est encore trop tôt pour savoir si cette vision pourra être partagée par d'autres et soutenue par nos tutelles et les collectivités territoriales, nous pouvons malgré tout

en dessiner les contours idéaux ; nous proposons le développement de nouveaux types de structure à l'échelle régionale comme les « collaboratoires » qui pourraient être définis de la manière suivante :

- Un lieu visible, adapté, et partagé pour des projets de recherche collaboratifs visant de nouveaux défis scientifiques ou technologiques, l'innovation à finalité sociétale ou économique.
- Les projets impliquent, de manière opérationnelle, des chercheurs des TIC et d'autres acteurs ; des groupes de recherche « mixtes » sont donc créés.
- Un lieu pour projets public / privé, facilitant le montage (y compris financier) de programmes multidisciplinaires en partenariat avec les organismes nationaux et dans le cadre européen. Un outil pour faciliter l'introduction de moyens technologiques innovants, des espaces pour l'incubation, des lieux de vie, de rencontre, de débats, de conférences, d'animation scientifique. Un point d'accroche pour la mutualisation de plateformes technologiques.
- Un lieu d'accueil pour la formation des formateurs (jusqu'au lycée) et de groupes de lycéens. Les groupes d'élèves se déplacent physiquement et virtuellement dans cet espace mutualisé au niveau des lycées. Un espace dédié aux usages (liaison SHS). Un espace « musée des sciences et technologies du futur » et d'expositions temporaires grand public.
- Un lieu de créativité, de détection et d'agitation d'idées scientifiques « ouvert », en favorisant en particulier les échanges publics / privés pour préparer des ruptures technologiques « TIC & Bâtiment », « TIC et Agronomie », « TIC & Viticulture », « TIC & Développement durable », etc.
- Une unité de lieu visible : un bâtiment innovant avec une architecture d'exception (architecture de type Enric Ruiz Geli par exemple), qui pourrait être un des phares du plan Campus « Université Unique » : une vitrine des savoir-faire. Une organisation en réseau avec un barycentre sur Montpellier et des antennes régionales.



En évitant de figer des thèmes a priori (risque de cloisonnement disciplinaire), on suggère des thèmes fédérateurs autour des interactions « Homme-Machine » : des machines autonomes et des secteurs d'application comme la télé-santé, la sécurité numérique, ou de manière plus générale les usages. Le développement des media labs aux USA (MIT) ou en Europe (KMI Open university) donnent des exemples de défis actuels : « music, mind and machines, cognitive machines, affective computing, etc.

A titre d'exemple, nous pouvons citer quelques projets émergents autour du LIRMM :

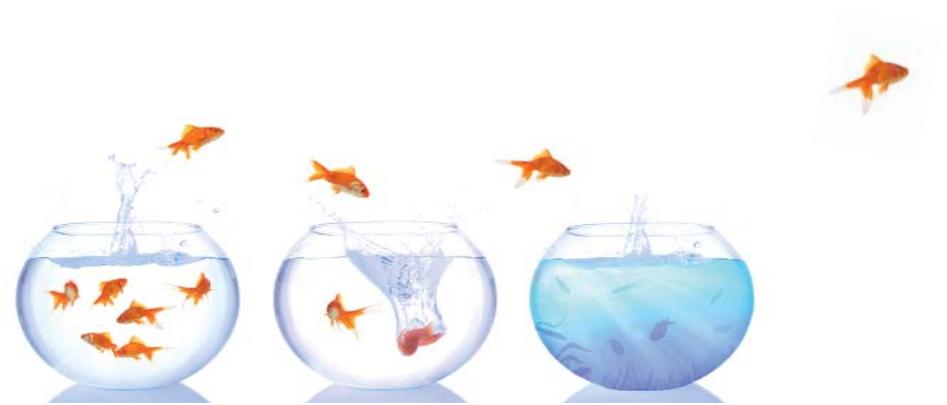
- Avec IBM, autour du thème « Réseau et Interconnectivité des Energies classiques et Renouvelables » qui vise à définir des méthodes innovantes pour le traitement intelligent en temps réel de données afin de mettre en place des outils liés aux énergies renouvelables pour, par exemple, optimiser l'efficacité énergétique d'un bâtiment comme un « green data center ». Ce projet pourrait conduire à créer une surface commune pour développer ces projets communs.
- Une vision d'un collaboratoire TIC-Santé (UM2-UM1, LIRMM-CHU,...) pour des projets de recherche immergés à proximité d'un centre médical, visant l'innovation à finalité sociétale ou économique et à vocation finalisée pour faciliter l'introduction de moyens technologiques innovants dans le système de santé et un lieu ouvert aux projets « technologies matérielles et médecine » (robotique chirurgicale, dispositifs d'assistance, ...) mais aussi aux projets portant sur les systèmes d'informations de santé, la télé-médecine, l'imagerie, la formation assistée des médecins.
- Le projet de création d'un Institut Pluridisciplinaire en Modélisation et Analyse du Vivant, comme présenté p. 58.

Le projet du LIRMM pour la prochaine décennie porte donc une grande ambition pour relever les nombreux défis scientifiques et sociétaux que nous avons décrits, en considérant que les ruptures de la société numérique du futur, viendront d'abord des plus jeunes, c'est-à-dire nos étudiants actuels et futurs. Nos orientations de recherche s'enracineront autour des grandes questions de recherches fondamentales en identifiant au mieux les paradigmes émergents et les verrous à long terme, des recherches scientifiques et technologiques de base jusqu'aux recherches finalisées et appliquées.

De nombreuses questions font et feront l'objet de débats pour optimiser notre modèle de fonctionnement et nous adapter aux évolutions :

- Quel modèle d'organisation pour animer, fédérer nos équipes-projets ?
- Quels modèles pour développer nos partenariats scientifiques en recherche collaborative et partenariale ?
- Quels développements à l'international ?
- etc.

L'abondance des enjeux sociétaux, la multiplicité des collaborations, l'internationalité, la diversité des intervenants, la multitude des collaborations et des échanges, l'entrecouplement des domaines scientifiques imposent, mais aussi reflètent, la flexibilité, le dynamisme et l'ardeur de toujours vouloir faire mieux. C'est à ce monde bouillonnant d'énergie, de synergies et d'opportunités que le LIRMM veut continuer d'appartenir. C'est notre vision du LIRMM de Demain.



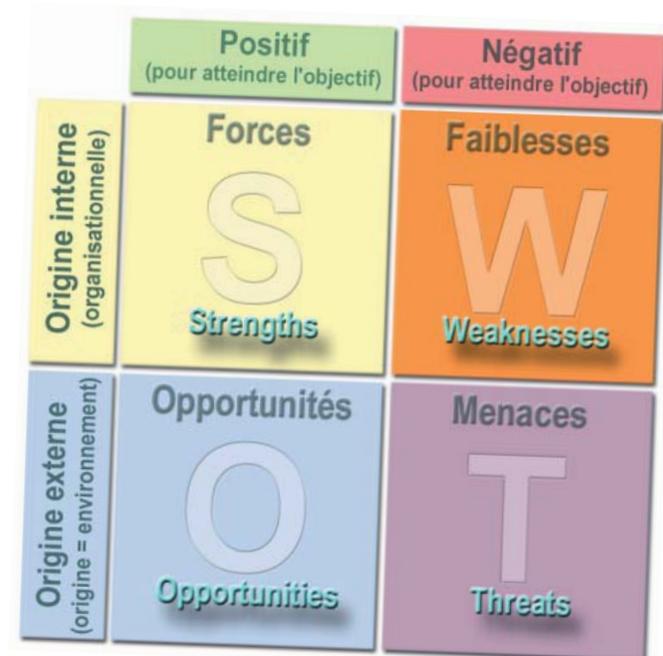


Conclusion

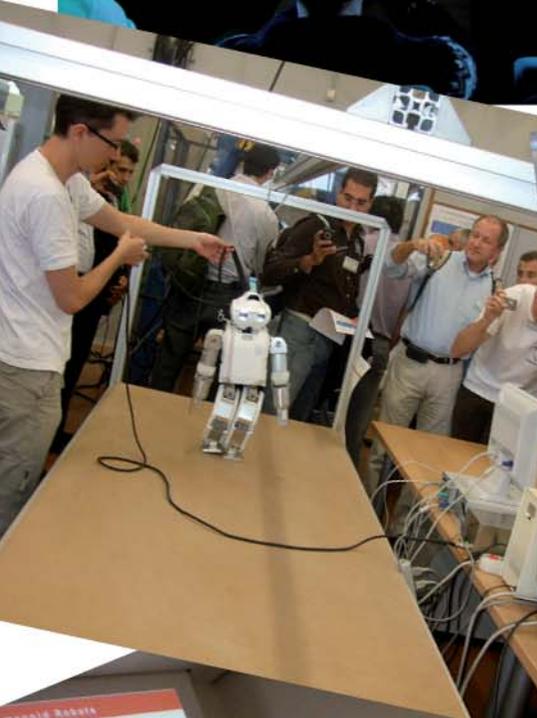
Analyse SWOT

Conduire une analyse SWOT consiste à effectuer deux diagnostics :

- un diagnostic externe, qui identifie les opportunités et les menaces 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.
- un diagnostic interne, qui identifie les forces et les faiblesses 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.



	Positif	Négatif
Origine interne	<ul style="list-style-type: none"> • Taille critique qui donne une position clef au niveau régional • Attractivité nationale et internationale • La palette de compétences, pluridisciplinarité, richesse, diversité • Plusieurs thématiques reconnues au meilleur niveau international • Capacité à balayer le continuum Théorie - Expérimentation - Transfert • Des ressources financières conséquentes 	<ul style="list-style-type: none"> • Manque de personnel d'accompagnement de la recherche • Manque d'espace de travail • Rémanence de quelques barrières disciplinaires • La largeur thématique ne facilite pas la lisibilité ni l'émergence d'une identité • Répartition des chercheurs temps plein [Cnrs, Inria] très inhomogène au sein des équipes • Taille sous-critique pour certaines thématiques
Origine externe	<ul style="list-style-type: none"> • Création de l'UMSF (plus grande ouverture scientifique, en particulier vers les SDV, mais aussi agro, etc) • Environnement favorable lié à la création du PFR MIPS • Arrivée potentielle de nouveaux partenaires [Telecom, Inria] (renforcement du domaine et de l'attractivité) • Création du bâtiment 5 sur le nouveau Campus St Priest (+ d'espace) • Bon maintien des flux d'étudiants 	<ul style="list-style-type: none"> • Pression des financements au format « projet » (risque de balkanisation) • Charges croissantes liées à l'enseignement et aux complexités administratives (risque d'épuisement) • Taille relative du périmètre régional STIC comparé aux SDV (risque de marginalisation) • Emergence de méta-centres de recherche dans nos domaines [Orsay - Grenoble] (risque sur l'attractivité) • Faiblesse des recrutements/promotions CNU 61 et 63 pour les 10 prochaines années (risque de démotivation)





Les services

Accompagner la recherche

Soutien indispensable au bon fonctionnement du laboratoire, les services assurent l'interface entre les chercheurs et le monde extérieur. Ils apportent une assistance au quotidien dans des domaines très variés. L'objectif est de fournir la meilleure qualité de service afin de permettre aux chercheurs de se consacrer majoritairement à leurs recherches.

Dirigés par le directeur des services, avec l'appui de 7 chefs de services, les personnels apportent leurs compétences dans chacun des 5 grands domaines suivant :

- Administration
- Logistique et bâtiment
- Communication et documentation
- Services techniques et informatiques
- Appui à la recherche

Les personnels

SECRETAIRE GENERAL

Emile PRAUD - IR1, CNRS jusqu'au 30/07/2009

Christophe DHENAUT - IR2, CNRS à partir du 01/08/2009

ADMINISTRATION

Gestion du personnel et Accueil

LUKASIK Cécile - AI, CNRS - Secrétariat direction du LIRMM

OLIVET Nicole - ADTRF2, UM2

GREVERIE Elisabeth - CDD (20%)

Gestion des commandes, missions et contrats

CACCIAGUERRA Agnès - TCN, CNRS

CASTEILL Louise - AI, CNRS

JOTTRAS Sylvie - ADJA 1, UM2

MINARRO Olivier - ADJA 1, UM2

PETIOT Elisabeth - ADTRF2, UM2

TAKESSIAN Ghislaine - TCS, CNRS

MEGUAL Laetitia - CDD

Valorisation, Europe

POTHIER Marie-Christine - IGE2, UM2 (70%)

Administration INRIA

ALIAGA Annie - INRIA, TRCE

COMMUNICATION ET DOCUMENTATION

BERGER Céline - IE2, CNRS

GOUAT Isabelle - IE2, CNRS
PÉRIDIER Martine - TCN, CNRS
GREVERIE Elisabeth - CDD (80%)
IMBERT Caroline - CDD

LOGISTIQUE - BATIMENT

MONTAGNA Cyril - ATP1, CNRS
POTHIER Marie-Christine - IGE2, UM2 (30%)
PROUHA Patrice - TCE, CNRS (70%)

SERVICES TECHNIQUES ET INFORMATIQUES

Réseaux

GEORGE Stéphane - TCN, CNRS
OMS Jean-Luc - IR1, CNRS
TILLOY Philippe - TCE - CNRS
PROUHA Patrice - TCE, CNRS (30%)
BELIN Stéphanie - IE2, UM2

Système d'Information et Services Informatiques

AMADOU Pierre - IGR1, UM2
BRUNEL Thibaud - IE2 - CNRS
CARVALHO DE MATOS Christine - IR2 - CNRS
JACQUOT Michel - IR2 - CNRS (80%)
TUCHMING Cathy - TCS - CNRS

APPUI A LA RECHERCHE

Informatique

ALLOMBERT Bill - IGE2, UM2 (50%)
GUTIERREZ Alain - IE2, CNRS
HORNBY Martine - IE2, CNRS
LEFORT Vincent - IR2, CNRS
MAIZI Joël - IGE1C, UM2 (20%)

Microélectronique

DUQUESNE Thierry - IGE2, UM2 (50%)
GIL Thierry - IR2, CNRS
LORIVAL Régis - IR2, CNRS

Robotique

BENOIT Michel - IR1, CNRS
GILBERT Bernard - IGE, UM1 (50%)
LÉPINAY Pascal - IGR HC, UM2 (40%)
TEMPIER Olivier - IGE2, UM2

Administration

Le pôle administration du LIRMM s'occupe de l'ensemble des relations administratives, des ressources humaines et de la gestion comptable et financière (achats, missions, contrats,...) avec nos tutelles (CNRS et Université Montpellier 2) ainsi qu'avec l'ensemble de nos partenaires extérieurs (collectivités locales, entreprises et laboratoires partenaires, communauté européenne,...).

Gestion du personnel et Accueil

Les principales activités au niveau gestion du personnel concernent le suivi des personnels permanents en relation étroite avec les tutelles, le suivi des contractuels (Thésards, post-doc et ITA), le suivi des conventions de stages pour les stagiaires de Licence et Masters (environ 100 par an).

Ce service a aussi la responsabilité de l'accueil du LIRMM en charge d'assurer une continuité de service à l'entrée du laboratoire pour guider les visiteurs et recevoir les colis en provenance des fournisseurs. L'accueil a aussi en charge le standard et le suivi du courrier.

Gestion des commandes, missions et contrats

Le budget annuel du LIRMM est d'environ 5,5 M€ (reports compris). L'ensemble des mouvements financiers sont gérés avec XLAB (y compris les mouvements de l'Université Montpellier 2) ce qui permet d'avoir un outil de gestion unique pour le laboratoire.

Plus de 4000 commandes et factures, ainsi que 1500 missions sont traitées annuellement par le service. L'activité du service s'est complexifiée ces dernières années avec l'émiettement des financements qui entraîne une multiplication des justifications pour le suivi des contrats.

Les contrats ANR sont la source d'un grand nombre de postes en CDD dont le suivi des dossiers est assuré par le service.

Actuellement, plus de 100 contrats sont suivis par le service, de la mise en place des crédits aux équipes concernées jusqu'à la justification des dépenses à l'issue du contrat. Un système de suivi des contrats est en cours de réflexion dans le cadre du système d'information du laboratoire.

Valorisation, Europe

Le Service Valorisation Europe a été créé le 1er décembre 2008. Les missions du service étaient réparties auparavant entre le Service Communication qui était chargé des aspects Partenariats et Valorisation, le Service Administratif qui était chargé des aspects Europe et Contractualisation.

Ce service a pour objectif d'apporter un appui aux équipes de recherche du LIRMM dans les domaines suivants :

1) Partenariat : support sur les aspects administratifs, juridiques et financiers dans le cadre du montage de partenariats avec les structures de recherche ou les entreprises du secteur privé. Il travaille en équipe avec le responsable scientifique. La mise en place des partenariats est réalisée conjointement avec les organismes de tutelle du laboratoire.

2) Valorisation :

- appui aux équipes de recherche dans l'ingénierie de projet et plus particulièrement au niveau de la diffusion des appels à projets nationaux et du montage administratif, juridique et financier des projets cofinancés par des fonds publics nationaux (Etat - dispositifs FCE, FUI, ANR, CIFRE..., Région Languedoc Roussillon...) et des contrats industriels avec les entreprises ;
- suivi de la contractualisation des projets en interface avec les Services de Valorisation de l'Université Montpellier 2 Sciences et Techniques et le Service Partenariats et Valorisation de la Délégation Régionale Languedoc Roussillon du CNRS et le Service Administratif du LIRMM ;
- création d'entreprises innovantes : le service est le correspondant des chargés de mission des incubateurs et des structures de transfert de technologies dans les domaines de la robotique, de l'informatique et de la microélectronique. Dans ce cadre, il réalise la mise en relation des porteurs de projets adressés notamment par Languedoc-Roussillon Incubation avec les équipes de recherche du LIRMM. Il organise les réunions de travail entre les équipes de recherche et les porteurs de projets. Il apporte également une aide au montage administratif, juridique et financier des contrats de collaborations scientifiques. Depuis 2002, les équipes de recherche du LIRMM ont ainsi accompagné plus de 30 entreprises et contribué à créer plus de 200 emplois. Il organise avec l'appui du service communication du LIRMM et des partenaires valorisation de la région des journées de sensibilisation à la création d'entreprises.

3) Europe :

- diffusion des nouveaux appels à projets communautaires, organisation de réunions d'information sur les appels à projet et les nouveaux programmes de recherche communautaires ;
- suivi des projets du LIRMM cofinancés par les fonds européens (environ 10 par an), depuis l'ingénierie de projet jusqu'au suivi de la réalisation (préparation des comptes rendu d'exécution) et à la clôture des dossiers ;
- veille juridique concernant la législation relative aux programmes communautaires de recherche et mise à jour des données sur le site intranet du LIRMM.

Logistique

Le service logistique est chargé du suivi de la maintenance des bâtiments LIRMM (SHON : 4.585 m² / SU 3.775 m²) en liaison avec la Direction du Patrimoine et des Infrastructures de l'Université Montpellier 2 Sciences et Techniques. Il est le correspondant du LIRMM pour les nouveaux projets de construction tel que le bâtiment n°5 (extension du LIRMM et d'autres laboratoires) dont la construction est prévue pour 2013.

Le Service Logistique est composé de 3 agents :

- Marie-Christine Pothier, responsable de service
- Patrice Prouha, chargé de la maintenance des bâtiments (70% ETP). Il réalise la maintenance de 1er niveau : planification et réalisation des opérations en lien avec Cyril Montagna. Il suit les travaux de maintenance de 2ème niveau avec la Direction du Patrimoine et des Infrastructures de l'Université Montpellier 2 Sciences et Techniques.
- Cyril Montagna, chargé des espaces verts, de la plomberie et de la maintenance. Il réalise les travaux d'entretien des espaces verts et des abords du LIRMM. Il travaille en équipe avec Patrice Prouha sur les opérations de maintenance de 1er niveau.

CODI - communication, documentation

Le service CODI regroupe toutes les activités de communication et de documentation du LIRMM. Jusqu'au 1er décembre 2008, le service gérait également les questions liées à la valorisation et le soutien à la création d'entreprises.

S'agissant de la communication, les missions du service sont assurées par une chargée de communication, une assistante et une secrétaire et concernent :

- la communication générale du laboratoire (interne et externe) : charte graphique, site web, documents d'information, films, plaquettes, posters, aménagement d'espaces, lettre d'information...
- les relations extérieures : relations internationales, accueil de délégations, relations avec les différents partenaires du laboratoire...
- la logistique liée aux différentes réunions organisées au sein du laboratoire
- les relations presse
- la vulgarisation : participation à des salons (locaux, nationaux, internationaux), aux actions des tutelles, relations presse, édition...
- l'organisation et la gestion administrative et financière des congrès organisés par le LIRMM (37 sur la période de référence, soit plus de 2500 congressistes).

De plus, une documentaliste et une bibliothécaire gèrent le centre de documentation du LIRMM.

Outre les activités classiques d'une bibliothèque (gestion du fonds documentaire, abonnements électroniques aux revues, catalogage, PEB, aide aux utilisateurs, etc...), le personnel a développé des outils du web 2.0 pour naviguer plus aisément à travers le flot d'informations et de ressources disponibles dans la communauté (ex : page Netvibes <http://www.netvibes.com/lirmm>).

La bibliothèque s'est dotée d'une gestion personnalisée de ses publications en développant avec le CCSD (Centre de Communication Scientifique Direct) un portail institutionnel d'archives ouvertes HAL-LIRMM (<http://hal-lirmm.ccsd.cnrs.fr/>)

Enfin, résolument tourné vers l'avenir, le personnel est très impliqué dans les réseaux régionaux et thématiques.

STI RéseauX

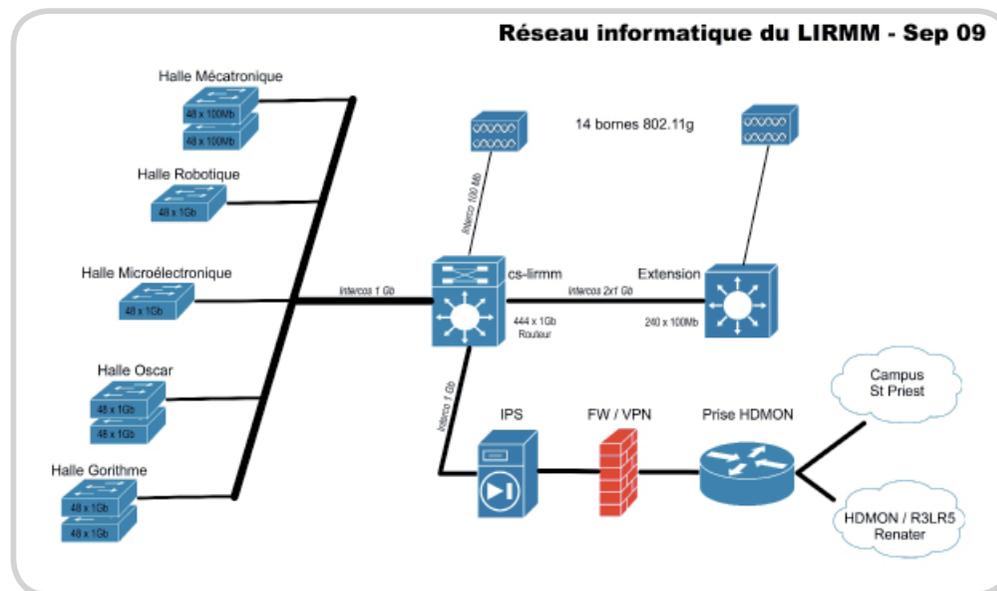
Les missions du service (<https://lirmm.lirmm.fr/Joomla-RX>) s'articulent autour de 3 axes :

- Les « infrastructures » associées à l'informatique : ce domaine s'étend des installations électriques et de climatisation en salle machine au réseau informatique du laboratoire en incluant le contrôle d'accès, la téléphonie et les équipements multimédia ;
- Le poste de travail, au sens large, de l'ordinateur fixe ou portable, aux imprimantes (plus de 500 postes connectés au réseau du laboratoire). Pour la gestion des postes Windows, nous administrons les services active directory et les 3 serveurs Windows 2008 ;
- Les serveurs dédiés recherche, des plateformes spécifiques à une équipe-projet ou une thématique, pour lesquels le service offert va du simple hébergement en salle machine à l'administration complète ; actuellement nous administrons une dizaine de serveurs d'équipe, 2 fermes de calcul (cf équipe-projet MAB p. 141) et participons activement au déploiement du cluster MSFG-EGEE (<http://www.msfg.fr>).

Pour l'ensemble des opérations techniques (en particulier le réseau informatique du laboratoire, la gestion de sa connectivité extérieure - prise HDMON - et les fermes de calculs), nous déployons les outils de supervision et d'audit nécessaires afin d'assurer une qualité de service optimale (taux de disponibilité > 99,5 % pour le réseau).

Le service STI-RX assure la mise en œuvre de la politique de sécurité du laboratoire, via les matériels de filtrage installés sur le réseau (firewall, IPS, sonde snort, routeur), et les déploiements d'outils sur les postes de travail des utilisateurs.

La continuité de service est assurée grâce à la polyvalence des membres du service sur l'ensemble de nos domaines de compétence pour assurer une assistance utilisateur de premier niveau. Des procédures automatisées, et un site interne de documentation



nous permettent de répondre dans les meilleurs délais aux demandes courantes (en moyenne moins de 2h pour une connexion de poste au réseau ou de modification d'un filtrage d'accès par exemple).

En contact permanents avec les utilisateurs, et à l'écoute des besoins des différentes « populations » du laboratoire, nous sommes amenés à diversifier nos offres de service : mise à disposition d'un kit gestion de conférence basé sur des outils CMS préconfigurés, mise en service et exploitation d'équipements de visioconférence.

Nous gérons un budget de l'ordre de 70 k€ HT/an pour la mise en œuvre des services transversaux afin de maintenir des infrastructures performantes et déployer les nouveaux services nécessaires au laboratoire.

SI²

Le service SI² (Système d'Information et Services Informatiques) a, comme son nom l'indique, une double mission.

1) Une composante développement et gestion de projets, dont la maintenance et l'évolution du Système d'Information du laboratoire conçu par le service.

Ce Système d'information regroupe toutes les données de gestion du Personnel, des contrats de recherche, des publications et des données de valorisation du laboratoire. Les données sont historisées et leur accès est contrôlé en lecture et mise à jour par un ensemble de codes de gestion.

Opérationnel depuis 2006, il permet par le développement de procédures Intranet, d'automatiser de nombreuses opérations comme la gestion des comptes informatiques, la gestion de la répartition physique des personnels, l'annuaire, le suivi des publications, des thésards, la rédaction de bilans...

Ce système est réalisé sous technologie Oracle, XML, PHP, PL-SQL.

Le site web institutionnel du laboratoire est également sous la responsabilité du SI², qui l'a conçu en XML/XSL sous cocoon/tomcat et le fait évoluer notamment pour la partie intranet en l'enrichissant de procédures de gestion. Ce site a été conçu de façon à permettre une mise à jour interactive de son contenu par les collaborateurs autorisés du laboratoire, par l'accès à des formulaires de mise à jour sous technologie PHP/Oracle/MySQL.

Les publications du LIRMM sont gérées sur le portail HAL-LIRMM conçu par le CCSD en collaboration avec le SI², le fonds documentaire s'appuyant sur le progiciel Alexandria.

Le SI² réalise également d'autres applications à la demande des services centraux du LIRMM, comme la réalisation d'une application de gestion d'absence, d'animations sous technologie ActionScript 3/Flash, ou la migration du fonds documentaire sous logiciel PMB.

2) Une composante Services Informatiques

Elle assure :

- La mise en œuvre et la gestion des serveurs du laboratoire : Messagerie (qui inclut un système anti-spam, et des listes de diffusion institutionnelles reliées au Système d'Information), Web, Bases de données (Oracle, MySQL et PostGresql).
- La gestion des comptes utilisateurs, réalisée de façon automatisée, en relation avec le Système d'Information, ainsi que la mise en œuvre et la gestion des serveurs de disque, serveurs utilisateurs, et des systèmes de sauvegarde.
- Selon les besoins des chercheurs, des services sont mis en place, comme le serveur de travail collaboratif GForge.
- Une aide aux utilisateurs dans les domaines cités, et une étude des besoins.

STI Appui à la recherche

Le groupe STI-Appui à la recherche du LIRMM est composé de 12 ITA-IATOS. Ces ingénieurs très spécialisés exercent leur activité au sein des trois départements. Totalement intégrés à leur département ou projet d'affectation, ils apportent un soutien direct aux chercheurs et leur aide aux 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 matériel des ITA-IATOS qui la composent.

Bill Allombert : ingénieur d'étude en calcul scientifique UM2, département INFO, affecté à 50% dans l'équipe GTA du l'I3M (Institut de Mathématiques et Modélisation de Montpellier) et à 50% dans l'équipe ARITH du LIRMM.

Michel Benoit : ingénieur de recherche CNRS, département ROB, chef de projet en robotique, expert en informatique temps réel : logiciel et matériel. Contribution essentielle pour l'équipe DEXTER.

Thierry Duquesne : ingénieur d'études en électronique (UM2), département MIC, affecté à 50% au LIRMM. Il est responsable de la salle « Test et Instrumentation » du laboratoire où les travaux qu'il assiste permettent de valider les concepts issus des travaux de recherche en conception et test de circuits et systèmes intégrés, sur des plates-formes expérimentales prototypes.

Thierry Gil : ingénieur de recherche CNRS, département MIC, dans le cadre du projet européen PERPLEXUS, participe à la conception d'une architecture logicielle pour la programmation d'applications sur la plate-forme matérielle, architecture orientée agents, développée à partir du kit de développement JADE.

Bernard Gilbert : ingénieur de recherche UM1, département ROB, associé dans le cadre du projet DEMAR/INRIA, responsable du laboratoire d'électronique de l'EDM (Efficience et Déficience Motrice) de l'UFR STAPS.

Alain Gutierrez : ingénieur d'étude CNRS, département INFO, travaille au sein de l'équipe « Représentation des Connaissances et Raisonnements » qui s'intéresse aux formalismes de représentation et de raisonnement basés sur les graphes étiquetés. Le modèle des graphes conceptuels est étudié tant d'un point de vue théorique et algorithmique que d'un point de vue applicatif par la participation à plusieurs projets.

Martine Hornby : ingénieur d'étude CNRS, département INFO, intégrée à l'équipe Coconut, sur le projet ANR Intermed. Participe à la gestion du projet et à la réalisation de prototypes au sein de ce projet.

Vincent Lefort : ingénieur de recherche CNRS, département INFO, intégré à l'équipe MAB, responsable de la plateforme bioinformatique ATGC et de l'interface avec les utilisateurs biologistes.

Pascal Lepinay : ingénieur de recherche UM2, département ROB, intervient dans le domaine des actions réflexes et de la coopération, appliquées aux robots mobiles et est responsable national de la distribution des produits Altera dans le cadre du CNFM.

Régis Lorival : ingénieur de recherche CNRS, département MIC, gère les suites logicielles de CAO de Cadence, Mentor, Synopsys et assure dans le cadre du CNFM la maintenance et le suivi du testeur industriel Verigy V93000.

Joël Maïzi : ingénieur d'étude UM2, département INFO, 20% au LIRMM, participe (définition, encadrement...) à la mise en oeuvre d'une plateforme permettant l'exploitation des postes de travail (actuellement 496 postes) du réseau d'enseignement de l'UFR sciences.

Olivier Tempier : ingénieur d'étude UM2, département ROB, responsable de la halle mécatronique (sécurité, maintenance des robots), participe au développement (électronique, informatique et mécanique) des robots parallèles, humanoïdes, sous-marin.

Les départements

INFORMATIQUE	81
ROBOTIQUE	89
MICROELECTRONIQUE	93



« Le département est une unité scientifique et de gestion. Chaque département est dirigé par un responsable, assisté par un ou plusieurs responsables adjoints (le nombre d'adjoints est d'un par tranche de vingt cinq permanents).

Le conseil de département est constitué par l'ensemble des personnels permanents du département, de deux représentants des personnels temporaires et de toute personne proposée par le conseil de département après accord du conseil de laboratoire et du directeur. Il se réunit au moins six fois par an sur convocation du responsable ou à la demande d'au moins un tiers de ses membres. Les orientations scientifiques d'un département sont prises par le conseil de département. Elles sont ensuite soumises au directeur du laboratoire pour approbation. Le responsable de département assure l'animation scientifique du département et la coordination entre les différents projets. »

(extrait des statuts du LIRMM - juillet 2005)

Le LIRMM est actuellement organisé en trois départements, présentés dans cette partie.



Conséquence d'une forte croissance en termes de personnel, le Département Informatique représente aujourd'hui environ les 2/3 de la capacité de recherche au LIRMM et est organisé en 12 équipes-projets. Ses thématiques couvrent tous les champs majeurs de la discipline. Science de l'information, l'informatique est par essence interdisciplinaire et la liste des collaborations couvre de nombreux domaines, avec une prédilection pour les sciences de la vie et de l'environnement, qui constituent un axe fort à Montpellier.

Cette présentation succincte du département éclaire sur ses thématiques, son fonctionnement, son rayonnement et sa production ; elle montre à quel point il est impliqué dans des collaborations de recherche nationales et internationales, ou dans la création d'entreprises. Dans les trois universités de Montpellier, ses membres assurent l'essentiel de la formation à cette discipline porteuse tant du point de vue de la demande que des débouchés. Toutefois, l'augmentation des permanents ne permet toujours pas de combler le déficit en enseignement. Ce bilan se conclut sur les orientations stratégiques et perspectives de développement aux niveaux régional et international.

Effectifs

Le département informatique du LIRMM compte au 1er juillet 2009 :

- 69 enseignants-chercheurs (dont 46 MC et 23 PU) de la section CNU 27,
- 16 chercheurs : 12 chercheurs CNRS de la CN 07

(dont 7 CR et 5 DR), 1 CR en section 01, 1 CR en section 29, et 2 chercheurs INRIA (1 CR et 1 DR),

- 16 chercheurs associés,
- 3,7 ITA/IATOS pour le support à la recherche (dont 3,5 recrutés depuis 2005),
- -65 doctorants.

La figure 1 montre la pyramide des âges des permanents (chercheurs et enseignants-chercheurs). L'âge médian est de 42 ans, avec une répartition équilibrée des tranches d'âge 30-39, 40-49 et 50-64.

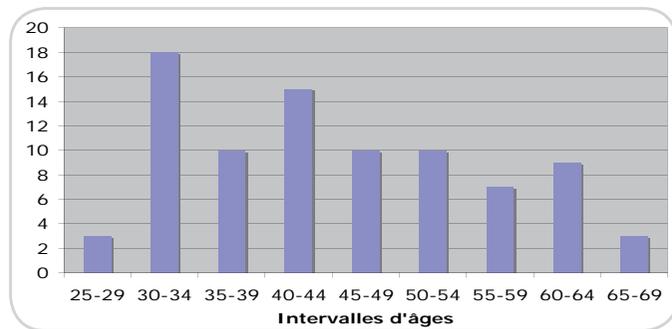


Figure 1 - Pyramide des âges

Dans la période considérée, nous avons accueilli 26 nouveaux permanents (6 CR, 18 MC, 2 PU) et comptabilisé 12 départs (7 départs à la retraite, 2 promotions, 3 mutations). Dans le même temps, 4 MC sont devenus 3 PU et 1 DR, tandis que 3 CR sont devenus DR. Le Département a donc continué sa croissance en privilégiant fortement le recrutement extérieur : à l'exception d'une personne, les recrutements de CR

concernent des candidats extérieurs à Montpellier, et sur les 24 recrutements d'enseignants-chercheurs, 20 concernent des candidats extérieurs à Montpellier. Soulignons cependant que la section CNU 27 reste très déficitaire au regard des enseignements en informatique existants dans les diplômes d'informatique ou les formations d'autres disciplines.

Aux membres permanents et doctorants se sont ajoutés de nombreux professeurs invités et 17 ATER et post-doctorants. Des ingénieurs contractuels viennent compléter la force de travail dans le cadre des contrats tels que les ANR, ACI ou les contrats industriels.

Le Département est également, avec le LIA (Université d'Avignon et des Pays de Vaucluse) et le LGI2P (Ecole des Mines d'Alès), l'une des équipes d'accueil de la Formation Doctorale Informatique au sein de l'École Doctorale I2S. Ses enseignants-chercheurs encadrent ou co-encadrent actuellement environ 80 doctorants, notamment en collaboration avec le LIA et le LGI2P. Enfin, le Département accueille chaque année des étudiants de Master 2 Informatique (IFPRU : spécialités recherche et professionnelle unifiées), ainsi que des stagiaires d'autres formations.

Thématiques de recherche

Les thématiques du département couvrent l'essentiel de la recherche en Informatique, de ses frontières avec les mathématiques (arithmétique, combinatoire, optimisation), les sciences cognitives et humaines (langues naturelles, réseaux sociaux), à celles avec les

sciences du vivant (bioinformatique), en passant par les « cœurs de métier » comme l'algorithmique, les bases de données et systèmes d'information, le génie logiciel, l'intelligence artificielle et les réseaux.

Tandis que des thématiques se renforcent telles que la fouille de données, la gestion de données distribuées et l'analyse d'images, d'autres sont en plein développement comme le web sémantique, l'ingénierie des données et connaissances basée sur des ontologies et l'informatique orientée services. L'algorithmique reste un thème transversal fédérateur, en particulier l'algorithmique des graphes et des ordres que l'on retrouve en réseaux, cryptographie, intelligence artificielle, génie logiciel ou bioinformatique. La démarche de type « modèles, algorithmes, programmes/logiciels » est commune à la plupart des travaux, aussi bien dans une perspective théorique qu'applicative. Cette démarche est souvent interdisciplinaire. Parmi les disciplines avec lesquelles des travaux féconds sont menés figurent la biologie, l'agronomie et les sciences de l'environnement, la chimie, les mathématiques, la physique, le droit et les sciences humaines, ainsi que la robotique et la micro-électronique dans le cadre du LIRMM.

Structuration

Le département est actuellement organisé en douze équipes-projets, d'une taille variant de 4 à 10 permanents (chercheurs et enseignants-chercheurs) :

- Algorithmique et Performances des Réseaux (APR). *Conception et analyse de protocoles de réseaux : routage et diffusion de l'information, avec garanties de qualité de service*
- Arithmétique informatique (ARITH). *Arithmétique informatique et combinatoire : arithmétique des ordinateurs, numération, géométrie discrète, cryptographie*
- Agents, Apprentissage, Contraintes (COCONUT). *Intelligence Artificielle, Algorithmes d'apprentissage,*

Apprenabilité, Programmation par Contraintes, Complexité, Algorithmique, Aide à la décision, Aide à la découverte

- Données Objets Composants pour les systèmes complexes (D'OC). *Génie logiciel et systèmes complexes : composants, objets, ingénierie des modèles, modélisation de systèmes complexes (chimie, biologie, robotique, information géographique)*
- Ingénierie des Données et des Connaissances (IDC). *Intégration de données dans les systèmes distribués à large échelle : méthodes et algorithmes d'intégration sémantique, entrepôts de données, maintien de la cohérence*
- Méthodes et Algorithmes pour la bio-informatique (MAB). *Analyse des séquences génétiques, Reconstruction de l'évolution, Analyse statistique du transcriptome (puces à ADN, SAGE) et du protéome (gels 2D, spectroscopie de masse)*
- Représentation de connaissances et Raisonnements (RCR). *Intelligence Artificielle, Représentation de connaissances et raisonnements, Logique, Graphes, Complexité et Algorithmes, Ingénierie des connaissances*
- Systèmes Multi-agents, Interaction, Langage, Evolution (SMILE). *Systèmes multi-agents, Services grille sémantique, Émergence, Systèmes complexes, Intelligence collective et symbiotique, Systèmes multi-agents embarqués*
- Traitement Algorithmique du Langage (TAL). *Analyse morpho-syntaxique et sémantique des langues : classification automatique de documents, recherche d'information, traduction automatique, pragmatique*
- Extraction de connaissances dans les bases de données : motifs séquentiels et ontologies (TaToo). *Fouille de données, Motifs séquentiels, Logique floue, Ontologies, Annotation automatique, Données multidimensionnelles*
- Visualisation et Algorithmes de Graphes (VAG) - devenue ALGco en 2009. *Utilisation de techniques issues de l'algorithmique et de la théorie des graphes ainsi que d'outils de visualisation : clustering, structures multi-échelles, graphes petits mondes*

La douzième équipe est commune avec le département de robotique :

- Image & Interaction (ICAR). *Image, Signal, Vision, Vidéo, Objet 3D, Informatique graphique, Visualisation et interaction*

Depuis la dernière évaluation, l'équipe IHMH s'est arrêtée à l'automne 2008 du fait du départ en retraite de ses deux professeurs. Les frontières entre équipes ont évolué, traduisant soit un recentrage sur une thématique (IDC, COCONUT, SMILE, VAG), soit l'émergence ou l'intégration d'une nouvelle thématique (TaToo, ICAR). Ainsi, durant la période 2005-2008 :

- l'équipe WEB et une partie de l'équipe IDC ont fondé l'équipe TaToo (2006)
- l'équipe IDC s'est alors recentrée sur les bases de données et systèmes distribués
- l'équipe KAYOU s'est scindée en deux équipes, COCONUT et SMILE (2008)
- l'équipe ICAR du département de robotique, a demandé à être équipe commune aux deux départements (2008), de façon à afficher clairement une thématique « images » transversale.

Des changements sont intervenus en 2009 et sont relatés dans les chapitres des équipes concernées :

- l'équipe VAG s'est recentrée sur la thématique algorithmique de graphes, devenant ALGco (algorithmes, graphes et combinatoire), deux membres rejoignant l'équipe ICAR
- l'équipe RCR s'est engagée dans la constitution d'une équipe-projet INRIA (EPI) dénommée GraphIK (EPI en cours d'instruction)
- l'équipe IDC devrait suivre le même chemin dès 2009, suite à l'arrivée prochaine de P. Valduriez et d'une partie des membres de l'EPI ATLAS de Nantes.

Vie du département / gouvernance

Le département d'informatique est dirigé par une équipe composée d'un responsable du département et d'adjoints (2 adjoints en 2005, 4 depuis juin 2007, ce qui correspond à la croissance numérique du département, mais également à la croissance de ses rôles). Il est piloté par un comité des projets, formé d'un représentant par équipe, d'un représentant des doctorants, et de la direction du département. Ce comité des projets se

réunit de manière hebdomadaire.

Il a un rôle organisationnel et scientifique et fonctionne de manière collégiale :

- il régule la vie des équipes, leur création et la définition de leur contour,
- il réfléchit aux thématiques scientifiques à développer,
- il propose un classement des demandes de moyens CNRS et Université (professeurs invités, postdoc, ingénieurs, crédits, etc.), des profils de postes d'enseignants-chercheurs demandés, et des bourses de thèse de doctorat soumises au concours. Toutes ces demandes de moyens sont l'occasion de présentations de projets scientifiques qui permettent de construire et de maintenir une connaissance réciproque des thèmes de recherche et de la prospective des différentes équipes,
- il discute du fonctionnement général concernant les appels à projets pour les ITA, l'utilisation du budget commun, les locaux, le matériel, etc.

La direction du département effectue plus précisément les tâches suivantes :

- elle assure la gestion courante (budget, achats), participe à la gestion du laboratoire (Directoire, présentation en conseil scientifique ou de laboratoire) et interagit avec son administration,
- elle organise les réunions et assemblées qui rythment la vie du département,
- elle travaille sur les partenariats et représente le département (visite de délégations, etc.)
- elle relaye les appels d'offre (ANR, PEPS, PICS), les demandes de stages et de contacts,
- elle communique avec les partenaires et les composantes d'enseignement,
- elle participe au concours de la spécialité doctorale,
- elle finalise les arbitrages, puis présente et défend les différentes demandes de moyens ou de postes au sein du laboratoire ou du pôle de recherche,
- elle réfléchit aux orientations et propose une politique scientifique pour le département.

D'autres membres du département interviennent pour

accomplir certaines tâches de gestion spécifiques, parfois lourdes : budget, locaux/mobilier, bibliothèque, commission des utilisateurs du réseau informatique et du système d'information, suivi du site Web, suivi des plateformes logicielles.

Pour donner un ordre d'idée sur le budget, en ce qui concerne les contrats ayant débuté entre le 1er janvier 2005 et le 31 décembre 2008, les recettes de l'ensemble des membres du département avoisinent 760K€ par an, avec la répartition suivante des différentes sources de financement (Figure 2) : 66% proviennent de l'ANR, 7% d'autres subventions publiques, 5% de l'Europe et 22% de contrats industriels. Le département prélève et utilise, pour son fonctionnement, 12 % du montant des contrats (en dehors des montants prévus pour les salaires), soit environ 60K€ par an. Cette somme est utilisée en particulier pour les consommables (fournitures de bureau, photocopies, téléphone, etc.), l'aide à l'équipement des nouveaux entrants, l'organisation de la journée du département, la subvention des jurys de thèse et de reproduction du mémoire, ou encore l'achat et l'entretien du matériel informatique commun (par ex., les imprimantes). Ponctuellement, une aide peut être apportée à une équipe en difficulté financière pour effectuer une mission ou acheter du matériel spécifique.

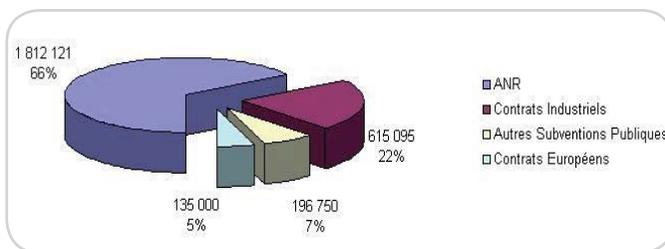


Figure 2 - Répartition des recettes de 2005 - 2008

L'animation scientifique se concrétise par une journée annuelle du département, au cours de laquelle les nouveaux entrants en particulier présentent leurs travaux de recherche, par des séminaires thématiques ouverts à l'initiative du département ou d'équipes et

de périodicité hebdomadaire à mensuelle (cf. « Vie scientifique » p. 25), par un séminaire des doctorants, et par plusieurs groupes de travail intra- ou inter-équipes. On compte parmi ces groupes : ALGCo, Arith, Extraction de connaissances, Coconut, Optimisation discrète, SMILE, Bioinformatique, ou encore Image.

Rayonnement et ouverture

Au plan national, les membres du département collaborent avec une vingtaine d'universités françaises et des écoles incluant notamment l'Ecole des Mines d'Alès (laboratoire LGI2P) avec laquelle les chercheurs ont des collaborations suivies depuis déjà de nombreuses années. L'interdisciplinarité apporte des relations naturelles avec de nombreux organismes de recherche dans les sciences du vivant et de l'environnement (CNRS, INRA, INSERM, CIRAD, IRD, CEMAGREF), la chimie (ENSC), les sciences documentaires (ABES, INA), les sciences humaines et sociales (FMSH, CREA), le domaine de l'armement (DGA) et de l'énergie (CEA).

La reconnaissance et le dynamisme du département s'expriment également dans la responsabilité et la participation à de nombreux projets collaboratifs : sur la période concernée on peut dénombrer 2 projets européens, 27 ANR, 10 ACI, 1 ARC INRIA, 7 PEPS, 2 COLOR INRIA et 1 PICS.

Au plan international, la collaboration se développe dans les cinq continents : avec des universités de onze pays d'Europe, de nombreuses universités du Canada et des USA, ainsi que certaines en Australie et en Nouvelle Zélande. En outre, le département joue un rôle important dans les collaborations avec les pays africains. La proximité de la Méditerranée et le rôle pilote de l'UM2 dans le programme international Averroes le place parmi les collaborateurs des pays du Maghreb (Algérie, Maroc, Tunisie, Libye). En outre, Olivier Gascuel est responsable d'une action de coopération France-Afrique en bioinformatique, ce qui a permis de développer des collaborations avec le Nigeria et l'Afrique du Sud. La collaboration concerne aussi trois pays d'Amérique du

Sud et six pays d'Asie, dont la Malaisie avec laquelle l'équipe RCR a signé un accord de collaboration qui a reçu une couverture médiatique.

Autre témoin de la visibilité internationale des membres du département : leur implication dans de nombreux comités et instances, certains particulièrement prestigieux. Mentionnons notamment la participation éditoriale à des revues internationales de tout premier plan, telles que Artificial Intelligence, Journal of Artificial Intelligence Research, BMC Bioinformatics, BMC Evolutionary Biology, Systematic Biology, IEEE Transactions on Computers, Journal of Graph Theory..., (en tant qu'éditeur associé ou membre du comité éditorial) et aux comités de programme des conférences majeures de leur domaine (en tant que responsables du comité, d'un axe thématique, ou en tant que membre, cf. les rapports des équipes).

Mentionnons également les distinctions nationales et internationales octroyées à des chercheurs du département : « ECCAI fellow » pour Christian Bessière (distinction du European Coordinating Committee for Artificial Intelligence) et Médaille d'argent du CNRS pour Olivier Gascuel.

Les membres du département collaborent avec plus de 50 entreprises, des PME/PMI régionales ainsi que des grandes entreprises nationales ou internationales telles que EDF, France Télécom/Orange, Google, IBM, Microsoft Research ou STMicroelectronics pour ne citer que les plus prestigieuses. Récemment, une action a été menée en collaboration avec Montpellier Agglomération afin de créer une dynamique entreprises-chercheurs sur le thème du jeu vidéo. Cette dynamique est liée à la construction, pour le prochain quadriennal, d'une spécialité de Master dans cette thématique (spécialité IMAGINA). Un co-laboratoire LIRMM-IBM, basé sur le centre IBM de Montpellier, est aussi en phase d'élaboration.

Par ailleurs, le département est une force importante

pour la création d'entreprises : 11 entreprises ont vu le jour depuis 2005 grâce à la collaboration ou l'implication des équipes-projets du département. Ces projets d'incubation sont menés principalement en collaboration avec la structure Languedoc-Roussillon Incubation. Par exemple, l'équipe TATOO, très active dans ce domaine, a participé aux projets des entreprises « Satin IP » et « We are cloud » qui remportèrent toutes les deux le concours OSEO création/développement en 2007 et 2009.

Plateformes logicielles

Le développement de plateformes logicielles est l'une des particularités de notre département. Ces plateformes contribuent à valoriser nos recherches en mettant à disposition des chercheurs des outils résultant de nos travaux. Elles sont de deux types. D'une part, des logiciels issus de recherches, développés à un niveau professionnel, mis sous licence et à disposition sur internet : ils sont téléchargés et utilisés sur d'autres sites. D'autre part, une plateforme de service, qui met à disposition non seulement des logiciels tels que les précédents, mais aussi une interface et un service de calcul pour que des utilisateurs extérieurs puissent exécuter de manière transparente ces outils sur de grandes quantités de données.

La seule de cette catégorie est la plateforme de bioinformatique ATGC, qui sous l'impulsion de l'équipe MAB, fédère maintenant plusieurs laboratoires montpelliérains du domaine. ATGC offre à la communauté internationale des services bioinformatiques très recherchés, tel que le logiciel PhyML, ou des workflows distribués, qui favorisent la collaboration entre biologistes et informaticiens. Elle a connu une très forte expansion en passant de 500 exécutions mensuelles en 2005 à environ 2500 en 2009, ce qui se répercute en nombre de citations des logiciels: plus de 2000 citations pour les logiciels issus de MAB.

Dans la première catégorie, certains logiciels qui avaient déjà acquis une certaine notoriété ont été pérennisés

et/ou mis sous licence (principalement GPL/LGPL) sur la période : l'outil de développement d'applications basées sur des graphes conceptuels (Cogitant, équipe RCR), les outils d'analyse morphosyntaxique des langues (SYGMART et ses déclinaisons, éq. TAL), les outils dédiés aux systèmes multi-agents (Madkit, Warbot, StrobeKit, EP SMILE) et le générateur de cours pour l'enseignement à distance Eadgen (EP IHMH).

De nombreux autres logiciels ont vu le jour depuis 2005 ; ils sont disponibles ou accessibles en lignes, et poursuivent sur la voie de la valorisation (liste non exhaustive): des outils de génie logiciel (ERCA, MXL, MinJava, PRM, SCL, SAGE de l'EP DOC), de construction et vérification de bases de connaissances (Cogui, EP RCR), de comparaison et d'intégration de schémas de données (BMatch, XbenchMatch et PORSCHE, EP IDC ; GUMM EP DOC), de modélisation en sciences de l'environnement (composant SoilWater2 de APES, contribution à MDWEB, EP DOC), de construction ludique de ressources lexicales (JeuDeMots, PtiClic, EP TAL), de visualisation en nuage arboré des mots (TreeCloud, EP MAB/AlGCo), d'expansion de requêtes sur le web (Conqueries, EP IHMH) ou encore de traitement d'images (tatouage, cryptage, etc. EP ICAR).

En outre, signalons une plateforme interne, combinant matériel et logiciel : le dispositif de mur-écran (4,5m x 1,20m, en salle de séminaires) est avant tout un outil d'expérimentation pour l'affichage interactif distribué et la visualisation d'information à grande échelle (ex-EP. VAG).

Thèses de doctorat et Habilitations à Diriger des Recherches

Les doctorants accueillis par le LIRMM proviennent majoritairement du Master de l'Université Montpellier 2 (Figure 3). Depuis trois ans un effort particulier est fait pour publier les offres de thèses plus largement et ouvrir le concours de l'école doctorale aux niveaux national et international. Cet effort devrait porter ses fruits dans

les années à venir. Un quart des étudiants ayant soutenu dans la période vont exercer à l'étranger (Figure 4).

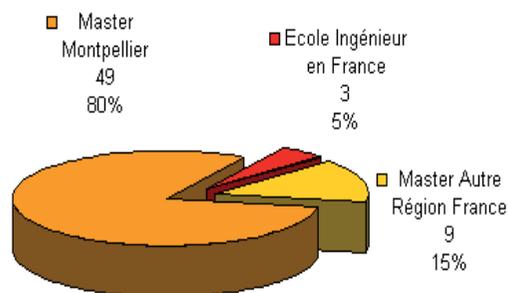


Figure 3 - Provenance des étudiants ayant soutenu 2005-2008

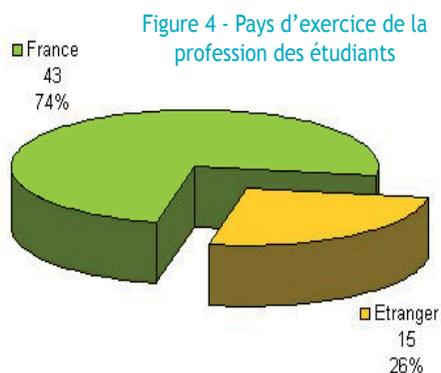


Figure 4 - Pays d'exercice de la profession des étudiants

Le suivi est effectué au travers d'un comité de thèse qui se réunit annuellement. Un séminaire des doctorants, qu'ils organisent eux-mêmes leur permet d'échanger entre jeunes chercheurs. Ils sont également encouragés à venir présenter leurs sujets de recherche lors de la journée annuelle du département. Un représentant des doctorants participe au comité des projets. 61 thèses ont été soutenues dans la période 2005-2008

dont 32 % correspondent à des bourses MENRT. La figure 5 présente le devenir de ces étudiants :

- 77% de ces doctorants sont toujours dans le secteur de l'enseignement supérieur et de la recherche : 26% en tant que permanents (IR, CR ou MCF), 51 % en tant que non permanents en France ou à l'étranger (notamment comme assistant professor, post-doctorant ou ATER) ;
- 15% de nos doctorants travaillent dans le secteur industriel et quelques-uns (parmi les dernières thèses soutenues) sont encore en recherche d'emploi, généralement en attente d'une bourse de post-doctorat.
- 10 Habilitations à Diriger des Recherches ont été soutenues ; parmi les personnes concernées : 3 CR dont 1 est devenu DR depuis, et 7 MC dont 3 sont devenus PU et 1 est devenue DR au CEMAGREF.

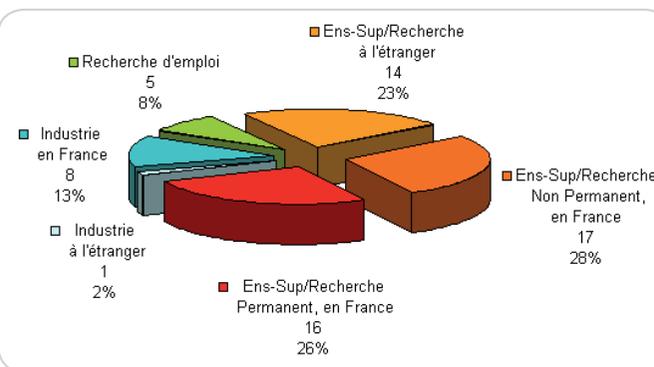


Figure 5 - Devenir des étudiants ayant soutenu entre 2005 et 2008

Relations avec l'enseignement

De par l'importance de la proportion d'enseignants-chercheurs dans notre département, l'enseignement et la recherche se nourrissent mutuellement. Les enseignants-chercheurs suivent avec vigilance

l'évolution rapide des métiers de l'informatique pour proposer aux étudiants des formations en relation avec les tendances de l'industrie. Outre les enseignements fondamentaux en informatique délivrés dans les différentes composantes que sont la Faculté Des Sciences (FDS), les IUT de Montpellier, Nîmes et Béziers et l'école d'ingénieurs Polytech, la richesse des compétences du département a permis de spécialiser l'offre professionnelle autour des principaux axes suivants, dans des Diplômes Universitaires Technologiques (DUT), Masters (M), Licences Professionnelles (LP) et diplôme d'ingénieurs :

- Administration de bases de données et architecture de systèmes d'information (IUT Montpellier/LP Systèmes Informatiques et Logiciels «Assistant chef de projet informatique», FDS/Master informatique spécialité IFPRU parcours GL, ingénieurs Filière Informatique et Gestion de l'école Polytech),
- Administration de systèmes et réseaux (IUT Béziers/ DUT Réseaux et Télécommunication, LP Réseaux et Télécoms, FDS/Master informatique spécialité IFPRU parcours CASAR),
- Génie logiciel (IUT Montpellier/LP Systèmes Informatiques et Logiciels «Assistant chef de projet informatique», FDS/Master informatique spécialité IFPRU parcours GL, ingénieurs Filière Informatique et Gestion de l'école Polytech),
- Intelligence artificielle (Master informatique spécialité IFPRU parcours IZA),
- Informatique et gestion (IUT Montpellier/LP Systèmes Informatiques et Logiciels «Progiciel de Gestion Intégré (Enterprise Resource Planning)», ingénieurs Filière Informatique et Gestion de l'école Polytech),
- Développement Web (IUT Montpellier/LP Systèmes Informatiques et Logiciels «Assistant Projet Informatique Développement d'application E-Business» et DU Webmestre, IUT Béziers/ DUT Services et Réseaux de Communication et LP Services de communication en ligne, FDS/Master informatique spécialité IFPRU parcours DIWEB).

Des formations pluridisciplinaires sont également proposées, au travers des parcours du Master Informatique spécialité Intégration de Compétences de la FDS (Bioinformatique, Compétences Complémentaires en Informatique, Système d'Information et Informations Géographiques pour la Gestion et la Gouvernance du Territoire (SIG3T)), ainsi que dans des formations associant la physique et l'informatique (parcours Physique-Informatique du Master Physique de la FDS), ou les mathématiques et l'informatique (Master Mathématiques, Statistique et Application de la FDS, parcours Mathématiques et Informatique). Enfin l'IUT de Béziers accueille des étudiants dans le DUT Services et Réseaux de Communication, le DUT Réseaux et Télécommunication, et dans plusieurs licences professionnelles telles que Réseaux et Télécoms ou services de communication en ligne.

A la Faculté des Sciences, le département informatique gère directement environ 600 étudiants sur 6500 : en niveau L - 230 (L2+ L3), -240 en Master IFPRU et -120 Master IC ; en outre, il gère plus de 700 étudiants dans les UE du L1. Dans l'école Polytech, le département IG (Informatique de Gestion) accueille environ -150 élèves sur les 850 élèves de l'école. Quant à l'IUT de Montpellier, il accueille 263 étudiants en DUT, 12 étudiants en DU Webmestre et 52 en licence professionnelle SIL, soit 327 sur les 2102 étudiants de l'IUT.

Ces différentes formations contribuent à relier les entreprises au laboratoire par le biais des interventions de professionnels dans les formations et des stages effectués par les étudiants. De ces relations naissent un nombre croissant de projets communs axés sur le transfert des compétences des équipes de recherche vers les entreprises.

Les étudiants de master informatique de la FDS ont une insertion professionnelle remarquable. Pour ceux qui suivent un parcours professionnalisant, plus de 90% d'entre eux bénéficient d'une embauche soit à la

suite de leur stage de fin de cursus soit dans les 6 mois après l'obtention de leur diplôme ; ceux qui suivent un parcours recherche poursuivent à 50% leur études en doctorat (localement ou nationalement) ou bien bénéficient d'embauches dans des emplois au sein d'unités de recherche. Les étudiants de l'IUT continuent majoritairement leurs études, seuls 9% ont une activité professionnelle directement après le DUT, et 85% après une licence professionnelle à l'IUT Montpellier. En ce qui concerne les élèves de Polytech-IG : 86% de contrats sont signés avant l'obtention du diplôme, 96% à 2 mois, 100% à 6 mois. Les élèves se placent pour 50% dans des grandes entreprises (+2000 employés), 21% dans des PME (<100 employés), 6% à l'étranger, 25% en île de France, 67% dans le secteur des TIC, 6% en audit, le reste dans d'autres secteurs industriels.

Pour le prochain quadriennal, la mention informatique de la Faculté Des Sciences propose, outre quatre spécialités de Master (IMAGINA, AIGLE, DECOLE et MOCA), une ouverture vers l'international avec une co-diplômation avec l'Université Computence de Madrid, une spécialité de Master en langue anglaise « Web Science » et sa participation au montage de master au sein du projet Université Hanoi. S'y ajoute un Master interdisciplinaire « TIC et santé » en cohabilitation avec l'université Montpellier 1 et en relation avec un projet d'école en partenariat avec l'Institut Télécom. Polytech'Montpellier développe actuellement « l'informatique transversale », un programme d'enseignement en informatique pour les spécialités non informaticiennes. En outre, le département Informatique et Gestion de cette école met en place deux options de 5ème année, l'une plus orientée vers l'informatique pour l'économie, l'autre vers les systèmes d'information. La première permettra d'obtenir un double diplôme avec un Master de l'Université Montpellier 1, la seconde sera réalisée en partenariat avec IBM Montpellier afin d'y accueillir des stagiaires de la formation continue dans le cadre de l'apprentissage du métier d'Architecte des Systèmes

d'Information.

Implication dans les structures d'administration de la recherche

La communauté informatique a pris une part importante de responsabilités dans ces structures, que ce soit au sein de l'université ou des organismes de recherche. Hormis les responsabilités directement liées aux formations en informatique, et la participation aux trois conseils de l'université, ses membres occupent ou ont occupé notamment les postes de :

- Présidence de l'université de Montpellier 2 (Danièle Héryn),
- Direction adjointe de Polytech (Christophe Fiorio),
- Direction du département STICS (Jean-Claude König),
- Membre du Conseil National des Universités (Thérèse Libourel-Rouge)
- Coordinateur scientifique des équipes INRIA de Montpellier (Alain Jean-Marie)
- Chargé de mission auprès du département ST2I du CNRS (Valérie Berthé)
- Membre, puis Président de la section 43 (ex-44) du CoNRS (Olivier Gascuel)
- Responsabilité de l'ACI IMPBio (Olivier Gascuel)
- Responsable du partenariat France-Afrique en bioinformatique (CNRS NEPAD, Olivier Gascuel).

Conclusion et perspectives

De 2005 à 2008, le département a accru sa production scientifique, aussi bien en quantité qu'en termes d'impact de ses publications et d'importance de ses plateformes logicielles. De par ses collaborations industrielles et ses activités de transfert (participation à Transfert-LR, par exemple), il est bien intégré dans le tissu économique régional. En outre, il joue pleinement son rôle de formation à la recherche : plus des trois-quarts de ses doctorants continuent dans les carrières de

l'enseignement supérieur et de la recherche, les autres s'insérant principalement en R&D dans l'industrie. Ces points forts sont évidemment à maintenir et à développer.

Rappelons qu'en juin 2003, l'informatique du LIRMM s'est restructurée en un seul département. Six ans plus tard, nous pouvons affirmer que cette réorganisation est un succès. Au niveau interne, elle a permis des discussions scientifiques sur l'évolution de l'informatique et a renforcé la cohésion inter-équipes (on compte par exemple trente publications inter-équipes en conférence ou revue) ; le fonctionnement collégial en comité des projets a conduit à des arbitrages sereins. D'autre part, elle a renforcé l'identité de l'informatique au LIRMM et à l'université Montpellier 2. Nous sommes donc attachés à cette structure de département unique.

Depuis 2005, les frontières entre équipes ont évolué : certaines équipes se sont recentrées sur une thématique, tandis que d'autres ont intégré de nouveaux thèmes tout en s'appuyant sur les compétences existantes au département. Dans les deux cas, des recrutements ont accompagné ces mouvements. L'augmentation du nombre d'équipes traduit donc, non pas une dispersion thématique, mais un renforcement de certains thèmes. Nous souhaitons poursuivre dans cette voie, qui, au lieu de multiplier les thèmes, soutient les forces existantes et vise à leur donner les moyens de leurs ambitions scientifiques.

La direction du département a suscité des règles de fonctionnement qui donnent la priorité aux critères scientifiques dans les arbitrages. Son rôle est également de proposer des orientations scientifiques, ensuite discutées en comité des projets. Pour ne donner qu'un exemple récent, citons celui de la thématique des bases de données distribuées. En 2007, l'équipe IDC, qui avait démontré son dynamisme dans ce domaine, n'atteignait plus une taille critique (suite à la création de l'équipe TaToo). La direction a fortement soutenu le classement

en première position, au niveau des demandes de l'UM2, d'un poste de professeur sur cette thématique, ce qui a permis de faire venir trois membres de l'EPI INRIA Atlas, qui intégreront IDC à l'automne 2009.

L'un de nos projets pour le prochain quadriennal consiste à fédérer la recherche régionale en informatique, de façon à renforcer sa cohérence et son impact. Dans ce cadre, nous soutenons la demande de l'équipe DALI de l'Université de Perpignan d'intégrer le LIRMM. Cette intégration, qui se ferait dans un mode bi-localisé, permettrait d'élargir les recherches sur la sécurité numérique, en partenariat fort avec l'équipe ARITH. Des discussions sont également en cours avec le laboratoire LGI2P de Nîmes. Ce laboratoire collabore déjà activement avec le département informatique, sur les langages et modèles de composants (équipe DOC) et la fouille de données (équipe TaToo). Ce travail de fédération passe aussi par le partenariat avec les EPST et laboratoires d'autres domaines qui effectuent de l'informatique appliquée (CIRAD, INRA, CEMAGREF, ...).

En outre, la constitution d'un « co-laboratoire » IBM - Université de Montpellier 2, le projet d'école d'ingénieurs Télécom et la venue de l'INRIA sur le Campus St Priest constituent des opportunités sans précédent de développement pour l'informatique à Montpellier. Dans un paysage local et national de recherche en évolution, le défi du département est de réussir l'intégration de l'informatique au sein de la future université unique, tout en préservant sa cohérence, son implication locale et son attractivité.

Sur le plan international, nous soutenons les nombreuses collaborations existantes et favorisons l'émergence de nouvelles coopérations, en aidant à l'accueil de chercheurs invités et de post-docs étrangers, ou en nous impliquant dans l'organisation de conférences. La communication et les relations avec des universités et organismes étrangers ont également conduit à plusieurs projets de formations internationales, qui viendront

enrichir nos recherches et augmenter le rayonnement de l'informatique montpelliéraine. Toutefois, ces collaborations, même si nous les soutenons activement, reposent largement sur des initiatives individuelles. Nous souhaitons aider à leur structuration et leur pérennisation en généralisant les accords de coopération au niveau de nos tutelles.



Le département robotique, en forte croissance depuis ces quatre dernières années, constitue aujourd'hui une des forces vives de la robotique nationale et internationale. Ses thématiques de recherche sont déployées sur les axes phares de la robotique moderne (conception, optimisation, commande, identification, modélisation, perception et architecture de contrôle). Le domaine d'application privilégié du département est la robotique appliquée à la santé (médical, handicap) avec des activités également dans les domaines de l'industrie manufacturière et de la robotique d'exploration.

Ce département regroupe aujourd'hui 4 équipes projets, l'équipe DEMAR dédiée à la restauration des fonctions du système sensori-moteur, l'équipe DEXTER autour de la conception et commande de robots manipulateurs pour la robotique médicale et la robotique manufacturière, l'équipe ICAR focalisée autour du thème Image et l'équipe NERO qui se consacre à la robotique mobile terrestre, sous-marine et humanoïde. A noter également le projet de création de l'équipe IDH autour de l'Interaction Homme-Robot Humanoïde qui est en cours d'évaluation et devrait voir le jour début 2010 (voir présentation en annexe).

Effectifs

Le département robotique se compose aujourd'hui de :

- 19 Enseignants-Chercheurs dont 13 MC et 6 PU dont 1 PU (50% Robotique, 50% Informatique),
- 7 Chercheurs CNRS section 07 dont 4 CR et 3 DR,

- 3 Chercheurs INRIA dont 2 CR et 1 DR (50% Microélectronique, 50% Robotique),
- 1 Enseignant-Chercheur en détachement CR1 INRIA,
- 3 ITA/IATOS au support à la recherche,
- 35 Doctorants.

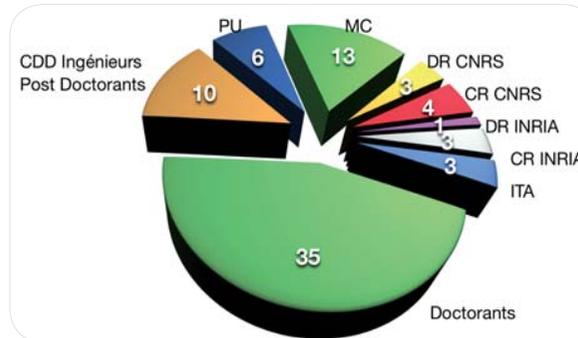


Figure 1 : Répartitions des personnels du département de robotique

Il faut ajouter à cette liste des post doctorants, des professeurs invités ainsi que des ingénieurs de développement contractuels assurant un support à la recherche dans le cadre de contrats ou de collaborations internationales ou nationales. Il y a également chaque année environ 15 étudiants de Master 2 de l'Université Montpellier 2 en stage de recherche, ainsi qu'une dizaine d'étudiants en stage venant d'autres formations (école d'ingénieurs, autres universités).

Concernant la population des chercheurs permanents, la figure 1 montre la répartition par tranche d'âges. L'âge médian est de 41ans avec tout d'abord une répartition

très déséquilibrée entre les tranches d'âges 35-50 (14) et 50-65 (5) mais une répartition plus homogène entre les tranches d'âges 30-40 et 40-50.

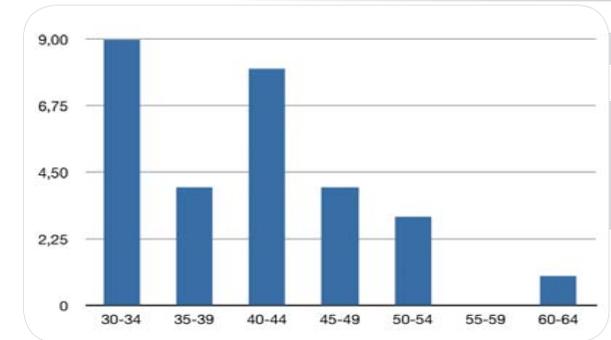


Figure 2 : Répartition par tranches d'âges

Il faut souligner pendant la période 2005-2008 que le département s'est renforcé de 3 CR CNRS, 1 DR CNRS, 1 CR INRIA, 3 MC, 2 PU et 1 IGE. Il y a eu également deux départs à la retraite : Mme Marie-José Aldon (CR CNRS) et M. Alain Fournier (Professeur UM2), le rattachement d'un MC 27ème section au département Informatique (Marc Chaumont) et la promotion d'un CR CNRS sur un poste de professeur à l'INSA de Toulouse (P. Dauchez).

Structuration

Le département est aujourd'hui structuré autour de 4 équipes projets de tailles sensiblement équivalentes :

- DEMAR (3 Chercheurs INRIA, 1 MC, 3 PU 50%)
- DEXTER (6 Chercheurs CNRS, 1 PU 50%, 2 MC)
- ICAR (1 PU, 3 MC, 1 CR CNRS, 1 MC 50%)

- NERO (2 PU, 1 PU 50%, 1 MC 50%, 5 MC)

L'équipe DEMAR est une équipe transversale aux départements robotique et microélectronique. L'équipe ICAR est également une équipe transversale aux départements robotique et informatique.

Lors de la précédente évaluation le département de robotique était constitué de 5 équipes projets. Le comité d'évaluation nous avait conseillé alors de redéfinir les contours de l'équipe ARCHI qui n'avait pas à ce moment là, la masse critique nécessaire. Nous avons lancé alors une consultation interne au sein du département afin de mettre en place les recommandations du rapport. Cette démarche a abouti à la configuration actuelle.

Aujourd'hui la croissance du département sur les 4 dernières années nous amène à nouveau à une réflexion sur le contour thématique des équipes. Aussi est-il proposé aujourd'hui, la création d'une nouvelle équipe projet intitulée IDH (Interactive Digital Human) orientée vers la modélisation et la commande de robots de types anthropomorphes (humanoïde) interagissant avec l'homme (interaction haptique).

Thématiques de recherche

Les thématiques de recherche principales du département robotique peuvent être résumées par trois grands axes :

- Conception des systèmes mécaniques,
- Modélisation, identification, commande,
- Perception.

Ces axes scientifiques se retrouvent associés à des applications robotiques identifiées au travers des équipes projets du département telles que :

- la rééducation et la suppléance fonctionnelles, le handicap (DEMAR),
- la robotique médicale, la robotique de manipulation

rapide (DEXTER),

- la vision robotique, l'imagerie médicale (ICAR),
- l'interaction haptique, la robotique humanoïde (IDH, en création),
- la robotique d'exploration sous-marine et terrestre, les architectures de contrôle des robots (NERO).

Bien que les applications robotiques soient très différentes et nécessitent des moyens spécifiques à chaque équipe projet, les équipes projets du département ne sont pas étanches et les collaborations scientifiques entre chercheurs sont nombreuses en termes de co-encadrements de thèses ou de collaborations concernant des projets ANR ou Européens.

Collaborations

Les collaborations académiques et industrielles (nationales et internationales) du département robotique sont nombreuses et de qualité. Elles contribuent au rayonnement de nos activités à travers le monde. On peut citer par exemple l'université de Dayton, USA (cinématique), l'université de Coimbra, Portugal (commande en effort), le CNR de Gênes, Italie (commande), l'université de Stanford, USA (modélisation, simulation). On peut également souligner les collaborations industrielles avec la fondation Fatronik, Espagne (conception de robots manipulateurs rapides) ou la société Neuromedics MXM, France (implants).

Nous avons une collaboration internationale institutionnelle unique entre le CNRS et l'AIST (Joint Robotic Lab, UMI 3218, Tsukuba, Japon) dans laquelle le LAAS et le LIRMM sont impliqués. Actuellement, le directeur de l'UMI est un permanent du département robotique du LIRMM (A. Kheddar). Cette collaboration permet des échanges fréquents et fructueux avec la communauté robotique japonaise. Cette dynamique globale d'échange rendue possible par le département

est extrêmement profitable et motivante pour nos chercheurs, enseignants-chercheurs et doctorants.

Sur le site de Montpellier, nous avons également une collaboration très forte avec l'équipe de recherche de l'Université Montpellier 1, EDM (Efficience Déficience Motrice). Les membres de cette équipe ont des collaborations scientifiques avec les 4 équipes projets du département en termes de modélisation (dynamique, 3D), d'identification, de commande, ou de conception de mécanismes pour la rééducation de patients. L'équipe EDM qui est en train de se restructurer sous le vocable M2H (Movement To Health) est de taille équivalente à celle du département de robotique (27 permanents) dont une dizaine de médecins de spécialités très différentes participent activement à la recherche de cette équipe. C'est un point d'accès et d'accroche avec le domaine de la santé particulièrement adaptée pour la robotique. En effet, cette équipe pluridisciplinaire est aussi constituée de biomécaniciens et d'automaticiens capables de faire un lien scientifique cohérent avec les chercheurs de la robotique et le monde médical. Aussi sommes-nous particulièrement attentif à l'évolution de la structuration de cette équipe avec qui nous développons des activités de recherche extrêmement fructueuses et prometteuses. Le rapprochement des trois universités montpellieraines au travers de la nouvelle Université Montpellier Sud de France nous apporte l'espoir d'une plus grande flexibilité de collaboration en termes de soutien à nos actions de recherche transversales par des allocations de thèses, de post-doctorants, ou des postes d'enseignants chercheurs.

Gouvernance, animation et formation par la recherche

Le département est piloté par un responsable et un adjoint. Ils organisent des réunions hebdomadaires afin de gérer les besoins communs des équipes et de structurer les demandes en termes de postes

d'enseignants-chercheurs, d'ITA, de doctorants ou de post doctorants. C'est également et principalement une structure d'animation de la recherche qui regroupe des équipes projets ayant des compétences et intérêts scientifiques communs ou complémentaires en termes de thématiques de recherche mais aussi de besoin d'équipements et de compétences humaines (ingénieurs ou post doctorants spécialisés dans un secteur de la robotique). Cela permet d'une part des économies d'échelles et d'autre part l'affichage d'un plus large spectre de compétences vis-à-vis d'appels à projets européens ou nationaux assurant ainsi des échanges fructueux au sein des équipes.

Les membres des équipes projets rassemblés au sein du département robotique sont très actifs au niveau régional, national ou international aux travers de projets scientifiques. Ces projets ont permis de tisser des liens forts au niveau européen avec un grand nombre de partenaires académiques mais aussi industriels. Ils participent également à l'animation scientifique nationale par une implication importante dans l'animation du GDR Robotique et de ses groupes de travail. On peut citer par exemple la robotique médicale, la robotique humanoïde ou les architectures de contrôle des robots. Cet ensemble d'investissements individuels profite très largement au groupe de chercheurs du département par l'accueil de chercheurs étrangers, de post doctorants, d'organisation de séminaires de recherche, de workshops ou d'école d'été.

Le département joue le rôle d'interface vis-à-vis de la formation doctorale SYAM (Ecole Doctorale I2S) en exprimant chaque année son besoin d'allocations par un classement des sujets de recherche prioritaires. Le département contribue également à la mise en place des comités de suivis des thèses (CST) en organisant chaque année des séminaires doctorants. Les doctorants ont une place importante dans le fonctionnement du département et à ce titre, 2 représentants des doctorants sont invités aux réunions du département

afin qu'ils puissent exprimer leurs besoins et donner leurs avis sur les problèmes quotidiens. Le département totalise 30 thèses soutenues pendant la période 2005-2008.

Le mode de fonctionnement financier du département est un prélèvement sur les projets de 6% permettant ainsi de nous donner les moyens d'une politique commune de fonctionnement, d'achats de matériels ainsi que d'un soutien financier à des chercheurs souhaitant mettre en place ou conforter un axe de recherche dans lequel aucun contrat à court terme n'est envisageable.

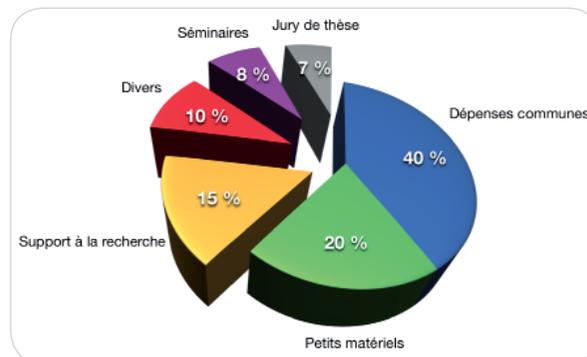


Figure 2 : Répartition des dépenses

A titre d'exemple, le budget financier du département de robotique de 2009 est de 1M€, par conséquent le montant financier du département s'élève environ à 60k€. A partir de ce montant, les dépenses communes du département (voir figure 2) s'échelonnent de la façon suivante : 40% dépenses communes, 20% petits matériels, 15% support à la recherche (aide aux chercheurs), 7% jurys de thèse, 8% frais de réception (séminaires), 10% divers.

La répartition des sources de financement (voir figure 3) sont de l'ordre de 40% provenant de l'Europe, 35% de l'ANR, 10 % provenant de financement de la Région LR et 15% de fondations de recherches privées ou publiques

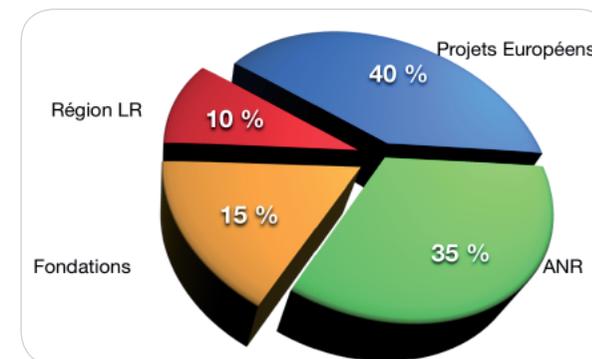


Figure 3 : Répartitions des recettes du département robotique

(EADS, Fatronik) incluant également des contrats industriels (principalement au travers de thèses CIFRE).

Relations avec l'enseignement

Les enseignants chercheurs du département robotique sont principalement impliqués dans l'ensemble des enseignements associés à l'automatique (modélisation, identification, commande), le traitement du signal (vision, image) et l'informatique industrielle (architecture de commande, temps réel, réseau de Petri). Cet ensemble de compétences permet de proposer des offres d'enseignements au niveau DUT, LP (License Professionnelle) mais aussi Master et Diplômes d'Ingénieurs :

- DUT Réseaux et Télécommunications (IUT Béziers),
- DUT Service et Réseaux de Communications (IUT Béziers),
- DUT Génie Mécanique (IUT Nîmes),
- DUT Mesures Physique (IUT Montpellier),
- DUT GEII (IUT Montpellier),
- LP Administration et sécurité des réseaux, (IUT Béziers),
- LP Réseaux sans fil et sécurité, (IUT Béziers),

- LP Intégration des systèmes voix/données, (IUT Béziers),
- Master EEA parcours Robotique Automatique (Faculté de Sciences),
- Electronique, Robotique, Informatique Industrielle, diplôme d'ingénieurs Polytech'Montpellier.

D'autres formations pluridisciplinaires sont en cours d'élaboration autour du domaine TIC et Santé en partenariat avec les départements d'informatique et de microélectronique ainsi que des Universités Montpellier 2 et Montpellier 1. On peut citer le projet de création de l'Institut Télécom Montpellier ainsi que le projet de co-habilitation des Universités Montpellier 1 et 2 du Master TIC et Santé.

Plateforme robotique

Les équipes projets du département de robotique partagent des équipements et des plateformes expérimentales. Ces plateformes sont majoritairement rassemblées dans la halle de mécatronique et contribuent au rayonnement de nos activités. On peut citer principalement des plateformes expérimentales dans les domaines suivants :

- Robotique chirurgicale
- Robotique de manipulation
- Robotique humanoïde
- Vision artificielle
- Robotique sous-marine

Ces plateformes se renouvellent fréquemment et l'organisation de la halle, 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 de la halle mécatronique (O. Tempier).

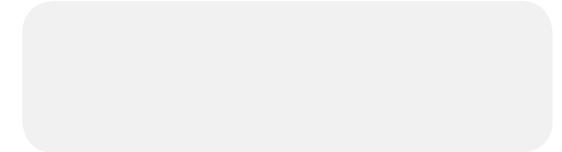
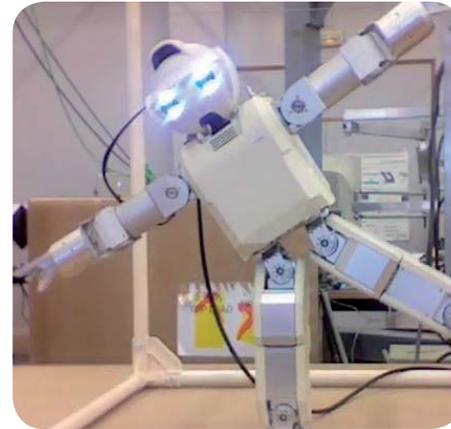
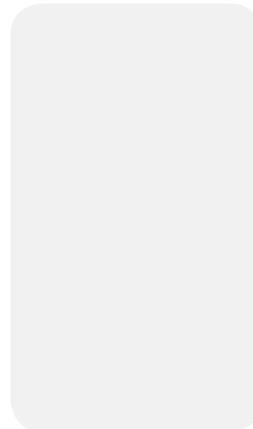
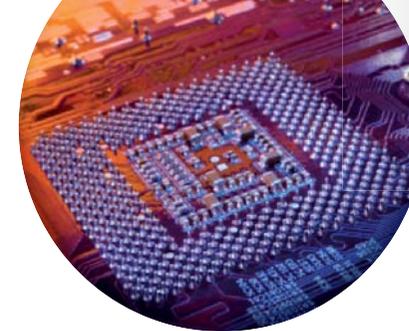


Figure 4 : Plateformes expérimentales du département robotique



Effectifs

Le département Microélectronique du LIRMM est actuellement organisé en deux équipes-projets, l'équipe-projet Conception et Test de Systèmes MICroélectroniques (EP SysMIC) et l'équipe-projet DEambulation et Mouvement ARTificiel (EP DEMAR). Le département Microélectronique, créé dès l'origine du LIRMM en 1992, regroupe à ce jour :

- 16 Enseignants-Chercheurs (dont 9 MdC et 7 Pr) sur les sections CNU 61 et 63,
- 1 Chercheur associé
- 10 Chercheurs CNRS sur les CN 07 et 08 (dont 7 CR, 3 DR) et 1 Chercheur DR INRIA (50% département ROB, 50% département MIC),
- 3 ITA/IATOS au support à la recherche,
- 32 Doctorants

Il est à noter que la particularité du département Microélectronique du LIRMM est d'être naturellement interdisciplinaire en couvrant des disciplines de la section CNU 61 et 63 et de la section 07 et 08 pour le CNRS.

Dans la période considérée, le département s'est renforcé de deux CR CNRS (section 07 et 08) et de trois Maîtres de Conférences ; à noter deux départs à la retraite (Pr G. Cambon, Dr C. Landrault).

Aux membres permanents et doctorants viennent s'ajouter des professeurs invités ou post-doc, qui passent de quelques semaines à une année dans le

département. Enfin, des ingénieurs contractuels supportent les activités de recherche dans le cadre de contrats (Europe, industrie) ou d'actions nationales.

Enfin, le département accueille chaque année environ 15 à 20 étudiants de Master 2 recherche, ainsi qu'une dizaine de stagiaires de formations locales ou extérieures. Au plus fort de l'année, pendant les stages, c'est donc près de 80 personnes que gère le département.

Structuration

A l'heure actuelle, les membres du département Microélectronique du LIRMM sont impliqués dans les équipes-projets SysMIC et DEMAR (équipe-projet commune avec le département Robotique du LIRMM). Ces deux projets, décrits brièvement ci-après, accueillent aujourd'hui respectivement 25 et 4 permanents du département Microélectronique.

Il est noter que lors de l'évaluation précédente le département Microélectronique se présentait en 3 EPs : Conception de Circuits et Système Intégrés - EP CCSI, Test de Circuits et Systèmes Intégrés - EP TCSI et EP DEMAR. Les tâches de conception et de test ayant toujours été liées (conception pour une meilleure testabilité) et devenant aujourd'hui indissociables, il nous est apparu plus opportun de fusionner les deux EPs CCSI et TCSI pour ne former qu'une seule EP centrée sur les Systèmes Microélectroniques. Comme on pourra le constater par la suite et dans la fiche bilan, les thèmes scientifiques mis en exergue montrent comment l'EP

SysMIC se fédère autour des défis actuels et futurs de la conception et du test des Systèmes Microélectroniques. Si la conception et le test de systèmes microélectroniques étaient historiquement centrés sur les aspects de l'électronique intégrée, de l'architecture, de l'algorithmique, les défis actuels nous amènent à étendre notre spectre de compétences vers les aspects mathématiques, physiques, informatiques, santé. Cette EP SysMIC, effectivement conséquente en nombre de permanents, propose une force quasi unique au niveau national permettant ainsi une lisibilité internationale importante.

Le département est clairement une structure d'animation scientifique et administrative. Cette animation 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), des journées scientifiques internes au département (deux par an) qui permettent au travers notamment des exposés des doctorants d'avoir des échanges scientifiques.

Une réunion hebdomadaire a lieu avec l'ensemble des permanents (enseignants, chercheurs, ingénieurs) et des responsables doctorants du département pour, d'une part faire le lien avec la direction du laboratoire et, d'autre part, animer quotidiennement les activités scientifiques.

Au-delà du responsable et du responsable adjoint du département, plusieurs personnes sont directement impliquées dans la vie du département avec des responsabilités diverses : budget, lien avec les doctorants, relations internationales, etc.

Il est clair que le département est aussi une structure permettant d'organiser la gestion administrative, budgétaire, de communication et de promotion aux niveaux national et international du département en lien avec la direction du laboratoire, les tutelles, et l'école doctorale.

En ce qui concerne plus particulièrement la gestion budgétaire du département, le choix que nous avons privilégié est une solidarité financière globale. Il nous apparaît en effet important pour pouvoir développer de nouvelles activités scientifiques, de disposer de financements propres permettant de lancer ces nouvelles activités. C'est un pari qui s'est toujours révélé efficace et a permis d'atteindre une reconnaissance internationale rapide dans ces nouvelles activités. C'est ainsi que tout au long de ces années, le département a privilégié, soutenu et favorisé la mise en place de nouvelles activités scientifiques, comme par exemple depuis 2003 les activités autour de la sécurité numérique, plus récemment autour du domaine de la santé, et de nouveaux partenariats avec d'autres équipes projets du LIRMM ou d'autres laboratoires (comme l'IES et l'I3M).

Pour donner un ordre d'idée, le budget du département est de l'ordre de 700K€ par an, avec une répartition équilibrée des différentes sources de financement : 25% provenant de l'ANR, 20% de l'Europe, 15% de la Région et/ou Université sur des appels d'offre internes, 15% provenant du Ministère de l'industrie, 25% en provenance de contrats industriels.

Thématiques de recherche

Les préoccupations du département Microélectronique du LIRMM concernent donc la conception et le test de circuits et systèmes intégrés. Les avancés des techniques de conception et de fabrication des circuits intégrés ont permis la conception de systèmes extrêmement complexes tant du point de vue du nombre d'éléments

à considérer que de leur hétérogénéité puisque les systèmes actuels et surtout à venir intégreront d'avantage de blocs fonctionnels numériques, analogiques, RF, capteurs et microsystèmes.

L'approche considérée, que cela soit dans le cadre de l'EP DEMAR ou de l'EP SysMIC est donc d'insister plus particulièrement sur les aspects modélisation, méthode et intégration pour les systèmes microélectroniques en traitant aussi bien des aspects algorithmiques, que sur des aspects applicatifs.

L'EP DEMAR s'intéresse à la restauration du mouvement de membres paralysés et la stimulation électrique fonctionnelle (SEF) en prenant en compte des aspects de modélisation, commande, synthèse et analyse du mouvement, interface patient, stimulateurs implantés, capteurs. Pour résoudre ces problèmes, l'approche de la robotique, de l'automatique et de la microélectronique a été choisie afin d'utiliser les outils et développements théoriques de ces disciplines.

En ce qui concerne l'EP SysMIC, quatre thèmes fédérateurs concernant le Test de circuits et systèmes intégrés la Conception et test de Microsystèmes, les Architectures Adaptatives et les Modèles et méthodes pour la conception de circuits permettent de développer de nouvelles méthodes et de nouveaux outils pour les systèmes microélectroniques. Spécification, modélisation, réutilisation, partitionnement logiciel et matériel, optimisation de performances, vérification/validation, test après fabrication et in-situ, consommation etc., sont autant de défis à relever pour accompagner la course à l'intégration. Ces thèmes sont fédérateurs au sein de l'EP SysMIC, en effet les défis scientifiques sont souvent communs et les interactions entre ces thèmes permettent d'adresser des problématiques scientifiques et des classes d'applications nécessitant des compétences variées.

Rayonnement

Les complémentarités de nos activités s'expriment par des projets nationaux ou internationaux et démontrent le dynamisme de l'ensemble du département de Microélectronique et la volonté des chercheurs et enseignants-chercheurs à travailler conjointement sur des domaines applicatifs communs, et ce quels que soient le ou les projets/axes dans lesquels ils interviennent.

Même si l'aspect rayonnement sera abordé dans les descriptions des équipes projets, le département Microélectronique a renforcé sa place privilégiée dans la communauté scientifique Régionale, Nationale et Internationale et a créé de nouveaux contacts industriels au meilleur niveau. Au plan régional des liens étroits se sont tissés avec les laboratoires IES et I3M, dans le cadre de projets communs et de co-encadrement de thèse, avec notamment un support fort et clair de la Région LR notamment sur le financement de plateformes technologiques et le co-financement de sujets de thèses. Au plan national, le nombre important de projets collaboratifs (projets ANR, Ministère de l'industrie, Pôle de compétitivité) atteste du dynamisme des enseignants-chercheurs et chercheurs à travailler en partenariat avec d'autres organismes de recherche ou avec des industriels. Cette implication, a permis à 2006 de mettre en place un laboratoire commun avec la société NXP Semiconductors dans le domaine du test de SoC/SiP (Laboratoire ISyTest (<http://www.cnrs.fr/inst2i/recherche/isytest.htm>), <http://www.lirmm.fr/ISyTest/contact.htm>).

Le département est également fortement impliqué et actif dans la vie et l'animation de la communauté scientifique nationale en occupant ou ayant occupé des postes tels que Vice-président et direction du pôle et services nationaux du CNFM, membre du CNU, responsable de GDR (notamment SoC/SiP, mais aussi GDR MEMS), Chargé de mission au département ST2I du CNRS, aux comités d'évaluation et de pilotage de l'ANR ou de l'AERES.

Cette implication est aussi reconnue au niveau international, d'une part par les projets Européens en cours, et le dépôt actuel de trois projets européens du type STREP lors du dernier appel d'offre européen FP7. Cette reconnaissance se traduit aussi par une participation extrêmement active à des comités éditoriaux de revues, des présidences de conférences ou de comités de programme. De ce fait, il en découle de nombreux échanges avec différentes universités par le monde. A titre d'exemple nous avons accueilli sur la période considérée près d'une douzaine de collègues pour des séjours de quelques semaines à quelques mois. Bien entendu ce rayonnement se traduit aussi par la qualité de la dissémination de nos résultats dans les revues internationales, conférences internationales, conférences invitées etc, un bilan précis de cette activité est donné dans le bilan scientifique des équipes projets.

L'ensemble de ces collaborations amène aussi des échanges scientifiques constants et riches entre différentes disciplines, par exemple avec des domaines comme ceux de la physique, de l'informatique, des mathématiques, de la santé. Cette interdisciplinarité permet un enrichissement scientifique et la prise en compte de nouveaux défis pour les systèmes microélectroniques.

Formation par et pour la recherche

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 doctorants participent aux réunions hebdomadaires. Nous organisons deux journées scientifiques en fin de première année et en fin de deuxième année avec l'ensemble des doctorants. Ces journées permettent de faire un bilan scientifique et un échange scientifique avec l'ensemble des membres

du département. Les doctorants sont aussi impliqués dans l'animation scientifique de l'école doctorale (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 leur 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.

Dans la période 2005-2008, 36 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 58% (exclusivement des CDI).

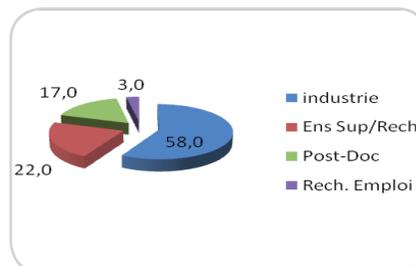
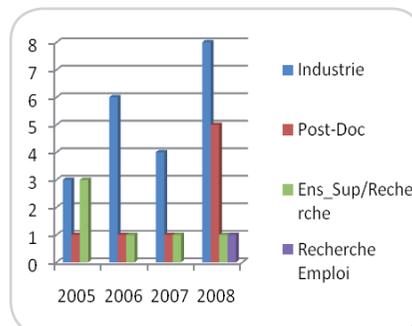


Fig 1 : Répartition (nombre et en %) des thèses soutenues et devenir des doctorants

A noter cependant que 39% continuent dans l'enseignement et la recherche (CR CNRS, MdC, IR, Post-doc). La figure 2 montre l'origine en termes de formation initiale de ces doctorants, avec notamment 33% des étudiants ayant réalisé leurs études initiales dans une ville autre que Montpellier.

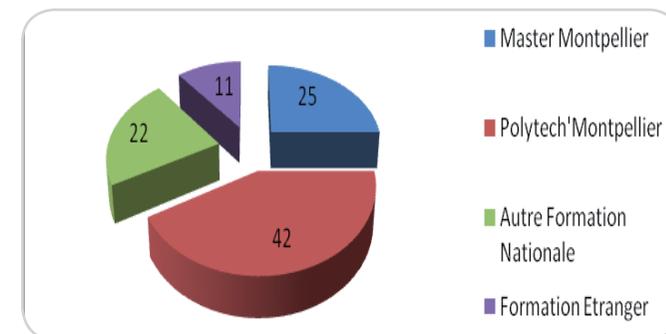


Fig 2 : Origine des étudiants qui ont soutenu leur thèse entre 2005 et 2008

Comme indiqué précédemment 32 doctorants sont actuellement au sein du département (au 31/12/2008). Sur ces 32 doctorants : 3 sont financés par des bourses BDI/CNRS (co-financés par la région LR), 10 sont sur des bourses du type MRT, 10 sur des bourses du type CIFRE, 8 sont sur contrat (ANR, Europe), 1 sur une bourse Axa. La figure 3 présente la répartition (en pourcentage) des doctorants actuels en fonction de leur formation initiale.

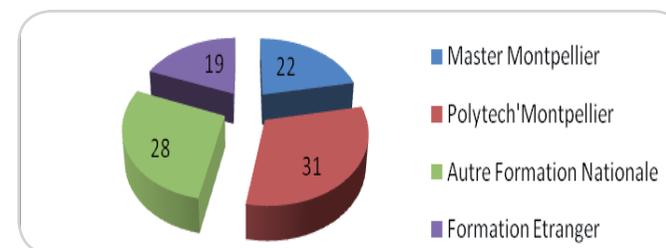


Fig 3 : Origine actuelle (en pourcentage) des étudiants en thèse

Nous constatons que près de 50% de nos doctorants actuels viennent d'une formation initiale extérieure à Montpellier, et près de 30% ont été formés dans des universités à l'étranger (Brésil, Allemagne, Inde, Chine, Maroc, etc).

Relations avec l'enseignement

Les membres du département ont une implication importante dans les enseignements de l'UM2, notamment au sein du département Electronique, Robotique et Informatique Industrielle (ERII) de Polytech'Montpellier et du département EEA de la Faculté de sciences.

Il est à noter que la responsabilité de la Faculté des Sciences (9 départements de recherche, environ 6500 étudiants) est assurée par un membre du département Microélectronique. Le département microélectronique est une équipe d'accueil du Master EEA (M2) - spécialité Systèmes Microélectroniques. Il accueille chaque année une vingtaine d'étudiants de cette formation auxquels viennent s'ajouter des stagiaires de différentes universités ou écoles. Une grande majorité des enseignants chercheurs du département microélectronique enseignent au sein de Polytech'Montpellier (6 départements d'enseignement, 850 étudiants). Plusieurs responsabilités sont assurées par des membres du département Microélectronique du LIRMM, notamment la direction du département ERII et la direction adjointe de Polytech'Montpellier.

Il est aussi important de mentionner que le département de Microélectronique est le principal support du pôle CNFM (Coordination Nationale de la Formation en Microélectronique) de Montpellier. En plus de sa mission d'aide à la formation au niveau local (Ecole d'ingénieurs Polytechnic'Montpellier-MEA, Formation doctorale SYAM, Master et Licence EEA...). Le pôle de Montpellier assure la gestion des services nationaux du CNFM et notamment autour de 2 plateformes technologiques d'intérêt national : Le Centre de Ressources en CAO

du CNFM (CRCC) et le Centre de Ressources en Test du CNFM (CRTC).

Le CRCC assure l'interface entre les fournisseurs de logiciels de CAO microélectronique et les pôles du CNFM. Il recense les besoins, évalue les outils disponibles, propose des choix, passe des accords avec les fournisseurs, met à disposition, moyennant une participation aux frais, logiciels de CAO et matériels de prototypage, apporte une aide à l'utilisation, organise la formation des formateurs.

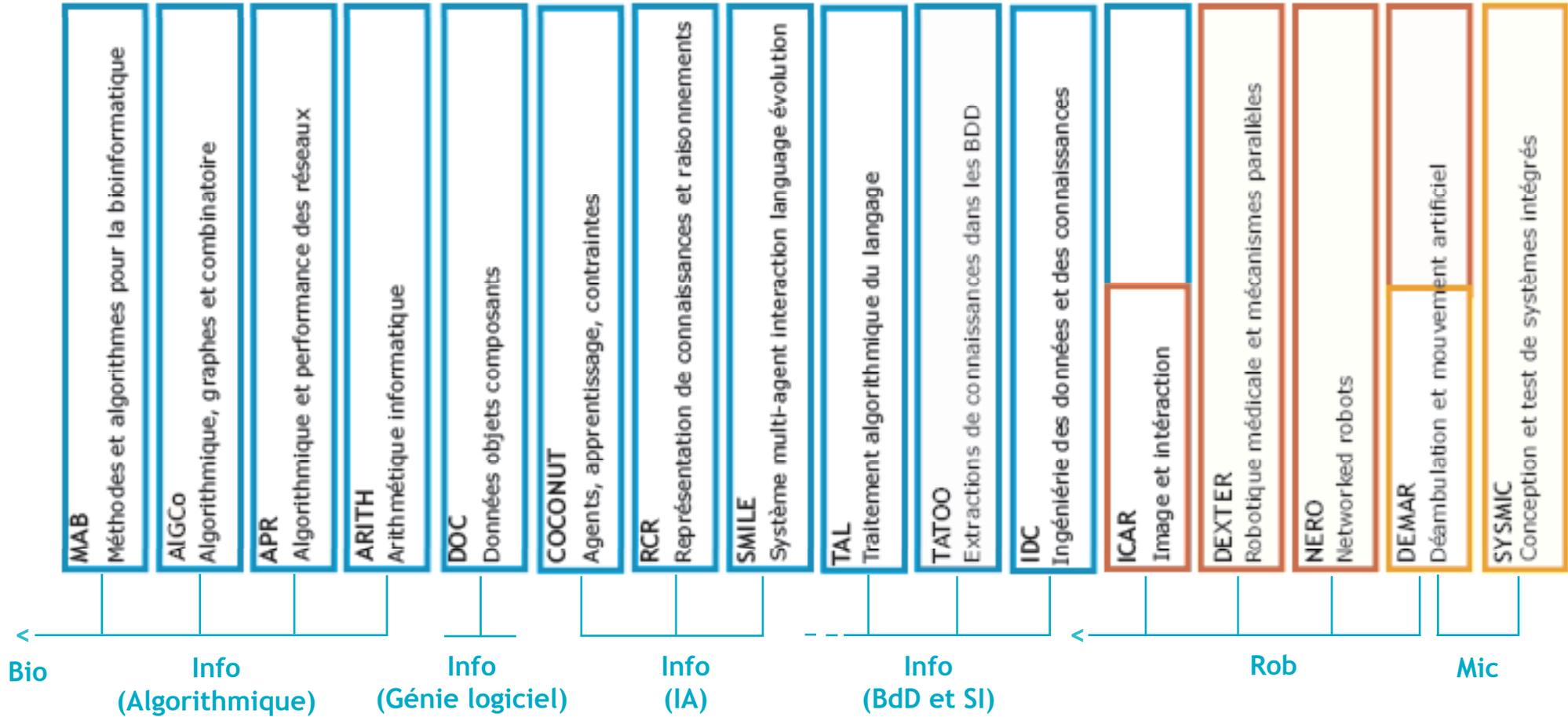
Pour répondre à la demande industrielle d'ingénieurs test ou produit, le Centre de Ressources de Test du CNFM (CRTC) créé en 1997, fortement soutenu par la région LR, se propose d'assurer une formation au test fondamental et industriel des circuits intégrés : En partenariat avec VERIGY, un testeur industriel, le VERIGY V93000 PinScale 3600, a été installé dans les locaux du CNFM. Ce testeur permet de caractériser les performances des circuits intégrés mixtes à des fréquences pouvant aller jusqu'à 3600 MHz sur 32 entrées/sorties.

Les équipes-projets

ALGCo - Algorithmes, Graphes, Combinatoire	99
APR - Algorithmique et Performance des Réseaux	109
ARITH - Arithmétique Informatique	115
COCONUT - Apprentissages, Contraintes	123
D'OC - Données, Objets, Composants	129
IDC - Ingénierie des Données et des Connaissances	141
MAB - Méthodes et Algorithmes pour la Bioinformatique	147
RCR - Représentation des Connaissances et Raisonnements	159
SMILE - Systèmes, Multi-agents, Interaction, Language, Evolution	165
TAL - Traitement Algorithmique du Langage	173
TATOO - Extractions de Connaissances dans les Bases de Données	179
DEXTER - Conception et Commande de Robots pour la Manipulation	189
NERO - Networked Robots	201
SYSMIC - Conception et Test de Systèmes Microélectroniques	207
ICAR - Image et Interaction	229
DEMAR - Déambulation et Mouvement artificiel	237
IHMH - Interaction Homme-Machine et Hypermédia	245



Equipes-projets du LIRMM en 2009



ALGCo

Algorithmes, Graphes et Combinatoire

Laboratoire
d'Informatique,
de Robotique et de
Microélectronique
de Montpellier

Département
Informatique

Responsables :

Christophe Paul
et Stéphan Thomassé
paul@lirmm.fr
thomasse@lirmm.fr
tel: +33 4 67 41 86 76
tel: +33 4 67 41 86 05



ALGORITHMIQUE, COMBINATOIRE, THÉORIE DES GRAPHS, STRUCTURES MULTI-ÉCHELLES, VISUALISATION-INTERACTION.

● Présentation

L'équipe-projet Visualisation et Algorithmes de Graphes (VAG, devenue ALGCo) a réuni, entre 2002 et 2008, des chercheurs issus des domaines de la « visualisation et interaction » d'un côté et de la « théorie des graphes et l'algorithmique combinatoire » de l'autre, dont l'objectif commun était l'étude des propriétés structurelles des graphes à des fins de visualisation et de conception d'algorithmes performants. Les travaux effectués s'appuient en particulier sur des représentations arborescentes des graphes. Construites à partir de l'analyse des propriétés structurelles des graphes étudiés, ces représentations permettent d'atteindre plusieurs objectifs tels que la construction de vues multi-échelles des graphes, la mise au point d'algorithmes de programmation dynamique, ou encore la construction d'outils plus abstraits pour l'étude des graphes et des hypergraphes. Fin 2008, l'équipe-projet VAG s'est restructurée pour donner naissance à la nouvelle équipe-projet Algorithmes, graphes et combinatoire - ALGCo, dont les thèmes de recherche principaux sont l'étude des méthodes de décompositions de graphes, des algorithmes et de la complexité paramétrée et exponentielles et plus généralement la théorie des graphes classique. Les membres de VAG travaillant sur la visualisation et l'interaction ont pour projet de rejoindre l'équipe ICAR.

● Composition de l'équipe (Mai 2009)

Permanents	• Bessy Stéphane	01/09/2005	MC UM2
	• Gioan Emeric	01/10/2005	CR2 CNRS
	• Gonçalves Daniel	01/10/2007	CR CNRS
	• Hascoet* Mountaz	01/10/2001	MCF UM2 - HDR
	• Janssen Philippe	01/01/1995	MC UM2
	• Paul Christophe	01/10/2001	CR1 CNRS - HDR
	• Pinlou Alexandre	01/09/2007	MC UM3
	• Rodriguez* Nancy	01/10/2005	MC UM2
	• Simonet Geneviève	01/01/1995	MC UM2
	• Thomassé Stéphan	01/09/2006	PU2 UM2
	• Vilarem Marie-Cath.	01/01/1995	PU2 UM2

Doctorants	• Boutin François, thèse soutenue le 28/11/2005 - dir. de thèse M. Hascoet - actuellement PRAG à l'Université Montpellier 3
	• Collomb Maxime, thèse soutenue le 01/12/2006 - dir. de thèse M. Hascoet
	• Thièvre Jérôme, thèse soutenue le 12/10/2006
	• dir. de thèse M. Hascoet
	• Crespelle Christophe, thèse soutenue le 28/09/2007 - dir. de thèse C. Paul - actuellement en post-doc à l'Université de Paris 6

Post-doc	• Rao Michaël, du 01/09/2007 au 31/08/2008 (actuellement CR CNRS au LaBRI)
	• Gaspers Serge, du 01/01/2009 au 31/12/2009

Associé	• Habib Michel, depuis le 01/12/2005
---------	--------------------------------------

* ces 2 permanents rejoignent l'équipe-projet ICAR

- Bui-Xuan Binh-Minh, thèse soutenue le 9/09/2008 - dir. de thèse M. Habib - actuellement en post-doc à l'Université de Bergen
- Daligault Jean, depuis le 01/10/2007 - dir. de thèse S. Thomassé
- Gambette Philippe, depuis le 01/10/2007 - dir. de thèse V. Berry (MAB) et C. Paul
- Perez Anthony, depuis le 01/10/2008 - dir. de thèse S. Bessy et C. Paul
- Artignan Guillaume, depuis le 01/10/2008 - dir. de thèse M. Hascoet

● Publications (du 01/01/2005 au 31/08/2009)

	ACL	ACLN	ASCL	INV	ACTI	ACTN	COM	AFF	OS	OV	DO	AP	BV	Prix	Orga
2005-2009	61			3	48	2						24			2

● Coopérations Internationales

- Projet de coopération Franco-Québécoise de Recherche Scientifique et Technologique, « Structures conservées et duplications pour les réarrangements génomiques » (2004-2005) - Partenaire : Cédric Chauve (Université du Québec à Montréal)
- Projet PAI Alliance : « graphes orientés » (2006-2007)- Partenaire : Jan van den Heuvel (London School of Economics et Royal Holloway)
- Projet P2R franco-israélien : « Matchings in r-partite Hypergraphs » (2007-2008) - Partenaire : Ron Aharoni, Technion, Haifa

● Coopérations Nationales

- 3 ACI masse de données - PairAPair (2004-2006), NavGraphe (2003-2006), Flux (2005-2007) et 1 ACI jeune chercheur (2002-2006)
- 2 Groupes de travail de GDR (Visualisation, Graphes et algorithmes)
- Action « usages des nouvelles technologies pour la société » (ENTICE)
- ANR programme blanc : « Décompositions de graphes et algorithmes » (GRAAL) (2006-2009). Partenaires : LaBRI (Bordeaux), LIAFA (Paris 7)
- ANR programme masse de données : « PlasmEplore » (2007-2010). Partenaires : MAB (LIRMM), muséum d'histoire naturelle, LPCV (Grenoble)
- ANR programme DEFI : « Phylogenomics : integrated algorithms and visualizations for analyzing the evolution of life » (PHYLARIANE) (2008-2012). Partenaires : MAB (LIRMM) + ISEM (Montpellier), LBBE-INRIA (Lyon)
- Projet INRIA COLOR PAGRO « Partition de graphes orientés » (2007-2008). Collaboration avec Projet Mascotte I3S/INRIA (Sophia-Antipolis)
- Journées Combinatoire et Algorithmes du Littoral Méditerranéen - JCALM (depuis 2006). Partenaires : Projet Mascotte I3S/INRIA (Sophia-Antipolis), LIF (Marseille)

● Contrats / Transferts et valorisation

- Contrat de collaboration de recherche Languedoc-Roussillon Incubation avec la société en formation Arak
- Contrat de collaboration de recherche Languedoc-Roussillon Incubation avec la société en formation avec la société en formation @imant
- Projet Coviz - TGE Adonis : Conception et développement d'outils de visualisation interactive (2008) en partenariat avec la société Kahn+Associates et l'équipe IHM du LIRMM.

Thématique générale

L'objectif de l'équipe Visualisation et Algorithmes de Graphes - VAG - a été de réunir des chercheurs, issus des domaines de la visualisation et interaction d'un côté et de l'algorithmique combinatoire et la théorie des graphes de l'autre. L'objectif commun était l'étude des propriétés structurelles des graphes à des fins de visualisation et de conception d'algorithmes performants. Créée en 2002, cette équipe-projet était initialement composée de 7 membres permanents (3 PR, 3 MCF et 1 CR CNRS). En 2008, VAG comptait 11 permanents (2 PR, 6 MCF et 3 CR CNRS) dont 6 recrutés depuis 2005. Cette forte évolution nous a amenés, fin 2008, à réorganiser ce groupe, donnant naissance à la **nouvelle équipe-projet ALgorithmes, Graphes et COmbinatoire - AIGCo**. Les spécialistes de visualisation-interaction ont pour leur part rejoint l'axe modélisation 3D et interaction de l'équipe projet ICAR.

Les travaux effectués au sein de VAG autour de la visualisation et des algorithmes de graphes s'appuient en particulier sur des représentations arborescentes des graphes. Construites à partir de l'analyse automatique des propriétés structurelles des graphes étudiés, ces représentations permettent entre autre : la construction de vues multi-échelles des graphes ; la mise au point d'algorithmes de programmation dynamique ; la

construction d'outils plus abstraits pour l'étude des graphes et des hypergraphes. Les décompositions arborescentes, les arbres silhouette multi-niveaux ou les techniques de clustering hiérarchiques, sont trois exemples d'approches possibles pour obtenir ces représentations arborescentes. Souvent utilisé en analyse de données, le clustering hiérarchique s'adapte naturellement aux graphes. Il consiste à construire itérativement des clusters emboîtés en rassemblant les nœuds du graphe qui sont les plus proches au sens d'une distance bien choisie, permettant ainsi d'obtenir une arborescence de clusters.

Outre les objectifs communs décrits ci-dessus, les activités de l'équipe VAG s'articulent autour de trois axes :

- la théorie des graphes et des structures discrètes,
- l'algorithmique combinatoire et la complexité,
- la visualisation interactive d'informations.

Notons par ailleurs que les outils développés au sein de l'équipe VAG trouvent des applications dans le domaine de la bio-informatique (équipe-projet MAB) tant pour les aspects visualisation qu'algorithmique combinatoire.

Organisation et gouvernance

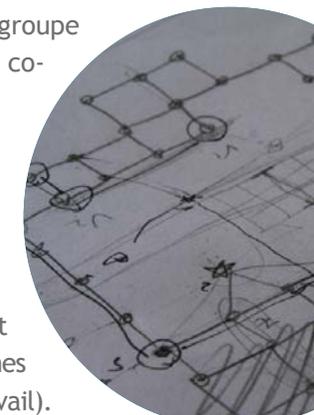
Animation de l'équipe

L'activité scientifique du projet s'organise autour de deux séminaires : le groupe de travail algorithmes,

graphes et combinatoire et le séminaire d'optimisation discrète. Le premier est hebdomadaire et concerne essentiellement les membres du projet VAG. Le second est bimensuel et est organisé en commun avec le projet APR. Des membres des équipes-projets MAB et ARITH assistent régulièrement à ces exposés qui sont ouverts à l'ensemble du laboratoire. Ces deux événements nous permettent d'inviter de nombreux chercheurs français ou étrangers. En dehors de ces groupes de travail ou séminaires, relativement formels, les membres de l'équipe ont l'habitude de se réunir en petits groupes pour travailler sur des problèmes concrets. Ainsi, malgré la forte croissance du groupe ces dernières années, le nombre de co-publications est important.

Gouvernance

Les responsabilités administratives sont partagées autant que possible au sein l'équipe et nous nous attachons à impliquer les jeunes chercheurs et doctorants dans les tâches communes (e.g. organisation des groupes de travail). Les deux composantes de l'équipe ont toutefois fonctionnées de manière indépendante sur le plan financier. Les financements du côté «graphes et algorithmes» sont totalement institutionnel (ANRs ou projets bilatéraux), des contrats industriels s'ajoutent pour la visualisation.



Rayonnement scientifique

Projets de recherche et collaborations nationales

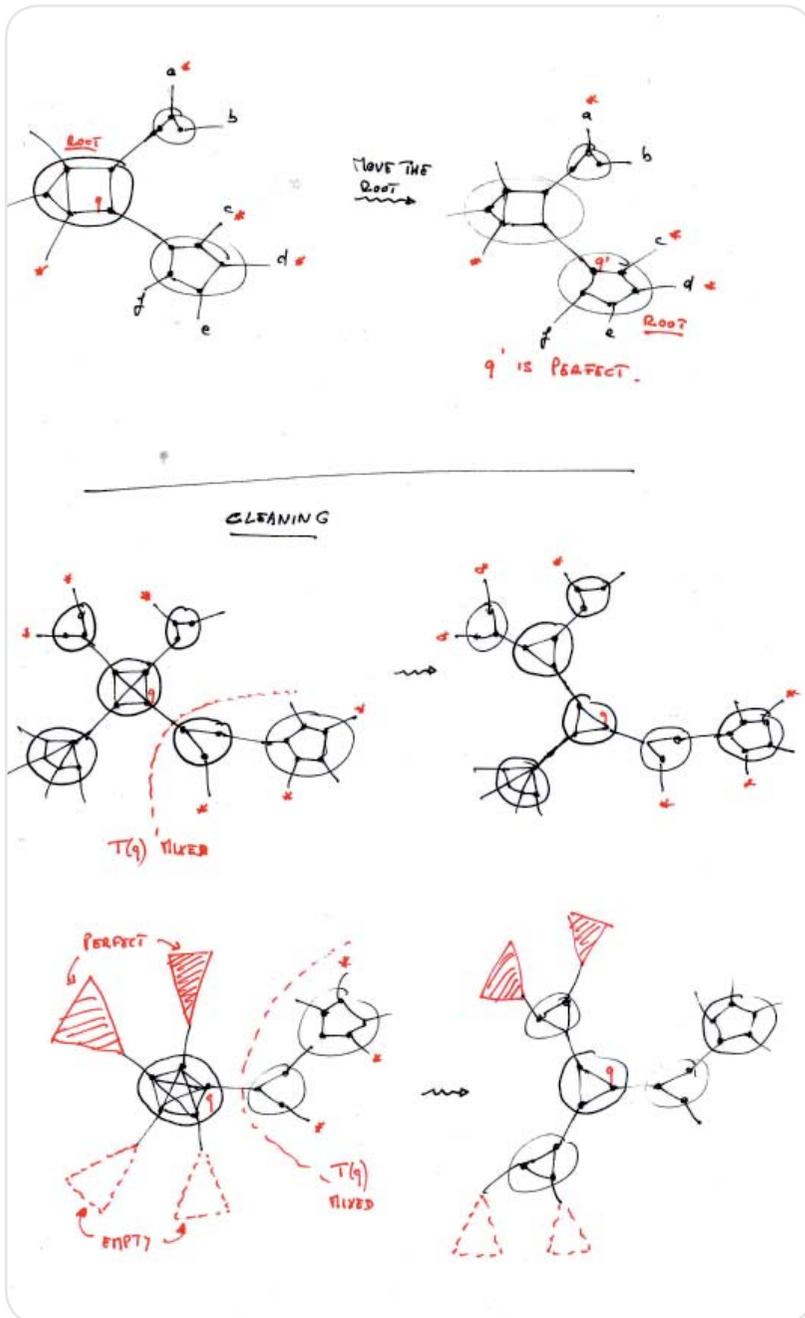
L'équipe VAG s'est impliquée dans de nombreux programmes de recherche nationaux puisque ses membres ont participé à quatre ACI (une ACI Jeune chercheur et trois ACI Masses de données) et cinq projets ANR (deux du programme "Blanc", une du programme "Défi", une de "Masse de données" et une "Jeune chercheur"). Notons par ailleurs que VAG est fortement impliqué dans le groupe de travail visualisation du GDR I3 ainsi que dans le groupe de travail graphes du GDR Informatique-Mathématique et donc l'organisation des Journées Graphes et Algorithmes (qui auront lieu à Montpellier en novembre 2009). Sur un plan plus régional, VAG collabore via une action COLOR INRIA avec le projet Mascotte de l'IS3/INRA Sophia antipolis (2007/2008). Ce projet a notamment permis d'initier l'organisation bi-annuelle des Journées Combinatoires et Algorithmes du Littoral Méditerranéen - JCALM - impliquant aussi une équipe du LIF de Marseille.

Du côté de la thématique visualisation et interaction, Mountaz Hascoët a été responsable d'une ACI jeune chercheur (2002-2006) dont l'objectif était de fédérer des travaux sur les problèmes de visualisation et d'interaction multi-échelle

et multi-support. L'ACI Masse de données NavGraphe (2003-2006), regroupant des chercheurs du LABRI, du Centre de Bio-Informatique de Bordeaux - CBiB (Bordeaux II), du LRI (Paris XI) et du groupe de Bio-informatique des Génomes - IGM (Paris XI), avait pour objectif d'intégrer des méthodes automatiques de l'algorithmique de graphes, les requêtes de bases de données et de visualisation interactive pour permettre une navigation performante sur des collections de données importantes. Les données visées sont principalement issues de structures biologiques.

Les liens avec la bioinformatique et l'ensemble du projet VAG sont forts puisqu'aujourd'hui plusieurs membres de VAG sont impliqués dans deux ANRs relevant de ce domaine : le projet PlasmoEplore (2007-2010), en partenariat avec l'équipe MAB (LIRMM), le muséum d'histoire naturelle et le LPCV (Grenoble), dont l'objectif est d'explorer les données génomiques et post-génomiques de la malaria ; et Phylariane - Phylogenomics: integrated algorithms and visualizations for analyzing the evolution of life (2008-2012) en partenariat avec l'équipe MAB (LIRMM), l'ISEM (de l'Université Montpellier 2) et le LBBE-INRIA (Lyon), dont l'objectif est de proposer de nouveaux modèles et algorithmes en vue de mieux prédire l'évolution des gènes au sein des génomes.

Le projet ANR Décompositions de Graphes et Algorithmes - GRAAL (2006-2009), coordonné par C. Paul et en collaboration avec le LaBRI (Bordeaux) et le LIAFA (Paris), a constitué l'essentiel des travaux menés par les membres de VAG autour de l'algorithmique combinatoire et la théorie des graphes. Ce projet propose de combiner les approches issues de la théorie



des graphes et de l'algorithmique avec celles issues des théories des langages formels et de la logique pour l'étude structurale des graphes. Notons que fin 2009, débiteront deux nouvelles ANR dans ce domaine : AGAPE, programme blanc, sur les algorithmes exponentiels exacts et paramétrés (2009-2012) en collaboration avec le projet Mascotte I3S/INRIA (Sophia-Antipolis), le LIFO (Orléans) et le LITA (Metz) ; GRATOS, programme jeune chercheur, sur l'étude structurales et topologique des graphes, coordonné par D. Gonçalves et en collaboration avec le LaBRI (Bordeaux) et du LRI (Orsay).

Projets de recherches et collaborations internationales

Pour la période 2005-2009, une vingtaine de chercheurs étrangers pour des séjours allant de une semaine à quelques mois nous ont visités. Ces chercheurs viennent de Norvège (Fomin, Saurabh et Telle), du Canada (Chauve, Corneil, Durocher, Haxell et Hell), d'Angleterre (Yeo, Allen, Patel et van den Heuvel), d'Israël (Golubic, Aharoni et Holzman), de Hongrie (Gyarfas), d'Australie (Fellows, Rosamond)...

De ce fait, le groupe VAG possède une véritable visibilité internationale. Certaines de ces collaborations ont été financées directement par un programme bilatéral. C'est le cas de :

- Projet de coopération Franco-Québécoise de Recherche Scientifique «Structures conservées et duplication pour les réarrangements génomiques» (2005-2006)
- Projet PAI Alliance «Graphes orientés» (2006-2007) Partenaire : Jan van den Heuvel (London School of Economics et Royal Holloway)
- Projet P2R franco-israélien «Matchings in r-partite Hypergraphs» (2007-2008). Partenaire : Ron Aharoni, Technion, Haifa

Mais la plupart des collaborations sont moins formelles. Parmi elles, mentionnons : le groupe d'algorithmique de Bergen University (Norway) spécialiste des algorithmes paramétrés ; le groupe de D. Corneil de University of Toronto (Canada) autour de l'algorithmique combinatoire ; l'équipe de J. Bang-Jensen au Danemark sur la théorie des graphes.

Organisation de conférences internationales

En avril 2008, dans le cadre du projet ANR GRAAL, nous avons organisé au CIRM (Centre International de Recherche en Mathématiques) à Marseille, des rencontres internationales autour des méthodes et théories de décomposition de graphes. Elles ont réuni environ 70 chercheurs de 10 nationalités différentes.

Nous y avons invités 6 chercheurs de renommée internationale : M. Fellows (Australie), D. Thilikos (Grèce), F. Fomin (Norvège), D. Kratsch (France), S.I. Oum (Corée), H. Bodlaender (Pays-Bas). La seconde édition de ces rencontres aura lieu au CIRM en octobre 2010 et sera la clôture du projet ANR GRAAL.

En mai 2009, nous avons participé à l'organisation en Corse de l'école de printemps sur les algorithmes exponentiels exacts et paramétrés. Cette école a marqué le début du projet ANR AGAPE. Environ 70 participants issus d'une quinzaine de nationalités différentes étaient présents.

En juin 2009, nous avons organisé la 35ème édition de la conférence WG - International Workshop on Graph Theoretic Concepts in Computer Science. Une sélection de 28 articles ont été présentés devant environ 80 participants, pour l'essentiel Européens mais pas seulement. Les actes de la conférence sont publiés chez Springer dans la série Lecture Notes in Computer Science.

Notons par ailleurs la participation de membres du projet à différents comités de programme de conférence internationales ou comité éditoriaux de revues internationales : e.g. Workshop on Graph Theoretic Concepts in Computer Science (WG'08, WG'09), Journal of Graph Theory.

Bilan scientifique

La théorie des graphes, l'algorithmique combinatoire et la complexité sont des thématiques de recherche à la frontière de l'informatique et des mathématiques et dont le champ d'application est vaste. L'optimisation combinatoire et la bio-informatique sont deux exemples significatifs de domaines d'application de nos travaux. Les méthodes de visualisation et d'interaction complètent les algorithmes que nous pouvons proposer et facilite la manipulation des données (biologiques par exemple).

Théorie des graphes et des structures discrètes

Un des principaux enjeux de la théorie des graphes consiste à capturer la complexité de leur structure de façon globale. Pour cela, les invariants de graphes, les plongements du graphe, ou encore les décompositions sont des outils essentiels dont l'étude a de nombreuses conséquences algorithmiques. L'exemple le plus prolifique de ce paradigme étant la preuve de la conjecture de Wagner sur les mineurs de graphes due à N. Robertson et P. Seymour au cours des années 1980-2000 et qui a permis de nombreux développements originaux en théorie des graphes mais aussi en algorithmique de graphes.

Un des axes de recherche de l'équipe ALGCo est donc

naturellement l'étude de questions structurelles en théorie des graphes. Les membres de l'équipe ont l'habitude de travailler sur ce type de question, comme en témoignent certains problèmes abordés récemment. Par exemple, lorsque l'on souhaite partitionner optimalement les sommets d'un graphe en ensembles indépendants, on obtient la notion classique de coloration d'un graphe. Des résultats ont été obtenus dans ce cadre [1], ainsi que pour certaines variantes concernant les graphes orientés [2], [3]. D'autres questions structurelles ont aussi été abordées pour certaines classes de graphes ou pour des structures combinatoires plus générales : décomposition en forêt pour les graphes planaires [4], décompositions en circuits ou en chemins pour les graphes orientés [5], [6] ou structure des circuits/cocircuits dans les graphes orientés et les matroïdes réguliers [7].

L'étude des méthodes de décomposition de graphes est une thématique centrale de notre groupe, tant sur leur aspects algorithmiques (voir ci-dessous) que structurels. De manière générale, ces méthodes, dont le principe, hérité de Descartes, consiste à diviser un problème puis à reconstituer une solution globale à partir de solutions partielles, sont à l'origine de nombreux résultats dans le domaine de la théorie des graphes. Cette thématique de recherche a été développée au sein du projet ANR GRAAL. Plusieurs résultats théoriques sur les décompositions arborescentes et les paramètres de largeurs associés méritent d'être cités : la récente preuve de la correspondance entre la largeur de branche d'un graphe planaire et celle de son dual [8], conséquence de l'égalité entre la largeur de branche d'un matroïde graphique et celle de son dual; une nouvelle preuve simplifiée de la dualité largeur

arborescente-“bramble number” obtenue à l'aide de fonctions de partitions sous-modulaires.

Algorithmes combinatoires et complexité

L'algorithmique couvre un vaste champ de l'informatique allant du traitement de données numériques à celui de structures combinatoires, en passant par la manipulation d'objets beaucoup plus complexes tels que les langues naturelles. Nos recherches couvrent l'algorithmique des structures combinatoires en général et des graphes en particulier. Le principe sous-jacent de nos méthodes est de s'appuyer sur les propriétés combinatoires des objets manipulés. Par exemple, la manière dont un graphe se construit ou se décompose peut guider la résolution d'un problème d'optimisation sur ce graphe. La mise au point d'un algorithme combinatoire (efficace) est rarement une tâche aisée même si de nombreux résultats structurels sont établis sur le problème étudié. Mentionnons ainsi que malgré la preuve de la conjecture forte des graphes parfaits, obtenir un algorithme combinatoire polynomial de coloration des graphes parfaits reste aujourd'hui un problème ouvert. Dans ce domaine, les résultats que nous avons obtenus relèvent pour la plupart de deux grands paradigmes :

- les méthodes de décompositions de graphes dont le principe a déjà été discuté ;
- résoudre un problème sur des familles restreintes de graphes est une démarche classique préliminaire à sa résolution dans le cas général. Cela permet de mieux comprendre la combinatoire du problème et d'identifier ses verrous. De plus certaines familles de graphes sont primordiales pour la compréhension des classes de complexité (théorème de Courcelle),

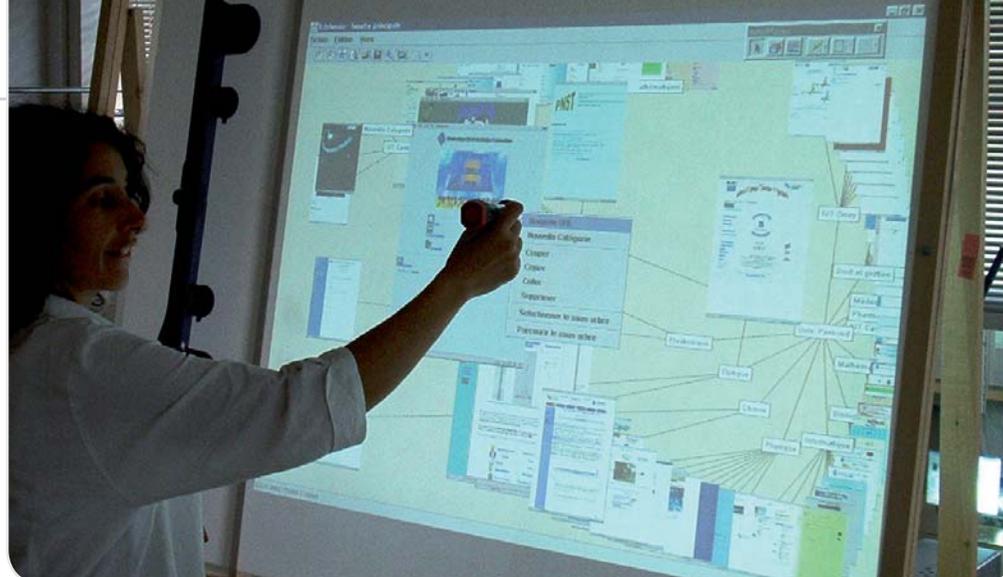
d'autres sont définies naturellement et apparaissent (ou réapparaissent) dans de nombreux contextes différents.

Dans leurs travaux sur les mineurs de graphes, Roberston et Seymour ont introduit la théorie des décompositions arborescentes et le paramètre de largeur arborescente, un invariant de graphe qui a permis de généraliser à de larges classes de graphes, les résultats connus pour les arbres. La largeur de branche est une alternative à la largeur arborescente dont l'avantage est d'être calculable en temps polynomial sur les graphes planaires. Nous avons amélioré la complexité des algorithmes de calcul de la largeur de branche pour certaines familles de graphes [9].

La théorie des familles d'ensembles (bi-)partitives capture de nombreuses méthodes de décomposition de graphes dont certaines, comme la décomposition modulaire et la décomposition en coupes, ont été introduites dans les années 70 pour étudier la structure des graphes parfaits. Nous avons obtenu de nouveaux algorithmes linéaires ou quasi-linéaires pour la décomposition modulaire [10] et la décomposition en coupe [11], [12]). B.-M. Bui-Xuan a généralisé et étendu dans sa thèse [13] de manière significative la théorie des représentations de familles d'ensemble dans les graphes (voir aussi [14]).

Concernant l'étude des familles de graphes, mentionnons les travaux de C. Crespelle sur les graphes dynamiques [15], dont l'objectif est de maintenir une représentation compacte d'un graphe au fil de modifications (de ses arêtes, ou de ses sommets). Des résultats optimaux (du point de vue de la complexité) ont été obtenus pour des

familles de graphes d'intersection ayant des bonnes propriétés de décomposition (e.g. graphes d'intervalles, graphes de permutation). Plus récemment, basé sur le nouvel algorithme de décomposition en coupe, Gioan et al. ont obtenu le premier algorithme sous-quadratique pour la reconnaissance des graphes de cercles, une famille de graphes dont les propriétés combinatoires s'apparentent à celles des graphes planaires.



Visualisation et interactions

Nos travaux s'appuient sur une approche à la fois expérimentale et théorique des problèmes étudiés et se développent autour des axes : modélisation, visualisation, interaction et nouveaux dispositifs.

Plusieurs thèses se sont inscrites dans ces différents axes. La thèse de J. Thièvre relève de l'axe visualisation et interaction. Elle a consisté à développer des techniques de représentations multiples pour aider à l'indexation et à l'exploration de collections de documents multimédias. La thèse de F. Boutin [16] s'est plus particulièrement tournée sur les aspects modélisation et construction de modèles multi-échelles. Enfin, la thèse de M. Collomb porte davantage sur les nouveaux dispositifs matériels et en particulier sur les environnements d'affichage distribués et hétérogènes.

Modélisation et construction. Nous avons développé [17], [18] une famille d'algorithmes qui permettent à partir d'un graphe quelconque d'obtenir un modèle multi-échelle de ce graphe. Dans un premier temps, nous

avons étendu des méthodes existantes d'optimisation de partition de sorte à obtenir des K-partitions des graphes initiaux. Par la suite et en particulier au travers des travaux de thèse de François Boutin, nous avons introduit les arbres de clusters emboîtés ainsi que des arbres de silhouettes emboîtés qui ont été définis pour permettre les représentations multi-échelles résultantes.

Visualisation d'arbres de silhouettes. Nous avons proposé une visualisation des arbres de silhouettes qui s'appuie à la fois sur une approche surfacique et un algorithme de dessin radial.

Le principe du dessin consiste à associer à chaque noeud un secteur angulaire englobant tous ses descendants dans l'arbre couvrant. L'API Grapho réalisée par Jérôme Thièvre dans le cadre de sa thèse permet la visualisation de silhouettes et clusters emboîtés. Cette API a été l'occasion de proposer et d'implémenter une adaptation de l'algorithme de placement radial classique, ayant l'originalité d'inclure la représentation automatique de clusters et de silhouettes.

Architectures matérielles : vers des architectures distribuées. Nous avons mis en place un dispositif appelé «mur-écran» qui est composé (1) d'une surface de projection -le «mur»- sur laquelle sont retro-projetées des informations diverses susceptibles d'être utilisées à n'importe quel moment, et (2) d'un ou plusieurs écrans classiques servant plus particulièrement pour la tâche spécifique sur laquelle un individu travaille.

Nous avons proposé un modèle générique et réutilisable d'architecture matérielle permettant de gérer ce type de dispositif d'affichage distribué [19].

Interaction. Notre objectif a été de proposer de nouveaux modèles d'interaction «drag-and-throw» et «push-and-throw» permettant d'étendre le modèle de drag-and-drop classique aux surfaces distribuées et de grande taille. L'avantage incontestable de ces techniques est qu'elles permettent un contrôle précis du lancer. En effet, le feedback visuel permet d'anticiper la destination du lancer et l'utilisateur est donc en mesure d'ajuster précisément son lancer. De plus, le calcul des trajectoires permet d'éviter le comportement chaotique du lancer résultant de trajectoires telles que celles proposées dans les travaux de Geissler et al.

Expérimentations contrôlées sur dispositifs d'affichage distribué. Le modèle d'interaction élaboré a fait l'objet de plusieurs expérimentations et de collaborations. En effet, pour la comparaison entre les techniques de lancer et le reste des alternatives proposées récemment, nous

avons monté une expérimentation en collaboration avec Patrick Baudisch de Microsoft research (Etats-Unis) et de Brian Lee de l'Université de Stanford (Etats-Unis). Les résultats de cette étude sont publiés dans [20].

Applications à la bio-informatique

Les recherches développées au sein de l'équipe VAG trouvent des applications dans plusieurs domaines, mais particulièrement en bio-informatique.

Ainsi, les méthodes de décomposition de graphes (décomposition modulaire, familles bipartitives) se révèlent être des outils combinatoires clés pour la génomique comparative. Des travaux des membres de l'équipe MAB et des collègues Canadiens (projet bilatéral) ont donné lieu à plusieurs publications sur ces problèmes [21]. De même la complexité paramétrique (voir prospectives) permet d'obtenir des algorithmes efficaces pour la reconstruction d'arbres ou de réseaux phylogénétiques [22]. Une thèse (P. Gambette) est actuellement co-encadrée sur ce dernier sujet par C. Paul et V. Berry (équipe MAB).

Le projet ANR PlasmExplore (dirigé par l'équipe MAB) a pour objectif de contribuer au décryptage du génome de *P. falciparum*, agent infectieux responsable de la Malaria. Notre objectif consiste ici à concevoir et mettre en oeuvre des techniques de visualisation et d'interaction appropriées à l'exploration des données biologiques utiles telles par exemple que les interactomes.

Prospectives

La majeure partie des membres de VAG se retrouvent aujourd'hui dans ALGCo (les deux membres de la composantes «visualisation et interaction» rejoignant

l'équipe-projet ICAR). Nous présentons donc ici seulement les perspectives de recherche de l'équipe-projet ALGCo qui relèvent pour l'essentiel de deux projets ANR qui débiteront fin 2009.

Théorie des graphes - projet GRaToS

Le projet de recherche GRaToS, sur l'étude structurelle topologique des graphes, regroupe quatre membres de l'équipe ALGCo. Il propose d'étudier et de généraliser les résultats structuraux connus concernant la représentation des graphes planaires. Un des objectifs, par exemple, est d'obtenir une décomposition en arbres de Schnyder des graphes plongeables dans des surfaces autres que le plan. Ces graphes, qui forment une généralisation naturelle des graphes planaires, constituent un sujet de recherche d'actualité (beaucoup d'articles leur ont été consacrés à SODA09 par exemple). Quant à la décomposition des graphes planaires en arbres de Schnyder, elle a été découverte à la fin des années 1980 et a eu de très nombreuses retombées, comme la mise au point d'algorithmes de dessin de graphes très efficaces, la génération facile de graphes planaires aléatoires ou encore la création de codage compact pour les graphes planaires. Un autre point départ de ce projet est la preuve récente (fin 2008) d'une conjecture de Scheinerman [23]. Ce résultat établit que tout graphe planaire est le graphe d'intersection de segments dans le plan. De nombreuses généralisations de ce résultat peuvent être espérées : en dimensions supérieures, que donne l'étude des graphes d'intersection de simplexes, ou que dire des graphes d'intersection de segments sur des surfaces autres que le plan ?

Il serait optimiste de prétendre obtenir une avancée importante sur l'un de ces problèmes. Cependant, tout progrès, nouvelle méthode ou heuristique serait un premier pas intéressant.

Par ailleurs, nous souhaitons continuer les travaux sur les partitions des arêtes ou sommets d'un graphe en ensembles simples. Un exemple d'une question intéressante plusieurs membres de l'équipe est le suivant. De nombreux résultats sont connus sur les partitions de graphes planaires, le plus célèbre étant le théorème des quatre couleurs. Dans le domaine des graphes planaires et orientés, un problème de partitionnement a été posé par V. Neumann-Lara (1982) : tout graphe planaire orienté admet une partition de ses sommets en deux sous-graphes acycliques.

En d'autres termes, tout graphe planaire admet une partition dont la coupe associée intersecte tous les circuits. Ayant déjà travaillé sur des problèmes de circuits dans les graphes orientés [24] et sur les graphes planaires orientés [25], [26] nous sommes particulièrement intéressés par ce type de questions.

Algorithmes et complexité paramétrée - projet AGAPE

Depuis environ deux années, une partie importante des membres d'ALGCo travaillent sur les algorithmes paramétrés. Des résultats importants ont déjà été obtenus comme notamment : le premier algorithme paramétré pour le problème "minimum interval completion" [27], qui était ouvert depuis 1992 ; un noyau quadratique pour le problème «feedback vertex set» [28], meilleure borne connue.

De multiples approches existent pour résoudre un

problème difficile (i.e. NP-difficile). Nous en avons discuté deux (les décompositions et les restrictions à des instances particulières), d'autres existent telles que les méthodes d'approximations. La complexité paramétrique, introduite par Downey et Fellows, est une approche alternative dont l'objectif essentiel est d'évaluer la complexité du calcul d'une solution exacte, de manière plus fine que la complexité classique ne le permet. Pour ce faire, un paramètre, indépendant de la taille des données, est introduit pour exprimer la fonction de complexité, et, si possible, d'en limiter l'explosion combinatoire. On dit qu'un problème P admet un algorithme paramétré pour le paramètre k (e.g. la taille de la solution) s'il peut être résolu avec une complexité exponentielle en k et polynomial en n , la taille de la donnée. Avec l'augmentation de la puissance de calcul des ordinateurs, de telles méthodes, voire des méthodes de coût faiblement exponentiel en la taille de la donnée, peuvent désormais être envisagées.

Les résultats algorithmiques issus des travaux de Robertson et Seymour sur les paramètres de largeurs ont été pionniers dans ce domaine. Pour autant, le champ couvert par la complexité paramétrée ne se limite pas aux méthodes de décomposition et les paramètres de largeurs associés. Ce domaine de recherche est en plein développement et permet : d'établir des liens importants et originaux entre algorithmique, logique et complexité ; d'affiner la théorie de la complexité classique ; de fournir un cadre théorique et formel aux méthodes de pre-processing (kernelisation) ; de proposer dans de nombreux domaines applicatifs (bio-informatique, IA) des méthodes algorithmiques pertinentes et fondée en alternative aux méthodes heuristiques.

Quatres membres du groupe ALGCo sont impliqués dans le projet ANR AGAPE (Algorithmes de graphes paramétrés et exacts) qui débutera en septembre 2009. Actuellement deux étudiants font leurs thèses sur ces sujets : J. Daligault et A. Perez qui ont débuté respectivement en octobre 2007 et octobre 2008.

Publications significatives

- [1] An Oriented Coloring of Planar Graphs with Girth at Least Five
Pinlou A.
Discrete Mathematics, Vol. 309, pp. 2108-2118, 2009

- [2] Arc-chromatic number of digraphs in which every vertex has bounded outdegree or bounded indegree.
Bessy S., Birmele E., Havet F.
Journal of Graph Theory, Vol. 53, pp. 315-332, 2006

- [3] On the Oriented Chromatic Index of Oriented Graphs
Ochem P., Pinlou A., Sopena E.
Journal of Graph Theory, Vol. 57, pp. 313--332, 2008

- [4] Covering Planar Graphs with Forests, one Having Bounded Maximum Degree
Gonçalves D.
Journal of Combinatorial Theory Series B, Vol. Article in Press, pp. 1, 2008

- [5] Spanning a strong digraph by α circuits: A proof of Gallai's conjecture.
Bessy S., Thomasse S.
COMBINATORICA, Vol. 27, pp. 659-667, 2007

- [6] Paths with two blocks in n -chromatic digraphs
Thomasse S., Havet F., Addario-Berry L.
Journal of Combinatorial Theory Series B, Vol. 97, pp. 620-626, 2007

- [7] Enumerating Degree Sequences in Digraphs and a Cycle-Cocycle Reversing System
Gioan E.
European Journal of Combinatorics, Vol. 28 (4), pp. 1351-1366, 2007

- [8] Branchwidth of graphic matroids
Mazoit F., Thomasse S.
London Math. Soc. Lecture Note Ser., Vol. 346, pp. 275-286, 2007
- [9] Edge Maximal Graphs of Branchwidth k: The k-Branches
Paul C., Telle J. A.
Discrete Mathematics, Vol. 309, pp. 1467-1475, 2009
- [10] Simple, Linear-Time Modular Decomposition
Tedder M., Corneil D., Habib M., Paul C.
ICALP'08: International Colloquium on Automata, Languages and Programming, pp. 634-645, 2008
- [11] Dynamic Distance Hereditary Graphs Using Split Decomposition
Gioan E., Paul C.
ISAAC'07: The 18th International Symposium on Algorithms and Computation, pp. 41-51, 2007
- [12] Solving Some NP-Complete Problems using Split Decomposition
Rao M.
Discrete Applied Mathematics, Vol. 156, pp. 2768-2780, 2008
- [13] Tree-Representation of Set Families in Graph Decompositions and Efficient Algorithms
Bui-Xuan B.-M.
Thèse , spécialité : informatique, (2008-09-09)
- [14] Unifying Two Graph Decompositions with Modular Decomposition
Bui-Xuan B.-M., Habib M., Limouzy V., Montgolfier De F.
ISAAC'07: 18th International Symposium on Algorithms and Computation, December 17, pp. 52-64, 2007
- [15] Représentations dynamiques de graphes
Crespelle C.
Thèse , spécialité : mathématiques et informatique, (2007-09-28)
- [16] Filtrage, partitionnement et visualisation multi-échelles de graphes d'interactions à partir d'un focus
Boutin F.
Thèse , spécialité : mathématiques et informatique, (2005-11-28)
- [17] Multilevel Compound Tree Construction Visualization and Interaction
Boutin F., Thievre J., Hascoët M.
Interact'05, September 13, 2005
- [18] Focus-based filtering + clustering technique for power-law networks with small world phenomenon
Hascoët M., Boutin F., Thievre J.
VDA'06: Visual Data Analysis - SPIE-IS&T Electronic Imaging, January 15, pp. 001-012, 2006
- [19] Extending Drag-and-Drop to New Interactive Environments: A Multi-Display, Multi-Instrument and Multi-user Approach
Hascoët M., Collomb M.
Interacting with Computers, Vol. 20, pp. 562-573, 2008
- [20] Improving Drag-and-Drop on Wall-Size Displays
Collomb M., Hascoët M., Baudisch P., Lee B.
Graphics Interface'05, May, 2005
- [21] Perfect Sorting by Reversals is not Always Difficult
Paul C., Bérard S., Bergeron A., Chauve C.
IEEE/ACM Transactions on Computational Biology and Informatics, Vol. 4, pp. 12, 2007
- [22] The Structure of Level-k Phylogenetic Networks
Gambette P., Berry V., Paul C.
CPM'09: 20th Annual Symposium on Combinatorial Pattern Matching, June 22, pp. 289-300, 2009
- [23] Every Planar Graph is the Intersection Graph of Segments in the Plane: Extended Abstract
Gonçalves D., Chalopin J.
STOC '09: 41st ACM Symposium on Theory of Computing, May 31, pp. 631-638, 2009
- [24] Spanning a strong digraph by α circuits: A proof of Gallai's conjecture.
Bessy S., Thomasse S.
COMBINATORICA, Vol. 27, pp. 659-667, 2007
- [25] On the Oriented Chromatic Index of Oriented Graphs
Ochem P., Pinlou A., Sopena E.
Journal of Graph Theory, Vol. 57, pp. 313--332, 2008
- [26] Covering Planar Graphs with Forests, one Having Bounded Maximum Degree
Gonçalves D.
Journal of Combinatorial Theory Series B, Vol. Article in Press, pp. 1, 2008
- [27] Interval completion is Fixed Parameter Tractable
Villanger Y., Heggernes P., Paul C., Arne Telle J.
SIAM Journal on Computing, Vol. 8, pp. 2007-2020, 2009
- [28] A Quadratic Kernel for Feedback Vertex Set
Thomassé S.
SODA'09: Symposium on Discrete Algorithms, pp. 115-119, 2009

APR

Algorithmique et Performances des réseaux

Laboratoire d'Informatique, de Robotique et de Microélectronique de Montpellier

Département Informatique

Responsables :

Rodolphe Giroudeau et Alain Jean-Marie
giroudeau@lirmm.fr
ajm@lirmm.fr
tel: +33 4 67 41 85 40
tel: +33 4 67 41 86 47

RÉSEAUX, GRAPHES, ALGORITHMES, PERFORMANCES, QUALITÉ DE SERVICE, ORDONNANCEMENT, RECHERCHE OPÉRATIONNELLE

● Présentation

Les thèmes de recherche de l'équipe se focalisent sur des problèmes d'optimisation issus du monde des réseaux et de l'ordonnancement. Dans ce cadre, nous nous appuyons sur la théorie de la complexité et de l'approximation algorithmiques pour chercher des solutions efficaces à ces problèmes. Dans un premier temps, nous essayons de classer les problèmes selon la difficulté de trouver une solution optimale (problèmes NP-complets). En se basant sur cette première classification, nous développons des solutions approchées avec des garanties de performances non triviales. En complément de cette approche « au pire cas », nous développons une analyse « en moyenne » de ces problèmes, en utilisant les outils classiques de la modélisation stochastique (théorie des files d'attente, chaînes de Markov, processus de branchement, ...). Les algorithmes que nous développons sont testés par simulation, et implémentés dans certains cas, dans le cadre de partenariats. Nos travaux récents s'orientent vers l'optimisation de réseaux de capteurs (localisation, routage géographique, ...), vers la distribution massive de contenus (placement des données et ordonnancement du téléchargement), ou encore l'étude de problèmes d'ordonnancement de tâches sur grilles de calcul avec plusieurs types de communications (homogènes, hiérarchiques, exactes, dépendant de la topologie).

● Composition de l'équipe

Permanents	• Baert Anne-Elisabeth	01/02/2005	MCF UM2
	• Boudet Vincent	01/09/2004	MCF UM2
	• Cogis Olivier	01/01/1992	PR UM2
	• Durand Sylvain	01/02/2002	MCF UM3
	• Giroudeau Rodolphe	01/02/2002	MCF UM2
	• Jean-Marie Alain	01/01/1999	DR INRIA
	• König Jean-Claude	01/09/1998	PR UM2
	• Palaysi Jérôme	01/09/1999	MCF UM2
Doctorants	• Morad Olivia	01/09/2008 - 31/08/2011	(ANR/CNRS 2008)
	• Champ Julien	01/10/2007 - 30/09/2010	(MENRT 2007)
	• Hernandez Florent	01/10/2007 - 30/09/2010	(Région/Cemagref 2007)
	• Roche Xavier	01/09/2006 - 01/09/2010	(MENRT/AMN 2006)
	• Simonin Gilles	01/10/2006 - 31/12/2009	(MENRT 2006)
Post-doc ATER	• Saad Clément	12/09/2005 - 31/12/2009	
	• Pineau Jean-François	01/07/2008 - 31/08/2009	

● PUBLICATIONS (du 01/01/2005 au 31/08/2009)

	ACL	ACLN	ASCL	INV	ACTI	ACTN	COM	AFF	OS	OV	DO	AP	BV	Prix	Orga
2005-2009	15			1	24	11	4		1			11			

● FAIT MARQUANT

- Publications dans les journaux « Theoretical Computer Science » et « European Journal of Operations Research »

● COOPÉRATIONS INTERNATIONALES

- UTFSM Valparaiso, Chili
- Univ. Rosario, Argentine
- Univ. Constantine, Algérie

● COLLABORATIONS NATIONALES

- Univ. Avignon
- Univ. Versailles-St Quentin
- Univ. Paris X
- Univ. Rouen
- Univ. Nice
- Ecole des Mines de Saint-Etienne
- Cemagref
- INRA

● CONTRATS / TRANSFERT ET VALORISATION

- ACI Masses de Données « FLUX » : estimation du trafic Internet
- ACI Sécurité Informatique « SR2I » : fiabilité des protocoles de routage
- ANR VOODOO (distribution de contenu) : ordonnancement, contrôle optimal, grid computing, simulations
- Mélaudy (audio sur courant porteur) : métrologie des réseaux
- Expertise Radiologie (télé-expertise d'images radiologiques en temps réel) : optimisation de flux de données

L'équipe APR (Algorithmique et Performances des Réseaux) s'intéresse à des problèmes d'optimisation dans les réseaux de communication au sens large. Notre équipe regroupe des compétences en optimisation combinatoire, algorithmique et analyse stochastique. Elle développe des méthodes de résolution dans différents secteurs d'activité : ordonnancement, réseaux

Composition, fonctionnement, démarche scientifique, partenariats

L'équipe est co-dirigée par Alain Jean-Marie (DR INRIA) et par Rodolphe Giroudeau (MCF UMII). Ses membres se répartissent dans les thématiques de l'équipe de la manière suivante :

- Approches stochastiques (Anne-Elisabeth Baert, Alain Jean-Marie, Vincent Boudet, Xavier Roche, Olivia Morad, Julien Champ)
- Algorithmique dans les réseaux (Jean-Claude König, Julien Champ, Vincent Boudet, Sylvain Durand, Jérôme Palaysi, Olivier Cogis, Clément Saad, Anne-Elisabeth Baert, Xavier Roche)
- Problèmes d'ordonnancement (Jean-Claude König, Alain Jean-Marie, Vincent Boudet, Anne-Elisabeth Baert, Gilles Simonin, Florent Hernandez, Rodolphe Giroudeau).

Les membres des thèmes se réunissent une fois tous les quinze jours en groupe de travail. Les membres de l'équipe se réunissent deux fois par an pour procéder à un état des lieux financiers et scientifiques (choix

des sujets pour le concours des allocations de l'école doctorale I2S, choix du profil de postes, ...). L'équipe APR participe à l'organisation des séminaires sur l'optimisation discrète avec les équipes ALGCo et MAB (fréquence bi-hebdomadaire).

Démarche scientifique

La modélisation de protocoles ou d'applications dans le domaine des communications ou du calcul conduit à des problèmes d'optimisation combinatoire. Dans un premier temps, nous essayons de classer au sens de la théorie de la complexité notre problème :

- Dans le cas où le problème est démontré comme étant un problème de la classe NP-complet, nous essayons d'affiner ce résultat afin de savoir si le problème est difficile du fait de sa structure (NP-complet au sens fort) ou du fait des valeurs que l'instance peut prendre (NP-complet au sens faible). Cette recherche est nécessaire pour connaître ou non l'existence d'un schéma d'approximation polynomial.
- Dans le cas où le problème est dans la classe P (la classe des problèmes admettant un algorithme polynomial) nous essayons de proposer un algorithme ayant la plus faible complexité possible.

Dans un second temps, nous essayons de classer cette fois au sens de la théorie de l'approximation : dans la mesure du possible nous essayons de développer, pour les problèmes NP-difficiles, des algorithmes approchés avec des garanties de performances à facteur constant. En d'autres termes, nous souhaitons montrer que le problème appartient à la classe APX. Cette classe

correspond aux problèmes dont on est capable de produire un algorithme approché de faible complexité dont la solution ne s'éloigne pas plus que d'un certain facteur multiplicatif d'une solution optimale. Nous abordons les problèmes d'approximation avec une approche pire des cas.

Lorsque la recherche d'un ratio à facteur constant semble difficile, nous développons des algorithmes avec des performances relatives qui dépendent d'une donnée du problème.

Nous essayons également de montrer des seuils d'approximation pour tout algorithme approché, c'est-à-dire que nous essayons de montrer qu'il n'existe aucun espoir de trouver un algorithme avec un ratio inférieur à une certaine valeur.

En complément de cette approche « au pire cas », nous développons une analyse « en moyenne » de ces problèmes, en utilisant les outils classiques de la combinatoire énumérative, de la modélisation stochastique (théorie des files d'attente, chaînes de Markov, processus de branchement,...) ainsi que la simulation.

Collaborations

Au cours de la période 2005-2009, l'équipe a développé des collaborations locales avec des laboratoires publics et des industriels. Les relations académiques concernent le Cemagref (UMR ITAP, co-encadrement de thèse, bourse BDI Région/CEMAGREF), Université d'Avignon (co-encadrement de thèse, allocation DGA), Ecole des mines de Saint-Etienne (thème environnement), l'Institut d'Electronique du Sud (projet STICS, sur les réseaux de capteurs, thème énergie), le LIRMM (équipe

de Robotique -NERO- sur un problème d'acquisition de données pour une torpille en immersion), le LIP6 (problème d'ordonnement optimal en présence d'échéances).

L'équipe a développé des collaborations nationales avec des laboratoires : INRIA Rocquencourt (ACI Masses de Données « FLUX »), Université Versailles-St Quentin (Equipes ALcaap et EPRI), Université de Paris XI (ACI Sécurité Informatique « SR2I »).

Des collaborations internationales sont en cours avec l'UTFSM Valparaiso (Qualité de Service du WiFi), l'Université Nationale de Rosario, Argentine (Contrôle optimal stochastique), et l'Université Menturi de Constantine : co-encadrement d'une thèse sur les réseaux de capteurs et séjours à Montpellier.

Du point de vue des relations industrielles, l'équipe s'est beaucoup investie dans des actions communes avec des PME et des sociétés en incubation. APR travaille depuis 2005 avec l'entreprise VODDNET ; ce partenariat s'est concrétisé dans le projet ANR VOODOO du programme « Audiovisuel et Multimédia » en 2007, qui porte sur l'optimisation dynamique d'un réseau de distribution de contenus.

D'autres partenariats portant sur l'optimisation de réseaux de communication ont eu lieu ou sont en cours dans le cadre de « Languedoc-Roussillon Incubation » ou grâce au financement STICS UM2 (promotion de la pluridisciplinarité). Ils portent principalement sur la gestion de la qualité de service et le partage « intelligent » des ressources disponibles dans les réseaux. Le contrat avec la société Azurys/Ysiatis (juin 2006-Juillet 2007) a porté sur un problème de conception de réseaux radio capables d'assurer la distribution d'un flux internet haut-débit depuis des nœuds sources vers des nœuds destinations. Sur un thème connexe, nous avons obtenu la possibilité de financer une plateforme de capteurs, et entamé des collaborations avec les sociétés Onditec et Coronis (TER de Master, don de capteurs).

Le contrat MELAUDY a porté sur l'étude du réseau

Courant Porteur en Ligne. Le contrat avec Expertise Radiologie a eu pour objectif de créer le premier service de télé-expertise intégrant un échange d'images radiologiques en temps réel, et une visioconférence associée, en optimisant les flux de données.

Notre implication dans la création d'entreprises se poursuit avec le projet NETFLOW sur le compromis compression/transmission, et le projet PRADEO sur la sécurité des systèmes.

Résultats scientifiques

Nous détaillons ici quelques-uns des résultats obtenus dans la période 2005-2009.

Algorithmes dans les réseaux

Dans les réseaux tout-optique, plusieurs communications peuvent partager une même fibre optique pourvu qu'elles utilisent des fréquences différentes. Le problème du routage tout-optique consiste à satisfaire une liste de requêtes de communication en choisissant pour chacune une route et une fréquence tout en cherchant à minimiser le nombre de fréquences utilisées. Ce problème est connu pour être NP-complet, même restreint aux arbres, aux cycles ou encore aux grilles. Nous nous sommes particulièrement intéressés aux réseaux tout-optique en forme de grille et dans lesquels les routes possibles pouvaient changer une seule fois de direction (route ligne-colonne ou colonne-ligne). Nous avons montré que le problème de minimisation de charge était NP-complet mais 2 approximable et que le problème de coloration d'un tel routage était 4 approximable. Ces résultats sont généralisés : dans des réseaux en forme de grille de dimension d où le routage est contraint à des chaînes que nous appelons d -segmentables nous avons montré que le problème de minimisation de charge était NP-difficile mais d -approximable et qu'une collection de chaînes d -segmentable pouvait être colorée avec au plus $2d(L-1)+1$ couleurs où L est la charge de ce routage.

Dans le thème de la satisfaction de requêtes dans les réseaux sans fil, nous étudions un problème algorithmique inspiré des contraintes de routage rencontrées dans un réseau sans fil multisauts. Nous cherchons à satisfaire un ensemble de requêtes de communication dans un environnement radio où les émissions de deux nœuds trop proches génèrent une zone de brouillage. Pour satisfaire une requête, il est possible de lui assigner une route dans le réseau que devra suivre le message de la requête. Pour éviter les brouillages nous envisageons la possibilité de temporiser l'émission de certains nœuds. Notre objectif est de trouver un ordonnancement des émissions de sorte que toutes les requêtes soient satisfaites le plus rapidement possible. Nous avons montré que le problème de décision associé était NP-complet, même si les réseaux étudiés sont des arbres. En général, le problème est même non-approximable, mais nous avons montré un algorithme polynomial si le nombre de requêtes est une constante.

Optimisation de la réplication et du placement de données

Le problème du placement des données a été étudié dans le contexte du « Grid Delivery Network » (GDN) commercialisé par la société VODDNET. Nous nous sommes intéressés tout d'abord à la question de déterminer le nombre de fois qu'il convient de répliquer un document, de telle sorte que le temps moyen pour télécharger un document soit minimisé. On suppose que la capacité de stockage du GDN est limitée, et que les serveurs peuvent être indisponibles. Cela conduit à un problème d'optimisation sous contrainte, en nombre entiers et non-linéaire. Nous résolvons la relaxation de ce problème, et nous proposons différentes heuristiques basées sur cette solution. Il s'avère qu'une fois choisi le facteur de duplication, n'importe quel placement des répliquats sur des serveurs différents donne la même valeur pour le temps de téléchargement des documents, en moyenne. Par contre, ce placement a une grande influence sur la variance de ce temps de téléchargement. Nous nous sommes donc intéressés à la

façon optimale de placer les répliqués des segments d'un document, de façon à minimiser cette variance. Il s'avère que ce problème revient à chercher un design minimisant une certaine fonctionnelle. Nous proposons une réduction de ce problème au problème de Steiner, montrant ainsi qu'il est difficile à résoudre en général. Nous exhibons toutefois certains cas où la solution peut être trouvée. Nous proposons également des heuristiques pour construire des solutions approchées. Nous montrons en particulier que des algorithmes aléatoires (dont nous faisons l'analyse en moyenne et variance) donnent de très bons résultats. Nous montrons également que les algorithmes de type « round robin », très répandus pour la répartition des données dans les architectures distribuées, ne fonctionnent pas bien en général [1], [2], [3], [4], [5].

Ordonnement

Nous avons focalisé notre étude des problèmes d'ordonnement sur cinq modèles. Trois portent sur les architectures de machines parallèles, un sur le modèle fondamental de l'ordonnement dans lequel les tâches sont exécutées sur un unique processeur, et le dernier concerne l'ordonnement de tâches :

- le modèle à communication homogène ; c'est un modèle très largement étudié comme en témoigne le grand nombre d'articles dans la littérature. Nous avons terminé de compléter l'arbre de décomposition des problèmes par des résultats (seuil d'approximation et algorithme d'approximation avec garantie de performance non triviale (meilleures connues actuellement)) pour des problèmes pour lesquels nous considérons des grands délais de communication et un nombre infini de processeurs (ce sont les problèmes les plus difficiles pour ce modèle).

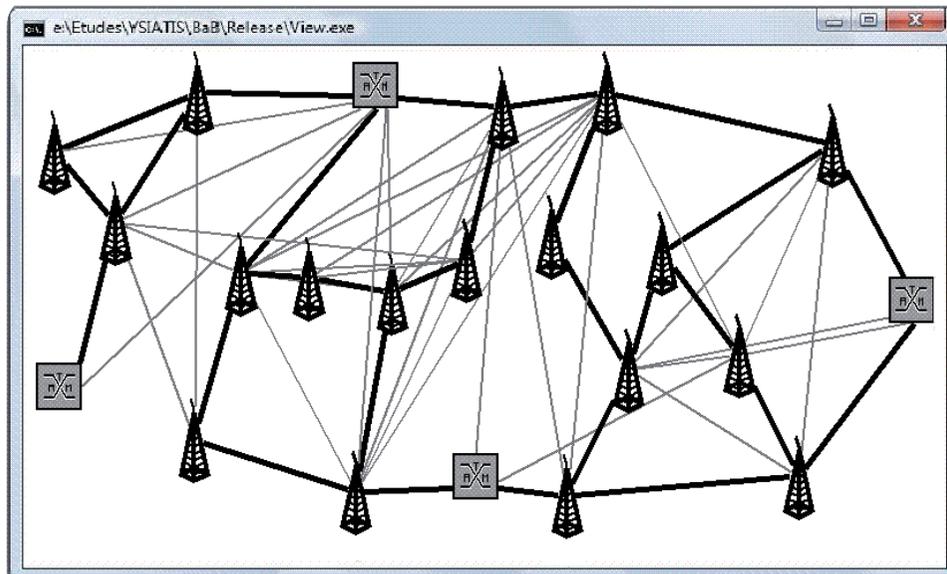
- le modèle à communication hiérarchique (dans les architectures multi-core) prend en compte deux niveaux de communications. Les processeurs sont regroupés sous forme de modules de processeurs, induisant ces deux niveaux. Plusieurs résultats de non-approximabilité et d'approximation ont été obtenus.

- le modèle à réseaux de processeurs ou à communication locale ; ce modèle prend en compte l'hétérogénéité du graphe de processeurs (graphe peu dense et structuré) du

point de vue des liens de communications. Dans ce cadre, nous avons proposé plusieurs preuves de NP-complétude, et de non-approximabilité selon la topologie du graphe de processeurs, et selon deux fonctions objectives (la longueur de l'ordonnement, et la somme des temps de complétude).

- un modèle de tâches-couplées en présence d'un graphe de compatibilité (graphe indiquant quelles sont les tâches qui peuvent être exécutées l'une dans l'autre). Ce modèle a permis d'étudier le problème d'acquisition de données pour une torpille en immersion du point de vue de la complexité et de l'approximation. De plus, nous complétons les résultats par une approche stochastique dans le cas où les tâches sont cycliques [6].

- un modèle d'ordonnement pour le traitement de tâches phytosanitaires ; ce problème s'inscrit dans une collaboration avec le Cemagref sur un problème d'optimisation et de maîtrise de la consommation des pesticides. Nous avons modélisé notre problème comme un problème de tournées de véhicules avec fenêtres temporelles et contraintes de ressources. Nous avons choisi de le résoudre de manière exacte via la méthode de branch and price. Nous avons testé notre stratégie sur les instances de Solomon (benchmark reconnu) et également sur des instances réelles.

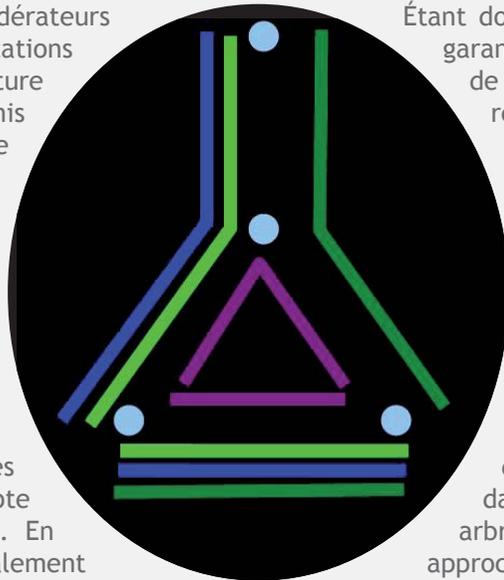


 access points
  sources nodes
 — selected links

Conclusion et Perspectives

Une volonté de l'équipe ces dernières années a été de s'intégrer à son environnement d'où le développement d'activités fédératrices interdisciplinaires, le développement d'activités en relation avec l'entreprise (notamment, aide à la création, expertise, consultant,...) principalement dans les secteurs Agronomie et Santé. L'équipe a trouvé un équilibre entre la qualité de sa recherche académique et l'ouverture

sur l'environnement montpelliérain. Cette synthèse n'était pas facile à obtenir : tous les enseignants-chercheurs, sauf deux, ont été recrutés au moment de la création de l'équipe ou après. Il est à noter que plusieurs membres ont demandé à intégrer l'équipe APR par intérêt scientifique même si leur recrutement n'a pas été planifié, et d'autres membres ont quitté leur équipe d'origine pour nous rejoindre. Cette richesse potentielle liée à cette hétérogénéité fut dans un premier temps difficile à gérer. Ainsi, l'équipe s'est appropriée des thèmes fédérateurs comme la gestion des communications dans les réseaux sans infrastructure (capteurs, ad hoc,...) qui a permis non seulement de réussir la synergie entre les différents membres mais aussi des collaborations avec les électroniciens de l'IES et des entreprises comme Coronis. Nous souhaitons poursuivre nos travaux dans deux grands axes (non disjoints) : l'ordonnancement et les réseaux de capteurs. En ordonnancement, nous poursuivons le travail sur les tâches-couplées en prenant en compte le caractère cyclique des tâches. En complément, nous étudierons également les tâches-couplées avec une approche de régime permanent. Nous souhaitons également étendre les résultats du problème de tournées de véhicules au cas de la sylviculture (domaine forestier). Les travaux sur l'optimisation des répliques et le placement des données s'orientent maintenant vers les aspects dynamiques du pilotage de la plate-forme GDN. Il s'agit de construire des versions incrémentales des algorithmes de réplique et de distribution que nous avons conçus. C'est particulièrement important en pratique pour prendre en compte les changements de popularité de documents (phénomènes de mode) et pour gérer les évolutions du catalogue de documents. Il s'agit d'autre



part de trouver des méthodes performantes pour construire les plans de téléchargements qui disent à un client du réseau sur quels serveurs il doit télécharger les segments de son document. L'enjeu est de maintenir une charge bien partagée sans pour autant surveiller trop fréquemment les entités du réseau, ce qui serait trop coûteux. Dans le domaine des réseaux de capteurs, nous avons récemment entamé de nouvelles recherches sur les problèmes combinatoires inspirés du problème de la durée de vie des réseaux de capteurs. Étant donné un réseau de capteurs, quelle garantie peut être donnée sur sa durée de vie minimum ? Parmi les premiers résultats obtenus : pour un réseau où les capteurs n'ont qu'une puissance de transmission, alors on peut déterminer en temps polynomial le nombre d'événements en dessous duquel il est possible d'acheminer ces événements jusqu'au point de collecte et en dessus duquel plus aucune garantie n'est possible. Nous poursuivons également l'étude du problème de satisfaction de requêtes dans les réseaux sans fil, dans les réseaux linéaires, et sur les arbres avec la recherche d'algorithmes approchés.

Publications significatives

- [1] Performance Analysis of Data Replication in Grid Delivery Networks
Baert A. E., Boudet V., Jean-Marie A.
Second International Conference on Complex, Intelligent and Software Intensive Systems (CISIS-2008), March 07, pp. 369-374, 2008
- [2] Optimization of Download Times in a Distributed VOD System
Baert A.-E., Boudet V., Jean-Marie A., Roche X.
ICPP'08: The International Conference on Parallel Processing, pp. 173-180, 2008
- [3] Guaranteed Download Time in a Distributed Video on Demand System
Baert A. E., Boudet V., Jean-Marie A.
CISIS'09: 3rd International Conference on Complex, Intelligent and Software Intensive Systems, p. 6, 2009
- [4] Data Replication Performance analysis in a distributed VOD system
Baert A.-E., Boudet V., Jean-Marie A.
International Journal of Grid and Utility Computing, Vol. Special issue, pp. 10, 2008
- [5] Minimization of Variance Download Times in a Distributed VOD System
Baert A.-E., Boudet V., Roche X., Jean-Marie A.
Scalable Computing: Practice and Experience (SCPE) journal, Vol. 10, pp. 75-86, 2009
- [6] Complexity and approximation for scheduling problem for a torpedo
Simonin G., Giroudeau R., König J.-C.
RR-09005, 2009

ARITH

Arithmétique informatique

Laboratoire d'Informatique, de Robotique et de Microélectronique de Montpellier

Département Informatique

Responsable :

Valérie Berthé
berthe@lirmm.fr
tel: +33 4 67 41 86 82



ARITHMÉTIQUE (DES ORDINATEURS), GÉOMÉTRIE DISCRÈTE, COMBINATOIRE DES MOTS, CRYPTOGRAPHIE, CALCUL FORMEL, LOGICIEL HAUTE-PERFORMANCE, RÉDUCTION DES RÉSEAUX (LLL), NUMÉRATION, IMAGERIE COMBINATOIRE, PHYSIQUE COMBINATOIRE, ARCHITECTURE DES ORDINATEURS, CIRCUIT INTÉGRÉ NUMÉRIQUE.

● Présentation

L'équipe ARITH travaille sur la numération, la cryptographie et la géométrie discrète avec un point de vue arithmétique qui fait l'originalité de ce groupe. Nous exploitons les caractéristiques de différents systèmes de numération afin d'obtenir des implémentations efficaces (logiciel et/ou matériel) en particulier pour la cryptographie. De plus, nous développons des algorithmes en adéquation avec les supports de calcul (processeur multicore, gpu, fpga, asic).

Les systèmes de représentation que nous utilisons viennent de la combinatoire des mots et de la dynamique symbolique, ce qui nous donne un cadre théorique solide. L'arithmétique et la combinatoire des mots sont aussi des moyens de dégager des approches en géométrie discrète concernant la modélisation des plans discrets et des surfaces discrètes.

● Composition de l'équipe (mai 2009)

Permanents	• Bajard Jean-Claude	01/09/1999	PR UM2, HDR	Doctorants	• Rieux Frédéric	01/10/2008 - 21/12/2011	
	• Berthé Valérie	01/09/2002	resp. DR CNRS HDR		• Delalleau Guillaume	01/09/2008 - 20/12/2011	
	• Fiorio Christophe	01/01/1999	resp. adjoint MCF UM2, HDR		• Izard Thomas	14/01/2008 - 30/09/2011	
	• Giorgi Pascal	01/09/2007	MCF UM2		• Francq Julien	17/11/2006 - 30/09/2009	
	• Imbert Laurent	01/10/2001	CR CNRS - UMI PIMS-Europe HDR		• El Mrabet Nadia	01/10/2006 - 01/09/2010	
	• Monteil Thierry	01/10/2006	CR CNRS		• Sarr Augustin	01/09/2006 - 01/09/2009	
	• Philippe Fabrice	15/10/2000	MCF UM3, HDR		• Teglia Yannick	01/09/2008 - 01/09/2010	
	• Séébold Patrice	08/12/2003	PR UM3, HDR		Post-docs	• Novocin Andrew	01/09/2008 - 31/08/2009
	• Allombert Bill	01/01/2008	IR 50% LIRMM, 50% I3M			• Provençal Xavier	23/09/2008 - 01/11/2010
	• Tisserand Arnaud	01/10/2005	CR CNRS - départ 01/11/2008		• Lacasse Annie	23/09/2008 - 01/11/2010	
Associés	• Duquesne Sylvain	01/12/2005 - 30/08/2008		• 6 thèses soutenues (2 MCF, 1CR2 CNRS, 2 post-docs, 1 Ingénieur), 4 HDR			
	• Mercat Christian	01/09/2008 - 30/08/2010					

● Publications (du 01/01/2005 au 31/08/2009)

	ACL	ACLN	ASCL	INV	ACTI	ACTN	COM	AFF	OS	OV	DO	AP	BV	Prix	Orga
2005-2009	45			6	48	4	2		3		1	22			3

● Faits marquants

- Interdisciplinarité Mathématiques-Informatique-Microélectronique
- Forte présence à l'international
- Activité de publication soutenue
- Collaborations industrielles

● Coopérations Internationales

- Codes and Cryptography Research Group, University College Cork, Ireland (PHC Ulysses)
- Montanuniversitat Leoben, Austria (PHC Amadeus)
- Kanazawa University and Keio University, Japon (PHC Sakura)
- Tsukuba University, Japon
- Universidade Tecnica de Lisboa (UTL), Portugal (PHC PESSOA)
- Centre for Applied Cryptographic Research (CACR), Canada Symbolic Computation Group, Department of Electrical & Computer Engineering, University of Waterloo, Canada
- Advanced Technology Information Processing Systems Labs (ATIPS), Centre for Information Security and Cryptography (CISaC), University of Calgary, Canada
- Université du Québec à Montréal (UQAM), Canada
- Université du Québec à Chicoutimi (UQAC), Canada
- Centre for Advanced Computing - Algorithms and Cryptography (ACAC), Macquarie
- University, Sydney, Australie
- Centre for Computer and Information Security Research, School of Computer Science and Software Engineering, University of Wollongong, Australie
- School of Electrical and Electronic Engineering, University of Adelaide, Australie
- Université de Liège, Belgique
- Arithmetic and Crypto Groups, University of California at Los Angeles, USA

● Contrats / Transferts et valorisation

- Contrat de recherche 2003-2008 entre le LIRMM (informatique/microélectronique), STMicroelectronics Rousset (division Smartcards) et le Centre de Microélectronique de Provence, projet sur RNS/Arithmétiques résistantes aux fuites.
- Collaboration avec NETHEOS depuis 2003 sur les protocoles cryptographiques alternatifs, opérateurs arithmétiques et répartition de charges de calcul en environnement hybride
- Contrat de recherche avec Crystallium 2008-2009 dans le cadre d'une demande d'incubation par l'organisme Languedoc-Roussillon Incubation portant sur la sécurisation d'une chaîne de traitement de données industrielles
- Contrat de recherche Région avec Medisc 2008-2009 : implémentation d'algorithmes cryptographiques
- Contrat de recherche BEA/ORIDAO 2008-2009 : validation d'un système cryptographique
- Donation de cartes GPU, NVIDIA
- PEPS ST2I 2008 Interfertilisation des techniques de géométrie discrète dans le cadre des maillages et des voxels
- ANR programme blanc 2008-2011, AlgoL (Algorithmics of L-functions)
- ANR programme blanc 2007-2009, LAREDA (Lattice Reduction Algorithms: Dynamics, Probabilities, Experiments, Applications)
- ANR programme Architectures du Futur 2007-2009, ROMA (Reconfigurable Operators for Multimedia Applications)
- ANR programme blanc 2006-2009, Dynamique dans l'espace de Teichmüller : application aux billards rationnels et aux échanges d'intervalles
- ANR Sécurité Informatique 2006-2008, TSAR (Transfert sécurisé d'images d'art haute résolution)
- ANR programme blanc 2006-2009, ICTER (Technologies reconfigurables : Intégrité et confidentialité des informations)
- ACI NIM Nouvelles Interfaces des mathématiques 2004-2007, Numération

Historique

Cette équipe existe depuis 2002 au sein du département Informatique du LIRMM. La période 2005-2008 a vu l'arrivée de T. Monteil (2006, CR CNRS, Section 01), de P. Séébold (2006, Prof. UM3), de P. Giorgi (2007, MdC UM2), de A. Tisserand (2005–2008, CR1 CNRS sections 07-08). A. Tisserand a dirigé l'équipe en 2008 puis a effectué une mutation à l'IRISA. Nous entretenons de plus des relations étroites avec l'I3M (Institut de Mathématiques et de Modélisation de Montpellier). B. Allombert a ainsi été recruté à mi-temps avec l'I3M en tant qu'Ingénieur d'Etude en 2008. S. Duquesne (depuis 2008, Prof. à l'IRMAR, Rennes, anciennement MdC I3M) a également été chercheur associé de l'équipe. C. Mercat (MdC, I3M) est chercheur associé depuis 2008. L'équipe collabore également depuis 2002 (ACI Cryptographie OPAC) avec le département Microélectronique sur les aspects implémentation de protocoles cryptographiques et robustesse de ceux-ci aux attaques par canaux cachés. Une plateforme expérimentale a été mise en place par le département Microélectronique permettant, entre autres, des attaques par rayonnement électromagnétique. Enfin, l'équipe participe au groupe de travail Sécurité Numérique du laboratoire regroupant des chercheurs des trois départements.

Thématique

L'équipe ARITH travaille sur la numération, la cryptographie et la géométrie discrète avec un point de vue arithmétique qui fait l'originalité de ce groupe. Nous

exploitons les caractéristiques de différents systèmes de numération afin d'obtenir des implémentations efficaces (logiciel et/ou matériel), en particulier pour la cryptographie. Les systèmes de représentation que nous utilisons viennent entre autres de la combinatoire des mots et de la dynamique symbolique, ce qui nous donne un cadre théorique solide. L'arithmétique et la combinatoire des mots sont aussi des moyens de dégager des approches en géométrie discrète concernant la modélisation des plans discrets et des surfaces discrètes.

Une des particularités de ce projet à laquelle nous tenons vivement est de développer, selon une vision verticale, les sujets abordés, allant des plus théoriques aux plus applicatifs. Les travaux menés au sein de ce projet trouvent naturellement de nombreux domaines d'applications qui vont de la cryptographie à la sécurité et au traitement numérique du signal, de la géométrie discrète à l'imagerie combinatoire en passant par la physique combinatoire et statistique à la simulation de lasers et à la spectroscopie.

Notre recherche est très fortement interdisciplinaire à l'interface de l'informatique et des mathématiques, et également de la microélectronique. Notre approche est avant tout effective et algorithmique qui utilise fortement l'outil informatique pour la simulation, selon des problématiques (issues tant de l'informatique que des mathématiques) et des méthodes variées. Notre spécificité vient ainsi du fait que nous déclinons un spectre large de compétences autour de la notion d'arithmétique (allant de l'arithmétique des ordinateurs à l'approximation diophantienne en passant par la théorie algorithmique des nombres) tout en gardant

une cohérence scientifique forte. Notre groupe de travail nous a ainsi permis de développer une culture commune, ce qui se traduit par des collaborations croisées au sein de l'équipe. En particulier, notre graphe de copublications est connexe.

Plus généralement les fondements scientifiques de nos travaux incluent, sans être exhaustifs, l'arithmétique des ordinateurs, l'algorithmique du calcul numérique, la cryptographie, la théorie ergodique et la dynamique symbolique, la théorie des pavages, la combinatoire des mots et énumérative, la physique combinatoire.

Notons que la période 2005–2008 a été marquée par un effort accru au niveau de l'implémentation avec les arrivées de A. Tisserand, de P. Giorgi et de B. Allombert tout en étendant de manière cohérente notre palette de compétences (calcul formel, algèbre linéaire exacte, théorie des nombres, architectures) et de problématiques.

Gouvernance

La vie scientifique de l'équipe repose avant tout sur le groupe de travail (à fréquence hebdomadaire, financé par le Conseil Scientifique du LIRMM) où nous alternons exposés de chercheurs invités et de membres de l'équipe. Nous organisons de plus, régulièrement, des journées thématiques dont une journée nouveaux entrants et des journées au vert. Toutes les informations concernant l'équipe sont centralisées sur un wiki (où les informations sont mises à jour et disponibles par, et pour l'ensemble de l'équipe). La vie de l'équipe est discutée en réunions d'équipe mensuelles. Nous pratiquons une gestion collective et solidaire des finances de l'équipe et

tenons à un équilibre entre financements académiques (ANR en particulier) et industriels.

Doctorants et chercheurs post-doctorants sont fortement impliqués dans la vie de l'équipe. Nous avons encadré 6 thèses au sein de l'équipe pendant la période. Ces anciens doctorants sont actuellement Maîtres de Conférences (2), Chargé de recherche CNRS (1), Post-doctorants (2), Ingénieur (1). De plus, 4 HDR ont été soutenues. Nous avons reçu 3 post-doctorants en 2008 (UQAM (Canada), Florida University State). Nous privilégions les codirections de thèse permettant de favoriser l'interaction Mathématiques-Informatique (3 thèses avec l'I3M, 1 thèse en cotutelle avec l'UQAM (Canada) et l'interaction avec la Microélectronique.

Rayonnement

Nos collaborations académiques aux niveaux régional et national s'organisent autour de l'animation de divers groupes de travail, journées, ateliers etc.

Nous organisons ainsi, en collaboration avec des chercheurs issus de différents laboratoires marseillais (LATP, LIF, IML), un groupe de travail mensuel «Pytheas Fogg» qui se tient dans les locaux de la FRUMAM à Marseille. Cette collaboration a été renforcée par une ANR blanche commune (portée par P. Hubert, LATP) ainsi qu'une ACI NIM (portée par P. Arnoux, IML). Nous avons également organisé les ateliers «Substitutions généralisées, pavages et numération» en 2006 et 2007 en collaboration avec P. Arnoux et A. Siegel. Nous participons à l'organisation des JCALM, Journées Combinatoire et Algorithmes du Littoral Méditerranéen, en collaboration avec l'équipe ALGCo du LIRMM. Enfin, au niveau régional, nous avons une collaboration soutenue avec l'I3M et l'équipe DALI (Perpignan).

Au niveau national, nous participons à plusieurs ANR impliquant entre autres des chercheurs du GREYC (Caen), de l'IML et du LATP (Marseille), de l'IRISA/ENSSAT/R2D2 (Rennes, Lannion), de l'IRCCyN (Nantes). Nous sommes impliqués dans les structures d'animation

nationale via le GDR Informatique Mathématique. J.-C. Bajard est responsable du groupe de travail Arithmétique (80 permanents). Les membres de l'équipe font partie de différents groupes de travail du GDR (Arithmétique, Systèmes dynamiques, automates et algorithmique, Combinatoire des mots, Algorithmique du texte et du génome, Codage et cryptographie, Géométrie discrète), ce qui illustre notre fort attachement à la communauté Informatique-Mathématique selon des axes de recherche variés. Enfin, V. Berthé est chargée de mission au CNRS pour l'interface Mathématiques-Informatique.

Sur le plan international nos collaborations sont variées avec des liens particulièrement solides avec le Canada. Notre collaboration avec l'UQAM s'est traduite par l'accueil de 2 chercheurs postdoctorants en 2008 (A. Lacasse, X. Provençal) ainsi que par une thèse encadrée en cotutelle qui a débuté en 2008 (S. Labbé sera au LIRMM en 2009–2010). Nous maintenons de fortes relations avec l'Université de Calgary (Canada) où l'un de nos chercheurs (L. Imbert) a été mis à disposition entre 2004 et 2006 et affecté pour une année (septembre 2008 - août 2009) dans le cadre de la création, fin 2007, de l'UMI PIMS-Europe. Cette collaboration a aussi permis à T. Izard de passer 5 mois (janvier-mai 2009) à l'Université de Calgary pendant sa première année de thèse. Enfin N. Méloni est en séjour post-doctoral à l'Université de Waterloo (A. Hassan) depuis 2009. Nous avons collaboré également avec l'Université du Québec à Chicoutimi.

De plus, nous avons invité de nombreux chercheurs pour des séjours de 1 semaine à 1 mois dans la période 2005–2008 : A. Byrne, N. Hanley, B. Baldwin, L. Marnane (Univ. College Cork, IR), C. Doche (Macquarie University, AU), G. Dorfer (Tech. Univ. Wien, AUT), M. Ercegovic (UCLA USA), A. Hasan (Univ. Waterloo, CA), G. A. Jullien (Calgary, CA), M. Kaihara (EPFL, SUI), B. Loridan, J. Thuswaldner (Leoben Univ., AUT), J. Luo (ZhongShan Univ., CH), D. Matula (South Method. Univ., US), N. Nakada, M. Mori et R. Natsui (JA), B. Phillips

(Univ. Adelaide, AU), H. C. Williams (Calgary, CA).

Notre implication au niveau international se traduit également par une activité d'éditeur (pour "IEEE Transactions on Computers" et numéro spécial de Theoretical Computer Science'08), par des participations à des jurys de thèse ou d'HDR (Canada, Autriche, Belgique) et de "tenures" (Canada, USA). Nous sommes membres des comités ou organisateurs des conférences suivantes: ARITH'05'07'09 (nous avons organisé ARITH'07 à Montpellier), DGCI'05'06'08, CANT'06, RNC'05–08, WAIFI'07'08, Indocrypt'06, SAC'08, ECC'09, Journées Codage et Cryptographie'08, Journées Montoises'08, Words'07, Workshop on Fibonacci Words'06. Enfin, nous portons ou participons à plusieurs PHC : Univ. Leoben (Autriche), Kanazawa et Keio University (Japon), Cork (Irlande), Lisbonne (Portugal), et autres collaborations internationales institutionnelles (échange chercheurs DREI CNRS, Macquarie Univ, Australie).

Bilan scientifique

Les thématiques de l'équipe s'orientent autour de la notion de représentation. Nous développons cette problématique selon quatre thèmes centraux qui fédèrent nos activités de recherche : numération, géométrie discrète et image, arithmétique des ordinateurs et cryptographie, calcul formel et intensif.

Numération

Nous étudions divers systèmes de numération qui nous permettent de représenter des nombres entiers, réels ou complexes, mais aussi des éléments de corps finis, des polynômes ou séries formelles selon des numérations positionnelles ou plus exotiques, en jouant, selon le problème, sur la redondance (opérateurs arithmétiques) ou au contraire sur l'unicité des développements (théorie des nombres et pavages). Nous nous intéressons plus particulièrement aux aspects dynamiques de la numération [1], ainsi qu'aux liens avec la théorie des nombres via la beta-numération [2].

Citons deux exemples de travaux particulièrement illustratifs des interactions entre numération et cryptographie. Dans les systèmes de numération double-base [3], un entier est représenté comme une somme de puissances combinées de deux nombres premiers entre eux. Offrant des représentations très creuses, nous avons ainsi proposé le premier algorithme de multiplication par une constante de complexité sous-linéaire prouvée [4]. Interagissent ici cryptographie [5], [6], [3], géométrie discrète et arithmétique [7], et combinatoire énumérative [Preprint09-ImbertPhilippe]. Dans le cadre de l'arithmétique modulaire, un système de numération a été mis au point basé sur une arithmétique très originale, faisant appel aux réseaux euclidiens, aussi bien pour la construction du système de numération que lors des algorithmes de multiplication modulaire sous-jacents [8]. Cette approche s'étend aux corps finis de petites caractéristiques via des bases doublement polynomiales.

Géométrie discrète et image

Dans le cadre de nos travaux en imagerie combinatoire, nous cherchons à caractériser de manière discrète et combinatoire la géométrie et la topologie des objets représentés dans les images. Nous nous intéressons donc particulièrement à la géométrie discrète qui correspond à une discrétisation de l'espace basée sur Z^n . Notre spécificité est d'aborder cette problématique d'un point de vue à la fois arithmétique et dynamique en introduisant des systèmes dynamiques et des codages adaptés. Nous nous intéressons aux primitives classiques (droites, cercles [9], hypersphères [10]), mais aussi aux surfaces [11]). Parmi les problèmes principaux auxquels nous nous intéressons, citons les estimateurs de courbures, de normales, et de paramètres différentiels. Un exemple où cette double approche a été bien utilisée est l'étude des plans discrets dont nous avons caractérisé la fonctionnalité [12] et la connexité [13] grâce à des outils arithmétiques (fractions continues multidimensionnelles) et que nous avons codés comme Z^2 -actions par des translations sur R/Z . Nous avons

aussi considéré les problèmes d'engendrement et de reconnaissance selon une approche originale issue de la combinatoire des mots. Nous exploitons ainsi la notion de substitutions généralisées que nous voyons comme une traduction géométrique d'un processus de changement de base dans un réseau [14].

Notons que la combinatoire des mots intervient dans nos travaux à la fois comme outil (géométrie discrète) et comme objet d'études. Citons en particulier [15] pour l'étude des mots sturmiens. Rappelons que les mots sturmiens sont des codages (via le code de Freeman) de droites arithmétiques en géométrie discrète. Le mot de Fibonacci est l'exemple le plus populaire. On notera à ce sujet [16].

Les liens entre géométrie discrète et théorie des pavages sont naturels. On s'intéresse ainsi aux pavages de zones finies ou infinies par des polygones simples [17] de même qu'aux pavages auto-similaires associés aux systèmes dynamiques substitutifs et à la beta-numération.

Enfin, nous nous sommes également intéressés à l'étude du comportement arithmétique d'algorithmes de géométrie numérique, ainsi que du chiffrement et marquage d'images vidéo.

Arithmétique des ordinateurs et cryptographie

Le but que nous nous sommes fixé dans le cadre de la cryptographie est d'offrir aux cryptographes des opérateurs efficaces en temps et en espace. Ces recherches se basent entre autres sur trois éléments fondamentaux de l'arithmétique des ordinateurs, de la cryptographie et du calcul formel : les représentations des nombres en machine, les algorithmes arithmétiques pour effectuer les opérations de base, l'implantation efficace (logicielle et/ou matérielle) de ceux-ci.

De nombreux travaux gravitent autour des systèmes modulaires basés sur le théorème des restes chinois où les calculs sur de grandes données sont répartis sur de petites unités indépendantes via les restes modulaires. Cette approche se décline au sein de nos travaux en trois catégories : les Residue Number Systems (RNS)

directement issus du théorème des restes chinois [18], les représentations de Lagrange sur les corps de caractéristique moyenne [19] et les représentations trinomiales pour les corps de petite caractéristique [20]. Nos résultats sont principalement orientés vers la cryptographie. Certains algorithmes ont donné lieu à l'étude d'implémentations en microélectronique.

L'équipe s'est aussi intéressée à l'utilisation des couplages en cryptographie qui transposent des opérations sur les courbes à des opérations sur des extensions de corps finis. Lors de l'étude de la fragilité de ces systèmes, deux faiblesses ont été mises en évidence, l'une aux attaques par faute [21] et l'autre aux attaques par analyse différentielle de fuites (consommation, rayonnement électromagnétique) [22]. L'usage d'arithmétiques sophistiquées a permis de proposer une implémentation performante des couplages et un nouveau type de couplage de degré embarqué 15.

Le produit par un scalaire d'un point d'une courbe elliptique a un coût vital pour une utilisation courante. Une des approches développées au sein de l'équipe consiste à maintenir au cours de l'exécution de l'algorithme une propriété sur les coordonnées pour obtenir une addition très efficace [23]. L'exploitation de cette propriété revient à décomposer la construction du scalaire en une chaîne d'additions [24].

Opérateurs arithmétiques

Avec l'accroissement des besoins en cryptographie (taille de clés, intégration dans des dispositifs portables, vitesse de chiffrement ou de signature, protection contre les attaques physiques...), la conception d'opérateurs arithmétiques spécifiques est nécessaire, en particulier, dans un souci de protection des cryptoprocédés contre les attaques par observation de la consommation (SPA). Dans le cadre d'une thèse LIRMM-EMSE-CMP, nous avons élaboré des opérateurs arithmétiques sur les courbes robustes contre les attaques par fautes. Nous avons également fortement optimisé l'implantation FPGA de fonctions de hachage (SHA-2) [25].

Les systèmes sur puces embarquent des calculs de plus en plus complexes (divisions, racines carrées, sinus, cosinus, exponentielles ou logarithmes...). Nous avons proposé une méthode de génération d'opérateurs arithmétiques matériels optimisés pour l'évaluation de fonctions à base de polynômes d'approximation [26] où nous explorons différentes valeurs et représentations des coefficients. Nous avons de plus étudié des multiplieurs matériels avec une troncature efficace du produit pour l'évaluation de polynômes. Cette méthode a été utilisée avec succès pour des systèmes de contrôle de moteurs.

Différentes recherches ont été menées pour diminuer la consommation d'énergie d'opérateurs arithmétiques. Suite à une analyse précise de l'activité électrique (transitions de signaux internes) dans des algorithmes à

base d'additions et décalages (type division SRT), nous avons proposé une modification de l'architecture des opérateurs sans perte de performances en vitesse et surface de silicium.

Calcul intensif

Nous nous intéressons également à l'étude et à la mise en place de solutions logicielles haute performance pour le calcul exact. Ce travail s'articule là encore sur la recherche de représentations arithmétiques adaptées aux matériels utilisés et sur les algorithmes associés. Notre originalité est de considérer les problématiques dans leur ensemble en partant des aspects mathématiques jusqu'aux aspects implantation. Les applications visées par cette thématique sont la cryptographie et le calcul formel.

Dans le cadre du calcul formel, nous travaillons sur l'utilisation d'arithmétique hybride, utilisant de l'arithmétique flottante, pour les calculs en algèbre linéaire exacte. Cette approche s'adapte directement sur les développements logiciels en calcul numérique de ces vingt dernières années. Nous avons ainsi proposé une solution logicielle haute performance pour l'algèbre linéaire dense sur un corps fini de faible cardinalité [27], et prouvé formellement la validité de l'approche hybride pour la résolution de systèmes linéaires triangulaires [28].

Développements logiciels et matériels

Nous sommes fortement impliqués au sein de l'équipe dans le développement de logiciels et dans la mise en œuvre d'algorithmes liés à la théorie des nombres, à la cryptographie et au calcul formel. Citons notre implication dans PARI/GP (en collaboration avec l'IRM et l'Université Bordeaux 1), dans le développement du compilateur GP2C et du nouvel interpréteur GP. Nous intervenons aussi dans Linbox, dans Sage et Flint.

Au sein de l'équipe ARITH, nous avons commencé le développement d'une bibliothèque logicielle en C++ sous licence LPGL pour le prototypage arithmétique en cryptographie (PACE: "Prototyping Arithmetic in Cryptography Easily"). Cette bibliothèque supporte différentes représentations des nombres et algorithmes pour les opérations sur les grands entiers, les corps finis de type F_p et les courbes elliptiques.

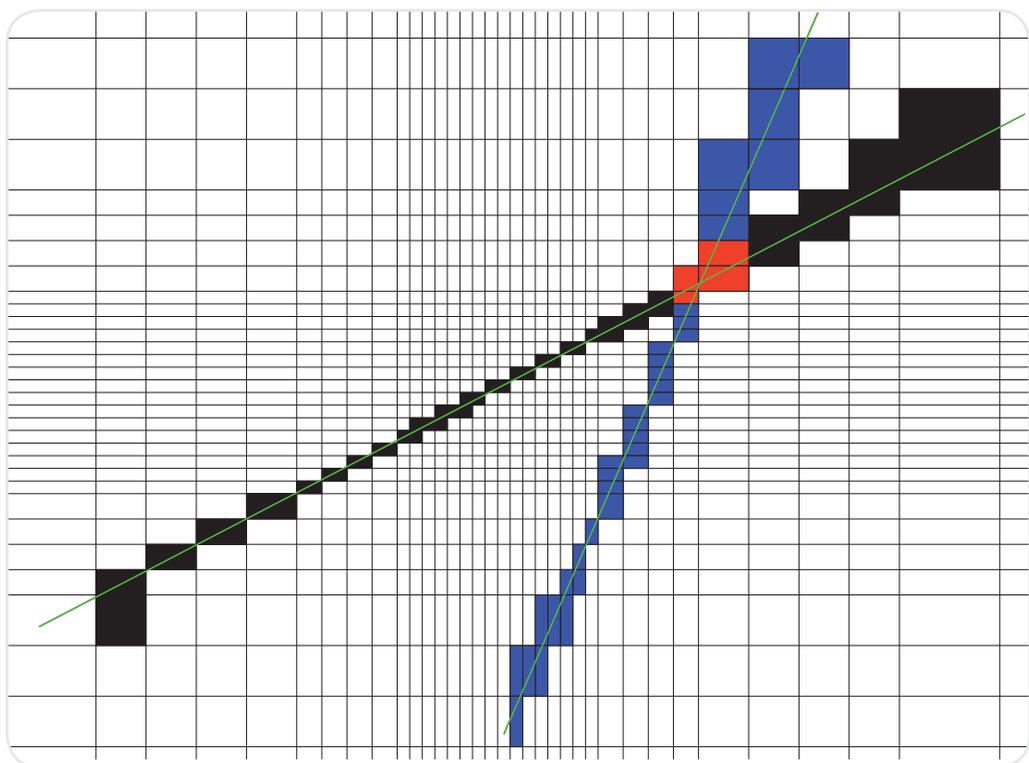
Enfin, nous avons obtenu un don matériel en 2008 de la part de la société NVIDIA pour développer des solutions à base de calcul sur carte graphique (GPU) pour l'algèbre linéaire exacte. Nous nous intéressons actuellement aux arithmétiques et algorithmiques en calcul exact (en cryptographie et calcul formel) qui permettront de bénéficier au maximum de ces nouveaux calculateurs "many-core" (GPU, FPGA, processeur multi-coeur,...).

Prospective scientifique

Nous souhaitons continuer à garder un spectre large de thèmes de recherches tout en veillant à garder une cohérence. Nous privilégions ainsi les thèmes suivants qui permettent de faire interagir nos diverses compétences.

Géométrie en arithmétique flottante

Nous nous intéressons au problème de robustesse des algorithmes géométriques. Certains programmes géométriques échouent ou fournissent des résultats incohérents du fait de l'imprécision numérique de



l'arithmétique flottante. Utiliser l'arithmétique exacte (comme le fait la Géométrie Arithmétique) permet de garantir l'exactitude mais n'est pas forcément adapté aux problèmes géométriques rencontrés en CFAO ou en robotique. Nous souhaitons développer une algorithmique géométrique basée sur l'arithmétique d'intervalles associée à des méthodes de validation automatisée, en prenant en compte l'inévitable précision limitée des données et des calculs. Il reste alors à classer les problèmes et algorithmes vis-à-vis de cette algorithmique, et à garantir les résultats lorsque cela est possible. Nous souhaitons développer ce thème en collaboration avec l'équipe DALI (ELIAUS, Perpignan, P. Langlois) et le LE2I (Dijon, D. Michelucci).

Convolutions en nombres entiers pour le traitement du signal et de l'image

Il s'agit de la démarche inverse, à savoir, développer des méthodes arithmétiques exactes en traitement du signal, et plus précisément, une formalisation en nombres entiers des noyaux de convolution Gaussiens. Le but est d'obtenir des méthodes entières permettant l'estimation des paramètres différentiels pour des surfaces digitales. Afin de permettre l'implémentation sur de grands entiers, nous proposons une implémentation parallèle basée sur le RNS (Residue Number System) dont nous sommes spécialistes au sein du projet.

Réduction des réseaux

Plusieurs membres de l'équipe sont impliqués dans le projet ANR Lareda autour de l'algorithme LLL. Cette thématique n'est pas au coeur de nos compétences, nous avons donc un regard assez décalé sur cet algorithme, en relation avec nos sujets de prédilection. En amont, nous comptons développer une analyse purement dynamique de cet algorithme : au lieu de le faire tourner sur des bases, nous le faisons tourner sur un ensemble de $d+1$ vecteurs en dimension d de sorte que, génériquement, l'exécution de l'algorithme ne termine pas : nous avons un système dynamique, dont l'étude des mesures

invariantes nous permettrait d'avoir des résultats sur le comportement moyen ou typique du déroulement de l'algorithme utilisé dans des conditions normales (un peu à la façon dont l'étude de l'application de Gauss nous informe sur le comportement de l'algorithme d'Euclide). Il ne s'agit pas d'un artifice : ce type d'entrées $(d, d+1)$ apparaît naturellement lorsque, en approximation diophantienne simultanée, nous donnons à LLL un rôle d'algorithme de fractions continues. En aval, nous comptons utiliser LLL dans la génération et la reconnaissance des plans discrets, en le substituant aux algorithmes classiques de fractions continues utilisés dans ce contexte.

Générateurs pseudo-aléatoires et systèmes dynamiques

Nous nous intéressons également à des modèles théoriques de générateurs pseudo-aléatoires issus de systèmes dynamiques de type automates cellulaires, ou bien de systèmes dynamiques arithmétiques engendrant des suites de faible discrèpance. Notons que la théorie des systèmes dynamiques offre un point de vue pertinent pour l'estimation des performances de générateurs pseudo-aléatoires grâce à des notions classiques comme l'entropie, notion stable par changement d'échelle. Nous souhaitons donc exploiter notre expertise en combinatoire des mots, cryptographie, statistique, corps finis afin de développer une approche tant théorique que pragmatique sur ces objets, pour des constructions de tests (stables par changement d'échelle par exemple) et de suites aléatoires de bonne qualité selon les tests classiques comme les tests NITS. Nous souhaitons également développer les applications en cryptographie (PNRG) ainsi que l'implémentation d'automates cellulaires sur FPGA. Nous souhaitons développer ce thème en collaboration avec des chercheurs de l'IS (B. Martin, Nice) et de Marseille (LATP, LIF).

Publications significatives

- [1] Dynamical Directions in Numeration
Berthe V., Barat G., Thuswaldner J., Liardet P.
Annales Institut Fourier (Grenoble), Vol. 56, pp. 1987-2092, 2006
- [2] Boundary of Central Tiles Associated with Pisot Beta-Numeration and Purely Periodic Expansions
Akiyama S., Barat G., Berthe V., Siegel A.
Monatshefte für Mathematik, Vol. 155, pp. 377-419, 2008
- [3] The Double-Base Number System and its Application to Elliptic Curve Cryptography
Dimitrov V., Imbert L., Mishra P.
Mathematics of Computation / Mathematics of Computation of the American Mathematical Society, Vol. 77, pp. 1075-1104, 2008
- [4] Multiplication by a Constant is Sublinear
Dimitrov V., Imbert L., Zakaluzny A.
ARITH-18: 18th IEEE Symposium on Computer Arithmetic, June 24, pp. 261-268, 2007
- [5] Efficient and Secure Elliptic Curve Point Multiplication using Double-Base Chains
Dimitrov V.S., Imbert L., Mishra P.K.
ASIACRYPT '05, December 04, pp. 59-78, 2005
- [6] Extended Double-Base Number System with Applications to Elliptic Curve Cryptography
Doche C., Imbert L.
INDOCRYPT'06: Progress in Cryptology, December 11, pp. 335-348, 2006
- [7] Diophantine Approximation, Ostrowski Numeration and the Double-Base Number System
Berthe V., Imbert L.
Discrete Mathematics & Theoretical Computer Science, Vol. 11, pp. 153-172, 2009

- [8] Arithmetic Operations in the Polynomial Modular Number System
Bajard J. C., Imbert L., Plantard T.
ARITH'05: 17th IEEE Symposium on Computer Arithmetic, pp. 206-213, 2005
- [9] Discrete Circles: an arithmetical approach with non-constant thickness
Fiorio C., Toutant J.-L., Jamet D.
Vision Geometry XIV, IS&T/SPIE 18th Annual Symposium Electronic Imaging, January 15, pp. 60660C01-60660C12, 2006
- [10] Arithmetic Discrete Hyperspheres and Separatingness
Fiorio C., Toutant J.-L.
DGCI'06: 13th International Conference on Discrete Geometry for Computer Imagery, October 25, pp. 425-436, 2006
- [11] Arithmetic Characterization of Polynomial based Discrete Curves
Fiorio C., Toutant J.-L.
Vision Geometry XV, Electronic Imaging, San Jose (CA) USA, 2007
- [12] On Some Applications of Generalized Functionality for Arithmetic Discrete Planes
Berthé V., Fiorio C., Jamet D., Philippe F.
Image and Vision Computing, Vol. 25, pp. 1671-1684, 2007
- [13] On the Connectedness of Rational Arithmetic Discrete Hyperplanes
Jamet D., Toutant J.-L.
DGCI'06: Discrete Geometry for Computer Imagery, October 25, pp. 223-234, 2006
- [14] Functional Stepped Surfaces, Flips and Generalized Substitutions
Arnoux P., Berthe V., Fernique T., Jamet D.
Theoretical Computer Science, Vol. 380, pp. 251-265, 2007
- [15] Initial powers of Sturmian sequences
Berthe V., Holton C., Zamboni L. Q.
Acta Arithmetica, Vol. 122, pp. 315-347, 2006
- [16] Look and Say Fibonacci
Séébold P.
Informatique Théorique et Applications, Vol. 42, pp. 729-746, 2008
- [17] A Characterization of Flip-Accessibility for Rhombus Tilings of the Whole Plane
Fernique T., Rémila E., Bodini O.
Language and Automata Theory and Applications, March 29, p. 12, 2007
- [18] Efficient RNS Bases for Cryptography
Bajard J.-C., Meloni N., Plantard T.
IMACS'05: World Congress: Scientific Computation Applied Mathematics and Simulation, July 11, 2005
- [19] lirmm-00102865
Arithmetic Operations in Finite Fields of Medium Prime Characteristic using the Lagrange Representation
Bajard J.C., Imbert L., Negre C.
IEEE Transactions on Computers, Vol. 55, pp. 1167-1177, 2006
- [20] Parallel Montgomery Multiplication in $GF(2^k)$ Using Trinomial Residue Arithmetic
Bajard J.-C., Imbert L., Jullien G.A.
ARITH'17: IEEE Symposium on Computer Arithmetic, June 27, pp. 164-171, 2005
- [21] What about Vulnerability to a Fault Attack of the Miller Algorithm during an Identity Based Protocol?
El Mrabet N.
ISA'09: The 3rd International Conference on Information and Assurance, June 25, pp. 122-134, 2009
- [22] Differential Power Analysis against the Miller Algorithm
El Mrabet N., Di Natale G., Flottes M.-L., Rouzeyre B., Bajard J.-C.
RR-08021, 2008
- [23] New Point Addition Formulae for ECC Applications
Méloni N.
WAIFI'07: International Workshop on the Arithmetic of Finite Fields, June 22, pp. 189-201, 2007
- [24] Comparison of Simple Power Analysis Attack Resistant Algorithms for an Elliptic Curve Cryptosystem
Byrne A., Meloni N., Tisserand A., Popovici E., Marnane W.
Journal of Computers, Vol. 2, pp. 52-62, 2007
- [25] Multi-Mode Operator for SHA-2 Hash Functions
Glabb R., Imbert L., Jullien G., Tisserand A., Veyrat-Charvillon N.
Journal of Systems Architecture, Vol. 52, pp. 127-138, 2007
- [26] High-Performance Hardware Operators for Polynomial Evaluation
Tisserand A.
International Journal of High Performance Systems Architecture, Vol. 1, pp. 14-23, 2007
- [27] Dense Linear Algebra Over Word-Size Prime Fields: The FFLAS and FFPACK Packages
Giorgi P., Dumas J.-G., Pernet C.
ACM Transactions on Mathematical Software, Vol. 35, pp. 19:1-19:42, 2008
- [28] Formal Proof for Delayed Finite Field Arithmetic Using Floating Point Operators
Giorgi P., Daumas M., Boldo S.
RNC'08: 8th Conference on Real Numbers and Computers, July 07, p. N/A, 2008

COCONUT

Apprentissage, Contraintes

Laboratoire
d'Informatique,
de Robotique et de
Microélectronique
de Montpellier

Département
Informatique

Responsable :

Christian Bessiere
bessiere@lirmm.fr
tel: +33 4 67 41 86 30



INTELLIGENCE ARTIFICIELLE, ALGORITHMES D'APPRENTISSAGE, APPRENABILITÉ, PROGRAMMATION PAR CONTRAINTES, COMPLEXITÉ, ALGORITHMIQUE, AIDE À LA DÉCISION, AIDE À LA DÉCOUVERTE

● Présentation

La thématique de recherche de l'équipe Coconut est au coeur de l'intelligence artificielle (IA). L'équipe Coconut 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. Mais l'originalité de l'équipe est de s'intéresser aux problèmes qui émergent de la fusion apprentissage/contraintes. La fusion de ces deux domaines permet par exemple d'aborder les problèmes de l'utilisation de la programmation par contraintes par des non spécialistes, avec les questions d'aide à la modélisation et de reformulation que cela pose. Cette fusion permet aussi d'aborder des problèmes classiques d'apprentissage avec une approche contraintes.

La cohésion de l'équipe, outre ses thèmes de recherche, repose sur son mode de travail original, basé sur un système de notes internes de recherche, qui sont diffusées aux membres du groupe et archivées. L'équipe bénéficie d'une visibilité importante. Sur les derniers quatre ans, sa production scientifique la situe dans le paquet de tête des équipes françaises d'IA.

● Composition de l'équipe (Mai 2009)

Permanents

- Christian Bessiere DR2 CNRS, HDR
- Eric Bourreau MCF UM2
- Frédéric Koriche MCF UM2
- Michel Liquière MCF UM2
- Joël Quinqueton PR1 UM3, HDR
- Jean Sallantin DR2 CNRS, HDR

Doctorants

- Lilia Abtroun
- Sébastien Andary
- Ines Bouzouita
- Julien Cotret (avec Smile)
- Brahim Douar
- Antoine Seilles
- Reena Shetty
- Mohamed Wahbi

Anciens
doctorants

- Redouane Ezzahir MCF Univ. Agadir
- Mathias Paulin en entreprise
- Marc Ricordeau en entreprise
- Reena Shetty Post doc
- Guillaume Verger Post doc

● Publications (du 01/01/2005 au 31/08/2009)

	ACL	ACLN	ASCL	INV	ACTI	ACTN	COM	AFF	OS	OV	DO	AP	BV	Prix	Orga
2005-2009	16			5	45	7	2		10		2	2			2

● Faits marquants

Durant ces quatre dernières années, des membres de l'équipe ont reçu des distinctions ou obtenu des nominations internationales : prix du meilleur papier à l'International Joint Conference on Artificial Intelligence (IJCAI2009) et à l'International Conference on Inductive Logic Programming (ILP 2007), fellow de l'European Coordinating Committee for Artificial Intelligence, président du comité de programme de l'International Conference on Principles and Practice of Constraint Programming (CP 2007). Nous avons été sélectionnés pour organiser la 20ème European Conference on Artificial Intelligence à Montpellier en 2012.

Parmi les résultats scientifiques marquants, on peut mentionner l'apprenabilité des CP-nets, l'apprenabilité des réseaux de contraintes, ou les outils de caractérisation des contraintes globales pour la propagation dans les programmes avec contraintes.

Notre stratégie est de publier principalement dans des revues et colloques de très haut niveau. Sur ces derniers 4 ans, nous avons eu 5 articles dans Artificial Intelligence (IF 3.39), 1 article dans Machine Learning (IF 2,74), 8 articles dans IJCAI (IF 1.82), 2 articles IF 3.39 dans AAAI (IF 1.87), et d'autres dans des revues et colloques d'impact factor autour de 1.

Enfin, nous avons mené deux transferts vers des entreprises de R&D, ARIANA et NORMIND, créées en 2003 par d'anciens doctorants du laboratoire. Elles ont maintenant une vingtaine de salariés.

● Coopérations Internationales

Depuis de nombreuses années, par le biais de groupes de travail sans murs, nous avons favorisé les collaborations avec des équipes d'autres laboratoires, tant en France qu'à l'étranger. Parmi nos collaborateurs étrangers, dans les derniers quatre ans, nous avons co-signé des publications internationales avec : University of New SouthWales, NICTA Sydney, University of Bologna, Université Catholique de Brazilia, Izmir University of Economics, University College Cork, University of the Aegean, Google, University of Waterloo, University of Singapore, Texas Tech. University, IIIA-CSIC, Cornell University, Université Mohamed V Agdal, Rabat, Université El Manar Tunis.

● Collaborations industrielles

Même si nous avons une forte inclination vers la recherche fondamentale, nous maintenons un lien serré avec l'industrie, via des contrats de collaboration. Nous avons par exemple des contrats avec les entreprises NORMIND (contrat DGA et CIFRE), UBISOFT (contrat), Script Games Studio (contrat DGA), ARIANA (CIFRE), YSIATIS (contrat LRI).

Thématique

L'équipe Coconut est issue du découpage de l'équipe Kayou en deux sous-ensembles aux thématiques plus ciblées, donc plus opérationnelles. La thématique de recherche de Kayou reposait sur trois des piliers centraux de l'intelligence artificielle (IA), à savoir les agents, l'apprentissage et les contraintes. La thématique de l'équipe Coconut est ciblée sur l'apprentissage et les contraintes. Ce recentrage sur des thèmes familiers à tous les membres de l'équipe a permis de réactiver un mode de travail que nous avons déjà expérimenté dans un groupe de travail antérieur.

La cohésion de l'équipe, outre ses thèmes de recherche, est basée sur son mode de travail. Nous avons mis en place un système de notes internes de recherche, qui sont diffusées aux membres du groupe et archivées. Une note consiste en une à trois pages écrites par un des membres. Cela peut être la description d'une idée, d'un problème, d'un algorithme, etc. Un des intérêts des notes est de lancer des discussions sur un thème et du coup, de sensibiliser tous les membres aux travaux des autres.

Le deuxième outil de cohésion est la réunion hebdomadaire du jeudi après-midi organisée autour d'un exposé. Les exposés peuvent être des séminaires invités (dans le cadre d'un financement par le conseil scientifique du LIRMM), des présentations de papiers fondateurs d'un domaine, les travaux en cours d'un thésard, le sujet d'une note qui a provoqué des discussions intéressantes, un article soumis ou à soumettre, etc. De ces réunions sortent des thèmes de recherche communs à plusieurs membres. Dans ce

cas, des réunions de travail en comité restreint sont organisées à d'autres moments.

Concernant l'organisation financière, l'équipe est toute jeune et n'a donc pas une longue pratique. On peut toutefois noter que si nous produisons des algorithmes souvent insérés dans les outils publics ou commerciaux qui résolvent quantité de problèmes industriels, nous ne travaillons que très peu sur les applications elles-mêmes. Ceci implique un faible financement sur contrats industriels.

Rayonnement de l'équipe COCONUT

L'équipe est en contact avec des entreprises régionales qui utilisent nos technologies. Ce transfert se fait par des stages d'étudiants de master qui suivent les cours d'IA et vont appliquer des techniques avancées dans les entreprises de jeux vidéos Ubisoft et Script Games Studio. Nous avons une forte recherche en partenariat avec l'entreprise Normind créée en 2003 par des docteurs du laboratoire. Normind développe des outils d'aide à la décision et de gestion de risque dans les domaines de l'industrie où les référentiels métiers sont hétérogènes et complexes.

Au niveau national, notre rayonnement se voit par notre implication dans les instances d'animation de la communauté (participation aux CA et aux activités de l'Association Française de Programmation par Contraintes et de l'Association Française d'Intelligence Artificielle), nos projets ANR (Intermed, Canar) et les diverses universités avec lesquelles nous collaborons (CRIL Lens, GREYC Caen, LIPADE Paris Descartes, LAMSADE Paris Dauphine, LINA EMN Nantes, LGI2P EMA

Nîmes).

Au niveau international, nous participons à de nombreuses instances et comités : executive committee de l'Association for Constraint Programming, associate editor de la revue Journal of Artificial Intelligence Research, advisory board de la revue Constraints, editorial board de la revue Artificial Intelligence, régulièrement area chairs, senior program committee members ou reviewers des colloques ECAI, AAAI, IJCAI, CP, ILP, ECML, ICCS. Nous avons été sélectionnés pour organiser la 20ème European Conference on Artificial Intelligence à Montpellier en 2012. Enfin, nous avons publié des articles en collaboration avec plus de dix universités étrangères dans les derniers 4 ans (voir fiche résumé).

Bilan scientifique

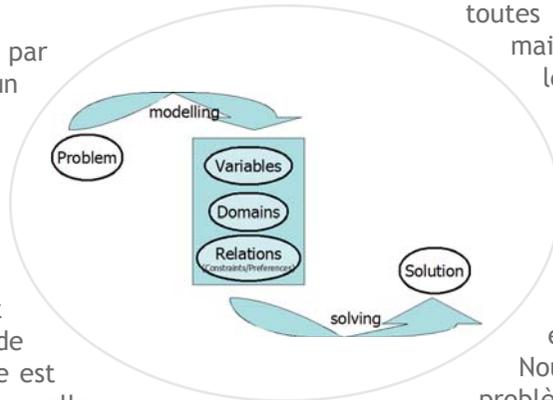
L'équipe Coconut s'intéresse aux problèmes soulevés par l'utilisation des technologies issues de l'apprentissage et de la programmation par contraintes, avec une composante forte sur les fondements théoriques et sur les algorithmes. Mais l'originalité de l'équipe est de s'intéresser aux problèmes qui émergent de la fusion apprentissage/contraintes. La fusion de ces deux domaines permet par exemple d'aborder le problème de l'utilisation de la programmation par contraintes par des non spécialistes, avec les questions d'aide à la modélisation et de reformulation que cela pose. Cette fusion permet aussi d'aborder des problèmes classiques d'apprentissage avec une approche contraintes.

Lors des quatre dernières années, nous avons obtenu

plusieurs résultats marquants, tant sur le plan algorithmique, que sur les fondements théoriques et sur les problèmes à la jonction apprentissage/constraints. Ces résultats ont notamment donné lieu à 5 articles dans *Artificial Intelligence*, 1 article dans *Machine Learning*, 8 articles dans *IJCAI*, 2 articles dans *AAAI*, 3 dans *Constraints*, 3 dans *ECAI*, etc. Nous en mettons quelques-uns dans leur contexte.

Algorithmes pour la résolution de contraintes

La programmation par contraintes spécifie un problème en réseau de contraintes, c'est-à-dire en termes de variables, de domaines de valeurs pour ces variables et de contraintes portant sur des sous-ensembles de variables. Une contrainte est un prédicat qui spécifie quelles combinaisons de valeurs sont possibles pour ses variables. Une solution est une affectation de valeurs à toutes les variables du problème qui satisfait toutes les contraintes. L'originalité de la programmation par contraintes par rapport à d'autres paradigmes de résolution de problèmes est la propagation de contraintes, qui est appliquée pendant la recherche de solutions pour réduire la taille de l'espace à explorer. La *propagation de contraintes* simplifie le problème en supprimant des valeurs qui conduisent à la violation d'au moins une contrainte. Le niveau de propagation le plus utilisé est l'arc-consistance, qui enlève toutes les valeurs détectées incompatibles en considérant une seule contrainte à la fois. Si $X, Y \in \{1, 2, 3\}$ et $Z \in \{1, 3, 5, 7\}$, propager la contrainte $X+Y=Z$ par arc-consistance supprime les valeurs 1 et 7 du domaine de Z . Nous avons proposé un algorithme d'arc-consistance facile à implémenter dans



les solveurs de contraintes actuels tout en ayant une complexité optimale. Notre algorithme sert de base à l'algorithme générique de propagation des solveurs les plus efficaces [1]. En 1997, nous avons proposé la *singleton arc-consistance*, un niveau de propagation plus fort que l'arc-consistance qui permet de résoudre certains problèmes trop difficiles pour les techniques standards. Nous avons proposé le premier algorithme de complexité optimale pour ce niveau de propagation, et aussi une version dégradée qui ne maintient pas toutes les structures nécessaires à l'optimalité mais qui garde une complexité meilleure que les algorithmes existants et montre de très bonnes performances pratiques [2]. Nous avons aussi proposé un algorithme pour propager une contrainte de placement qui s'applique bien au jeu *Eternity II* [3]. Nos travaux sur l'algorithmique des contraintes portent aussi sur les extensions du paradigme contraintes. Nous avons proposé des algorithmes pour les problèmes à variables quantifiées, où l'utilisateur n'est pas maître des valeurs prises par certaines variables (météo, méconnaissance de l'environnement, jeux à plusieurs joueurs). Nous avons aussi proposé des algorithmes de résolution de problèmes où les variables appartiennent à des agents distribués sur plusieurs sites. La cohérence est alors garantie par envoi de messages entre agents [4].

Décomposabilité des contraintes globales

Depuis 15 ans, les contraintes globales sont devenues un thème central en programmation par contraintes. Une contrainte globale est un prédicat d'arité non fixée, c'est-à-dire qui peut impliquer n'importe quel nombre de variables. La contrainte $alldiff(X1..Xn)$, qui spécifie que les variables $X1..Xn$ doivent toutes prendre des valeurs différentes, est une contrainte globale car elle peut impliquer un nombre quelconque de variables, selon les besoins du problème traité. Les contraintes globales

connaissent un tel succès que plus de 200 ont déjà été proposées. Cela pose le problème de la mise à jour des solveurs de contraintes car chaque contrainte globale nécessite un algorithme de propagation ad hoc. Nous avons montré que les contraintes globales se rangent dans trois catégories : celles qui sont NP-difficiles à propager, celles qui peuvent être décomposées en un nombre polynomial de contraintes primitives d'arité bornée sans perte de propagation, et celles qui ne sont ni NP-difficiles ni décomposables [5]. Nous avons récemment montré que cette dernière catégorie est non vide et contient des contraintes essentielles comme *alldiff* [6]. Ce dernier résultat démontre l'intérêt de la programmation par contraintes par rapport à la programmation en nombres entiers ou à la satisfaction de formules propositionnelles, qui ne peuvent pas représenter la même information en espace polynomial. L'espoir de tout réduire à des contraintes d'arité bornée s'étant évanoui, la recherche d'un langage canonique contenant un ensemble réduit de contraintes globales permettant de tout exprimer devient la seule voie vers la simplification de la programmation par contraintes. Nous avons déjà proposé trois nouvelles contraintes globales qui permettent de représenter plus de 120 contraintes existantes [7], [8].

Apprentissage en-ligne de structures combinatoires

Un des thèmes récurrents de l'apprentissage statistique est la conception d'algorithmes prédictifs en-ligne capables de prendre une décision à tout instant, et dont la précision s'améliore incrémentalement en fonction des erreurs faites jusqu'à présent. De tels algorithmes procèdent en « tours » : à chaque tour, l'apprenant reçoit une observation, puis prend une décision, et reçoit enfin la réponse correcte. En plus de leur incrémentalité, ces algorithmes sont faciles à implémenter, utilisent peu de mémoire et de temps de calcul, résistent au bruit, et certains ont des propriétés de convergence quasi-optimales. De telles propriétés nous incitent naturellement à utiliser ces algorithmes pour apprendre à résoudre des problèmes en Intelligence

Artificielle. Cependant, les algorithmes en-ligne utilisent à la base des hypothèses simples, comme les fonctions linéaires, qu'il s'agit d'étendre à des espaces combinatoires de grande dimension. Sur ce point, même si la technique des noyaux est, dans certains cas, possible pour certaines méthodes de pondération additive, le problème reste largement ouvert pour les méthodes quasi-additives ou multiplicatives, ou encore d'autres méthodes nécessitant de raisonner sur l'espace des versions. Dans ce cadre, nous avons proposé plusieurs stratégies permettant d'apprendre des structures combinatoires, sans perte de propriétés de convergence : (i) méthodes passives par comptage de modèles, pour apprendre des requêtes conjonctives [9], des DNF [10] ou des degrés de croyances [11], (ii) méthodes actives par requêtes d'appartenance, pour apprendre des réseaux de préférences [IJCAI09] et des réseaux de contraintes [12], [13], [14].

Prospective scientifique

L'équipe étant toute jeune dans sa configuration actuelle, et une dynamique forte se mettant en place, les thèmes que nous allons privilégier dans les quatre ans à venir sont ceux qui fédèrent, c'est-à-dire ceux qui gravitent autour de la jonction apprentissage/contraintes. La formulation automatique de problèmes en réseaux de contraintes nécessite encore beaucoup de travail pour être complètement adaptée à un utilisateur non spécialiste de la programmation par contraintes. Nous devons exploiter en profondeur les techniques issues de l'apprentissage, notamment les techniques à convergence logarithmique. Une fois le problème formulé, sa résolution nécessite souvent le savoir-faire de l'expert, qui choisit l'heuristique et le niveau de propagation adaptés à son problème ou la reformulation d'une partie difficile du problème. Pour rendre la programmation par contraintes complètement *expert-free*, nous devons produire des solveurs

adaptatifs, qui trouvent la bonne heuristique, le bon propagateur ou la bonne reformulation en fonction de l'instance qu'ils sont en train de résoudre. Des portfolios d'algorithmes choisis par analyse statistique de caractéristiques apprises a priori ne suffiront pas. Il faudra faire entrer l'apprentissage dans le solveur.

A l'inverse, des problèmes d'apprentissage peuvent être résolus grâce à la programmation par contraintes. Par exemple, la propriété d'arc-consistance, bien connue en contraintes, permet de caractériser des opérations entre graphes qui permettent un apprentissage efficace des similarités entre objets structurés [15]. Plus généralement, la fusion de ces deux domaines devrait permettre de résoudre les problèmes, de l'utilisateur jusqu'à la solution, en un continuum apprentissage/raisonnement qui fait défaut aux systèmes actuels. Il devrait en émerger des questions fondamentales en IA et des solutions élégantes à des problèmes ouverts.

Le défi lié à nos travaux est de proposer un outil de modélisation et de résolution de problèmes à base de contraintes/préférences qui soit quasiment autonome. Nous aurons atteint ce but quand un utilisateur lambda pourra se servir des contraintes sans assistance pour résoudre son sudoku, faire l'emploi du temps de son lycée ou laisser son web-assistant organiser ses voyages. L'utilisateur peut aussi être un robot autonome qui apprendra seul à planifier ses actions ou un jeu vidéo dans lequel la planification de séquences sous contraintes est actuellement préprogrammée à la main par le concepteur du jeu.



Publications significatives

- [1] An Optimal Coarse-Grained Arc Consistency Algorithm
Bessiere C., Regin J.C., Yap R.H.C., Zhang Y.
Artificial Intelligence, Vol. 2, pp. 165-185, 2005
- [2] Theoretical Analysis of Singleton Arc Consistency and Its Extensions»
Bessiere C., Debruyne R.
Artificial Intelligence, Vol. 172, pp. 29-41, 2008
- [3] Fast Global Filtering for Eternity II
Bourreau E., Benoist T.
Constraint Programming Letters, Vol. 3, pp. 036-049, 2008
- [4] Asynchronous Backtracking Without Adding Links: A New Member in the ABT Family
Bessiere C., Brito I., Maestre A., Meseguer P.
Artificial Intelligence, Vol. 161, pp. 7-24, 2005

-
- [5] The Complexity of Reasoning with Global Constraints
Bessiere C., Hebrard E., Hnich B., Walsh T.
Constraints, Vol. 12, pp. 239-259, 2007
- [6] Circuit Complexity and Decompositions of Global Constraints
Bessiere C., Katsirelos G., Narodytska N., Walsh T.
IJCAI'09, p. N/A, 2009
- [7] Range and Roots: Two Common Patterns for Specifying and Propagating Counting and Occurrence Constraints
Bessiere C., Hebrard E., Hnich B., Kiziltan Z., Walsh T.
Artificial Intelligence, Vol. 173, pp. 850-875, 2009
- [8] SLIDE: A Useful Special Case of the CARDPATH Constraint
Bessiere C., Hebrard E., Hnich B., Kiziltan Z., Quimper C.-G., Walsh T.
ECAI'08: Eighteenth European Conference on Artificial Intelligence, pp. 475-479, 2008
- [9] Online Closure-Based Learning of Relational Theories
Koriche F.
ILP'05: Inductive Logic Programming, August, pp. 172-189, 2005
- [10] Online Rule Learning via Weighted Model Counting
Koriche F.
ECAI'08: Eighteenth European Conference on Artificial Intelligence, pp. 5-9, 2008
- [11] Learning to Assign Degrees of Belief in Relational Domains
Koriche F.
Machine Learning, Vol. 73, pp. 25-53, 2008
- [12] Query-Driven Constraint Acquisition
Bessiere C., Coletta R., O'Sullivan B., Paulin M.
IJCAI'07: International Joint Conference on Artificial Intelligence, pp. 44-49, 2007
- [13] Automatic Design of Robot Behaviors through Constraint Networks Acquisition
Paulin M., Bessiere C., Sallantin J.
ICTAI'08: 20th IEEE International Conference on Tools with Artificial Intelligence, November 03, p. N/A, 2008
- [14] Algebraic results and bottom-up algorithm for policies generalization in reinforcement learning
Ricordeau M., Liquière M.
Journal Nonlinear Analysis: Hybrid Systems, Vol. 2, pp. 684-694, 2008
- [15] Arc Consistency Projection: A New Generalization Relation for Graphs
Liquière M.
ICCS'07: International Conference on Conceptual Structures, pp. 333-346, 2007

D'OC

Données Objets Composants

Laboratoire
d'Informatique,
de Robotique et de
Microélectronique
de Montpellier

Département
Informatique

Responsable :

Christophe Dony
dony@lirmm.fr
tel: +33 4 67 41 85 33

MODÉLISATION, CONCEPTION, INGÉNIERIE DES MODÈLES, INGÉNIERIE DES SYSTÈMES D'INFORMATION, PROGRAMMATION PAR OBJET ET PAR COMPOSANTS.

● Présentation

L'équipe D'OC étudie les modèles, langages et outils du génie logiciel à objets, composants et services. Elle les applique également dans divers contextes comme ceux des systèmes d'information, des sciences du vivant et de l'environnement, de la chimie, ou encore de la robotique au travers de diverses collaborations interdisciplinaires. Elle est unifiée par le concept d'objet, autour duquel une large part du génie logiciel actuel est structurée, par ses propriétés, ses adaptations et évolutions : composants et services.

Grandes thématiques :

- Ingénierie des modèles, analyse relationnelle de concepts,
- Spécification et implantation des langages à objets,
- Composants et services : recherche, orchestration, annuaires,
- Composants et services : modèles et langages,
- Ingénierie des systèmes d'information des systèmes complexes,
- Fiabilité du logiciel : étude des systèmes testables et tolérants aux fautes,
- Systèmes d'information pour la chimie.

● Composition de l'équipe (Mai 2009)

Permanents

- | | |
|----------------------|---------|
| • Dony Christophe | PR UM2 |
| • Ducournau Roland | PR UM2 |
| • Huchard Marianne | PR UM2 |
| • Libourel Thérèse | PR UM2 |
| • Mougnot Isabelle | MCF UM2 |
| • Nebut Clémentine | MCF UM2 |
| • Reitz Philippe | MCF UM2 |
| • Seriai Abdelhak | MCF UM2 |
| • Tibermacine Chouki | MCF UM2 |
| • Vismara Philippe | MCF UM2 |

Associés

- | | |
|-------------------|------------|
| • Laurenço Claude | (ENSCM) |
| • Miralles André | (CEMAGREF) |

Thèses en cours

- | | |
|------------------------|-----------------------|
| • Azmeh Zeina | 15/01/2007-30/09/2010 |
| • Dolques Xavier | 01/10/2007-30/09/2010 |
| • Falleri Jean-Rémy | 01/09/2006-31/12/2009 |
| • Kehar Asadullah | 01/09/2008-30/09/2011 |
| • Laporte M.-Angélique | 21/11/2008-20/11/2011 |
| • Lin Yuan | 14/01/2008-30/09/2011 |
| • Morandat Floréal | 01/10/2006-30/10/2009 |
| • Troudi Aymen | 01/02/2009-31/01/2012 |
| • Valery Benoit | 01/10/2006-01/01/2010 |

Thèses soutenues

- | | |
|--------------------|------|
| • Luc Fabresse | 2007 |
| • Nicolas Desnos | 2008 |
| • André Miralles | 2006 |
| • Robin Passama | 2006 |
| • Jean Privat | 2006 |
| • Frédéric Souchon | 2005 |
| • Julien Barde | 2005 |
| • Sandrine Bally | 2007 |

● Publications (du 01/01/2005 au 31/08/2009)

	ACL	ACLN	ASCL	INV	ACTI	ACTN	COM	AFF	OS	OV	DO	AP	BV	Prix	Orga
2005-2009	16				38	15	2	2	14		5	25			2

● Collaborations industrielles

Responsable ou partenaire dans la réalisation de l'ensemble de logiciels suivants issus de ou liés aux recherches de l'équipe :

- COSARC : Environnement de développement par composants de contrôleurs de robots,
- ERCA (Eclipse Relational Concept Analysis), <http://code.google.com/p/erca>,
- GUMM (Generic and Useful Model Matcher), <http://code.google.com/p/gumm-project>,
- MXL (Model eXchange Language) <http://code.google.com/p/mxl/>,
- Minjava (Reverse Engineering pour du byteCode Java), <http://code.google.com/p/minjava>,
- PRM Langage et Compilateur (Program with Refinement and Modules), <http://www.lirmm.fr/~morandat/index.php/Prm/UM2>,
- SCL (Simple Component Language), <http://www.lirmm.fr/~fabresse/index.php?current=scl>,
- SAGE (Système de gestion d'exceptions pour objets actifs), <http://www.lirmm.fr/~dony/Sage>,
- Contribution développement de MDweb, <http://www.mdweb-project.org>, co-développement et transfert (Société Geomatys, <http://www.geomatis.fr>),
- Contribution au développement de la plateforme APES, composant «Soilwater2», <http://www.apesimulator.it/>.

● Contrats

- Responsable projet «FTUML» (Collaboration France Telecom-Contrat de recherche externe France) : 2006-2009.
- Responsable Plan Pluri Formation «BioStic».
- Responsable Plan Pluri Formation «Parties» (Partage d'applications Réparties en Environnement).
- Partenaire projet ANR «FACOMA - Fiabilisation Adaptative d'applications Coopératives Multi-Agents» : 2006-2009 ANR SETIN Sécurité et Informatique (Responsable LIP6).
- Partenaire projet «COPT» (Conception d'Observatoires de Pratiques Territorialisées), 2005-2008 (collaboration CIRAD et INRA).
- Partenaire projet «Nanobio» - modélisation informatique des séquences nucléiques et génétiques (Collaboration IGH et CEM2).
- Partenaire du projet européen E-LeGI (2004-2007), dans le cadre du projet ENCORE (Encyclopédie de Chimie Organique Électronique).
- Partenaire projet «MDweb» (Collaboration avec CEMAGREF et IRD).

● Coopérations Internationales

- Comités de programme de conférences et workshops internationaux : ECOOP, ACMMModels, CLA (Concept Lattices and Applications), ICEIS (International conference on Enterprise Information Systems), RISE (Rapid Integration of Software Engineering Techniques), workshop SeCoGIS (International Workshop on Semantic and Conceptual Issues in Geographic Information Systems) associé à ER, SeBGIS (Semantic-based Geographical Information Systems).
- Co-responsable 2006 et CP de la série de workshops internationaux ICOOLPS (Implementation, Compilation, Optimization of Object-Oriented Languages, Programs and Systems) 06, 07, 08, associés à ECOOP - <http://www.icoolps.info/>.
- Co-responsable de la série de workshops internationaux WEH (Exception Handling), 2005 associé à ECOOP et 2008 associé à FSE - <http://www.comp.lancs.ac.uk/computing/WEH.08/>.
- Partenaire organisation workshop DILS'08 (Data Integration in the Life Sciences 2008) - <http://dils2008.lri.fr/>
- Partenaire du projet européen E-LeGI (2004-2007), dans le cadre du projet ENCORE (Encyclopédie de Chimie Organique Électronique), initié par A. Krief des Facultés Universitaires de Namur.
- Contribution au projet européen « SEAMLESS » (Responsable CIRAD).
- Co-publications avec les universités suivantes : Laval, McGill, UQAM (Canada), Séville, Univ. nationale de La Plata (Argentine), Univ. Newcastle-upon-tyne (UK).

Thématique Générale

L'équipe D'OC étudie les modèles, langages et outils du génie logiciel à objets, composants et services. Elle les applique également dans divers contextes comme ceux des systèmes d'information, des sciences du vivant et de l'environnement, de la chimie, ou encore de la robotique au travers de diverses collaborations interdisciplinaires.

Elle est unifiée par le concept d'objet, autour duquel une large part du génie logiciel actuel est structurée, par ses propriétés, ses adaptations et évolutions : composants, services.



Ses thématiques de recherche, listées ci-dessous, sont au cœur de celles représentées par les GDR GPL et MAGIS du CNRS. La problématique et les résultats obtenus pour chacune d'elle sont présentés dans la suite du rapport.

- Ingénierie des modèles, analyse relationnelle de concepts,
- Spécification et implantation des langages à objets,
- Composants et services : recherche, orchestration, annuaires, modèles et langages,
- Ingénierie des systèmes d'information des systèmes complexes,
- Fiabilité du logiciel : études des systèmes testables et tolérants aux fautes.

Structuration de l'équipe et gouvernance

L'équipe D'OC est actuellement composée de 10 membres permanents (4 professeurs et 6 maîtres de conférences) et 9 doctorants. Elle collabore avec 3 associés et a également une collaboration rapprochée avec l'équipe «GYDE» du laboratoire LGI2P de l'école des Mines d'Ales (EMA).

Elle a été créée en 2003 par la fusion de deux anciennes équipes travaillant sur les langages et le génie logiciel à objets et à composants. La fusion a permis une mise en commun de nos forces, nous a donné une taille et une visibilité plus intéressante et a permis l'initiation d'une politique de renforcement matérialisée par les recrutements de Clémentine Nebut en 2005, de Chouki Tibermacine en 2007 et Abdelhak Seriai en 2008.

L'équipe est actuellement structurée comme suit : responsable depuis janvier 2009 (C. Dony), adjoint (A. Seriai), responsables pour la période d'évaluation (C. Dony et M. Huchard), responsable des séminaires (C. Nebut), responsable site WEB (F. Morandat et J-R. Falleri), responsable financier : Y. Arohnovitz (jusqu'à son départ en retraite en 2008). Chacune des grandes thématiques possède par ailleurs un responsable.

L'équipe D'OC a été et est très fortement impliquée dans la gouvernance de la recherche et de l'enseignement à l'université Montpellier 2 (UM2), via les charges principales suivantes : responsabilités du département informatique du LIRMM (R. Ducournau puis M. Huchard), responsabilité du département informatique d'enseignement de la faculté des sciences (T. Libourel), responsabilité de la spécialité doctorale informatique

de l'école doctorale I2S (C. Dony), équipe de direction du pôle MIPS (M. Huchard).

Il est très important de noter que l'équipe, constituée intégralement d'enseignants-chercheurs, administre très directement 5 filières d'enseignement, de Nîmes (IUT) à Béziers (IUT) en passant par Montpellier UMII/ Faculté des Sciences ou ENSAM. Citons principalement le parcours SIIG3T «Système d'Information et Informations Géographiques pour la Gestion et la Gouvernance du Territoire» du master «Intégration de Compétences» et le parcours «Génie Logiciel» du master IFPRU. Ce dernier a été créé en 2003 en même temps que l'équipe; ses modules «recherche» ou «pro-recherche» du M2 correspondent directement à nos thématiques et nous permettent de transmettre au plus près les résultats de nos travaux.

Rayonnement

Les membres de l'équipe D'OC sont impliqués dans différentes activités de collaboration, d'organisation d'évènements, d'administration et de pilotage d'organismes de recherche au niveau régional, national et international.

Contexte régional :

- Collaboration étroite, projets communs et co-encadrement de plusieurs thèses, avec l'équipe «GYDE» du laboratoire LGI2P (École des Mines d'Ales), sur les thématiques d'annuaires de composants et de fiabilité du logiciel,
- Responsable Plan Pluri Formation «BioStic»,

- Responsable Plan Pluri Formation «Parties» (Partage d'applications Réparties en Environnement),
- Partenaire projet «MDWEB» (Collaboration avec CEMAGREF et IRD),
- Responsable Projet «Exigences et Composants pour le WEB» (Collaboration société IOcean).

Contexte national :

- Comités de programmes ou d'organisation de conférences et journées : LMO, CAL, IDM, SDH, SAGEO, INFORSID, journées des treillis Montpelliérains,
- Responsable projet «FTUML» (Collaboration France Telecom- Contrat de recherche externe France) -2006-2009,
- Partenaire projet ANR SETIN Sécurité et Informatique «FACOMA - Fiabilisation Adaptative d'applications Coopératives Multi-Agents» - 2006-2009 (responsable LIP6),
- Partenaire projet «COPT» (Conception d'Observatoires de Pratiques Territorialisées), 2005-2008 (collaboration CIRAD et INRA),
- Partenaire projet «Nanobio» - modélisation informatique des séquences nucléiques et génétiques (collaboration IGH et CEM2),
- Comités scientifiques ou de pilotage de GDR : GPL (Génie de la programmation et du logiciel) , MAGIS (méthodologies et applications pour les GIS),
- Participation à 31 jurys de thèses hors Université Montpellier-II (rapporteurs ou examinateurs),
- Les publications de l'équipe font apparaître au niveau national des collaborations avec les laboratoires suivants : INRIA-LIP6 (Paris), IRISA (Rennes), Valoria (Vanne), INRIA-LIFL (Lille), LORIA (Nancy), LINA (Nantes), LIMOS (Clermont-Ferrand).

Contexte international :

- Comités de programme de conférences et workshops internationaux : ECOOP, ACM-Models, CLA (Concept Lattices Applications), ICEIS (Entreprise Information Systems), RISE (Rapid Integration of Software

Engineering Techniques), workshop SECOGIS associé à ER,

- Co-responsable 2006 et CP de la série de workshops internationaux IC00OLPS (Implementation, Compilation, Optimization of Object-Oriented Languages, Programs and Systems) 06, 07, 08, associés à ECOOP - <http://www.icoolps.info/>,
- Co-responsable de la série de workshops internationaux WEH (Exception Handling), 2005 associé à ECOOP et 2008 associé à FSE - <http://www.comp.lancs.ac.uk/computing/WEH.08/>,
- Partenaire organisation workshop DILS'08 (Data Integration in the Life Sciences 2008) - <http://dils2008.lri.fr/>,
- Partenaire du projet européen E-LeGI (2004-2007), dans le cadre du projet ENCORE (Encyclopédie de Chimie Organique Électronique), initié par A. Krief des Facultés Universitaires de Namur,
- Contribution au projet européen «SEAMLESS» (Responsable CIRAD),
- Les publications de l'équipe font apparaître au niveau international les collaborations avec les universités suivantes : Laval, McGill, UQAM (Canada), Seville, Univ. nationale de La Plata (Argentine), Univ. Newcastle-upon-tyne (UK).

L'équipe est responsable ou partenaire dans la réalisation de l'ensemble des logiciels suivants issus de ou liés à ses recherches :

- ERCA (Eclipse Relational Concept Analysis), <http://code.google.com/p/erca>,
- GUMM (Generic and Useful Model Matcher), <http://code.google.com/p/gumm-project>,
- MXL (Model eXchange Language) <http://code.google.com/p/mxl/>,
- Minjava (Reverse Engineering pour du byteCode Java), <http://code.google.com/p/minjava>,
- PRM Langage et Compilateur (Program with Refinement and Modules), <http://www.lirmm.fr/~morandat/index.php/Prm/UM2>,

- SCL (Simple Component Language), <http://www.lirmm.fr/~fabresse/index.php?current=scl>,
- SAGE (Système de gestion d'exceptions pour objets actifs), <http://www.lirmm.fr/~dony/Sage>,
- contribution au développement de MD-WEB, (<http://www.mdweb-project.org/>),
- contribution (composant «Soilwater2») au développement de la plate-forme APES (<http://www.apesimulator.it/>).

Bilan scientifique

Ingénierie des modèles (IDM)

M. Huchard, C. Nebut, G. Arevalo (Postdoc), J.R. Falleri (doct), X. Dolques (doct)

L'ingénierie des modèles est une approche du développement logiciel qui cherche à réduire les coûts de réalisation, de maintenance et de migration. Elle vise à pérenniser des modèles de haut niveau, intégrant les connaissances métiers. De ces modèles métiers sont dérivés par étapes successives les modèles exécutables, liés aux technologies et par nature plus volatiles. Nous étudions cette approche selon quatre axes principaux.

Axe «Analyse Formelle de Concepts (AFC), Analyse Relationnelle de Concepts (ARC) pour la réingénierie des modèles»

Ce premier axe s'intéresse aux aspects théoriques et algorithmiques de l'AFC et de l'ARC ainsi qu'à leurs aspects applicatifs. Ces deux approches permettent la classification d'entités selon des caractéristiques partagées et s'appliquent à de multiples problèmes d'analyse de données en génie logiciel. La recherche d'algorithmes plus efficaces pour le calcul du sous-ordre des concepts objets et attributs a abouti à l'algorithme du « petit poucet » (ICFCA'05 [1]) et à une étude de performance sur les algorithmes existants (ICFCA'07 [2]). La théorie de l'ARC a été publiée dans

un journal (AMAI [3]). L'ARC a été appliquée pour trouver des descriptions exprimées dans une logique de descriptions (ICFCA'07 [4]). Les applications en génie logiciel concernent la découverte de classes dans du code objet mal conçu et la réingénierie de modèles de classes traitée dans le cadre du contrat de recherche externe France-Telecom «FTUML».

L'IDM jette un éclairage nouveau sur cette dernière approche qui s'exprime comme la recherche d'abstractions dans des modèles (ASE'08 [5]). Avec la collaboration de l'équipe TAL/LIRMM des techniques d'analyse de la langue sont actuellement appliquées pour tirer un meilleur parti des descriptions et trouver de meilleures abstractions. Nous avons proposé des outils génériques pour appliquer l'ARC sur des modèles comprenant seulement des entités (MODELS'06 [6]) ou des entités et des méta-entités.

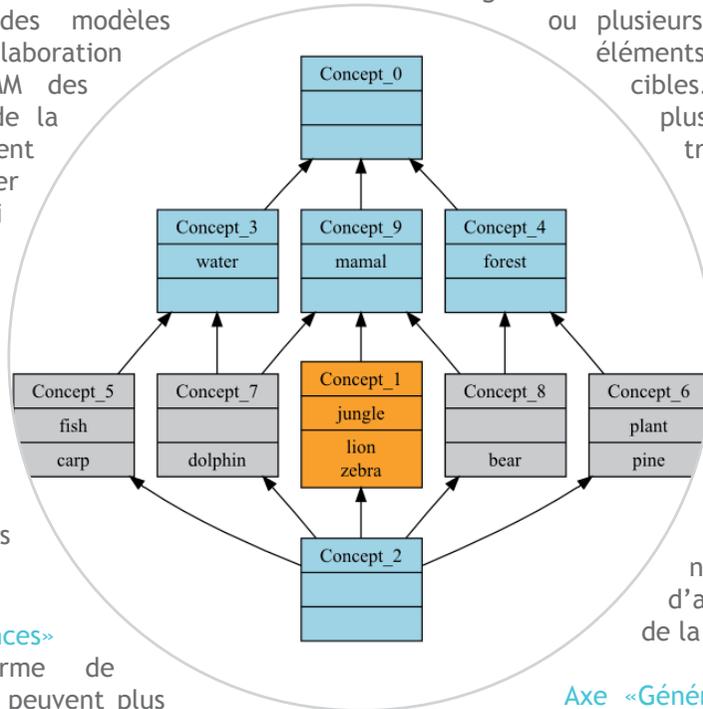
Axe «Analyse des exigences»

Manipulées sous forme de modèles, les exigences peuvent plus facilement être intégrées dans la suite du processus de développement, grâce à l'uniformité de représentation. Par exemple, une série de transformations de modèles a été développée de manière à générer des tests systèmes à partir d'exigences modélisées sous forme de cas d'utilisation augmentés (TSE [7]). Modéliser les exigences peut requérir l'utilisation de plusieurs langages de modélisation : au sein d'un même système, on peut vouloir utiliser des langages de type statechart

pour certaines exigences, des cas d'utilisations documentés par du texte pour d'autres. Ainsi, il nous semble important de proposer des passerelles entre ces langages (MODELS'08 [8]) et de permettre aux différents langages de cohabiter au sein d'un même ensemble d'exigences.

Axe «Traçabilité des transformations»

Les transformations de modèles mettent en œuvre des règles de transformation entre des éléments d'un ou plusieurs modèles sources, vers des éléments d'un ou plusieurs modèles cibles. Afin, entre autre, de pouvoir plus aisément déboguer une transformation de modèle, il est donc primordial de pouvoir la tracer, c'est-à-dire de pouvoir expliciter quel élément cible provient de quel élément source, et ceci le plus automatiquement possible. Nous avons proposé un premier mécanisme de génération automatique de telles traces, de manière non intrusive pour le code de la transformation, en nous basant sur la définition d'aspects dédiés à la génération de la trace.



Axe «Génération de transformations de modèles»

Nous nous sommes intéressés récemment à la génération automatique de transformation de modèles. Nous suivons deux pistes. La première est adaptée à des transformations pour lesquelles on sait écrire facilement des cas concrets (des exemples) et qui concernent des méta-modèles qui peuvent être très différents; elle se base sur l'ARC. L'autre voie génère la transformation à partir d'un appariement des méta-modèles basé

sur le «similarity flooding» (MODELS 08 [9]). Elle est particulièrement adaptée aux cas dans lesquels les méta-modèles sont proches, cas très fréquent en IDM, et ne demande pas la production d'exemples.

Pour le futur

Dans le premier axe, le défi à relever porte sur l'exploitation des classifications obtenues. Une étude de l'apport de l'ARC par rapport à l'AFC sur des modèles Java ou UML a été effectuée qui montre que l'ARC produit des résultats encore trop complexes et qui devront être filtrés par des techniques complémentaires. Une prochaine étape consistera à reconstruire un modèle générique à partir de plusieurs modèles métiers issus de systèmes d'information thématiques. L'application visée est un système d'informations environnementales pour l'analyse de la diffusion des pesticides dans les réseaux hydrologiques (collaboration avec André Miralles, Cemagref). Dans les autres axes, la notion de transformation de modèles est centrale. De nombreuses questions s'ouvrent quant à son incidence dans la traduction et la manipulation de modèles d'exigences. Tracer et générer des transformations sont deux problèmes duaux sur lesquels nous comptons mettre nos efforts. Disposer de théories robustes, implémentées dans des outils fiables dans les environnements de modélisation est nécessaire au succès de l'approche IDM.

Spécifications et Implémentation des Langages à Objets

R. Ducournau, J. Privat (doct.), F. Morandat (doct.)

La programmation par objets s'est imposée comme le paradigme dominant aujourd'hui. Cependant, malgré sa maturité de 30 ans, certaines questions de spécifications et d'efficacité restent ouvertes. Sur le plan des spécifications, des notions aussi fondamentales que l'héritage multiple ou les modules sont toujours mal spécifiées dans les langages existants. Sur le plan de

l'efficacité, le passage à l'échelle des implémentations de C++ et Java reste douteux : pour C++, l'espace requis est cubique dans le nombre de classes et pour Java les interfaces ne sont en général pas implémentées en temps constant. L'objectif de ce travail commencé au début du millénaire est triple : (i) combler les lacunes de spécifications, en particulier de l'héritage multiple et du raffinement par modules, (ii) étudier les techniques d'implémentation et des schémas de compilation, (iii) se doter d'une plate-forme d'expérimentation systématique.

En synthèse, nous avons conçu de nouvelles techniques d'implémentation, un nouveau langage (PRM) doté d'un compilateur original qui nous fournit, depuis début 2009, une plate-forme d'expérimentation permettant de tester toutes les techniques d'implémentation connues. Un workshop ECOOP a été lancé en 2006 par R. Ducournau et O. Zendra (INRIA Lorraine) sur ce thème global de l'implémentation et de l'optimisation des programmes objets (ICOOLPS 2006 à 2009) [10].

a) L'étude théorique des implémentations des langages à objets a été poursuivie durant la période 2005-2008. Une synthèse doit paraître en 2009 dans Computing Surveys [11] et 2 techniques ont été étudiées plus en détail. Le hachage parfait est une technique nouvelle qui devrait donner de très bons résultats pour implémenter les interfaces Java et à fait l'objet d'un article de ACM TOPLAS [12]. La coloration est la synthèse de trois techniques proposées de façon indépendante dans les années 90 qui est très efficace en édition de liens globale.

b) Jean Privat (thèse soutenue en juillet 2006) a spécifié un langage (PRM) et un schéma de compilation qu'il a implémenté de façon ad hoc en Ruby. Le langage présente quelques traits intéressants : héritage multiple, types virtuels mais surtout une notion très puissante de modules et de raffinement de classes. Le schéma de compilation concilie la compilation séparée

et des optimisations, en utilisant diverses techniques d'implémentation très efficaces comme la coloration ou les arbres de dispatch. Jean Privat est maintenant professeur à l'UQAM, après un post-doc à Purdue, et nous poursuivons la collaboration autour de PRM (et de son avatar québécois NIT).

c) Floréal Morandat (thèse commencée en 2006) poursuit le travail de J. Privat. Il a réalisé le bootstrap du compilateur PRM qui sert maintenant de plate-forme de test pour comparer l'efficacité des différentes techniques d'implémentation et schémas de compilation «toutes choses égales par ailleurs». La plate-forme de test est opérationnelle et plusieurs dizaines de techniques ont commencé à être testées sur une dizaine de processeurs différents. Les premiers résultats ont été publiés à LMO 2009 [13] et acceptés à OOPSLA'09 [14].

Pour le futur

La suite des travaux passe par la continuation du développement du compilateur PRM. Par ailleurs, une thèse CIFRE est en cours de discussion avec une startup Montpelliéraine sur la réalisation d'un compilateur .NET embarqué et un projet européen est en cours de montage pour la conception d'un langage mathématique dédié au traitement du signal (R. Ducournau, C. Dony, collaboration ARITH : P. Giorgi).

Composants et Services

M. Huchard, C. Tibermacine, Z. Azmeh (doct), J.-R. Falleri (doct), N. Desnos (doct. EMA), F. Hamoui (doct. EMA), G. Arevalo (postDoc.) collaboration avec l'EMA-LGI2P (C Urtado, S Vauttier).

Le développement par composants est un nouveau domaine actif du génie logiciel dans lequel on étudie la spécification et la réalisation des applications par assemblage de composants réutilisables développés

indépendamment les uns des autres. Le composant est une abstraction de plus haut niveau que l'objet en ce qu'il spécifie, ou expose, non seulement les services ou opérations qu'il fournit mais également ceux qu'il requiert ainsi que la façon dont il peut être paramétré. L'approche à composants introduit également les connexions entre composants, desquelles résultent les assemblages. Les connexions peuvent être réalisées de façon extérieure aux composants, par exemple par un architecte logiciel.

L'ensemble des études réalisées en 2005-2008 dans l'équipe DOC ont porté sur deux grands axes du logiciel à composants et services :

d'une part l'étude de la composition, des dépendances d'assemblage, de la constitution d'annuaires et d'autre part la réalisation de langages de modélisation, de programmation et de description d'architectures dédiés à ce nouveau paradigme.

Axe «Recherche, Composition, Annuaires»

Deux points de vue complémentaires sur les architectures à base de composants et de services sont étudiés.

Le premier concerne l'aide à l'assemblage de composants par une résolution des dépendances ainsi que l'aide à la substitution de composant en cas de défaillance ou d'évolution des besoins (CBSE'07 [15], JSME [16]). L'approche consiste à décrire les interactions prévues dans des ports à différents niveaux d'imbrication. Ces ports facilitent ensuite la résolution des dépendances en favorisant la découverte des assemblages corrects syntaxiquement tout en restant dans des temps de calcul réalistes. La substitution est traitée en permettant le remplacement d'un composant par un assemblage plutôt que par un unique composant comme le proposent les méthodes existantes, ce qui fait sa force. Pour la résolution de dépendances, il est clair que la recherche des composants dans un répertoire existant est un élément d'efficacité, ce qui nous amène au deuxième volet décrit ci-après.

Le deuxième point de vue s'intéresse à la construction d'annuaires de composants ou de services web. Partant

d'une extension aux composants du typage dans les langages à objets, nous proposons tout d'abord un modèle de description syntaxique des composants qui permet de construire une classification des fonctionnalités, des interfaces et enfin des composants (IJGS [17]). Ces différentes classifications, dont chacune s'appuie sur les éléments classés à l'étape précédente, sont élaborées à l'aide de l'AFC. Elles permettent tout à la fois de lire aisément les relations de substitution entre composants et de découvrir des fonctions, des interfaces ou des composants plus généraux (auxquels d'autres peuvent se substituer), dont l'usage dans des assemblages assure une certaine généralité à la construction. Nous avons également débuté l'étude du catalogage de services web, toujours en exploitant les propriétés de l'AFC pour la construction de classifications.

Axe « Langages de Modélisation, de Programmation et de Description d'Architectures »

Le projet COSARC, mené en collaboration avec le département Robotique du LIRMM (David Andreu), a constitué une première étude relative à la programmation par composants. Il a été réalisé autour de la thèse de Robin Passama soutenue en juin 2006, portant sur une approche par objet et par composants pour la spécification et la programmation de contrôleur de robots. Sur la base d'une analyse objet d'un contrôleur typique de robot d'intervention, nous avons imaginé un langage de spécification et de programmation par composant dédié, qui a ouvert la voie dans ce contexte à une approche de développement permettant une réutilisation des objets et des procédés novatrice (JESA'08 [18], CESA06 [19]). Dans le projet COSARC, nous avons également fait le constat de diversité actuelle des modèles de composants et, parallèlement, celui de l'absence de vrais langages de programmation par composants. Les rares prototypes existants laissent de nombreuses questions non traitées ou laissent au programmeur le choix cornélien de savoir s'il doit implémenter un concept par un objet ou par un composant, les deux entités n'ayant pas dans ces

langages les mêmes propriétés.

Le projet SCL a été en premier lieu mené autour de la thèse de Luc Fabresse soutenue en 2007, dans laquelle sont explicitées les abstractions et les structures de contrôles essentielles de la programmation par composants via le développement d'un langage SCL (Simple Component Language) opérationnel (CLSS08 [20], ESUG07 [21]). SCL est accessible en ligne (voir <http://www.lirmm.fr/~fabresse/>). SCL propose un noyau minimal qui permet la programmation de base (interfaces, invocation de services au travers de ports, connexions et composants connecteurs, passage de composants en arguments, autoréférence, rock-bottom composants). Sur ce noyau de base est implantée une couche de connexion intégrant la notion d'aspect. Le projet se poursuit avec la suite du développement du langage et la réalisation d'un langage de description d'architecture (CLACS) dont les applications sont compilées vers SCL (thèse d'Asadulla Kehar débutée en 2008). Une adaptation du langage SCL dans le domaine des applications Web est en cours d'étude (stage M2 de Fahad Golda débuté en janvier 2009). Ce travail se place dans la continuité des recherches débutées en 2007, en collaboration avec le VALORIA, et portant sur la construction du tiers présentation des applications Web riches avec des composants logiciels hiérarchiques (WISE'07 [22]).

Pour le futur

La prospective pour l'axe «Recherche, Compositions, Annuaire» porte sur l'évolution des techniques de catalogage et de recherche facilitant ou en automatisant l'adaptation, la construction et la maintenance d'assemblages. Un défi du domaine consiste à mettre à disposition des environnements permettant à terme à l'utilisateur grand public de construire des exigences, ou un scénario, ou encore un assemblage basé sur une vue haut niveau de composants ou de services existants, puis qui génère automatiquement une architecture exécutable. Une application en début d'étude avec

l'EMA concerne le domaine de la domotique.

Pour l'axe «Langages», le premier défi relatif est de finaliser la réalisation d'un langage de modélisation d'architecture (évolution de CLACS) et celle d'un véritable langage de programmation par composants (évolution de SCL) réflexif (permettant la transformation de modèles) et intégrant l'héritage entre descripteurs. Un défi global du domaine est de d'explicitier le passage du concept de référence à celui de connexion, qui constitue une évolution majeure liée à l'approche «composant». En particulier, il est indispensable, si toutes les entités manipulées dans un programme sont des composants, de pouvoir les passer en argument aux services, ce qui suppose donc de régler le problème du «passage par connexion». Un langage de modélisation d'architecture doit permettre l'expression de modèles structurels de composants incluant des descripteurs de composants analogues aux classes et de modèles d'applications présentant des composants inter connectés, la distinction entre ces deux sortes de modèles et les transformations correspondantes n'étant actuellement pas réalisées. In fine, nous pensons que le composant englobe les notions d'aspect et de service et un défi pour les langages précédemment évoqués est de les intégrer harmonieusement.

Ingénierie des systèmes d'information des systèmes complexes

T. Libourel, I. Mougnot, P. Reitz, P. Vismara, B. Valery (doct), A. Miralles (doct. puis assoc. - CEMAGREF), M-A. Laporte (doct.), Y. Lin (doct), P. Martin (doct.), C. Laurengo (assoc. - ENSCM HMM/LSIC UMR 5076), P. Jaufret (assoc. - ENSCM HMM/LSIC UMR 5076)

Ce thème recouvre des activités de modélisation et de raisonnement liées à la prise en compte de données complexes relevant des domaines environnementaux et du monde de la chimie organique et ce pour mieux comprendre les systèmes les intégrant.

Axe « Systèmes d'information environnementaux »

Les systèmes d'information des systèmes complexes nécessitent une méthodologie de mise en œuvre spécifique. Les problèmes peuvent être appréhendés à partir de divers paradigmes (objets et composants, modèles discrets, etc.). Les architectures, notamment dans le cadre d'Internet, doivent de même être pensées en termes de distribution et de localisation de l'information. Les modèles sont au cœur de nos préoccupations : la méta-modélisation (MOF), les approches basées sur des transformations de modèles (MDA), ainsi que l'intégration des techniques d'intelligence artificielle (ontologies, représentation des connaissances, couplage de modèles dynamiques) font partie intégrante de notre démarche. Nous classons les résultats de nos travaux dans les catégories suivantes.

a) Méthodologie et outil d'aide à l'analyse et à la conception de systèmes d'information mettant en œuvre l'information géoréférencée. Ces travaux ont été menés notamment au cours de la thèse d'André Miralles et testé dans le cadre du projet ANR sur la « Conception d'Observatoires de Pratiques Territorialisées » (COPT). La réflexion a porté sur la mise en œuvre d'une méthode de conception de Systèmes d'Information Géographique adaptée à un processus de développement permettant le prototypage rapide et assurant la capitalisation des connaissances. La méthode assure la gestion, la cohérence et la traçabilité des modèles représentant les phases de développement successives (analyse, conception et implémentation) d'un système d'information et s'appuie sur des transformations de modèles. L'outil final a été implémenté dans l'atelier de génie logiciel Objecteering. Ces diverses avancées ont donné lieu à plusieurs publications dans des revues ou journaux et communications (Encyclopedia of Geographical Information Sciences [23], Systèmes d'Information Spatio-Temporels Revue ISI 2005 [24]).

b) Architectures de médiation et d'intégration de

données (géoréférencées et biologiques) réalisées à partir de métadonnées et ontologies. Cette thématique est menée en collaboration avec plusieurs organismes de recherche montpelliérains (Cirad, Cemagref, IRD). Les propositions relatives à la localisation puis à l'intégration de données ont donné lieu à diverses publications et présentations : Multimedia Tools and Applications [25]. Nous avons aussi mené des réflexions relatives à la qualité de l'information et à la traçabilité (mise en place de chaînes de traitements INFORSID'08). L'ensemble des réflexions est matérialisé par notre contribution au développement d'un outil de localisation et de mutualisation (MD-Web, <http://www.mdweb-project.org/>) en partenariat régional avec l'IRD, le Cemagref et la région Languedoc-Roussillon.

c) Couplage de modèles de simulation numériques et prise en compte des hétérogénéités d'échelle en appréhendant le modèle sous la forme d'une représentation de connaissances. Ce chantier a été conduit dans le cadre de la thèse de Pierre Martin et du projet européen SEAMLESS. Les travaux visent à apporter une solution au couplage de modèles en vue de simuler le comportement de systèmes agricoles. L'utilisation d'un formalisme mathématique (théorie catégorielle) a permis la réalisation du composant Soilwater2 inséré dans la plateforme APES (<http://www.apesimulator.it/>)

Pour le futur

La prospective sur cet axe reste liée à la compréhension des phénomènes complexes. Nous postulons que la discrétisation de ces phénomènes reste un enjeu majeur (agrégation/désagrégation), et qu'il est indispensable de traiter les changements d'échelles spatiales et temporelles intervenant dans les processus. Le domaine relevant de sciences expérimentales (domaines environnementaux), la pérennité des expérimentations et des modélisations doit être réalisée par une chaîne complète et continue de traitements depuis l'acquisition jusqu'à l'aide à la décision. Cela nécessite l'intégration et l'assemblage de services ou

traitements en s'appuyant sur la connaissance experte des domaines concernés. Ces perspectives s'inscrivent dans la ligne de plusieurs projets en cours de montage :

- a) Conception d'Observatoires Environnementaux (phénomènes anthropiques et naturels, risque, santé et écologie) que nous comptons mener en collaboration avec les universités Antilles-Guyane, de La Réunion et de Nouvelle Calédonie,
- b) Réalisation de modèles de chaînes de traitements (projet Cartam-Sat IRD),
- c) Construction collaborative d'ontologies (projet Ontotrait collaborations internationales avec des partenaires hollandais, allemand et américain).

Axe « Systèmes d'information en Chimie »

La modélisation de systèmes d'information pour la chimie est une activité historique de l'équipe puisqu'elle développe depuis dix ans le système RESYN, un système de RCO où sont combinés programmation par objets, raisonnement par classification et raisonnement à partir de cas. De tels systèmes sont utilisés par les chimistes pour résoudre des problèmes comme la synthèse de molécules complexes. Il s'agit non seulement de modéliser et de représenter les objets complexes que sont les structures moléculaires et les réactions mais aussi de concevoir les algorithmes permettant de percevoir les propriétés de ces objets.

Cette modélisation des objets chimiques s'est notamment effectuée dans le cadre d'une participation au projet européen ENCORE (Encyclopédie de Chimie Organique électronique). Nous avons poursuivi notre travail sur la comparaison de graphes chimiques et plus particulièrement la recherche de symétries potentielles dans une molécule [26]. Dans le cas des réactions chimiques, nous avons abordé le problème du mapping entre les atomes des réactifs et des produits. Ce problème s'apparente à la recherche d'un plus grand sous-graphe commun [27]. Dans le cadre d'un PEPS sur l'extraction de connaissances dans les bases de données

chimiques, avec le LORIA Nancy et l'ENSC Montpellier, nous avons étudié la classification d'objets chimiques et mis en pratique le prototype Resyn-Assistant d'aide à l'analyse de molécules que nous développons depuis 1998. Nous avons également proposé une formalisation opérationnelle de la notion de cycles aromatiques et conçu et implémenté un algorithme de perception. Ces deux derniers travaux ont abouti à des articles soumis à une revue internationale.

Pour le futur

La prospective sur cet axe reste liée à un des principaux défis relatifs aux systèmes d'information pour la chimie: la conception d'outils génériques pour comparer des objets chimiques (sous-structures moléculaires) en s'appuyant sur des modélisations de la connaissance du domaine.

Fiabilité du Logiciel

C. Dony, C. Nebut, C. Tibermacine, F. Souchon (Doct.), collaboration EMA-LGI2P (C. Urtado, S. Vauttier).

Une part des travaux de DOC est axée sur l'aide à la fiabilisation des applications, toujours dans le contexte du génie logiciel pour les objets et composants»; nous l'étudions selon deux axes : d'une part la génération efficace de jeux de tests et, d'autre part, la définition de systèmes de gestion des exceptions adaptés aux nouveaux langages et architecture logicielles

Pour s'assurer de la qualité d'un logiciel, une des pratiques les plus utilisées est le test, qui intervient à différentes phases de construction d'un logiciel (tests unitaires, d'intégration, système). L'écriture des tests est coûteuse, et se base, selon la phase de test, sur des documents de type exigences, analyse, ou conception. Automatiser l'écriture des tests, au moins partiellement, est possible dès lors que ces documents sont interprétables de manière non ambiguë. Nous

avons proposé (TSE'06 [28]) une approche de génération automatique de tests système à partir d'exigences sous forme de cas d'utilisation documentés par des contrats (pré- et post- conditions en logique du premier ordre). Cette approche a été adaptée de manière à permettre son application aux lignes de produits logicielles (SPL'06 [29]).

Définir des systèmes de gestion des exceptions adaptés à la programmation par objets a été un des problèmes des années 90 et constitue un des points d'activité historique de notre équipe. Nous avons reconsidéré cette question dans les années 2000 d'une part pour les applications de nouveaux types : web, mobiles, distribuées, ambiantes, parcellisées, assemblées à base de composants et d'autre part pour la spécification de la gestion des exceptions au niveau des modèles (selon une approche MDA). Pour ce qui est du premier point, une étude de longue portée a été engagée pour spécifier un système de gestion des exceptions générique (SAGE) (LNCS'06 [30]) dédié à toutes les formes d'objets actifs, selon la définition de G.C.Schmidt, qui englobe aussi bien les agents que divers types de composants comme les MDBs. La définition de ce système et une mise en œuvre dans le SMA MadKit ont fait l'objet de la thèse de Frédéric Souchon (soutenue en 2005). Une extension de ce système est aujourd'hui au cœur du projet ANR FACOMA, en collaboration avec le LIP6, qui s'intéresse à la fiabilité des applications à agents ou composants via les mécanismes de répllication et de gestion d'exceptions. Un système d'agents répliqués et tolérants aux fautes est ainsi en cours de réalisation. Pour ce qui est du second point, l'article (MODELS'05 [31]), réalisé en collaboration avec Jörg Kientzle (McGill University, Canada) pose les bases d'une spécification en UML des situations exceptionnelles dans une application. Notre activité dans ce domaine se reflète enfin par l'animation de la recherche; nous avons co-organisé sur ces thématiques deux ateliers internationaux associés aux conférences ECOOP'05 et FSE'08 ([32, 33]) et co-édité un ouvrage de synthèse (LNCS'06 [34]).

Pour le futur

La prospective et les défis dans ces domaines peuvent se résumer en trois grands points : a) il n'existe encore aucun langage de programmation à objet ni a fortiori a composants qui propose un système et des stratégies de gestion des exceptions qui emporte l'adhésion des développeurs, b) il n'existe pas de système satisfaisant pour gérer les exceptions dans les applications à base de composants (type EJB) ou de web-services, c) on cherche toujours une approche systématique pour spécifier et gérer les exceptions à travers les étapes du cycle de vie. Il est prévu que les collaborations précédemment décrites se poursuivent sur ces sujets.

Prospective Générale

L'équipe DOC a su créer, aussi bien en recherche qu'en enseignement, avec les parcours GL (Génie Logiciel) et SIIG3T (Système d'Information et Informations Géographiques pour la Gestion et la Gouvernance du Territoire), des structures solides et dynamiques au service de notre thématique globale de développement du génie logiciel à objets et composants. Elle propose un panel de résultats novateurs illustrés par les sections précédentes, couvrant un large spectre de notre domaine global.

Elle a par ailleurs su se renforcer par une politique active de recrutement et d'expansion. Outre Clémentine Nebut en 2005 et Chouki Tibermacine en 2007, l'équipe a bénéficié en 2008 de l'arrivée de Abdelhak Seriai. Ses activités sont centrées autour de la réingénierie, la restructuration et l'évolution des systèmes orientés objet et composants. Dans ce cadre, il travaille sur l'extraction d'architectures à base de composants à partir de système orientés objet, l'identification de composants réutilisables à partir de systèmes patrimoniaux, l'adaptation structurelle des systèmes à base de composants, l'évolution et la restructuration

dirigées par les modèles, les patrons d'évolution et de restructuration, ainsi que sur la modélisation de la variabilité pour permettre de traiter l'adaptation dynamique de systèmes complexes dans le cadre d'un contrat CIFRE qui vient d'être signé en 2009 avec le groupe Thales. L'ensemble de ses travaux s'intègre parfaitement à nos axes «composant logiciel» et «ingénierie dirigée par les modèles».

Au delà des plans prospectifs propres à chaque thème listé précédemment, l'avenir se situe dans la continuation de l'effort global, allant vers la création d'un pôle régional sur nos thématiques intégrant nos partenaires de l'école des mines d'Ales et les instituts de recherche locaux via nos chercheurs associés, et vers une matérialisation plus importante sur le plan contractuel des nombreuses collaborations régionales, nationales et internationales que nous possédons. Nous avons aujourd'hui la structure pour monter des projets plus larges offrant un continuum, de l'ingénierie des modèles jusqu'à la production de code dans les langages les plus performants du point de vue de l'efficacité, de la réutilisation et de la modularité. A ce titre, nous travaillons actuellement sur le montage de trois projets qui concernent respectivement les plates-formes de compilation (thèse CIFRE débutant en 2009 avec la société CORTUS), la modélisation, réingénierie et développement par composants (thèse débutant en 2009 et contrat de collaboration avec IBM dans le cadre du projet RIDER) et enfin l'application de l'IDM aux sciences du vivant (thèse débutant en 2009 avec le CEMAGREF).

Publications significatives

- [1] Efficiently Computing a Linear Extension of the Sub-Hierarchy of a Concept Lattice
Berry A., Huchard M., Mcconnell R. M., Sigayret A., Spinrad J.
ICFCA'05: International Conference on Formal Concept Analysis, February 14, pp. 208-222, 2005
- [2] Comparison of Performances of Galois Subhierarchy-building Algorithms
Arevalo G., Berry A., Huchard M., Perrot G., Sigayret A.
ICFCA'07: 5th International Conference Formal Concept Analysis, February 12, pp. 166-180, 2007
- [3] Relational Concept Discovery in Structured Datasets
Huchard M., Hacene Rouane M., Roume C., Valtchev P.
Annals of Mathematics and Artificial Intelligence, Vol. 49, pp. 39-76, 2007
- [4] A Proposal for Combining Formal Concept Analysis and Description Logics for Mining Relational Data
Hacene Rouane M., Huchard M., Napoli A., Valtchev P.
ICFCA'07: 5th International Conference Formal Concept Analysis, February 12, pp. 51-65, 2007
- [5] A Generic Approach for Class Model Normalization
Falleri J.-R., Huchard M., Nebut C.
ASE'08: 23rd International Conference on Automated Software Engineering, September 15, pp. 431-434, 2008
- [6] Building Abstractions in Class Models: Formal Concept Analysis in a Model-Driven Approach
Arévalo G., Falleri J.-R., Huchard M., Nebut C.
MoDELS 2006, October 01, pp. 513-527, 2006
- [7] Automatic Test Generation: A Use Case Driven Approach
Nebut C., Fleurey F., Le Traon Y., Jezequel J.M.
IEEE Transactions on Software Engineering, Vol. 32, pp. 140-155, 2006

- [8] Visualization of Use Cases Through Automatically Generated Activity Diagrams
Gutierrez Rodriguez J., Nebut C., Escalona Cuaresma M., Mejias Risoto M., Ramos Roman I.
Models'08: 11th International Conference on Model Driven Engineering Languages and Systems, 2008
- [9] Meta-model Matching for Automatic Model Transformation Generation
Falleri J.-R., Huchard M., Lafourcade M., Nebut C.
MODELS'08: 11th International Conference on Model Driven Engineering Languages and Systems, September 28, pp. 326-340, 2008
- [10] Implementation, Compilation, Optimization of Object-Oriented Languages, Programs and Systems-Report on the Workshop ICOOLPS'2006 at ECOOP'06
Ducournau R., Gagnon E., Krintz C., Mulet P., Vitek J., Zendra O.
Object-Oriented Technology. ECOOP 2006 Workshop Reader, Lecture Notes in Computer Science (LNCS) 4379, C. Consel, M. Südholt(Eds), Springer, 2007
- [11] Implementing Statically Typed Object-Oriented Programming Languages
Ducournau R.
ACM Computing Surveys, Vol. 41, p. 80, 2009
- [12] Perfect Hashing as an Almost Perfect Subtype Test
Ducournau R.
ACM Transactions on Programming Languages and Systems, Vol. 30, p. 56, 2008
- [13] Évaluation de l'efficacité des implémentations de l'héritage multiple en typage statique
Morandat F., Ducournau R., Privat J.
LMO'09 : Langages et Modèles à Objets, 25 mars, pp. 17-32, 2009
- [14] Empirical Assessment of Object-Oriented Implementations with Multiple Inheritance and Static Typing

- Ducournau R., Morandat F., Privat J.
OOPSLA'09: Object-Oriented Programming, Systems, Languages, and Applications, October 25, p. 18, 2009
- [15] Automated and Unanticipated Flexible Component Substitution
Desnos N., Huchard M., Urtado C., Vauttier S., Tremblay G.
CBSE'07: 10th International ACM SIGSOFT Symposium on Component-Based Software Engineering, July 09, pp. 33-48, 2007
- [16] Search-based many-to-one component substitution
Desnos N., Huchard M., Tremblay G., Urtado C., Vauttier S.
Journal of Software Maintenance and Evolution Research and Practice, Vol. 20, 5, pp. 321-344, 2008
- [17] Formal Concept Analysis-Based Service Classification to Dynamically Build Efficient Software Component Directories
Arévalo G., Desnos N., Huchard M., Urtado C., Vauttier S.
International Journal of General Systems, Vol. 38, pp. 427-453, 2009
- [18] COSARC : Un langage de composants pour l'ingénierie des architectures robotiques. Pourquoi utiliser des composants, et quels composants ?
Passama R., Andreu D., Dony C., Libourel T.
Journal Européen des Systèmes Automatisés, Vol. 42, pp. 439-458, 2008
- [19] Formalizing, Implementing and Reusing Controllers Behavior and Interactions
Passama R., Andreu D., Dony C., Libourel T.
CESA'06: IEEE-IMACS International Conference on Computational Engineering in Systems Applications, October 04, p. 8, 2006
- [20] Foundations of a Simple and Unified Component-Oriented Language
Fabresse L., Dony C., Huchard M.
Journal of Computer Languages, Systems & Structures, Vol. 34, pp. 130-149, 2008
- [21] SCL: a Simple, Uniform and Operational Language for Component-Oriented Programming in Smalltalk
Fabresse L., Dony C., Huchard M.
ISC'06: International Smalltalk Conference, September 04, pp. 91-110, 2007
- [22] Building the Presentation-Tier of Rich Web Applications with Hierarchical Components
Kadri R., Tibermacine C., Le Gloahec V.
The 8th International Conference on Web Information Systems Engineering, December 07, pp. 001-012, 2007
- [23] Modeling with Enriched Model Driven Architecture
Miralles A., Libourel T.
Encyclopedia of Geographical Information Sciences, Computer Science, Springer US, ISBN: 978-0-387-30858-6 (Print) 978-0-387-35973-1 (Online), 2008
- [24] Systèmes d'Information Spatio-Temporels
Libourel T., Servigne S.
Vol. 10, T. Libourel, S. Servigne(Eds), ISBN: 2-7462-1267-6, 2005
- [25] A Metadata Service for Integrated Management of Knowledges Related to Coastal Areas
Barde J., Libourel T., Maurel P.
Multimedia Tools and Applications, Vol. 25, pp. 419-429, 2005
- [26] Maximum Symmetrical Split of Molecular Graphs. Application to Organic Synthesis Design
Vismara P., Tognetti Y., Laurencio C.
Journal of chemical information and modeling, Vol. 45, pp. 685-695, 2005
- [27] Finding Maximum Common Connected Subgraphs Using Clique Detection or Constraint Satisfaction Algorithms
Vismara P., Valery B.
MCO'08: Modelling, Computation and Optimization in Information Systems and Management Sciences, pp. 364-374, 2008
- [28] Automatic Test Generation: A Use Case Driven Approach
Nebut C., Fleurey F., Le Traon Y., Jezequel J.M
IEEE Transactions on Software Engineering, Vol. 32, 3 pp.140-155, 2006
- [29] System Testing of Product Lines: From Requirements to Test Cases
Nebut C., Le Traon Y., Jézéquel J.-M.
Software Product Lines - Research Issues in Engineering and Management, Timo Käkölä, Juan C. Dueñas (Eds), ISBN: 978-3-540-33252-7, 2006
- [30] Exception Handling and Asynchronous Active Objects: State of the Art Elements
Dony C., Urtado C., Vauttier S.
2007
- [31] Exceptional Use Cases
Shui A., Mustafiz S., Kientzle J., Dony C.
ACM/IEEE: 8th International Conference on Model Driven Engineering Languages and Systems, October 02, 20 p., 2005
- [32] Foundation of Software Engineering - Proceedings of WEH'08, The 4th International Workshop on Exception Handling
Garcia A., Dony C., Kientzle J., Romanovsky A. B.
ACM Digital Library, ISBN: 9781-605-5822-9-0, 2008
- [33] Developing Systems that Handle Exceptions
Roman Ocampo D., Dony C., Knudsen J.-L., Tripathi A.
2005
- [34] Exception Handling and Asynchronous Active Objects: Issues and Proposal
Dony C., Urtado C., Vauttier S.
Dans Advances Topics in Exception Handling Techniques, Springer-Verlag (Ed.) LNCS Vol. 4119, pp. 081-101, ISBN 0302-9743, 2006

IDC

Ingénierie des Données et des Connaissances

Laboratoire d'Informatique, de Robotique et de Microélectronique de Montpellier

Département Informatique

Responsable :

Zohra Bellahsène
bella@lirmm.fr
tel: +33 4 67 41 85 35

BASES DE DONNÉES DISTRIBUÉES, INTÉGRATION DE DONNÉES, OPTIMISATION DE REQUÊTES, RÉPLICATION DE DONNÉES, SYSTÈMES DISTRIBUÉS A GRANDE ECHELLE (P2P, GRID, CLOUD), WEB SÉMANTIQUE

● Présentation

Le projet IDC s'intéresse aux modèles et aux mécanismes permettant de concevoir et mettre en oeuvre l'intégration de données et de connaissances dans les grands systèmes distribués notamment dans les systèmes P2P. Il cherche à développer des solutions innovantes en particulier pour :

- réconcilier des données répliquées et partagées,
- réconcilier des structures de données hétérogènes (schémas bases de données, DTD, etc.),
- optimiser l'accès aux données par des vues matérialisées.

La spécificité des méthodes proposées est de combiner des techniques relevant des domaines des systèmes distribués, des bases de données et de l'algorithmique de l'intelligence artificielle.

● Composition de l'équipe (Mai 2009)

Permanents	• Bellahsène Zohra	01/01/1995	PR UM2
	• Cart Michelle	27/09/1999	MCF UM2
	• Coletta Rémi	01/10/2002	MCF UM2
	• Ferrié Jean	27/09/1999	PR UM2
Associés	• Pons Jean-François	27/09/1999	MCF UM2
Doctorants	• Ngo Duy Hoa	01/09/2009 - 31/12/2011	
	• Duchateau Fabien	01/10/2006 - 31/12/2009	
	• Khalid Saleem	01/10/2005 - 31/12/2008	

● Publications (du 01/01/2005 au 31/08/2009)

	ACL	ACLN	ASCL	INV	ACTI	ACTN	COM	AFF	OS	OV	DO	AP	BV	Prix	Orga
2005-2009	4			1	17	3			2		4	14			2

● Faits marquants

- Coordination nationale du projet ANR ARA masse de données (2006-2009)
- FORUM : Système de médiation basé sur la sémantique pour des applications à large échelle
- Présidence de comité de programme de CAiSE 2008
- Organisation XML DataBase symposium depuis 2003
- Organisation à Montpellier de CAiSE 2008
- Organisation à Montpellier d'OTM 2006 : CoopIS, DOA, ODBase
- Projet ARC INRIA (2006-2007) RECALL : Réplication optimiste pour l'Édition Collaborative massive sur réseau P2P
- Projet ANR (2009-2011) DataRing : Partage de données en P2P pour communautés en ligne

● Collaboration avec d'autres équipes du LIRMM

- Équipe TAL dans le cadre du projet ANR Forum

● Collaborations Nationales

- Mohand-Said Hacid, LIRIS Univ. Lyon 1
- Pascal Molli, LORIA, Nancy
- François Pinet, Cemagref Clermont-Ferrand
- Olivier Pivert, IRISA-ENSSAT
- Marc Shapiro, LIP6, Paris
- Farouk Toumani, LIMOS Univ. Clermont-Ferrand
- Patrick Valduriez, INRIA, Nantes

● Coopérations Internationales

- Institut de Technologie de Bandung, Indonésie, Réconciliation dans les environnements P2P (2006-2008)
- University of Toronto, Canada, Découvertes de correspondances entre schémas XML, Renée J. Miller, professeure invitée 2009
- Israel Institute of Technology, Israël, visite de Avigdor Gal, 2008
- University of Strathclyde, UK, Ela Hunt, Intégration de données
- Imperial College de Londres, UK, Peter McBrien, Intégration de données
- Michel Léonard, Université de Genève, co-organisation de CAiSE'08
- Rainer Unland, University of Duisburg-Essen, co-organisation de XML Database Symposium depuis 2003
- Michael Rys, Microsoft research (USA), co-organisation de XML Database Symposium depuis 2003

● Contrat / Transfert et valorisations

- Collaboration avec la société LRD : étude de faisabilité du passage à l'échelle des techniques d'optimisation et de planification de tournées de véhicules, 2009
- Projet PICS avec Dublin University (co-financé par le CNRS et Embark Ireland), XPeer : Intégration et optimisation de données XML dans les environnements à grande échelle (2006-2008)
- Projet ANR (2009-2011) DataRing : Partage de données en P2P pour communautés en ligne
- Projet ANR ARA masse de données (2005-2008) FORUM : Système de médiation basé sur la sémantique pour des applications à large échelle
- Projet ARC INRIA (2006-2007) RECALL: Réplication optimiste pour l'Édition Collaborative massive sur réseau P2P
- TourSolveur : une bibliothèque de résolution du problème d'optimisation de tournées de véhicules, développée dans le cadre du contrat avec la société LRD. Basé sur la librairie de programmation par contraintes Choco (choco.emn.fr). L'outil ainsi que son interface graphique, basée sur Google Map sont accessibles en ligne : <http://constraint.lirmm.fr/gmap/>
- NursePlanning est un outil d'aide à la réalisation de planning d'infirmières. A partir des souhaits des infirmières, le logiciel propose des plannings complets, respectant l'ensemble des contraintes métiers et légales du service hospitalier. L'outil, ainsi que son interface graphique sont accessibles en ligne : <http://constraint.lirmm.fr/nurses/>

● Plateformes logicielles

- XBenchMatch : un benchmark pour évaluer des outils de découverte de correspondances entre schémas de bases de données. Il est actuellement en cours d'extension pour prendre en compte les outils d'alignement d'ontologies. Logiciel en ligne : <http://lirmm.fr/~duchatea/XBenchMatch>
- PORSCHE : un outil d'intégration de schémas dans le contexte du large échelle (très grands schémas ou très grand nombre de schémas). Ce logiciel est basé sur la fouille d'arbre et utilise une structure d'encodage d'arbre qui permet d'optimiser l'espace de recherche lors de la recherche de concepts similaires entre schémas (sous forme d'arbre)
- MatchPlanner : est un outil de découverte de correspondances basé sur un arbre de décision pour combiner les mesures de similarité les plus appropriées pour un domaine donné. L'arbre de décision est appris automatiquement. En ligne : <http://lirmm.fr/~duchatea/MatchPlanner>

Problématique scientifique et objectifs

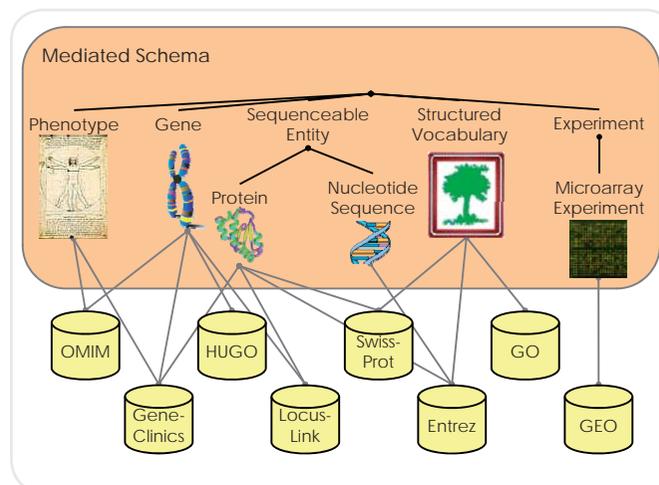
Le projet IDC s'intéresse à la gestion de grandes masses de données produites par de nombreuses sources. Ces données peuvent être distribuées, hétérogènes, partagées, répliquées, évolutives, mobiles, etc. Le besoin d'intégrer et d'analyser des grandes masses de données est présent dans de nombreux domaines d'applications comme la génomique, l'environnement, la médecine, le commerce électronique et les communautés virtuelles. Ces données sont, après intégration, utilisées par des systèmes d'aide à la décision, des échanges de services, etc. Un des défis actuels est de faciliter l'accès à ces données. Le projet se focalise sur les trois aspects suivants :

Accès sémantique. Pour permettre à l'utilisateur d'obtenir les seules données qui l'intéressent, il est nécessaire de découvrir des correspondances sémantiques entre les schémas des sources de données. Par ailleurs, afin de cacher l'hétérogénéité et la distribution des données, il est nécessaire de construire un schéma médiateur permettant l'expression des requêtes.

Optimisation. Pour garantir l'accès aux données dans un temps acceptable, deux approches sont étudiées. L'une concerne la répliquion des données, l'autre la matérialisation de vues.

Maintien de la cohérence. Pour permettre le

caractère évolutif des données et des schémas, il est indispensable de maintenir la cohérence des données répliquées et des correspondances sémantiques entre sources de données.



Le projet regroupe des enseignants-chercheurs travaillant tous dans le domaine des bases de données et ayant des compétences complémentaires pour concevoir et modéliser des systèmes distribués à large échelle. Ces compétences diverses permettent de combiner des techniques de bases de données, des aspects systèmes répartis et des techniques d'apprentissage automatique. L'équipe-projet IDC est organisée en deux sous groupes thématiques : (i) intégration de données (ii) maintien de la cohérence de données répliquées. Le premier groupe

est constitué de deux permanents (Zohra Bellahsene, Rémi Coletta) et deux doctorants (Fabien Duchateau et Khalid Saleem). Le deuxième groupe comprend deux permanents (Michelle Cart et Jean Ferrié). Plusieurs collaborations et interactions entre les deux groupes ont eu lieu. Il y a eu notamment un co-encadrement de master (Nour Kadi en 2007). Cette collaboration a donné lieu à une publication dans une conférence internationale en 2009.

L'équipe a une très bonne visibilité tant au niveau national qu'international. Elle participe à plusieurs projets ANR et INRIA et à un PICS (programme international de coopération scientifique). Elle préside et participe à de nombreux comités de programme et organise des conférences internationales du domaine. Elle a également des collaborations avec des entreprises de la région.

Résultats pour la période 2005-2008

Pendant la période 2005-2008, nous avons plus spécifiquement étudié les problèmes suivants :

- Découverte automatique de correspondances sémantiques entre schémas de bases de données
- Optimisation de requêtes
- Maintien de la cohérence de données répliquées

Découverte automatique de correspondances sémantiques entre schémas de bases de données

Plusieurs méthodes de recherche de correspondances ont déjà été proposées. Notre recherche vise à les améliorer pour les rendre plus efficaces en terme de qualité sémantique et adaptables au contexte de l'application (préférence des utilisateurs, taille des schémas, etc.).

Dans le cadre de sa thèse (soutenue le 27 novembre 2008) Khalid Saleem a proposé une méthode PORSCHE (Performance ORiented SCHEma Mediation) qui permet d'intégrer d'une manière automatique plusieurs schémas simultanément [1]. Cette méthode utilise un algorithme basé sur la fouille d'arbres (tree mining) et a été implémentée et expérimentée sur un grand nombre de schémas disponibles sur le web. Il a également proposé une méthode collaborative pour la construction d'ontologie sans l'interaction directe avec les utilisateurs du domaine, des experts ou des développeurs. L'approche considère des grands ensembles de schémas pour un domaine spécifique comme étant des arbres et leur applique des algorithmes d'extraction de sous-arbres fréquents pour découvrir des motifs (patterns) hiérarchiques en vue de construire une ontologie [2]. Nous avons appliqué le résultat de cette approche pour découvrir des correspondances complexes entre schémas.

Dans sa thèse (soutenance prévue novembre 2009), Fabien Duchateau a tout d'abord proposé un algorithme de découverte de correspondances qui permet de calculer une similarité sémantique entre éléments de schémas en utilisant des techniques de traitement automatique du langage naturel [3]. Contrairement aux travaux du domaine, notre approche est automatique,

elle n'emploie aucun dictionnaire ou ontologie et elle est indépendante de la langue et du domaine. Par la suite, il a proposé une nouvelle méthode et un outil, MatchPanner, pour déterminer un sous-ensemble de mesures de similarités les plus appropriées pour un scénario donné [4]. Contrairement aux travaux du domaine, MatchPlanner est très flexible et extensible. Nous avons actuellement une collaboration internationale sur cette problématique avec Renée J. Miller, Université de Toronto, Canada qui a visité l'équipe en tant que professeur invitée.

Par ailleurs, nous avons proposé et implémenté un Benchmark appelé XBenchMatch [5] qui permet d'évaluer des outils de découvertes de correspondances développés par d'autres équipes de recherche. Cette étude a été faite en collaboration avec Dr. Ela Hunt, chercheur à cette époque à ETHZ (Suisse).

Optimisation de requêtes

Notre approche consiste à utiliser des vues matérialisées pour optimiser le traitement des requêtes. Cette technique est aussi très utile dans les entrepôts de données pour améliorer les performances des requêtes décisionnelles. Cependant, la plupart des méthodes de sélection de vues existantes sont de nature statique. De plus, aucune de ces méthodes n'a considéré le problème de remplacement des vues précédemment matérialisées. Nous avons conçu et implémenté une méthode incluant un algorithme d'ordre polynomial qui permet la sélection dynamique de vues à matérialiser et le remplacement des vues déjà matérialisées [6]. L'extension de ces travaux au contexte P2P est en cours.

Maintien de la cohérence de données répliquées

Ce thème de recherche a pour objectifs d'étudier les problèmes posés par les accès concurrents à des données réparties et partagées, et de concevoir des méthodes assurant le maintien de la cohérence des réplicats de ces données en cas de mise à jour. Les méthodes proposées correspondent à une approche optimiste et reposent sur l'utilisation de Transformées Opérationnelles qui, grâce à la transformation éventuelle d'une opération, permettent de l'exécuter, dans tous les cas, sur l'état courant d'un réplicat. Leur intérêt est d'être adaptées à des environnements collaboratifs, mobiles et pair-à-pair.

Notre recherche a abouti à la conception d'un Synchroniseur Générique [7] capable de réconcilier automatiquement dans un environnement mobile deux réplicats divergents d'une même donnée, quel que soit son type.

Une généralisation de cette étude a conduit à la conception de l'algorithme MOT2 [8] qui permet la réconciliation asynchrone d'un nombre quelconque de réplicats, par association de couples quelconques, dans des environnements de tous types (collaboratifs, mobiles, pair-à-pair). L'intérêt de cet algorithme est (i) de ne privilégier aucun réplicat particulier, (ii) d'assurer la propagation libre et paresseuse des mises à jour, (iii) d'assurer le passage à l'échelle sans mécanisme d'ordonnancement (i.e. estampilles, vecteurs d'état, séquenceur, ...) contrairement aux méthodes connues. Cet algorithme a été appliqué à l'édition collaborative massive (édition de pages Wiki) dans des environnements P2P. Dans ce cadre, il a fait l'objet d'une évaluation comparative, à la fois qualitative et quantitative [9], avec d'autres approches (WOOTO, ACF, MédiaWiki)

proposées par différentes équipes travaillant dans ce domaine (Loria, LIP6).

Cette dernière étude a été menée dans le cadre du projet RECALL de l'ARC-INRIA : REplication optimiste pour l'édition Collaborative massive pour réseaux P2P (2006-2007), en collaboration avec les équipes INRIA, LORIA, LIP6, EPFL et IRISA.

Prospective

Les travaux précédemment cités ouvrent de nouvelles perspectives. Concernant l'accès sémantique, nous pensons que le défi n'est pas de proposer de nouveaux algorithmes de découverte de correspondances mais une approche méta qui permettrait de générer automatiquement et à la carte des algorithmes composites en faisant appel à des techniques d'apprentissage. D'autre part, la prise en compte de l'incertitude des correspondances constitue un autre défi. Concernant l'optimisation de requêtes, nous envisageons d'étudier la sélection et le placement de vues matérialisées dans un système P2P avec une nouvelle approche utilisant une modélisation basée sur la programmation par contraintes. Par ailleurs, l'évolution des données rend nécessaire la maintenance des vues matérialisées. L'approche par transformées opérationnelles semble très appropriée pour traiter ce problème. Ces travaux seront réalisés dans le cadre du projet ANR DataRing (2009-2011) et auront pour application principale les communautés virtuelles.

La venue de nouveaux permanents travaillant sur des problématiques de recherche communes ou complémentaires contribuera à renforcer le projet pour relever les grands défis posés par la nouvelle

génération de systèmes de partage de données dans les environnements P2P : intégration sémantique de données avec des données incertaines, traitement de requêtes avec des données incertaines, collaboration distribuée, réplication de données et gestion de cache, gestion de données sous forme de graphes de très grande taille.

Références

- [1] PORSCHE: Performance ORiented SCHEma mediation.
Saleem K., Bellahsene Z., Hunt E.
Journal of Information Systems 33, 7-8 (2008) 637-657
- [2] Automatic Extraction of Structurally Coherent Mini-Taxonomies.
Saleem K., Bellahsene Z.,
ER'08: 27th International Conference on Conceptual Modeling, (2008)
- [3] A Context-based Measure for Discovering Approximate Semantic Matching between Schema
Duchateau F., Bellahsene Z., Roche M.
RCIS'07: Research Challenges in Information Science, (2007)
- [4] A Flexible Approach for Planning Schema Matching Algorithms .
Duchateau F., Bellahsene Z., Coletta R.,
CooPIS'08: Cooperative Information Systems, (2008)
- [5] XBenchMatch: a Benchmark for XML Schema Matching Tools
Duchateau F., Bellahsene Z., Hunt E.

VLDB'07: International Conference on Very Large Data Bases.

[6] Matérialisation de Vues dans les Entrepôts de Données : Une Approche Dynamique
Bellahsene Z., Coenmans R., Tranier J.
Revue des Sciences et Technologies de l'Information (RSTI-ISI) 11 (2006) 33-53

[7] Synchroniseur à base de transformées opérationnelles pour environnements P2P
Cart M., Ferrié J., RSTI-ISI : Revue des sciences et technologies de l'information, série Ingénierie des systèmes d'information 12, 3 (2007) 009-035

[8] Asynchronous Reconciliation based on Operational Transformation for P2P Collaborative Environments
Cart M., Ferrié J.
CollaborativeCom'07: 3rd International Conference on Collaborative Computing: Networking, Applications and Worksharing, (2007)

[9] A Comparison of Optimistic Approaches to Collaborative Editing of Wiki Pages
Ignat C., Oster G., Molli P., Cart M., Ferrié J., Kermarrec A.-M., Sutra P., Shapiro M., Benmouffok L., Busca J.-M. et al, CollaborateCom'2007: International Conference on Collaborative Computing: Networking, Applications and Worksharing, (2007)

MAB

Méthodes et Algorithmes pour la Bioinformatique

Laboratoire d'Informatique, de Robotique et de Microélectronique de Montpellier

Département Informatique

Responsable :
Olivier Gascuel
gascuel@lirmm.fr
tel: +33 4 67 41 85 47



ALGORITHMIQUE, COMBINATOIRE, APPRENTISSAGE GÉNOMES, TRANSCRIPTOMES, ÉVOLUTION, ANNOTATION FONCTIONNELLE, PALUD, HIV, CANCER

● Présentation

Notre objectif est de développer des algorithmes et des méthodes pour la biologie moléculaire. De manière générale, nous visons l'exploitation des données produites par la biologie à grande échelle, qu'il s'agisse de génomes, de transcriptomes (puces à ADN ou séquences), d'interactomes ou de protéomes. Des avancées méthodologiques sont indispensables pour traiter ces données de manières pertinente et efficace ; en retour, celles-ci sont à l'origine de problèmes et de méthodes d'intérêt général.

Les champs d'investigation méthodologiques et les outils sont liés aux domaines suivants :

- algorithmique du texte et des arbres, combinatoire, optimisation,
- statistiques, probabilités, apprentissage, analyse des données, classification.

Les applications biologiques essentielles sont :

- phylogénie et phylogénomique, modèles d'évolution, arbre de la vie, biodiversité,
- génomique comparative, réarrangements génomiques, cancer,
- génomique fonctionnelle, transcriptome, protéome, *Plasmodium falciparum* (palud),
- évolution des pathogènes, HIV,
- séquençage à très haut débit.

● Composition de l'équipe (Mai 2009)

Permanents	• Arigon Anne-Muriel	26/08/2008	MC
	• Berry Vincent	01/09/1999	MC
	• Brehelin Laurent	01/01/2005	CR2
	• Caraux Gilles	01/01/1995	PU1
	• Chateau Annie	01/09/2006	MC
	• Gascuel Olivier	01/01/1995	DR1
	• Guindon Stéphane	01/03/2006	CR2
	(détachement à l'Université d'Auckland, 07/2007)		
	• Lartillot Nicolas	01/10/2003	CR1
	(détachement à l'Université de Montréal, 07/2008)		
	• Lefort Vincent	01/12/2008	IR2
	• Rivals Eric	01/10/1999	DR2

Invités*	• Charles Semple (NZ, 2005 et 2007), Gary Benson (USA, 2006), Allen Rodrigo (NZ, 2006-07), Richard Desper (USA, 2007), Daniel Huson (DE, 2008), Tulio de Oliveira (ZA, 2008 et 2009), Vassily Lyubetsky (RU, 2009), Leonid Russin (RU, 2009)
----------	--

*(chercheurs seniors, depuis 2005, séjour > 1 mois)

Doctorants	• Bonnard Cécile	01/10/2005 - 31/12/2009
	(Université de Montréal, 10/2008)	
	• Domelevo Entfellner Jean-Baka	01/10/2007 - 01/10/2010
	• Gambette Philippe	01/10/2007 - 12/12/2010
	• Ghouila Amel	11/06/2008 - 30/04/2011
	• Jung Matthieu	01/10/2006 - 01/09/2011
	• Philippe Nicolas	01/10/2007 - 01/10/2010
	• Riou Pierre	17/09/2008 - 31/12/2011
	• Scornavacca Celine	01/10/2006 - 31/12/2009
	• Terrapon Nicolas	01/10/2005 - 31/12/2009
(ATER à Grenoble, 10/2008)		
• Uricaru Raluca	01/10/2006 - 31/12/2009	

CDD Associés	• Chevenet François	01/06/2008 - 01/06/2010 IR1
	• Bérard Séverine	01/10/2000 - 15/05/2010 MC

CDD Associés	• Blanquart Samuel	01/12/2007 - 31/07/2009 PostDoc
	• Dufayard Jean-François	01/10/2005 - 31/09/2009 IR
	• Mancheron Alban	01/12/2008 - 30/11/2009 CR1
	• Pardi Fabio	10/03/2009 - 10/03/2010 PostDoc

● Publications (du 01/01/2005 au 31/08/2009)

	ACL	ACLN	ASCL	INV	ACTI	ACTN	COM	AFF	OS	OV	DO	AP	BV	Prix	Orga
2005-2009	71			10	28	1	13	2	6		4	4			3

● Faits marquants

- Trois projets portés par MAB sont financés par l'ANR - PlasmoExplore : Fouille des données génomiques et post-génomiques de *Plasmodium falciparum*, pour prédire la fonction des gènes orphelins et identifier de nouvelles cibles thérapeutiques (Masse de Données & Connaissances Ambiantes - 2006) ; CocoGen : Comparison of Complete Genomes, alignement de séquences de génomes de souches bactériennes pour déterminer les gènes et régions communs à l'espèce ou spécifiques d'une souche (Programme Blanc Informatique - 2007) ; PhylAriane : Phylogenomics, integrated algorithms and visualizations for analyzing the evolution of life (Domaines Emergents - 2008)
- La plate-forme de bioinformatique ATGC, initiée et administrée par MAB, rassemble les programmes et bases de données de Montpellier portant sur la génomique évolutive, comparative et fonctionnelle ; son impact va croissant, avec plus de 3000 exécutions de programme par mois pour des utilisateurs du monde entier.
- Excellent niveau de publication dans des domaines très divers, allant de l'informatique (J. of Computer Systems & Science, ACM Trans. Algorithms) à la biologie (Genome Research, Molecular Biology and Evolution, Nucleic Acids Research), en passant par la bioinformatique (Bioinformatics, J. Computational Biology).
- Notre article (Guindon, Gascuel, Systematic Biology 2003) sur un nouvel algorithme pour le maximum de vraisemblance en phylogénie et sur le logiciel PhyML, est le papier le plus cité en Ecologie et Environnement (cf. ISI web of science) depuis Octobre 2007.
- Notre article (Bonhomme*, Rivals* et al., Genome Biology 2007) sur les échanges génétiques entre sous-espèces de souris est distingué comme étant d'un « intérêt exceptionnel » par la Faculty of 1000 - Biology.
- Notre article sur la base de données PlasmoDraft de prédictions de la fonction de nombreux gènes orphelins de *Plasmodium falciparum* (Bréhélin et al., BMC Bioinformatics 2008) est « Highly Accessed ».
- Notre article sur PhyloExplorer, qui est un outil d'exploration et de requêtes sur les collections de phylogénies (Ranwez et al., Berry dernier auteur, BMC Evolutionary Biology, 2009) est « Highly Accessed ». Il s'agit de l'article le plus consulté de cette revue en mai-juin de cette année.
- Publication d'un article dans Nature (Boussau, Blanquart et al. 2008) sur la température aux origines de la vie, en se basant sur des modèles phylogénétiques et l'ADN contemporain des procaryotes.

● Coopérations Internationales

- Action de collaboration France-Québec (2005-2006) avec l'Université de Montréal sur les modèles d'évolution moléculaire.
- Collaboration avec Helsinki University of Technology soutenue par l'Académie des Sciences de Finlande (2006-2008) sur l'algorithmique des séquences.
- Projet Dumont d'Urville de collaboration avec la Nouvelle Zélande (2007-2008) : « Evolutionary Bioinformatics » (2 workshops internationaux organisés dans ce cadre).
- Responsable scientifique du partenariat France-Afrique en Bioinformatique. Organisation des conférences de Nairobi (2007) et Bamako (2009) « African Pathogens and Disease Vectors »
- Collaboration avec l'Académie des Sciences de Moscou (2008-2010) soutenue par le fond d'aide pour la coopération Franco-Russe en recherche (CNRS).
- Articles publiés en 2005-09 avec des chercheurs du Royaume Uni, d'Italie, d'Allemagne, de Belgique, du Nigeria, du Canada, des Etats-Unis, de Finlande et de Nouvelle-Zélande.

● Collaborations nationales

Au travers de projets soutenus par l'ANR et par les ACI jusque fin 2007, nous collaborons avec de très nombreux laboratoires français : Lab. de Mathématiques et Institut de Biotechnologie des Plantes (IBP) d'Orsay, LORIA à Nancy, LIF à Marseille, Biométrie et Biologie Evolutive (BBE) à Lyon, CEA à Grenoble, Muséum d'Histoire Naturelle à Paris, INRA Jouy-en-Josas, Institut des Sciences de l'Evolution (ISEM) de Montpellier, Institut de Génétique Humaine (IGH) à Montpellier, Centre d'Ecologie Fonctionnelle et Evolutive (CEFE) de Montpellier, IRD Montpellier ...

● Contrats, transferts et valorisation

- Analyse de super-matrices et reconstruction de super-arbres (ACI-IMPBIO 03-06)
- Méthodes statistiques pour la phylogénie moléculaire (ACI NIM 03-07)
- Modélisation stochastique en phylogénie moléculaire (ACI IMPBIO 04-07)
- Évolution des structures répétées dans les génomes (ACI IMPBIO, 04-07)
- Plateforme ATGC (Réseau National des Génopoles, Région LR et CNRS-ST2I)
- ANR MitoSys (07-09), PlasmoExplore (07-09), CocoGen (08-10), PhylAriane (09-11)

Introduction

À la croisée de la biologie et de l'informatique, la bioinformatique cherche à résoudre des questions biologiques par le calcul. Celles-ci sont d'une très grande diversité. Les grands thèmes sont liés à la biologie fondamentale (par exemple : évolution et dynamique des génomes, régulation génétique et épigénétique, structure et fonctions des protéines, fonctionnement de la cellule), à la santé (par exemple : maladies génétiques, génomes pathogènes, conception de vaccins et de médicaments) et à l'environnement (par exemple : génétique et évolution des populations, interactions entre espèces, inventaire de la biodiversité). Le recours systématique à l'outil informatique pour traiter ces questions est récent. Il remonte à la fin des années 80 où commence véritablement le séquençage intensif, des gènes tout d'abord, puis des génomes complets. Depuis, la quantité de séquences augmente de manière exponentielle, plus vite même que la puissance de calcul des processeurs prédite par la loi de Moore. La masse de données est aujourd'hui considérable. Par exemple, le génome humain a été disponible dans une première version en 2001, ce qui était une avancée majeure. Mais fin 2009 se terminera le projet 1000 génomes humains (débuté en janvier 2008), qui permettra de faire un inventaire très complet de la diversité génétique humaine et des facteurs de prédisposition

aux maladies, génétiques ou non-génétiques. A coté de ces données de séquences, on dispose maintenant de données dites post-génomiques. En particulier, les transcriptomes permettent de mesurer l'expression génique, les interactomes de connaître les interactions entre protéines, les protéomes de savoir quelles sont les protéines synthétisées dans des conditions données et de disposer de leur structure d'où découlent leurs fonctions. On dispose donc non seulement de la liste des acteurs moléculaires du vivant, mais on commence à comprendre la pièce qu'ils sont en train de jouer.

La nature digitale des séquences biologiques (ADN, ARN, génomes, protéines) est propice à la modélisation informatique. Il s'agit de données peu bruitées, qui sont traitées efficacement par les méthodes issues de l'algorithmique du texte. Les données post-génomiques sont en général très bruitées, et on a typiquement recourt à la modélisation probabiliste et à l'apprentissage statistique. Pour obtenir la structure 3D des molécules (ARN, protéines) on utilise de manière massive l'optimisation numérique. La bioinformatique est ainsi à l'origine d'un grand nombre de travaux méthodologiques en algorithmique, en probabilité et statistique, et en optimisation, travaux dont la portée dépasse les questions initiales et la biologie. La bioinformatique est largement représentée dans de nombreux domaines de l'informatique, y compris en base et fouille de données où il s'agit d'intégrer et

explorer les données très hétérogènes de la biologie à grande échelle. La bioinformatique est actuellement en plein développement, et l'impact des publications en bioinformatique est particulièrement élevé. L'exemple le plus frappant est l'algorithme BLAST (alignement de séquences et recherche dans les banques), cité plus de 40.000 fois, ce qui en fait le travail scientifique le plus cité de tous les temps.

Dans ce contexte, l'équipe MAB poursuit des travaux méthodologiques (algorithmique du texte et des arbres, combinatoire, optimisation, modélisation probabiliste, apprentissage statistique) pour répondre à des questions biologiques essentielles (évolution, phylogénie, génomique comparative, annotation fonctionnelle des gènes, palud, HIV, cancer). Elle regroupe (en juin 2009) 10 permanents (dont 2 en détachement à l'Université d'Auckland et l'Université de Montréal), 2 post-doctorants, 1 ingénieur de recherche en CDD, et 10 doctorants. Nous avons 2 chercheurs associés (IRD et UM2) et accueillons régulièrement des chercheurs internationaux de renom. L'équipe est largement structurée autour de ses projets ANR (PlasmoExplore sur la génomique fonctionnelle du palud, CocoGen sur la génomique comparative des bactéries, PhylAriane sur la phylogénomique) et ses collaborations avec des instituts étrangers (Finlande sur l'algorithmique du texte, Afrique du Sud sur l'évolution du HIV, Russie sur la combinatoire des arbres phylogénétiques). Elle est fédérée par des

réunions d'équipe régulières, notamment à l'occasion des séminaires de bioinformatique (<http://www.lirmm.fr/mab/seminaires.php3>) organisés tous les 15 jours environ. Elle constitue une entité financière autonome et solidaire, qui fait que tout chercheur et doctorant de MAB a les moyens de travailler, se déplacer et collaborer avec l'extérieur.

Rayonnement et responsabilités

Le rayonnement scientifique de l'équipe MAB se mesure par le nombre d'articles publiés dans les meilleures revues internationales du domaine, 66 au total sur la période janvier 2005 - juin 2009. Ces travaux bien que récents sont déjà largement cités (>1000 fois selon Google Scholar), et les revues en question sont d'une grande diversité, allant de l'informatique théorique à la biologie, avec notamment une publication dans Nature en 2008. Ces travaux ont été distingués par ISI Web of Science et Faculty of 1000 - Biology. Olivier Gascuel a reçu la Médaille d'Argent du CNRS en 2009.

La plate-forme ATGC, initiée et fédérée par MAB, joue un rôle clef dans le rayonnement international de notre équipe. ATGC est soutenu (ingénieurs en CDD et CDI, clusters de calcul) par le CNRS, le Réseau National des Génopôles et la Région Languedoc-Roussillon. ATGC a la triple vocation de diffuser les outils bioinformatiques développés au sein de la communauté montpelliéraine, 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. ATGC vise donc la communauté régionale, nationale et internationale. Nos outils sont accessibles en ligne gratuitement. Ils peuvent être téléchargés et/ou exécutés sur nos clusters, et ont une très grande visibilité. Le nombre de requêtes est en croissance constante, venant du monde entier (Fig. 1).

Notre responsabilité première est la formation par la recherche. Sur la période considérée 8 de nos étudiants ont soutenu leur thèse : Denis Bertrand (2005, post-doc à l'Université de Montréal), Elodie Duprat (2005, Maître de Conférence à Paris 6), François Nicolas (2005, post-doc à l'Université d'Helsinki), Alexis Criscuolo (2006, post-doc à l'Institut Pasteur à Paris), Samuel Blanquart (2007, post-doc à l'European Bioinformatics Institute à Cambridge), Sébastien Leclerc (post-doc au CNRS à Poitiers), Olivier Mirabeau (2008, post-doc au CNRS à Gif-sur-Yvette), Sylvain Guillemot (2008, ATER à l'Université de Marne-la-Vallée). Nos étudiants sont donc restés dans le secteur académique et poursuivent leur carrière dans les meilleurs endroits. Pour mémoire,

nos 5 étudiants de la période précédente (2001-2004) sont aujourd'hui chargés de recherche au CNRS (2) ou enseignants-chercheurs (3, dont 1 à New York).

Au sein du LIRMM, les membres de MAB ont des responsabilités importantes (direction du département d'informatique et du conseil scientifique). Nous avons une forte visibilité régionale au travers de la plateforme ATGC et de nos collaborations nombreuses avec les laboratoires de biologie de Montpellier et sa région.

Nous avons également des responsabilités importantes à l'échelle nationale, notamment la présidence de la CID 43 du comité national du CNRS (Modélisation des systèmes biologiques, bioinformatique), et la responsabilité du comité de programme des Journées Ouvertes de Biologie, Informatique et Mathématique (JOBIM 2009) qui est LA conférence de bioinformatique francophone.

Nous sommes impliqués dans de nombreux congrès et journaux internationaux, en tant qu'éditeurs associés (BMC Bioinformatics et Systematic Biology), membres du bureau éditorial (BMC Evolutionary Biology, Algorithms for Molecular Biology, et Evolutionary Bioinformatics), area-chairs (Intelligent Systems for Molecular

Biology, qui est LA conférence de bioinformatique, et European Conference on Computational Biology), ou membres de comités de programme (ISMB, WABI, ReCOMB-CG, STACS). Sur la période, nous avons organisé 3 conférences internationales : Mathematics of Evolution and Phylogeny (Paris, 2005 ; un ouvrage issu de la conférence a été publié

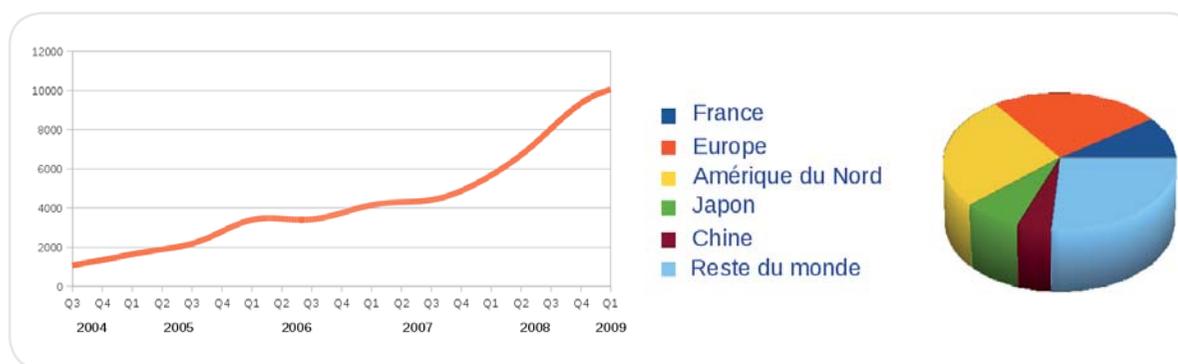


Figure 1 : nombre mensuel de requêtes sur ATGC, ainsi que leurs origines

en 2007 par Oxford University Press) ; *Bioinformatics of African Pathogens and Disease Vectors* (Nairobi, Kenya, 2007 ; un numéro spécial issu de la conférence à été publié par la revue *Infections, Genetics and Evolution*) ; *Mathematics and Informatics in Evolution and Phylogeny* (Montpellier, 2008).

Finalement, nous avons la responsabilité scientifique du partenariat France-Afrique en Bioinformatique lancé par le Ministère des Affaires Etrangères et le NEPAD (Nouveaux Partenariats pour la Développement de l'Afrique, branche scientifique et technique de l'UA), et géré par le CNRS et la DREI. Ce programme vise à doter l'Afrique d'une certaine autonomie en matière de bioinformatique, en particulier pour tout ce qui touche les maladies endémiques (malaria, HIV, tuberculose...). C'est dans ce cadre que nous avons organisé la conférence de Nairobi en 2007, dont une deuxième édition aura lieu à Bamako (Mali) en décembre 2009.

Bilan scientifique

Dans l'ensemble de nos travaux nous essayons de combiner des résultats théoriques solides avec la résolution de questions biologiques essentielles. Cette approche est illustrée ci-dessous au travers de certains de nos résultats récents (liste non-exhaustive) :

Algorithmique du texte et des arbres

Les méthodes de recherche de similarité de séquences, qui permettent de traiter des banques de séquences gigantesques, sont toutes basées sur une approche par filtration. En exigeant que deux séquences potentiellement similaires partagent une sous-séquence de forme fixée, c'est à dire une graine espacée plutôt

qu'un simple sous-mot (les deux sont équivalents du point de vue du nombre de caractères testés), les filtres ont récemment accru leur sensibilité et leur efficacité. Nous avons étudié différentes versions du problème de conception de graines espacées et montré que, même dans le cas d'une seule graine, ils sont de complexité exponentielle, voire inapproximables. Cependant, nous avons aussi montré qu'une approche par programmation dynamique (Kucherov et al., 06) exponentielle sur la longueur des graines, mais «Fixed Parameter Tractable» sur les autres paramètres, a la meilleur complexité qui soit [1].

En phylogénétique, les méthodes de consensus sont utilisées pour construire la phylogénie de grands groupes d'espèces depuis les phylogénies proposées par les spécialistes de chaque sous-groupe. Nous avons étudié la méthode du sous-arbre d'accord maximal utilisée classiquement pour mesurer la congruence d'un ensemble d'arbres, ainsi qu'une variante de ce problème plus pertinente pour les arbres d'évolution. Ces méthodes permettent de détecter des événements de cospéciation entre hôtes et parasites ou de détecter des transferts horizontaux de gènes. Notre contribution sur ces méthodes s'organise en deux axes : (a) nous avons amélioré la complexité des algorithmes de ce problème bien connu, en proposant notamment un algorithme d'approximation à facteur constant en temps linéaire [2] et un algorithme de complexité paramétrique [3] ; (b) nous avons étendu la définition de ces problèmes pour prendre en compte des collections d'arbres ayant des ensembles de feuilles différents. Les résultats de complexité que nous avons obtenus pour ces variantes montrent qu'elles sont extrêmement difficiles à résoudre en pratique. Cependant nous avons obtenu un algorithme de complexité polynomiale pour des cas

particuliers pertinents [4].

Finalement, nous avons travaillé sur les fondements mathématiques et combinatoires des méthodes de reconstruction phylogénétique utilisant des distances. On estime dans un premier temps l'ensemble des distances évolutives entre paires de séquences, puis on projette la matrice de distances ainsi obtenue sur un arbre, en se basant sur divers critères ou métriques, ainsi que sur des algorithmes généralement heuristiques en raison de la complexité des problèmes. La validité théorique de ces approches est discutée dans [5]. Nous montrons notamment (voir aussi [6]) que l'algorithme Neighbor Joining, qui est l'un des algorithmes les plus utilisés au monde (>10000 citations depuis sa parution en 1987), mais dont les fondements étaient sans explication solide, est en réalité un algorithme glouton tendant à optimiser un critère cohérent. Récemment, nous avons démontré [7] la validité des approches d'optimisation (largement répandues en phylogénie), qui consistent à modifier l'arbre courant par réarrangement local de sous-arbres et à itérer le processus jusqu'à l'obtention d'un minimum local.

Modèles probabilistes pour l'évolution moléculaire

Dans le cadre de l'ACI ModelPhylo, puis du projet ANR MitoSys, nous avons développé de nombreux modèles et algorithmes pour représenter l'évolution moléculaire, en estimer les paramètres clés et inférer des arbres phylogénétiques sur la base de ces modèles. Les approches sont fondées sur le maximum de vraisemblance et la statistique Bayésienne, avec des techniques de type EM (Expectation Maximization) ou Markov Monte Carlo, et des raffinements algorithmiques dans la continuité de nos travaux sur PhyML [8].

Le modèle standard pour représenter le processus substitutionnel est Markovien à temps continu, et il est homogène le long des séquences et au cours du temps. Plusieurs voies ont été suivies pour améliorer ce modèle, notamment dans le cas des protéines où il tend à être très simplificateur. Nous avons proposé [9] une nouvelle approche pour estimer plus précisément les paramètres du modèle standard, en se basant sur une très grande base de données contenant des milliers d'alignements et des millions d'acides aminés. La matrice de taux de substitutions correspondante (LG) est nettement plus performante que ses concurrentes (JTT et WAG par exemple). Elle est déjà intégrée dans de nombreux logiciels de phylogénie, bien que publiée tout récemment. Une deuxième approche a consisté à enrichir le modèle standard, en relaxant la contrainte d'homogénéité le long des séquences (à l'aide de modèles de mélange [10]), à introduire la notion de point de cassure qui marque un changement du modèle au cours du temps [11], et à combiner ces deux sources de variabilité au sein d'un même modèle [12]. Ces modèles non-homogènes sont à la base de notre publication dans Nature [13] sur l'évolution de la température depuis l'apparition de la vie sur terre il y a plus de 3 milliards d'années (Fig. 2).

Génomique évolutive

Dans le cadre de l'ACI Repevol, nous avons étudié les répétitions en tandem dans les génomes. En effet, ces répétitions servent de marqueurs moléculaires en biologie évolutive, et elles représentent un mécanisme majeur dans l'évolution des génomes. Nous avons conçu des algorithmes rapides qui permettent de mesurer la variabilité des marqueurs évolutifs formés

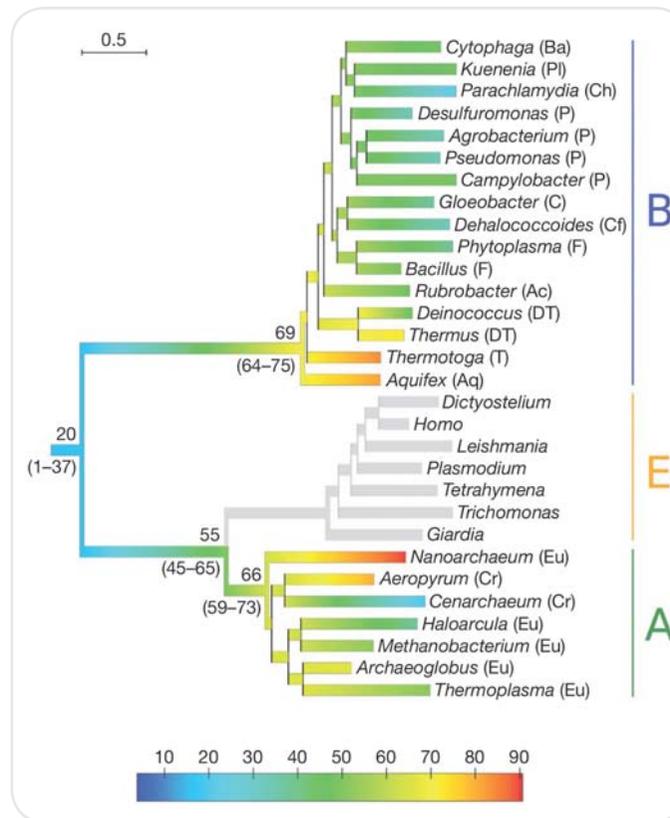


Figure 2 : Inférence par un modèle protéique non-homogène de la température de croissance des êtres vivants depuis les origines (Nature 2008, [13]). La figure représente l'arbre universel du vivant (B : Bactéries - A : Archées - E : Eucaryotes). Les températures de croissance inférées (en degrés C) sont représentées par un code couleur. On voit ainsi que l'ancêtre universel du vivant (environ 3 milliards d'années) vivait à une température modérée (~20 degrés), ce qui est en contradiction avec l'hypothèse standard d'origine de la vie dans les sources chaudes océaniques.

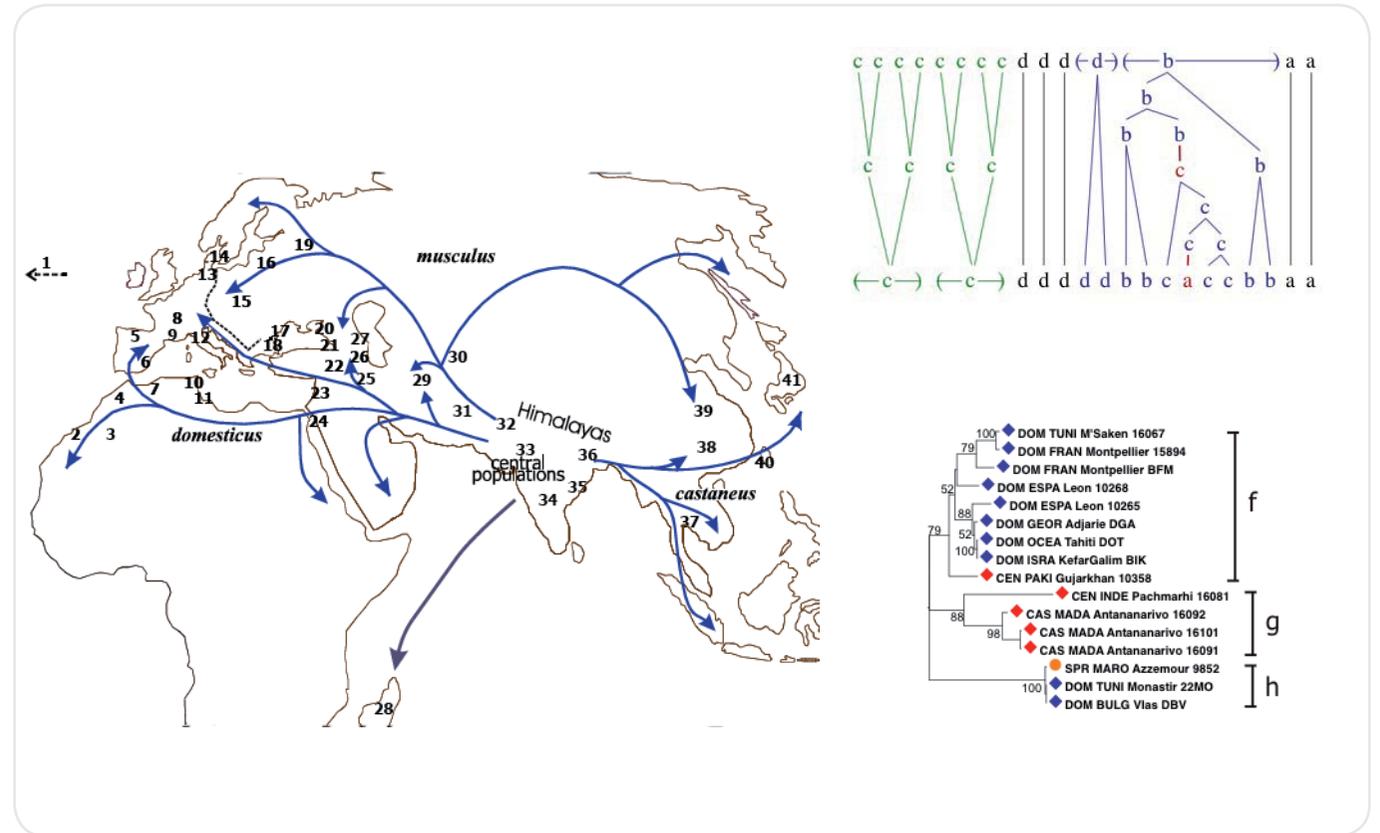
de répétitions en tandem et ainsi d'inférer des relations entre individus, populations, ou espèces [14]. En les appliquant à des données sur la souris commune (Figure 3), nous avons pu montrer que les sous-espèces s'échangent régulièrement des morceaux de leur patrimoine génétique [15] (article distingué par Faculty of 1000 - Biology). Ces algorithmes ayant un spectre large d'applications ont aussi permis de comprendre la formation d'une des plus grandes familles de protéines de plantes [16].

Parallèlement, un travail de modélisation et de prospective théorique concernant les réarrangements génomiques est en cours depuis 2006, en collaboration avec l'équipe ALGCo et l'Université Simon Fraser de Vancouver. L'étude des réarrangements génomiques (inversions, transpositions, translocations, ainsi que tout modèle alliant ou généralisant ces transformations) est cruciale notamment dans la reconstruction de scénarios d'évolution, dans l'inférence de caryotypes ancestraux ou encore dans l'établissement de caryotypes médians. Ces études font appel à des outils combinatoires très élaborés, tels que la décomposition modulaire de graphes. Les premiers résultats, portant sur la complexité algorithmique des scénarios de réarrangements optimaux conservant des familles d'intervalles communs dans le modèle de réarrangement Double-Cut-and-Join (qui généralise en un seul type de transformation les modèles classiques sans duplication), ont fait l'objet d'une publication en conférence [17] (version longue à paraître dans Journal of Computational Biology, 2009).

Phylogénomique

Ces travaux ont été réalisés dans le cadre de l'ACI SuperTree, puis de l'ANR PhylAriane. Il s'agissait de traiter des données couvrant spécifiquement des génomes complets, dans le but d'inférer de nouvelles connaissances sur l'évolution, que ce soit la phylogénie profonde de grands groupes bactériens, la mécanique des duplications et des transferts dans les génomes, l'évolution de marqueurs moléculaires ou celle des génomes sur la base d'arbres d'évolution. Nous avons distingué deux types de gènes : i) les gènes «uniques», sans duplicat dans les génomes étudiés ; ii) les familles multigéniques, composées de gènes présents en plusieurs exemplaires dans certains génomes.

Dans le premier cas, les études se limitent à des groupes d'espèces de taille raisonnable, chaque gène apparaissant dans une partie seulement de ces espèces. Les méthodes de superarbres sont l'outil passant le mieux à l'échelle pour gérer ces données en mosaïque. Pour épauler les méthodes existantes, effectuant parfois des choix arbitraires ou contredisants même sans raison les données, nous avons suivi une approche axiomatique. D'un côté nous avons obtenu (en collaboration avec l'équipe ALGCo) des algorithmes de faible complexité pour des problèmes intrinsèquement difficiles [18 ; 19], d'un autre nous avons proposé des méthodes produisant des superarbres dont chaque partie découle des données de façon prouvable et offrant de plus un retour sur les données [20 ; 21]. Ces derniers travaux ont été réalisés en collaboration avec une équipe de biologistes de l'Institut des Sciences de l'Evolution de Montpellier (ISEM) avec lesquels nous avons pu produire une phylogénie couvrant plus de 95% des espèces connues de primates.



Les familles multigéniques représentent des quantités bien plus importantes de données, jusqu'ici très peu exploitées en phylogénie, et doivent donc bénéficier de méthodes de très faible temps calcul. Par ailleurs, l'inférence est rendue bien plus difficile par la présence de nombreux signaux évolutifs : spéciations, duplications, pertes et transferts. Nos premiers travaux proposent un ensemble de méthodes permettant d'isoler le signal de spéciation sur la base de triplets tout en ayant une complexité linéaire en le nombre de gènes et d'espèces considérés [22]. De très grands bases de données

Figure 3 : Echanges génétiques entre sous-espèces de souris, démontrés par alignement d'allèles de mini-satellites. Gauche : carte récapitulant les origines géographiques des sous-espèces de souris commune (*Mus musculus*). Droit haut : alignement complexe d'allèles de minisatellites montrant l'imbrication des structures générées par les événements génétiques de duplications en tandem. Droit bas : arbre évolutif de souris communes, issu de la comparaison des allèles d'un marqueur minisatellite du chromosome X sur un ensemble d'individus capturés dans le monde entier. Le groupe de souris de sous-espèce *castaneus* (marquées en rouge) au sein d'un arbre de souris de sous-espèce *domesticus* (marquées en bleu) démontre l'existence d'échanges génétiques entre sous-espèces.

peuvent ainsi être traitées en quelques dizaines de minutes.

Génomique fonctionnelle de *Plasmodium falciparum*

Dans le cadre du projet ANR PlasmoExplore, nous travaillons sur des approches d'apprentissage statistique pour l'annotation fonctionnelle des gènes de *Plasmodium falciparum*. Cet organisme, responsable du paludisme (ou malaria), cause près de 3 millions de morts par an dans le monde. Or son génome (publié en 2002) reste peu annoté, en partie du fait de sa composition très atypique (>80% de A et de T) qui rend difficile la recherche d'homologies dans les génomes précédemment séquencés. Différentes approches sont suivies dans l'équipe pour essayer de compléter l'annotation fonctionnelle des gènes de *P. falciparum*. Une des approches vise à améliorer la sensibilité des méthodes de recherche de domaines protéiques à l'aide de modèles probabilistes, en tenant compte d'informations contextuelles (la co-occurrence de certains domaines).

Ce travail fait l'objet d'une thèse qui sera soutenue cette année. Nous avons également proposé une méthode de classification supervisée de type «plus proches voisins» qui permet d'inférer des annotations dans le cadre de la Gene Ontology (un vocabulaire structuré décrivant les différents types de fonctions pouvant être associées à un gène). Cette méthode s'appuie sur des données de type transcriptomique afin de s'affranchir des difficultés posées par le biais compositionnel du génome. Elle a permis de proposer de nombreuses nouvelles annotations fonctionnelles des gènes de *P.*

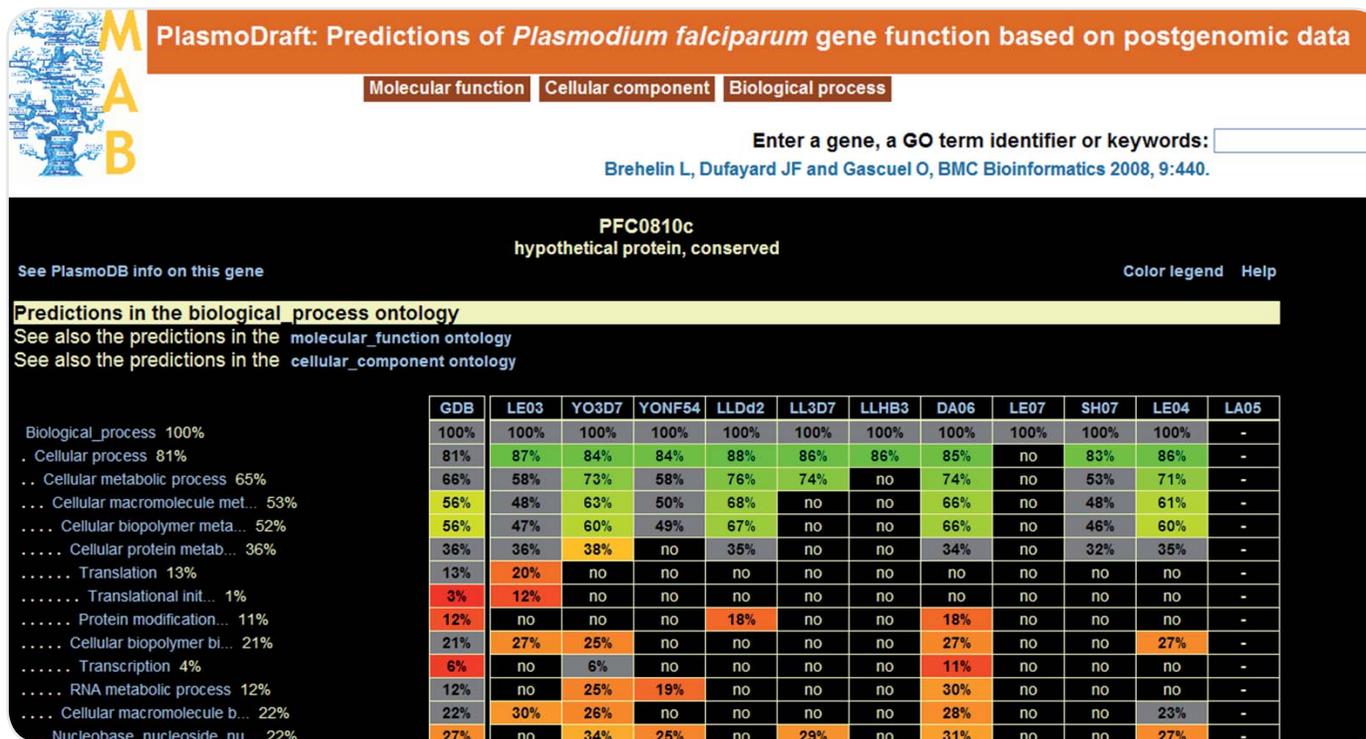


Figure 4 : Annotations fonctionnelles issues de la base de données PlasmoDraft (BMC Bioinformatics 2008, [23]). La figure représente un extrait des annotations de la Gene Ontology (à gauche) prédites pour une des protéines de *P. falciparum* (PFC0810c). Chaque colonne du tableau est associée à un jeu de données transcriptomiques différent qui soutient (case colorée) ou non (case noire) la prédiction. Les couleurs reflètent la confiance accordée à chaque prédiction du point de vue du jeu de données considéré, et permettent ainsi au biologiste de repérer les fonctions les plus probables de leur protéine d'intérêt.

falciparum, qui ont été regroupées au sein d'une base de données dédiée, appelée PlasmoDraft <http://www.atgc-montpellier.fr/PlasmoDraft/> (Fig. 4). A l'issue de ce travail, le consortium scientifique en charge de la base de données PlasmoDB, qui est LA base de données de référence pour les génomes des espèces plasmodiales, a décidé d'intégrer à la prochaine version de PlasmoDB

les prédictions de PlasmoDraft. Ce travail a été publié dans BMC Bioinformatics en 2008 [23] et classé «Highly Accessed» par cette revue.

Perspectives scientifiques

La période qui vient de s'écouler a été très féconde, et nous poursuivons actuellement des travaux dans la continuité des précédents :

Algorithmique. Une large part de nos travaux actuels est liée aux algorithmes de complexité paramétrique. Nous les appliquons aux séquences (conception de graines espacées), aux arbres (problèmes de consensus) et à l'inférence de réseaux phylogénétiques. Plus généralement, nous travaillons sur la complexité des problèmes bioinformatiques, et cherchons à mettre en place des algorithmes polynomiaux dans les cas favorables, des algorithmes d'approximation sinon, ou des heuristiques dont nous étudions les garanties de performance.

Modèles probabilistes pour l'évolution moléculaire. Nous menons des travaux théoriques pour établir des connexions entre les méthodes de Monte Carlo Bayésiennes que nous avons développées, et les principes de génétique des populations, afin de mieux comprendre les rôles respectifs des mutations, de la sélection et de la dérive génétique, le tout dans le contexte représenté par les contraintes structurelles et fonctionnelles des protéines. Les applications envisagées sont liées au vieillissement, en collaboration avec l'ISEM (projet ANR Mitosys), qui séquence actuellement le génome mitochondrial d'un large ensemble de mammifères.

Génomique comparative et évolutive. Un de nos objectifs (ANR CocoGen) est la mise en place d'algorithmes efficaces et sensibles pour comparer et aligner des génomes complets de taille moyenne (bactériens

notamment) et étudier ainsi la dynamique évolutive des génomes, déterminer les régions conservées et les régions variables. Nous travaillons en collaboration avec l'équipe UBLO de l'INRA Jouy-en-Josas, qui s'intéresse à l'architecture des génomes de bactéries, en se concentrant sur les différents motifs qui structurent le squelette, et l'étude des bactériophages qui constituent souvent des segments variables au sein des génomes bactériens. En parallèle, l'équipe MIG de l'INRA Jouy-en-Josas étudie la robustesse des segmentations en segments conservés/segments variables, par le biais notamment de la définition d'un score local. De ces collaborations émergent des questions primordiales sur les exigences de qualité des alignements, ainsi que sur les propriétés évolutives du génome dans ces organismes, auxquelles nous nous efforçons d'apporter des réponses efficaces et pertinentes.

Phylogénomique. Comme mentionné ci-dessus les données multigéniques sont très peu exploitées actuellement en phylogénie, bien qu'elles concernent de 60% à 80% des protéines. Leur prise en compte recèle donc un énorme potentiel. Nous continuons de travailler dans cette optique, au sein de l'ANR PhylAriane. Ces données sont aussi au cœur d'une collaboration initiée avec l'équipe de V. Lyubetsky (Académie de Sciences de Moscou) sur les duplications segmentales et les transferts de gènes en blocs. Une autre collaboration est en cours avec l'équipe de D. Huson (Université de Tübingen) sur les événements de recombinaison au niveau génomique [24].

Génomique fonctionnelle des pathogènes. Le développement d'outils d'aide à l'annotation fonctionnelle des protéines reste un des principaux

défis de la bioinformatique, et la première étape dans la recherche de nouvelles cibles thérapeutiques. Pour cela, la bonne exploitation des données post-génomiques est essentielle. Plusieurs pistes sont actuellement étudiées dans le projet ANR PlasmoExplore. L'une d'elle vise à combiner données de séquences et données transcriptomiques pour aider à l'identification de gènes homologues distants entre *P. falciparum* et un organisme de référence (par exemple la levure) et mieux comprendre les mécanismes de régulation en jeu chez ce pathogène. Dans le même esprit, une thèse en co-tutelle avec l'institut Pasteur de Tunis vient de démarrer sur l'annotation fonctionnelle des gènes de l'agent responsable de la *Leishmaniose*.

Au-delà de ces travaux, dans la continuité de nos travaux antérieurs, nous démarrons actuellement deux nouveaux projets :

Evolution et épidémiologie du VIH. Le HIV est responsable du SIDA qui est un fléau majeur, particulièrement en Afrique d'où le virus a émergé. Ce virus est à la fois simple et complexe. Simple parce que son génome est très réduit, et on dispose aujourd'hui de centaines de milliers de souches entièrement séquencées. Complexe parce qu'il évolue extrêmement vite, avec un taux très élevé de recombinaison, ce qui lui permet d'échapper au système immunitaire et de développer des résistances aux thérapies. Notre objectif est de développer des méthodes informatiques efficaces permettant de suivre cette évolution, et par là d'en prévoir les issues, par exemple en ce qui concerne le développement de nouvelles souches ou l'apparition de résistances. Ces nouvelles méthodes permettront d'analyser au mieux la grande quantité de données

aujourd'hui disponibles et de mettre à jour des corrélations entre de nombreux facteurs : mutations au niveau de la séquence, virulence, résistance, mode de vie, type de traitement, politique de santé, etc. Les approches et outils informatiques développés auront des applications naturelles à d'autres virus analogues, la grippe par exemple.

Les problèmes soulevés sont difficiles sur le plan informatique. Nous aurons une approche pragmatique, en traitant tout d'abord d'échelles évolutives faibles et de données sérielles, prélevées à intervalles de temps réguliers au sein d'un même patient (en collaboration avec Allen Rodrigo de l'Université d'Auckland, professeur invité au LIRMM en 2007), avant de nous attaquer au problème de la classification et du typage des souches (avec Tulio de Oliveira de l'Université de Cape Town, collaboration soutenue par le CNRS et la NRF d'Afrique du Sud), puis à l'intégration de ces techniques pour traiter de l'origine du HIV et de son lien avec le SIV affectant les singes (en collaboration avec Martine Peeters, IRD Montpellier). Nous avons déjà obtenu des premiers résultats prometteurs sur les deux premiers sujets (analyse de données sérielles, typage de souches par maximum de vraisemblance), ainsi que sur l'analyse combinée de phylogénies de virus et de données épidémiologiques (pays, mode de transmission ...). Une point essentiel dans ces études sera la modélisation (combinatoire, probabiliste) des effets de la recombinaison sur nos constructions et inférences.

Séquençage à très haut débit, application au cancer

L'accélération considérable du séquençage relance de manière évidente les recherches bioinformatiques, en particulier l'algorithmique du texte qui est en première ligne pour traiter ces données. Depuis deux ans

environ, nous travaillons sur l'analyse grande échelle de séquences transcriptomiques pour découvrir de nouveaux transcrits dans les génomes. Nous avons conçu en collaboration une nouvelle méthode biologique et bioinformatique pour identifier des transcrits encore inconnus, c.-à-d. variants d'épissage de gènes connus ou transcrits non reliés à des gènes [25]. La découverte récente que la plupart du génome est transcrit alors que seulement 5% code pour des gènes montre à quel point ce type de méthodes est d'actualité. Pour cela nous avons engagé une coopération internationale (groupe J. Tarhio en Finlande) sur le traitement efficace de millions de séquences et développé un programme capable de rechercher des centaines de milliers de signatures transcriptomiques sur le génome humain en quelques heures.

L'avènement de nouvelles méthodes de séquençage à très haut débit décuple l'intérêt pour la transcriptomique à base de séquences, mais permet aussi de tester l'épigénome et les liaisons protéines-ADN à très grande échelle et peu de frais. Le traitement des millions de séquences issues de ces expériences requiert de nouveaux algorithmes du texte capables de passer à l'échelle (recherche de motifs, clustering, comparaison). Leur conception et leur application dans ces domaines sera une de nos priorités majeurs.

Nos premières applications de ces techniques seront liées à la génomique fonctionnelle humaine et au cancer. Nous utiliserons les données de transcriptomique par séquençage haut débit pour effectuer une caractérisation profonde du transcriptome de modèles cancéreux. Nous envisageons d'étudier ainsi ce qui caractérise les cellules souches cancéreuses, qui sont par exemple responsables du maintien de la prolifération anormale dans les leucémies, en les comparant à

celles de cellules cancéreuses somatiques et de cellules souches embryonnaires. Ces travaux seront réalisés en collaboration avec l'IRB qui est capable de réaliser des expériences sur de telles lignées cellulaires. Un des objectifs est de prédire des marqueurs potentiels de ces cellules, dans un but pronostique, diagnostique ou thérapeutique.

Plus généralement, le séquençage à très haut débit aura des conséquences (et en a déjà bien souvent) dans de nombreux sous-domaines de la bioinformatique. On peut citer l'étude du polymorphisme, au cœur du projet 1000 génomes humains, ou bien la métagénomique qui se base sur le séquençage massif pour identifier et analyser la biodiversité, des micro-organismes notamment. Ces voies de recherche intéressent l'équipe MAB dans son ensemble, et requièrent des approches nouvelles, liées à l'algorithmique du texte, mais aussi à la phylogénie et à l'apprentissage statistique.

Publications majeures

- [1] Hardness of Optimal Spaced Seed Design
Nicolas F., Rivals E.
Journal of Computer and System Sciences, Vol. 74, pp. 831-849, 2008
- [2] Linear time 3-approximation for MAST problem
Berry V., Guillemot S., Nicolas F., Paul C.
ACM Transactions on Algorithms, Vol. 5, pp. 1-18, 2009
- [3] Improved Parametrized Complexity of Maximum Agreement Subtree and Maximum Compatible Tree problems

- Berry V., Nicolas F.
IEEE/ACM Transactions on Computational Biology and Bioinformatics, Vol. 3, pp. 289-302,2006
- [4] Fixed-Parameter Tractability of the Maximum Agreement Supertree Problem
Guillemot S., Berry V.
IEEE Transactions on Computational Biology and Bioinformatics, Vol. N/A, pp. N/A,2009
- [5] The Minimum-Evolution Distance-Based Approach to Phylogeny Inference
Desper R., Gascuel O.
Mathematics of Evolution and Phylogeny, O. Gascuel (Eds), Oxford University Press, ISBN: 0-19-856610-7, 2005
- [6] Neighbor-Joining Revealed
Gascuel O., Steel M.
Molecular Biology and Evolution, Vol. 23, pp. 1997-2000,2006
- [7] Consistency of Topological Moves Based on the Balanced Minimum Evolution Principle of Phylogenetic Inference
Bordewich M., Gascuel O., Huber K., Moulton V.
IEEE/ACM Transactions on Computational Biology and Bioinformatics, Vol. 6, pp. 110-117,2009
- [8] A Simple, Fast, and Accurate Method to Estimate Large Phylogenies by Maximum Likelihood
Guindon S., Gascuel O.
Systematic Biology, Vol. 52, pp. 696-704, 2003
- [9] An improved general amino acid replacement matrix
Le Q., Gascuel O.
Molecular Biology and Evolution, Vol. 25, pp. 1307-1320, 2008
- [10] Phylogenetic Mixture Models for Proteins
Le Q., Lartillot N., Gascuel O.
Philosophical Transactions of the Royal Society B, Vol. 363, pp. 3965-3976, 2008
- [11] A Bayesian Compound Stochastic Process for Modeling Nonstationary and Nonhomogeneous Sequence Evolution
Lartillot N., Blanquart S.
Molecular Biology and Evolution, Vol. 23, pp. 2058-2071, 2006
- [12] A Site- and Time-Heterogeneous Model of Amino Acid Replacement
Blanquart S., Lartillot N.
Molecular Biology and Evolution, Vol. 25, pp. 842-858, 2008
- [13] Parallel Adaptations to High Temperatures in the Archean Eon
Boussau B., Blanquart S., Necsulea A., Lartillot N., Gouy M.
Nature, Vol. 456, pp. 942-945, 2008
- [14] A Fast and Specific Alignment Method for Minisatellite Maps
Bérard S., Nicolas F., Buard J., Gascuel O., Rivals E.
Evolutionary Bioinformatics, Vol. 2, pp. 327-344, 2006
- [15] Species-wide distribution of highly polymorphic minisatellite markers suggests past and present genetic exchanges among House Mouse subspecies
Bonhomme F., Rivals E., Orth A., R Grant G., J Jeffreys A., Rj Bois P.
Genome Biology, Vol. 8, pp. R80, 2007
- [16] Formation of the Arabidopsis Pentatricopeptide Repeat Family
Rivals E., Bruyère C., Toffano-Nioche C., Lecharny A.
Plant physiology., Vol. 141, pp. 825-839, 2006
- [17] Perfect DCJ rearrangement
Chateau A., Chauve C., Bérard S., Tannier E., Paul C.
R-CG'08: 6th RECOMB Comparative Genomics Satellite Workshop, October 13, pp. 156-167, 2008
- [18] Linear time 3-approximation for MAST problem
Berry V., Guillemot S., Nicolas F., Paul C.
ACM Transactions on Algorithms Vol. 5, 2 pp. 1-18,
- [19] Maximum Agreement and Compatible Supertrees
Berry V., Nicolas F.
Journal of Discrete Algorithms Vol. 5, 3, pp. 564-591, 2007
- [20] PhysIC: A Veto Supertree Method with Desirable Properties
Ranwez V., Berry V., Criscuolo A., Fabre P.-H., Guillemot S., Scornavacca C., Douzery E.
Systematic Biology, Vol. 56, pp. 293-304, 2007
- [21] PhysIC IST : cleaning source trees to infer more informative supertrees
Scornavacca C., Berry V., Lefort A., Douzery E., Ranwez V.
BMC Bioinformatics, Vol. 9, pp. 1471-2105, 2008
- [22] From Gene Trees to Species Trees Through a Supertree Approach
Scornavacca C., Berry V., Ranwez V.
LATA'09: Third International Conference on Language and Automata Theory and Applications, April 02, pp. 10-19, 2009

[23] PlasmoDraft: a database of Plasmodium falciparum gene function predictions based on postgenomic data
Bréhélin L., Dufayard J.-F., Gascuel O.
BMC Bioinformatics, Vol. NC, pp. 21, 2008

[24] Computing Galled Networks from Real Data
Huson D., Rupp R., Berry V., Gambette P., Paul C.
ISMB/ECCB'09: 17th Annual Conference on Intelligent Systems for Molecular Biology & 8th European Conference on Computational Biology, June 27, pp. i85-i93, 2009

[25] Transcriptome Annotation using Tandem SAGE Tags
Rivals E., Boureux A., Lejeune M., Ottones F., Pecharromàn Pérez O., Tarhio J., Pierrat F., Ruffle F., Commes T., Marti J.
Nucleic Acids Research (NAR), Vol. 35, pp. e108, 2007

RCR

Représentation des Connaissances et Raisonnements

Laboratoire
d'Informatique,
de Robotique et de
Microélectronique
de Montpellier

Département
Informatique

Responsable :

Marie-Laure Mugnier
mugnier@lirmm.fr
tel: +33 4 67 41 85 39

INTELLIGENCE ARTIFICIELLE, REPRÉSENTATION DE CONNAISSANCES, RAISONNEMENTS, LOGIQUE, GRAPHERS, COMPLEXITÉ ET ALGORITHMES, INGÉNIERIE DES CONNAISSANCES

● Présentation

Les applications modernes de l'informatique ont conduit à un usage généralisé des représentations de connaissances dans des contextes variés (recherche d'information, simulation de systèmes complexes, construction et validation d'ontologies, pour ne citer que quelques exemples d'applications sur lesquelles nous avons travaillé). Ces représentations s'appuient sur des formalismes de représentation de connaissances, qui déterminent à la fois les types de connaissances qui peuvent être représentées et les mécanismes de raisonnement sur ces connaissances. L'équipe RCR a une approche computationnelle et logique de ces formalismes, mais également - et c'est l'originalité de notre approche - basée sur des graphes étiquetés. Les graphes sont en effet vus comme une représentation abstraite des connaissances qui peuvent être exprimées dans de nombreux langages : les graphes conceptuels, qui sont historiquement notre formalisme privilégié, les langages du web sémantique RDFS et topic maps, certains fragments de la logique du premier ordre et des logiques de description, les règles et contraintes (TGD) de bases de données, etc.

Nous étudions ces formalismes graphiques et logiques selon un triple point de vue : théorique (propriétés structurelles, expressivité, complexité et algorithmes, transformations entre langages), logiciel (développement d'outils qui implémentent nos modèles théoriques) et applicatif (les applications venant en retour nourrir les travaux théoriques). Nous nous intéressons au développement de systèmes à base de connaissances réels : si la correction et la complétude logiques sont des propriétés fondamentales des mécanismes de raisonnements, la pertinence empirique est également importante. Si la complexité théorique est un critère clé pour l'évaluation d'un algorithme, des expérimentations pratiques sont également nécessaires ; et à côté des problèmes théoriques, nous étudions également des problèmes qui se posent en pratique, et qui nécessitent d'abord d'être clarifiés puis formalisés. Cet intérêt conjugué pour les aspects théoriques et applicatifs est l'un des traits caractéristiques de l'équipe.

● Composition de l'équipe (Mai 2009)

Permanents	• Baget Jean-François	01/04/2007	CR INRIA	Post-doc	• Fortin Jérôme	01/09/2008 - 31/07/2009	
	• Chein Michel	01/01/1995	PR émérite UM2		Doctorants	• Bourguet J.-Rémi	01/11/2007 - 31/10/2010 INRA/Région
	• Croitoru Madalina	01/09/2008	MCF UM2			• Ben Mohamed Khalil	01/10/2007 - 30/09/2010 MEN
	• Leclère Michel	01/09/2003	MCF UM2			• Moreau Nicolas	01/10/2007 - 30/09/2010 ANR
	• Mugnier Marie-Laure	01/01/1995	PR UM2			ex-membres*	• Jean-Pierre Aubert, MdC, retraite fev. 2007
Associés	• Thomopoulos Rallou	12/01/2006	CR INRA	• Olivier Carloni, doctorant CIFRE, 2005-2008, actuellement ingénieur R&D			
	• Salvat Eric	01/01/2008	MCF IMERIR	• Fatiha Saïs postdoc, 8 mois, 2008, actuellement MdC			
Ingénieurs	• Gutierrez Alain	01/01/2005	IE CNRS				

*depuis 2005

● Publications (du 01/01/2005 au 31/08/2009)

	ACL	ACLN	ASCL	INV	ACTI	ACTN	COM	AFF	OS	OV	DO	AP	BV	Prix	Orga
2005-2009	9			2	29	8	2	1	4		5	27			

● Faits marquants

- Nombreuses collaborations nouvelles, nationales et internationales
- Nouvelle plateforme : CoGUI
- Publication du livre «Graph-based Knowledge Representation and Reasoning» (M. Chein et M.-L. Mugnier, 427p., Springer, 2008)

● Plateformes logicielles

- COGITANT <http://cogitant.sourceforge.net> - Sous licence GPL, plus de 1000 téléchargements par an (1360 sur les 12 derniers mois)
- CoGUI <http://www.lirmm.fr/cogui/> - Sous licence GPL, V1 2005-2008

● Coopérations internationales

- Malaisie : MIMOS (agence nationale de R&D), Knowledge Technology Department ; participation au advisory board of the Center of Excellence in Semantic Technology
- Grèce : TUC-MUSIC, Technical University of Crete, Laboratory of Distributed Multimedia Information Systems and Applications
- Bulgarie : IIT-BAS, Institute of Information Technology
- Canada : Lab. R&D pour la Défense Canadienne, Section System of Systems, Simulation et compréhension de situations complexes
- Royaume Uni : King's College London, Dpt. of Computer Science

● Collaborations nationales

- ABES (Agence des bibliothèques de l'enseignement supérieur)
- FMSH (Fondation Maison des Sciences de l'Homme)
- INA (Institut National de l'Audiovisuel)
- INRA - CIRAD - UMR IATE (Ingénierie des Agropolymères et Technologies Emergentes)
- INRA - Met@risk (Méthodologies d'analyses de risque alimentaire)
- INRIA Sophia Antipolis - Méditerranée
- IRIT (Inst. de Recherche en Informatique de Toulouse)
- LERIA (Laboratoire d'Etudes et de Recherche en Informatique d'Angers)

● Contrats, transferts et valorisation

- LOGOS (6th FP STREP European project) 2006-2008 (3 ans)
- EIFFEL (projet ANR-RNTL), 2006-2008 (3 ans)
- SAPHIR (projet ANR-RIAM), 2006-2008 (3 ans)
- COLOR Griwes (INRIA Sophia-Antipolis) 2007 (1 an)
- Contrat CIFRE avec la société MONDECA (2005-2008)
- SUDOC-Ad (TGE Adonis 2009-2010)

Thématique

Les travaux de l'équipe RCR se situent dans le domaine de l'intelligence artificielle appelé *Représentation des Connaissances et Raisonnements*. Nous avons une approche computationnelle et logique de ce domaine, mais également - et c'est l'originalité de notre approche - basée sur des graphes étiquetés. Les graphes étiquetés sont en effet vus comme une représentation abstraite des connaissances qui peuvent être exprimées dans de nombreux langages : les graphes conceptuels, qui sont historiquement notre formalisme privilégié, les langages du web sémantique RDFS et topic maps, certains fragments de la logique du premier ordre et des logiques de description, les règles et contraintes (TGD) de bases de données, etc. Nous étudions ces formalismes graphiques et logiques selon trois perspectives : théoriques (propriétés structurelles, expressivité, complexité et algorithmes, transformations entre langages), logicielles (développement d'outils qui implémentent nos modèles théoriques) et applications (qui permettent d'expérimenter nos résultats et viennent en retour nourrir les travaux théoriques). L'un de nos buts est d'offrir des outils pour les systèmes à base de connaissances réels : si la correction et la complétude logiques sont des propriétés fondamentales des mécanismes de raisonnements, la pertinence empirique est également importante ; si la complexité

théorique est un critère clé pour l'évaluation d'un algorithme, des expérimentations pratiques sont également nécessaires ; et à côté des problèmes théoriques, nous étudions également des problèmes qui se posent en pratique, et qui nécessitent d'abord d'être clarifiés puis formalisés. Cet intérêt croisé pour les aspects théoriques et pratiques est l'un des traits caractéristiques de notre équipe.

Organisation

Les membres de l'équipe RCR ont une forte culture commune et collaborent étroitement (comme le montrent par exemple nos publications : le graphe représentant la relation « a coécrit une publication internationale entre 2005 et 2008 avec » sur l'ensemble des membres de RCR est biconnexe). L'équipe se réunit de façon hebdomadaire. Ces réunions prennent différentes formes : présentation des travaux de membres de l'équipe, exposé d'un article important du domaine, séminaire d'un invité de passage, série de cours en vue de renforcer les compétences « socles » de l'équipe, ou encore réunion de travail sur nos projets applicatifs et plateformes. S'y ajoutent des réunions en sous-groupes sur des problématiques particulières à un rythme variable.

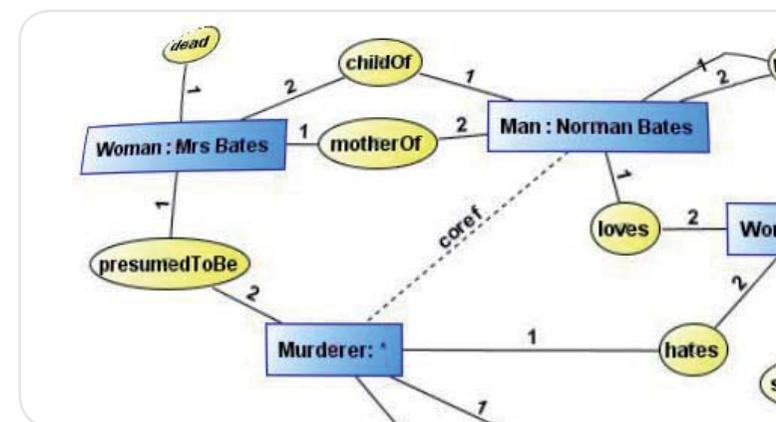
Un espace web collaboratif facilite les échanges en interne.

La gestion financière est globale à l'équipe.

Rayonnement

International

L'équipe RCR a une reconnaissance internationale en représentation de connaissances à base de graphes, et c'est l'une des équipes de référence sur les graphes conceptuels. En témoigne notamment notre forte visibilité dans la conférence ICCS (International Conference on Conceptual Structures). Pour ne citer que les éléments de la période 2005-2009 : participation au comité éditorial d'ICCS (ainsi qu'au comité de programme), co-présidence du comité de programme en 2005, conférence invitée à ICCS 2009, organisation

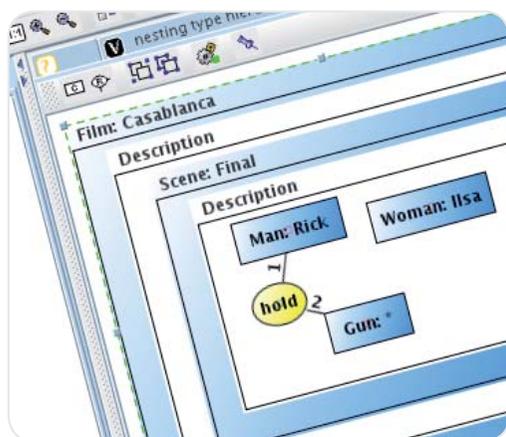


de workshops associés à la conférence, et publications annuelles dans cette conférence.

De façon plus générale, l'équipe RCR a des publications de premier plan en intelligence artificielle (avec une incursion en théorie des bases de données, aspect que nous souhaitons développer). Nous avons privilégié la publication dans des conférences très sélectives, et dans des revues internationales à fort impact (IP de 0.77 à 3 selon ISI Web of Knowledge, avec un IP moyen de 1.5 ; une vingtaine de pages en moyenne par article). Ajoutons que nous avons recruté à l'automne 2008, sur un poste de maître de conférences, une jeune chercheuse de l'Université de Southampton, Madalina Croitoru, qui a un excellent niveau de publication (notamment : KR'06, IJCAI'07, ECAI'08, ...) et dont seules les publications 2009 apparaissent dans le rapport d'activité du LIRMM.

Depuis 2005, nous avons noué de nouvelles relations internationales. La Malaisie prépare activement « l'après-pétrole » et investit massivement dans les technologies à base de connaissances (dites aussi « technologies sémantiques »). Dans ce cadre, l'agence gouvernementale de R&D, MIMOS, a souhaité établir une collaboration avec RCR, officialisée en janvier 2009. Nous participons également au "advisory board of the Center of Excellence in Semantic Technology", organisme de conseil de MIMOS pour les technologies sémantiques. Le laboratoire R&D de la Défense Canadienne (département « Simulation et compréhension de situations complexes ») nous a également contacté et une collaboration a commencé

fin 2008 autour du développement de notre outil Cogui et d'une expérimentation sur les qualités des graphes en modélisation de connaissances. Enfin, nous avons établi des relations privilégiées avec deux de nos partenaires dans le cadre du projet européen LOGOS, les laboratoires de recherche TUC-MUSIC (Technical University of Crete, Laboratory of Distributed Multimedia Information Systems and Applications) et IIT-BAS (Institute of Information Technology, Bulgarie) et initié une collaboration avec le département d'informatique du King's College à Londres.



National et local

Nous participons à l'animation de la communauté française d'intelligence artificielle, via les comités d'organisation et de programme des conférences JIAF (Journées Françaises d'IA Fondamentale), IC (Ingénierie des Connaissances) et RFIA (Congrès Francophone sur la Reconnaissance des Formes et l'Intelligence Artificielle).

Nous avons poursuivi notre collaboration de longue date avec l'INA (Institut National de l'Audiovisuel) et la FMSH (Fondation Maison des Sciences de l'Homme) via le projet ANR RIAM SAPHIR et le projet européen LOGOS. Côté collaborations industrielles, nous avons eu un contrat CIFRE avec la société MONDECA et participé avec cette société au projet ANR RNTL EIFFEL. Nous initiions une collaboration avec l'ABES (Agence Bibliographique de l'Enseignement Supérieur), basée à Montpellier, via un projet financé par le TGE ADONIS qui débutera en 2009.

Localement, nous avons initié des recherches communes avec un laboratoire de recherche en agronomie, l'UMR IATE (Ingénierie des Agro-polymères et Technologies Emergentes) à partir de janvier 2006, date de l'association à l'équipe d'une CR INRA, Rallou Thomopoulos. Cette collaboration s'inscrit maintenant dans la création d'une équipe-projet également pilotée par l'INRIA (voir la section « Prospectives »).

Bilan scientifique

Une grande partie des travaux en Représentation de Connaissances peut être vue comme l'étude de compromis entre l'expressivité des formalismes et la complexité des raisonnements sur ces formalismes (la déduction pouvant être vue comme le problème fondamental). Nous nous appuyons sur des représentations à base de graphes pour obtenir de nouveaux résultats de complexité, mais également parce que les graphes ont certaines qualités en termes de modélisation des connaissances, que nous cherchons à préserver dans les extensions étudiées. Dans ce cadre, voici les principaux résultats que nous avons obtenus :

1. Le livre que nous écrivions depuis 5 ans a été publié fin 2008 [1]. Cet ouvrage, à destination de la communauté internationale, synthétise les résultats obtenus sur les graphes conceptuels et propose un cadre unifié de représentation de connaissances à base de graphes, tout en précisant les liens avec des problèmes et résultats d'autres domaines comme les bases de données et les réseaux de contraintes.
2. Nous étudions des règles généralisant celles habituellement considérées en programmation logique,

au sens où leur application provoque la création de nouvelles variables. Ces règles correspondent notamment à des contraintes très générales appelées TGD (tuple-generating dependencies) en base de données. Les raisonnements avec ces règles ne sont pas décidables. En adoptant une vision « graphes » de ces règles, qui permet de travailler sur leur structure, nous avons obtenu de nouveaux résultats, qui ont une incidence à la fois en IA et en bases de données : caractérisation optimale de la notion de dépendance entre règles, et exploitation de ce graphe pour améliorer les algorithmes de chaînage avant et chaînage arrière des règles, ainsi qu'obtention de nouveaux cas décidables (les derniers résultats ont été publiés à IJCAI'09 [2]).

3. Dans notre langage noyau, qui correspond au fragment existentiel, positif et conjonctif de la logique du premier ordre, la déduction peut être calculée par un homomorphisme de graphe, problème NP-complet. Nous avons étudié comment l'homomorphisme peut s'étendre avec différentes formes de négation [3]. Lorsque la négation classique est considérée, la déduction ne peut plus être calculée par un test d'homomorphisme (le problème devient π_2^P -complet), mais elle peut cependant s'exprimer en termes d'homomorphismes. Nous obtenons alors deux types de résultats : de nouveaux algorithmiques qui améliorent ceux existants pour le problème équivalent en base de données (inclusion de requêtes conjonctives avec négation) [4] et de nouveaux cas particuliers dans lesquels la complexité décroît (notamment, lorsque le nombre de certains littéraux dits « échangeables » est borné, la complexité du problème tombe dans P^{NP} [articles soumis]).

4. La logique du premier ordre est le formalisme de référence, mais dans des applications réelles, nous avons souvent besoin d'aspects qui ne s'expriment pas purement ou pas naturellement dans cette logique. Parmi les extensions étudiées pour traiter ces aspects, mentionnons en particulier un mécanisme de réponses approchées à des requêtes basé sur des transformations d'étiquettes et de graphes [5], l'extension des graphes conceptuels avec des types et valeurs flous (notamment [6]), et l'extension du langage de requêtes SPARQL dédié au web sémantique avec des expressions régulières [7].

5. Nos différents projets applicatifs nous ont permis de confirmer la faisabilité d'un système d'annotations sémantiques basé sur des graphes étiquetés, ainsi que sa généralité (voir notamment [8] pour une application dans un cadre industriel).

6. Nos outils logiciels implémentent nos modèles théoriques. Ils sont importants parce qu'ils nous permettent de mettre en œuvre ces modèles dans des applications et de les expérimenter, mais également parce qu'ils nous assurent une visibilité internationale et de nombreuses demandes de collaborations applicatives. Nous continuons à maintenir Cogitant, outil de raisonnement sur les graphes conceptuels (<http://cogitant.sourceforge.net>), conjointement avec le LERIA. Pour des raisons historiques, la documentation de Cogitant était en français, ce qui freinait sa diffusion, nous l'avons traduite en anglais.

D'autre part, nous avons entrepris en 2005 le développement de Cogui (<http://www.lirmm.fr/cogui>, version 1.0), un outil visuel de construction et contrôle de bases de connaissances, qui peut être utilisé en association avec Cogitant. Ces outils sont utilisés dans

nos collaborations, ce qui implique des développements dédiés à telle ou telle application, mais nous veillons à maintenir des versions libres incorporant les avancées d'intérêt général. Enfin, l'initiative Griwes, menée en collaboration avec l'équipe-projet Edelweiss de l'INRIA, nous a permis de proposer une architecture de plateforme générique de représentation de connaissances à base de graphes, factorisant les primitives de différents langages.

Prospective

L'équipe RCR devrait se transformer en l'équipe-projet GraphIK (Graphs for Inferences and Knowledge Representation), commune avec l'INRIA. La création de GraphIK résulte de la rencontre, dès janvier 2006, avec l'axe « Représentation de Connaissances » de l'UMR IATE, dont le but est de développer des outils méthodologiques, théoriques et logiciels pour la représentation de connaissances et l'aide à la décision en agronomie (notamment, contrôle de la qualité dans les filières agroalimentaires).

GraphIK s'intéresse à certains grands challenges en représentation de connaissances : raisonnement dans des bases de connaissances (en particulier interrogation de ces bases) avec connaissances incomplètes, intégrant des règles, hybrides, permettant le traitement de connaissances vagues et incertaines, inconsistantes..., selon l'approche particulière basée sur des graphes. L'un des axes applicatifs privilégié sera l'application mentionnée en agronomie, qui, du fait de la complexité des connaissances et des raisonnements qu'elle met en œuvre, pousse à la limite l'état de l'art en

représentation de connaissances et sera un moteur important dans le développement de nouveaux outils théoriques.

Publications majeures

[1] Graph-Based Knowledge Representation: Computational Foundations of Conceptual Graphs
Chein M., Mugnier M.-L. Springer Ed., 978-1-84800-286-9, 427, 2008

[2] Extending Decidable Cases for Rules with Existential Variables
Baget J.-F., Leclère M., Mugnier M.-L., Salvat E.
IJCAI-09 (Twenty-first International Joint Conference on Artificial Intelligence), Los Angeles, pp. 677-682, 2009

[3] On Querying Simple Conceptual Graphs with Negation
Mugnier M.-L., Leclère M.
Data and Knowledge Engineering, 60, 3, pp. 468-493, 2007

[4] Some Algorithmic Improvements for the Containment Problem of Conjunctive Queries with Negation
Leclère M., Mugnier M.-L.
ICDT'07: International Conference on Database Theory, Barcelona, Spain, 2007

[5] A Content-Search Information Retrieval Process Based on Conceptual Graphs
Genest D., Chein M.
Knowledge and Information Systems Journal, 8, pp.

292-309, 2005

[6] Fuzzy Sets Defined on a Hierarchical Domain
Thomopoulos R., Buche P., Haemmerlé O.
IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering, 18, 10, 14, 2006

[7] Extending SPARQL with regular expression patterns (for querying RDF)
Alkhateeb F., Baget J.-F., Euzenat J.
Web Semantics: Science, Services and Agents on the World Wide Web, 7, 2, pp. 57-73, 2009

[8] Introducing Reasoning into an Industrial Knowledge Management Tool
Carloni O., Leclère M., Mugnier M.-L.
Applied Intelligence, in press, 14, 2007

SMILE

Systèmes
Multi-agents,
Interaction,
Langage,
Evolution

Laboratoire
d'Informatique,
de Robotique et de
Microélectronique
de Montpellier

Département
Informatique

Responsables :

Jacques Ferber et
Abdelkader Gouaich
ferber@lirmm.fr
gouaich@lirmm.fr
tel: +33 4 67 41 86 07
tel: +33 4 67 41 86 75



AGENTS, MULTI-AGENTS, ORGANISATIONS MULTI-AGENTS, SERVICES GRILLE SÉMANTIQUE, ÉMERGENCE, MODÉLISATION DE SYSTÈMES COMPLEXES, INTELLIGENCE COLLECTIVE, INTERACTIONS ET DIALOGUES ENTRE AGENTS, INTELLIGENCE AMBIENTE, INTELLIGENCE SYMBIOTIQUE, SYSTÈMES MULTI-AGENT EMBARQUÉS.

● Présentation

L'équipe/projet SMILE est articulée autour des agents et des systèmes multi-agents déclinés selon quatre orientations qui se recoupent :

- Modèles intégraux pour les systèmes multi-agents
- Informatique sociale/services interactifs
- Architecture SMA pour la modélisation de systèmes complexes adaptatifs
- Modèles de programmation pour les agents logiciels et applications pour les jeux sérieux
- Réalisation de plates-formes multi-agents et/ou orientées services

● Composition de l'équipe (Mai 2009)

- Permanents**
- S. A. Cerri PR UM2
 - J. Ferber PR UM2
 - A. Gouaich MCF UM2
 - F. Michel MCF UM2
 - T. Stratulat MCF UM2

- Doctorants**
- Michael Bergeret (depuis 2008)
 - Raoudha Chebil (depuis 2008, co-tutelle ENSI Tunis)
 - Julien Cotret (depuis 2007)
 - Ghulam Mahdi (depuis 2008)
 - Rabih Tarraf (depuis 2008)

- Post-doc**
- P. Dugenie (en 2008)

- Thèses passées**
- M. A. Silveira Netto Nunes (soutenu 2008 - PR Brésil)
 - G. Beurier (soutenu 2007- Post doc IRD)
 - N. N. Binti Abdullah (soutenu 2006- Ass.Prof. NII Tokyo Japon)
 - P. Bommel (soutenu 2009- Chercheur Cirad)
 - J. Chapelle (soutenu 2006- Resp. R&D Satin-IP)
 - P. Dugenie (soutenu 2007- Post doc Cines)
 - A. Gouaich (soutenu 2005- MCF Montpellier 2)
 - C. Jonquet (soutenu 2006- Post doc Stanford)
 - Ph. Lemoisson (soutenu 2006 - Chercheur Cirad)
 - John Tranier (soutenu 2007 - Post doc Utrecht)

- Membres Associés**
- J. P. Muller (DR, CIRAD)
 - J. Breuker (Univ. Amsterdam-2004-2007)

● Publications (du 01/01/2005 au 31/08/2009)

	ACL	ACLN	ASCL	INV	ACTI	ACTN	COM	AFF	OS	OV	DO	AP	BV	Prix	Orga
2005-2009	12			7	24	3	4		16		3	8			

● Faits marquants

- Des plateformes utilisées par le monde entier. Notamment Madkit, avec des dizaines de milliers de téléchargements.
- Contrats et projets européens (ELEGI : 2004-2008) ; 3M (2007-2008) et nationaux)
- Arrivée d'A. Gouaich (2006) et F. Michel (2008) dans l'équipe
- Division de l'équipe Kayou en Smile et Coconut (septembre 2008).

● Coopérations Internationales

Univ. d'Utrecht (Pays Bas), Univ. d'Annaba (Algérie), Univ. of Milano-Bicocca et Milano-Statale (Italie), Austrian Research Institute for Artificial Intelligence OFAI (Autriche), Univ. de Bologne (Italie), Univ. Catholique de Louvain (Belgique), New Vectors (USA), ISTI-CNR Pise (Italie) , Politecnico di Milano (Italie), KMI Open University (UK), Univ. StAndrews (UK), Univ. d'Amsterdam (NL), Univ. de Southampton (UK), National Institute of Informatics, Tokyo, Japon, Univ. Catholique de Brasilia, Institut National de Recherche Spatiale du Bresil (Ouro Preto), Institut National de Recherche sur l'Amazonie (Manaus), Stanford University - National Center for Biomedical Ontology (USA), Univ. Aberdeen (UK), Facultés Univ. Notre Dame de la Paix, Namur (Belgique), Univ. Fédérale de Brasilia, Ecole Nationale Sciences Informatique, Tunis (Tunisie), Univ. de Salerno et de Pise (Italie)

● Logiciels

- MadKit : plate-forme multiagent distribuée open source. Plusieurs milliers de téléchargements par an. Très utilisé dans la recherche et l'enseignement des SMA. Point de départ de nombreuses plateformes multiagent (Warbot, Moduleco, Turtlekit, ..). Disponible à www.madkit.org.
- Turtlekit : développée à partir du noyau Madkit. Utilisée pour réaliser des simulations multi-agents dans le domaine de la modélisation de systèmes complexes.
- Warbot : plate-forme multiagent simple d'utilisation, utilisée pour l'apprentissage de modèles d'interaction et de coordination d'actions. Disponible à www.warbot.org
- StrobeKit : Prototype de plateforme STROBE couplée a MadKit
- AGORA-GSD : Grid Shared Desktop : Infrastructure orientée Services Grille avec les services de gestion du cycle de vie des communautés virtuelles dynamiques et ubiquitaire (cloud computing) et le travail / apprentissage collaboratif à distance.

● Partenaires Industriels

OSLO-Software (Logiciels de services avancés-logistique- Lyon), FEERIK (jeux en ligne-Montpellier), Didact Systèmes, ENAIA (serveurs d'applications distribués à base d'agents- Montpellier), Zenvia (interaction homme/machine à base d'agents-Montpellier), Klakos (architectures serveurs de jeux Montpellier)

● Collaborations nationales

CIRAD Tera/Ere, IRD Montpellier, CREA (Paris), CIRSA (Paris), DGA-CNRS, Université de Belfort, IUT de Bayonne, LIA Avignon, ENSC (Montpellier), CReSTIC Université de Reims, LORIA Université Nancy I, LIP6 (Paris), TETIS (Montpellier), Collaboration avec Montpellier Agglomération pour la création d'un atelier de travail/rencontre entre les entreprises du jeu vidéo et les équipes de recherche (depuis sept. 2008)

● Animation

- Groupes d'excellence : Membre de AgentLink (Excellence Network on Multiagent Systems), ONCECS: Open Network of centres of Excellence Complex Systems, Membre du GDR I3.
- Membre de comité de programmes (program committee) : CAP, AAMAS, JFSMA, AE4MAS, EUMAS, ITS (Intelligent Tutoring Systems), ESAW, PAAMS, ECOSOA, EEMMAS, ABModSim, APSLA , SIM, IEEE ICCP, EU-COST
- Membre de comité de revues (editorial board) : Journal of Autonomous Agents and Multi-Agent System, Journal of Agent Oriented Software Engineering, Journal of MultiAgent and Grid Systems, Applied Artificial Intelligence
- Organisation de congrès : E4MAS 05, E4MAS 06, MSSSM 06, AT2AI 08, SIM'09, SIM'10 (pour 2010),

● Contrats

Ministère :

- ANR COSMAGEMS (dir. D. Phan, GEMAS) : Corpus d'Ontologies pour les Systèmes Multi-Agents en Géographie, Economie, Marketing et Sociologie.
- ANR C_FLAM (direction B. Jouvencel, LIRMM) : Coordination de flotille de robots sous-marins pour la localisation et la cartographie.
- ANR INTERMED (direction - Nils Ferrands, CEMAGREF) : Débat et négociation de chartes de gestion du littoral avec des scénarios utilisant des jeux sérieux.

Projets européens IST :

- IST EleGI : European Learning Grid Infrastructure, Integrated Project, 2004-2008

Projets en attente :

- 2009/03/01 Préparation et soumission du projet ANR «CIRoCCo», Collecte d'Informations par Robots et Capteurs Collaborant en réseau, 8 partenaires français, en attente de résultat
- 2009/03/01 Préparation et soumission du projet ANR « SG2 » sur les serious games. Partenaires : Universités de Montpellier 1, 2 et 3, CHU de Montpellier, DIDACT Systèmes (en attente de résultat)

L'équipe SMILE a vu le jour en septembre 2008, suite à la scission de l'équipe Kayou en SMILE et Coconut qui se sont recentrées sur leurs thématiques de recherche propre. Pour SMILE, le domaine concerne le domaine des agents et des systèmes multi-agents sous toutes leurs formes.

L'équipe trouve son mode de fonctionnement dans une articulation des responsabilités entre chaque permanent et aussi dans son aspect très soudé, voire familial, entre chacun des membres.

Nous disposons d'une page web de l'équipe et nous avons un séminaire de travail ainsi qu'une réunion d'équipe (gestion, informations diverses, décisions à prendre, etc..) chaque semaine.

Ce séminaire de travail peut faire intervenir des exposés invités, mais la plupart du temps il porte sur le travail d'un des membres de l'équipe (permanents ou doctorant). Nous avons aussi des séminaires qui portent sur un point de recherche particulier, portés par un état de l'art et qui donnent lieu ensuite à un « brain storming » permettant de faire jaillir de nouvelles idées.

De manière générale, les recherches sont relativement collectives et nos publications font très souvent intervenir au moins deux permanents de l'équipe, ces collaborations pouvant changer de publications.

Après avoir été financé par de nombreux contrats européens et par des relations industrielles (années 2005 à 2007) nous avons un mode de financement plus tourné aujourd'hui vers des contrats ANR, des contrats internationaux (Amazonie) et de nouvelles relations industrielles tournées essentiellement autour du jeu et des systèmes collaboratifs.

Rayonnement

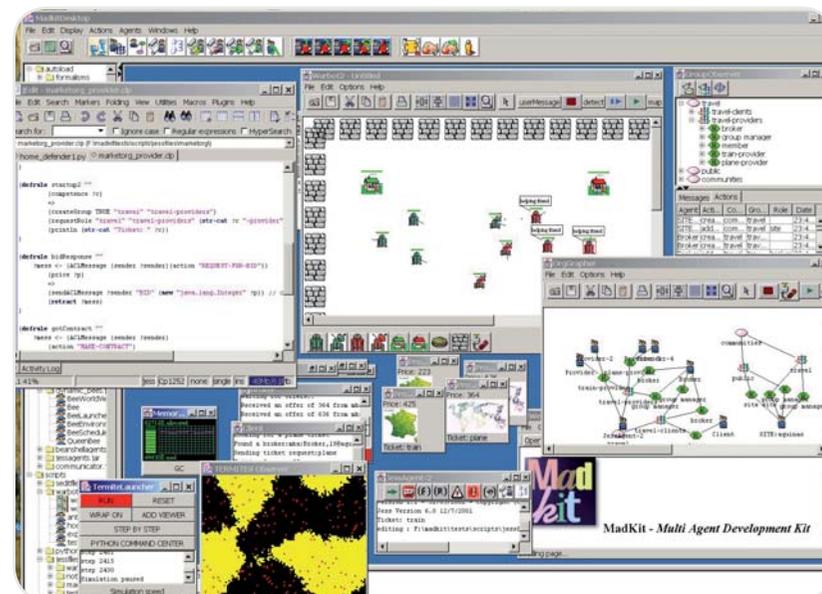
Nous avons d'une part des activités de rayonnement vis à vis de petites structures industrielles régionales ou nationale (Oslo software à Lyon, Zenvia à Montpellier) et, d'autre part, des relations fortes avec d'autres universités (post-doc de doctorants dans des universités telles que Stanford, Utrecht, Milan, Tokyo etc..).

Nous avons été à l'origine de la création d'un atelier de travail/rencontre entre les entreprises du jeu vidéo de la région et les équipes de recherche (depuis sept. 2008).

Nous avons un rayonnement/impact de plus en plus important dans les sciences humaines (notamment en relation avec le Gemas de Paris, l'équipe Geo-Paris du CNRS), les sciences de l'environnement

(Cirad, IRD, Cemagref, AgroParisTech ..) du fait du développement des modèles multi-agents dans les sciences humaines, sociales et environnementales (nous avons d'ailleurs un membre associé qui fait partie du Cirad). Nous avons aussi de nombreux liens avec le Brésil (projet Amazonie).

Au niveau international nous faisons partie de plusieurs comités de revue sur les systèmes multi-agents et nous faisons partie régulièrement des comités de programmes ou des membres d'évaluation des principaux colloques



du domaine : CAP, AAMAS, JFSMA, AE4MAS, EUMAS, ITS, ESAW, PAAMS, ECOSOA, EEMMAS, ABModSim, APSLA, SIM, IEEE ICCP, EU-COST, etc... Nous organisons aussi des colloques dans le domaine des SMA : AT2AI 08, SIM'09, SIM'10 (pour 2010).

Problématique scientifique

L'équipe/projet SMILE est articulée autour des agents et des systèmes multi-agents déclinés selon cinq orientations qui se recoupent :

- Modèles intégraux pour les systèmes multi-agents
- Informatique sociale/services interactifs
- Architecture SMA pour la modélisation de systèmes complexes adaptatifs
- Modèles de programmation pour les agents logiciels et applications pour les jeux sérieux

- Réalisation de plates-formes multi-agents et/ou orientées services

Modèles intégraux pour les systèmes multi-agents

Au début des années 2000 nous avons développé un modèle conceptuel de système multi-agent fondé sur une perspective organisationnelle : AGR pour Agent/Groupe/Rôle. Ce modèle a été repris de nombreuses fois dans la communauté internationale, et avait été à la base de la plate-forme MadKit.

Nous avons étendu ce travail à deux aspects qui manquaient dans AGR : l'environnement, ce qui a donné lieu au modèle AGRE [Ferber et al., 2005] et les normes, avec le modèle AGREEN [Baez et al., 2006]. Mais il nous a semblé que ces extensions complexifiaient inutilement le modèle et qu'il y avait derrière tout cela une certaine unité qu'il s'agissait d'appréhender.

De ce fait, nous avons développé le modèle MASQ à partir d'une approche des 4quadrants [Ferber et al., 2009], [Stratulat et al., 2009]. Ce modèle, qui est encore relativement récent, présente l'intérêt d'intégrer la notion d'environnement, de normes, de culture et d'organisations dans un schéma conceptuel simple et pratique à utiliser, fondé notamment sur les travaux de Searle. De plus, MASQ intègre AGR comme une vision particulière, applicable aux cas où seules les notions de groupes et de rôles sont nécessaires. Nos objectifs portent maintenant sur la définition d'une sémantique formelle pour MASQ, sur la définition

d'une méthodologie de conception de systèmes multi-agents (à la manière de ce que nous avons développé pour AGR) et sur la réalisation d'une plate-forme de référence, conçue comme une refonte de MadKit.

Informatique Sociale / Services Interactifs (Social Informatics)

L'action IS/SI considère que les processus de communication, entre agents artificiels d'une part mais aussi entre humains et agents artificiels ainsi que entre humains à travers les agents artificiels, constituent le cœur de la résolution collaborative distribuée des problèmes. Un cas particulier de collaboration porte sur la fourniture de services. La notion de service devient intéressante toutefois quand elle n'est plus considérée comme un simple appel de procédure (services Web) mais devient un processus interactif (persistant et avec état). L'action IS/SI étudie donc ces processus interactifs entre Agents qui intègrent les contributions des SMA, IHM, Web Sémantique et Grille Sémantique avec une modélisation en langage fonctionnel (Scheme), des expérimentations ainsi que des développements purement techniques dans le contexte de Globus Toolkit.

Dans [Jonquet et Cerri, 2005a] et [Jonquet et Cerri, 2005c] on présente en détail l'état d'avancement du modèle STROBE par rapport aux systèmes multi-agents vus comme des communautés virtuelles d'agents artificiels et d'agents humain qui communiquent et apprennent. D'une côté, le modèle permet aussi de considérer les dialogues comme des objets d'étude [Jonquet et Cerri, 2005], de l'autre il remet l'humain dans la boucle permettant d'intégrer les humains dans les « Grid Virtual Organisations » comme



demandeurs et fournisseurs de services [Jonquet et al, 2005], [Allison et al., 2005]. Ces concepts de convergence entre Agents et Services Grille d'une coté, et de «homme comme ressource pour des services» de l'autre nous a permis de publier les papiers de référence dans le domaine [Jonquet et al, 2008].

D'un point de vue « apprentissage » nos agents humains apprennent par effet de bord de la collaboration (constructivisme social). Dans EleGI nous nous sommes occupés seulement de scénarios d'apprentissage « informel » [Dugénie et al. 2008]. A cet effet, nous avons aussi étudié dans quelle mesure on pouvait analyser des conversations réelles, les formaliser en « actes de langages » et en induire des règles qui puissent aider à mieux gérer nos communautés. L'étude a développé une Théorie cognitive (Activity States Framework) sous-jacente à la formalisation [Binti Abdullah et Cerri, 2005].

Architecture SMA pour la modélisation de systèmes complexes adaptatifs

Les systèmes multi-agents sont de plus en plus utilisés dans les sciences de la vie et de l'environnement pour leurs possibilités de représenter directement les différents acteurs biologiques, sociaux et économiques, leurs comportements et leurs interactions. Malgré leur intérêt, ils soulèvent plusieurs problèmes. Un problème important porte sur la définition d'un modèle « sans biais », c'est-à-dire d'un modèle permettant effectivement d'assurer au modélisateur que l'outil informatique implémente bien le modèle que le modélisateur a décrit (on ne s'intéresse pas ici au problème de l'adéquation entre le modèle et la réalité qui est un problème de modélisation), et que les conséquences observées lors de la simulation sont

bien directement des conséquences du modèle et non le produit d'un comportement non désiré du système informatique. Le problème n'est pas seulement technique, il est aussi théorique : il a nécessité le développement d'une théorie de l'action, le modèle « influence/réaction », une extension du calcul situationnel, qui permet de décrire des comportements simultanés d'action. Ce modèle a été formalisé par le modèle IR4MAS [Michel 2005, Michel 2007], puis implémenté à l'aide d'un modèle algébrique d'interaction (MIC*) développé au sein de Kayou [Gouaich 2005, Gouaich et Michel 2005] et appliqué avec succès au problème des actions simultanées [Michel 2005]. Une architecture de simulation de systèmes multi-agents fondée sur ce principe a été réalisée dans le cadre de la thèse F. Michel [Michel 2005] et intégrée à Madkit.

Suite à ces différents travaux, nos objectifs portent maintenant sur l'élaboration de méthodologies de modélisation qui viendront compléter l'éventail des outils formels que nous avons déjà définis. Cela de manière à ce que les principes de modélisation qu'ils sous-tendent puissent être mis en œuvre sans qu'il soit nécessaire de connaître tous les aspects formels qui leur sont liés.

Modèles de programmation comportementale pour les agents logiciels : application aux jeux sérieux

Dans cette thématique de recherche nous développons des modèles de programmation à base de comportements dirigés par des buts avec des applications dans le domaine des jeux sérieux (serious games).

Un jeu sérieux est un système informatique qui combine des aspects sérieux, comme la formation, l'éducation, la rééducation ou simplement l'information, avec des aspects ludiques hérités le plus souvent des jeux vidéo. Le jeu sérieux offre un bon cadre d'expérimentation car l'état de l'art actuel montre qu'il existe un réel besoin en termes de langages de programmation spécifiques (Domain Specific Language) qui puissent :



(i) traduire les objectifs pédagogiques en objectifs pour les agents logiciels, (ii) adapter et modifier les buts et les stratégies sans remettre en cause la structure logicielle globale du système.

Notre objectif est d'élaborer des modèles pour la programmation comportementale dirigée par des buts (goal-directed behaviours) ainsi que les formalismes de programmation et les sémantiques opérationnelles associées. Ceci dans le but de pouvoir exprimer explicitement pour chaque agent logiciel autonome des buts ainsi que des stratégies individuelles ou collectives pour les atteindre. Ce projet est actif depuis mi-2008,

voici quelques faits marquants qui lui sont directement ou indirectement associés.

Réalisations de plate-formes multi-agents

La réalisation de plate-formes de démonstration fait partie intégrante du travail de l'équipe SMILE. Plusieurs plate-formes ont été développées dans l'équipe :

- MadKit, à la fois plateforme et méta-plateforme de développement de SMA. Initialisée en 1998, MadKit en est à la version 4.4, ayant intégré tout un ensemble de nouveaux concepts au fur et à mesure de son évolution. Cette plate-forme est utilisée internationalement pour la recherche et l'enseignement des SMA et est disponible à www.madkit.net. Durant les années 2002-2007, la société Aleph0 a utilisé MadKit comme moteur pour la réalisation d'un jeu distribué (on line). Un contrat de recherche en 2007 avec la société OSLO-Software (basée à Lyon) a montré l'intérêt industriel de cette plate-forme pour la réalisation de logiciels complexes.
- Turtlekit est une plateforme open source de développement de SMA pour la modélisation de systèmes complexes. Elle est globalement inspirée de plateformes comme StarLogo/NetLogo mais propose des fonctionnalités de hauts niveaux qui facilitent la modélisation du comportement des agents et des interactions agents/environnement, ainsi que la gestion du développement.
- Warbot : plateforme multi-agent simple d'utilisation, utilisée pour l'apprentissage de modèles d'interaction et de coordination d'actions. Disponible à www.madkit.net.
- AGORA-GSD : la plateforme de services collaboratifs

et ubiquitaires AGORA-GSD a été expérimentée par une dizaine de communautés virtuelles, avec une centaine d'utilisateurs, a été étudiée par rapport à l'outil compétitif : Access Grid , monté par nous même à l'ISTI du CNR de Pise (2008) et finalement a été choisie comme plateforme de base pour deux projets de grande envergure : un sur la construction de connaissance scientifique sur la biodiversité en Amazonie (contrat du Ministère Brésilien) et l'autre à l'intérieur du programme TGE-ADONIS du CNRS (projet ECRINS). Noter que AGORA-GSD est disponible au LIRMM, mais aussi au CINES, à l'ISTI-CNR de Pise et à l'Université Catholique de Brasilia (agora.lirmm.fr).

Prospectives

Notre vision du futur est celle d'un environnement dans lequel les agents informatiques et les êtres humains seront amenés à collaborer étroitement afin de réaliser une « intelligence collective » fondée sur l'interaction (agent-agent, agent-humain, humain-humain). Les agents auront une place essentielle à la fois comme entités de simulation mais aussi comme éléments de médiations entre individus.

Les enjeux portent sur la co-construction de normes et de contenus sémantique (culture multi-agent), ainsi que de formes d'interaction entre agents permettant aux humains d'interagir avec ces agents comme s'il s'agissait (pratiquement) d'humains.

De ce fait, les systèmes collaboratifs et les jeux (simulations de mondes mettant en œuvre des environnements physiques et sociaux simulés) tiennent une place essentielle pour appréhender ce modèle « symbiotique » qui unira de plus en plus l'être humain et la machine qui, elle-même, fonctionnera de plus en plus sur le modèle du vivant et du social.

Tous les travaux de SMILE s'expriment et s'articulent naturellement dans cette vision.

Publications importantes

[Allison et al. 2005] Allison C., Cerri S. A., Ritrovato P., Gaeta M. Services, Semantics and Standards: Elements of a Learning Grid Infrastructure. Applied Artificial Intelligence Journal 19, 9-10 (2005) 861-879

[Baez et al. 2007] Baez J., Stratulat T., Ferber J. A Unified Model for Physical and Social Environments in Environments for Multi-Agent Systems III, Springer (Ed.) (2007) 4389 41-50

[Binti Abdullah et al 2005] Binti Abdullah N. N., Liquiere M., Cerri S. A. Inducing Communication Protocols from Conversations in a Multi Agent System in Biological and Artificial Intelligence Environments, Springer Netherlands (Ed.) (2005) 183-189

[Dugenie et al. 2008] Dugénie P., A. Cerri S., Lemoisson P., Gouaich A. Agora UCS: Ubiquitous Collaborative Space, ITS'08: 9th international conference on Intelligent Tutoring Systems, (2008) [lirmm-00273371 - version 1]

[Ferber et al., 2005] Ferber J., Michel F., Baez J. AGRE : Integrating Environments with Organizations in D. Weyns, V. D. Parunak, F. Michel (eds). Environments for Multi-Agent Systems. Revised selected papers of E4MAS 2004. LNAI. Vol. 3374. (2005).

[Ferber et al., 2009], Ferber J., Stratulat T., Tranier J. Towards an Integral Approach of Organizations in Multi-Agent Systems in Handbook of Research on Multi-Agent Systems: Semantics and Dynamics of Organizational Models, IGI Global (Ed.) (2009) 51-75

[Gouaich 2005] Gouaich A. Mouvement, Interaction, Calcul partout et à tout moment avec l'Ordinateur. Université Montpellier II - Sciences et Techniques du Languedoc (01/07/2005), Stefano A. Cerri (Dir.)

[Gouaich et al 2005] Gouaich A., Michel F., Guiraud Y., MIC: A Deployment Environment for Autonomous Agents. Environments for Multi-Agent Systems, (2005)

[Jonquet et al. 2005] The STROBE Model: Dynamic Service Generation on the Grid. Applied Artificial Intelligence Journal Special issue on Learning Grid Services 19, 9-10 (2005) 967-1013

[Jonquet et al. 2008] Jonquet C., Dugénie P., Cerri S. A. Agent-Grid Integration Language. Multiagent and Grid Systems vol 4, 2 (2008) 167-211

[Michel 2007] Michel F. The IRM4S model: the influence/ reaction principle for multiagent based simulation. 6th international joint conference on Autonomous agents and multiagent systems, (2007)

[Stratulat et al., 2009]. Stratulat T., Ferber J., Tranier J. MASQ - Towards an Integral Approach to Agent-Based Interaction AAMAS'09: The Eighth International Conference on Autonomous Agents and MultiAgent Systems

TAL

Traitement Algorithmique du langage

Laboratoire d'Informatique, de Robotique et de Microélectronique de Montpellier

Département Informatique

Responsable :

Violaine Prince
prince@lirmm.fr
tel: +33 4 67 41 86 74

SYNTAXE, SÉMANTIQUE TEXTUELLE, SÉMANTIQUE LEXICALE, MODÈLES ALGÈBRIQUES, MODÈLES VECTORIELS, FOUILLE DE TEXTES, MODÈLES DE DIALOGUE.

● Présentation

L'objectif de l'équipe « traitement algorithmique du langage » est de développer des modèles et des outils pour le traitement de la langue et de les évaluer par le biais d'applications connues, de préférence lors de compétitions nationales et internationales.

L'équipe se positionne autour de deux domaines théoriques du traitement automatique des langues qui sont : la syntaxe (modèles : algorithmes de Markov sur les arbres, pré-groupes de Lambek) et la sémantique (sémantique vectorielle, réseaux lexicaux), avec quelques incursions dans la pragmatique.

Plusieurs domaines d'application de ces noyaux théoriques servent à les valider, tels que : la génération de bases lexicales monolingues (thèse de D. Schwab, 2005) et multilingues, l'aide à la terminologie, la catégorisation thématique de textes (thèse A. Labadié 2008), résumé de textes par compression (thèse de M. Yousfi-Monod 2007), la traduction automatique, etc.

● Composition de l'équipe (Mai 2009)

Permanents

• Chauché Jacques	01/01/1995	PR UM2, HDR
• Joubert Alain	01/01/2005	MCF
• Lafourcade Mathieu	01/09/1997	MCF
• Prince Violaine	01/09/2000	PR UM2, HDR
• Roche Mathieu	01/09/2005	MCF
• Terrat Richard	01/01/1995	MCF (membre depuis le 1er janvier 2009)

Associés

• Preller Anne	01/01/2000	PREM UM2, HDR
----------------	------------	---------------

Doctorants

• Bechet Nicolas	01/10/2006	01/10/2009
------------------	------------	------------

ATER - Post Doctorants

• Labadié Alexandre	09/09/2005	31/08/2009 (ex-doctorant de l'équipe)
• Leon Stéphanie	22/09/2008	22/09/2009 (docteur U. de Provence)

● Publications (du 01/01/2005 au 31/08/2009)

	ACL	ACLN	ASCL	INV	ACTI	ACTN	COM	AFF	OS	OV	DO	AP	BV	Prix	Orga
2005-2009	21			1	50	20		2	4		2	13			

● Faits marquants

- Co-créateurs du Défi Fouille de Texte (DEFT, équivalent francophone du DARPA TREC)
- En pole position dans la campagne d'évaluation EVALDA/EASY des analyseurs syntaxiques
- Créateurs de JeuxDeMots, site de création de réseau lexical très visité.

● Collaborations internationales

Université de Montréal, Oxford, Sydney, Penang et MMU (Malaisie), Bangkok.

● Collaborations industrielles

Entreprises régionales : ITESOFT, PAPERBLOG , SPOTTER ,SATIN, EVALACCESS, NAMAÉ CONCEPT (avec encadrement de stagiaires, de doctorants, publications parues, et projets ANR).

Entreprises nationales : France TELECOM, EDF (co-encadrement de doctorants, plusieurs publications).

Introduction

Le traitement automatique des langues est un des plus anciens domaines de recherche en informatique, mais il n'a connu un réel essor que depuis que les données textuelles électroniques sont devenues disponibles en abondance, c'est-à-dire depuis la généralisation de l'Internet et du World Wide Web. Domaine transversal par excellence, il est sollicité par de nombreuses autres thématiques en informatique, et plus spécialement par un « axe » qui s'articulerait autour de la représentation et du traitement des données (polymorphes, hétérogènes) et par un autre axe qui s'articulerait autour de la notion d'Intelligence (IA, apprentissage, raisonnement...). C'est également un domaine pluridisciplinaire exigeant des compétences non seulement en informatique, mais également en linguistique, et en mathématiques (logique, statistiques).

Problématique scientifique

L'objectif de l'équipe « traitement algorithmique du langage » est de développer des modèles et des outils pour le traitement de la langue et de les évaluer par le biais d'applications connues, de préférence lors de compétitions nationales et internationales. L'équipe se positionne autour de deux domaines théoriques du traitement automatique des langues qui sont la syntaxe

et la sémantique, avec quelques incursions dans la pragmatique, et de plusieurs domaines d'application de ces noyaux théoriques, en l'occurrence la sémantique lexicale et la fouille de textes ainsi que des applications phare comme la traduction automatique, ou la vérification grammaticale et orthographique (thèse de S. Degeilh 2006). Des applications originales et inter-thématiques sont aussi proposées, comme l'aide à la modélisation UML par application de techniques de TALN (thèse de J.-R. Falleri, co-responsables M. Lafourcade (TAL), M. Huchard (DOC)).

La sémantique lexicale comprend :

- la génération de bases lexicales monolingues (thèse de D. Schwab 2005) et multilingues : travaux coordonnés par M. Lafourcade ;
- l'aide à la terminologie (projet SIGLES, thèse de N. Béchet, en cours) : coordonné par M. Roche.

La fouille de texte comprend :

- la catégorisation thématique de textes (thèse d'A. Labadié 2008, co-direction V. Prince et M. Elbèze (LIA Université d'Avignon)),
- le résumé de textes par compression (thèse de M. Yousfi-Monod 2007, direction V. Prince).

Les modèles choisis par l'équipe TAL du LIRMM ont été jusqu'à présent relativement originaux.

En syntaxe, deux paradigmes sont explorés :

- les règles symboliques de réécriture, sous

forme d'algorithmes de Markov associés à des transducteurs d'arbres, donnant lieu à un analyseur morpho-syntaxique du Français en constituants et dépendances (SYGFRAN), actuellement sollicité pour l'ANR Passage (coordination INRIA) et régulièrement évalué lors des compétitions EASY/EVALDA (de l'agence européenne pour le traitement des langues) : sous la responsabilité de J. Chauché.

- les prégroupes de Lambek, qui sont une théorie nouvelle et évolutive, et dont l'adaptation au langage naturel est réalisée au fur et à mesure (A. Preller et R. Terrat, qui a intégré l'équipe en janvier 2009).

En sémantique, trois modèles apparaissent :

- un modèle vectoriel sur base de thésaurus utilisé en sémantique lexicale aussi bien que textuelle. Son originalité par rapport aux représentations vectorielles de la recherche documentaire, ou de la fouille de données, est l'invariance de la dimension de l'espace, et sa couverture de l'ensemble de la langue et non pas de la seule collection de documents ;
- un modèle issu des prégroupes de Lambek, au stade exploratoire ;
- un modèle inspiré de la vision distribuée des agents réactifs, intitulé « algorithmes de fourmis ».

La pragmatique, représentée ici par le dialogue, vient en renforcement des modèles syntaxiques et sémantiques.

Les applications ont été le lieu de nombreuses expérimentations et améliorations des modèles ci-dessus. La fouille de textes a été évaluée dans les campagnes francophones DEFT05 et DEFT06.

Dans l'équipe, tous les membres participent à des applications de façon assez transversale, et tentent de ne pas trop se spécialiser car les différentes dimensions du TALN sont extrêmement liées entre elles.

Gouvernance de l'équipe

Responsable d'équipe : Violaine Prince. Participe à plusieurs projets en tant que membre. Est responsable de l'application syntaxe et traduction automatique (contributeurs :

Jacques Chauché, Mathieu Lafourcade, Stéphanie Léon) et de la partie dialogue (contributeur : Mehdi Yousfi-Monod).

Responsable des aspects syntaxiques : Jacques Chauché (contributeurs : Mehdi Yousfi-Monod, Violaine Prince, Mathieu Roche, Anne Preller, Sylvain Degeilh, Richard Terrat).

Responsable des applications fouille de texte : Mathieu Roche (contributeurs : Jacques Chauché, Violaine Prince, Alexandre Labadié, Mehdi Yousfi-Monod, Stéphanie Léon, Nicolas Béchet).

Responsable de la partie « sémantique lexicale » : Mathieu Lafourcade (contributeurs : Alain Joubert, Violaine Prince, Didier Schwab, Stéphanie Léon).

Rayonnement de l'équipe

Contexte régional

Il s'agit de la seule équipe « traitement automatique des langues » en Languedoc-Roussillon. Elle collabore activement avec le laboratoire Praxiling de l'Université Montpellier 3 (UMR CNRS) sous forme de plusieurs projets en commun de co-direction de thèse (Stéphane Riou, co-direction Mathieu Lafourcade TAL-LIRMM, Paul Siblot Praxiling). Elle est régulièrement sollicitée par les entreprises régionales spécialisées dans la gestion de documents pour des partenariats lors

d'appels à projet, et pour des expertises (à

Transferts LR, dans le comité ARAGO

pour l'évaluation des projets régionaux de recherche, par l'OSEO Anvar, Languedoc

Roussillon Incubation, etc.). Elle a obtenu une bourse BDI

régionale de doctorant (en 2006) pour un sujet autour de l'extraction semi-

automatique d'ontologies, et elle vient de recevoir un co-financement régional

pour une thèse sur le titrage automatique des pages Web.

Contexte national

L'équipe TAL du LIRMM est connue de la communauté française du traitement automatique des langues.

Elle a co-créé et organisé les Défis Fouille de Texte en 2005 et 2006. Ses membres font partie des comités de programme de nombreuses conférences reconnues du domaine. Mathieu Lafourcade est membre du

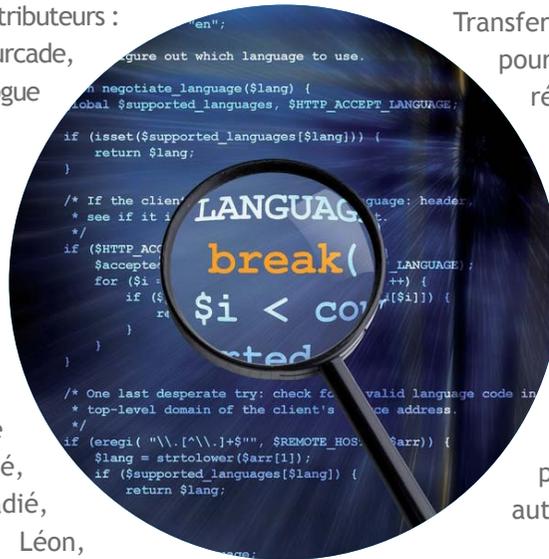
conseil d'administration de la société savante du domaine, l'ATALA. Elle collabore régulièrement avec les universités d'Avignon, de Grenoble, de Caen et de Provence sur des projets, des co-direction de thèse, etc. L'équipe travaille également dans le consortium de l'ANR Passage (J. Chauché) avec une dizaine d'équipes universitaires et de l'INRIA.

Contexte international

L'équipe collabore avec les Universités de Montréal (post-doc M. Yousfi-Monod, travaux autour de J. Lambek), Penang et MMU en Malaisie (M. Lafourcade et D. Schwab ancien doctorant de l'équipe), l'Université de Sydney (V. Prince), l'Université d'Oxford (A. Preller). Son rayonnement international se traduit également par l'appartenance à de nombreux comités de programme de bonnes conférences internationales ou de comités de revues internationales.

Bilan scientifique

Le bilan de production de l'équipe est abondant sur le plan des publications. Le domaine du TAL étant essentiellement tourné vers les conférences plutôt que les revues (très peu de revues dans le domaine, et souvent improprement classées en sciences humaines) en raison de l'extrême évolutivité des évaluations et des données, fait que l'équipe, durant cette période a produit 47 articles dans des congrès sélectifs avec actes publiés (et ISBN) à audience internationale, soit directement du domaine (COLING, NLDB, TALN, NLPCS, LREC...) soit des congrès où le TAL fait partie des thématiques d'application ou d'origine, ainsi que 25 articles dans des congrès sélectifs à actes publiés (avec ISBN) d'audience nationale (essentiellement



des congrès orientés vers l'analyse des données et les statistiques, comme JADT, ou des congrès plus proches de l'IA comme EGC). Elle a également produit 20 articles dans des revues d'informatique produisant des numéros spéciaux (IJIT, IJSI, etc.) ou des revues de logique s'intéressant aux modèles formels du TAL (JoLLi, Studia Logica, etc.). Le TAL fait partie des domaines où les ouvrages scientifiques ont également de l'importance cette fois-ci concernant les fondamentaux, c'est pourquoi l'équipe a, pendant la période, produit 2 ouvrages scientifiques dont un de grande audience internationale, et participé à la rédaction de 5 chapitres d'ouvrages.

Perspectives

Les projets de l'équipe TAL, pour la période à venir, se matérialisent entre autres par deux thèses démarrant, l'une sur le titrage automatique de pages Web (financement Région-Université), et l'autre sur la contribution de l'analyse syntaxique à la traduction automatique (financement MENRT). Ces deux sujets illustrent la ligne de conduite de l'équipe : recherche théorique ancrée dans l'expérience et l'application. Le titrage automatique de pages Web est crucial dans le cadre de l'accessibilité du Web (normes de qualité), et les recherches seront validées par une intégration industrielle. La traduction automatique, serpent de mer du TAL et sujet fort rebattu, est ici fort d'une approche différente : c'est à la partie structurelle, syntaxique, que s'attaquera la thèse, forte de la composante «syntaxe» de l'équipe TAL, partie qui est très rarement considérée en traduction automatique, en raison de la rareté des outils syntaxiques, et de la difficulté théorique. Or l'équipe TAL est justement pourvue d'outils et développe des modèles propres. Une collaboration avec l'Université de Grenoble I (Laurent Besacier) et France Telecom (Malek Boualem) est envisagée sur ce sujet. Les perspectives ne s'arrêtent bien sûr pas à ces deux exemples. L'équipe est très sollicitée dans le cadre des évaluations d'outils de TAL, dans l'accroissement des ressources lexicales multilingues issues de réseaux sociaux (réseaux lexicaux hors Wordnet), et continue ses travaux sur l'extension de modèles algébriques (Prégroupe de Lambek) pour la représentation des langages d'origine humaine.

Résultats /Publications représentatives

2009 (en cours)

Prince V., Roche M.

Information Retrieval in Biomedecine - Natural Language Processing for Knowledge Integration
Medical Information Science Reference Ed. (2009) 978-160566274-9 432 p.

2008

Roche M., Prince V.

Managing the Acronym/Expansion Identification Process for Text-Mining Applications
International Journal of Software and Informatics, Special issue on Data Mining 2, 2 (2008) 163-179
Duchateau F., Roche M., Bellahsene Z.

Improving Quality and Performance of Schema Matching in Large Scale
Ingénierie des Systèmes d'Information (ISI) 1 (2008) 59-82

Yousfi-Monod M., Prince V.

Using Misunderstanding and Discussion in Dialog as a Knowledge Acquisition or Enhancement Process
In Distributed Artificial Intelligence, Agent Technology, and Collaborative Applications, Information Science Reference (Ed.) (2008) 65-90

Preller A., Prince V.

Pregroup grammars with linear parsing of the French verb phrase
In Computational and Algebraic Approaches to Natural Language, Polimetrica (Ed.) (2008) 53-84

2007

Preller A.

PP Attachment Ambiguity Resolution with Corpus-based Pattern Distributions and Lexical Signatures

Studia Logica 87, 2/3 (2007) 171-197

Preller A., Lambek J.

Free Compact 2-Categories. Mathematical Structures in Computer Science 17, doi: 10.1017/S0960129506005901 (2007) 309-340

Yousfi-Monod M., Prince V.

Knowledge Acquisition Modeling through Dialog Between Cognitive Agents
International Journal of Intelligent Information Technologies 3, 1 (2007) 060-078

Azé J., Roche M., Alphonse E., Amrani A., Heitz T., Mezaour A.-D.

Bilan du premier défi francophone de Fouille de Textes RNTI, Défi Fouille de Textes : reconnaissance automatique des auteurs de discours E-10, Numéro spécial (2007) 15-38

2006

Gala N., Lafourcade M.

PP Attachment Ambiguity Resolution with Corpus-Based Pattern Distributions and Lexical Signatures
ECTI Transaction on Computer and Information Technology 2, 2 (2006) 116-120

Schwab D., Lafourcade M.

Modelling, Detection and Exploitation of Lexical Functions for Analysis
ECTI Transaction on Computer and Information Technology 2, 2 (2006) 97-108

Prince V., Lafourcade M.

Mixing Semantic Networks and Conceptual Vectors : Application to Hyperonymy
IEEE transactions on systems, man and cybernetics 36, 2 (2006) 152-160

Yousfi-Monod M., Prince V.

Compression de phrases par élagage de leur arbre morpho-syntaxique. Une première application sur les phrases narratives. RSTI-TSI Technique et Science Informatiques 25, 4 (2006) 437-468

2005

Degeilh S., Preller A.

Efficiency of Pregroups and the French Noun Phrase
JoLLI: Journal of LogicLanguage and Information 14, 4 (2005) 423-444

Lafourcade M.

Semantic Analysis through Ant Algorithms, Conceptual Vectors and Fuzzy UNL Graphs
Dans Universal Networking Language Advances in Theory and Applications (2005) 125-137

TATOO

Extraction de connaissances dans les bases de données : motifs séquentiels et ontologies

Laboratoire d'Informatique, de Robotique et de Microélectronique de Montpellier

Département Informatique

Responsable :

Pascal Poncelet
poncelet@lirmm.fr
tel: +33 4 67 41 86 53



EXTRACTION ET GESTION DE CONNAISSANCES, FOUILLE DE DONNÉES, MOTIFS SÉQUENTIELS, ENTREPÔTS DE DONNÉES, LOGIQUE FLOUE, ONTOLOGIES, ANNOTATION AUTOMATIQUE, BASES DE DONNÉES

● Présentation

Ce groupe de recherche vise à regrouper les compétences autour de l'extraction de connaissances et plus particulièrement sur la recherche de motifs fréquents, sur la découverte d'ontologies et enfin sur l'utilisation des méta-données associées aux ontologies comme support de qualité et de validité des motifs extraits. Les domaines d'application privilégiés sont le web sémantique, l'environnement et la santé.

● Composition de l'équipe (Mai 2009)

Permanents	• Bringay Sandra	01/09/2007	MCF UM3
	• Laurent Anne	01/09/2003	MCF UM2
	• Hérin Danièle	01/01/1995	PR UM2
	• Pompidor Pierre	01/01/1995	MCF UM2
	• Joab Michelle	15/10/2000	PR UM2
	• Poncelet Pascal	01/09/1999	PR UM2
• Sala Michel	10/04/2000	MCF UM1	
Doctorants	• Ayouni Sarah	23/02/2009 - 30/06/2012	
	• Di Jorio Lisa	01/10/2007 - 30/09/2010	
	• Rabatel Julien	14/01/2008 - 30/09/2011	
	• Low-Kam Cécile	01/10/2007 - 30/09/2010	
	• Saneifar Hassan	14/01/2008 - 30/09/2011	
	• Salle Paola	01/10/2007 - 30/09/2010	
	• Pitarch Yoann	12/06/2008 - 31/12/2011	
	• Li Haoyuan	01/10/2006 - 31/10/2009	

Associés	• Golbreich Christine	09/06/2008 - 09/06/2010 PU Univ. Versailles St Quentin
	• Melançon Guy	15/10/2000 - 31/12/2009 PU1 INRIA Bordeaux
	• Teisseire Maguelonne	01/09/1995 - 01/01/2011 DR2 CEMAGREF
Post-Docs	• Nin Guerrero Jordi	12/01/2009 - 30/04/2009
	• Chakkour Feirouz	01/11/2008 - 30/02/2009

● Publications (du 01/01/2005 au 31/08/2009)

	ACL	ACLN	ASCL	INV	ACTI	ACTN	COM	AFF	OS	OV	DO	AP	BV	Prix	Orga
2005-2009	27				69	31	2	4	11		4	17			3

● Publications (suite)

Thèses et HDR

• 5 soutenances de thèse et 2 soutenances d'Habilitation à Diriger les Recherches
Organisation de Conférences, workshops, challenges et sessions dans des conférences

- 5ièmes Journées Entrepôts de Données et Analyses en lignes (EDA 2009), Montpellier, juin 2009
- Session « Decision and Health », International Symposium on Intelligent Decision Technologies (IDT'2009), Himeji, Japon, avril 2009
- Session « Fuzzy is Scalable: Managing Huge Databases Using Fuzzy Methods » (ACM/IEEE Int. Conference on Soft Computing as Transdisciplinary Science and Technology - CSTST'08), octobre 2008.
- Session « Mining Multidimensional Data », European Conference on Machine Learning and Principles and Practice of Knowledge Discovery in Databases (ECML/PKDD 08), Antwerp, Belgique, septembre 2008
- Challenge international « Discovery Challenge Data Mining and Classification Context », European Conference on Machine Learning and Principles and Practice of Knowledge Discovery in Databases (ECML/PKDD 07), Warsaw, Pologne, septembre 2007
- Session « Management of voluminous and Complex data: Data Warehouses, OLAP, Data Integration, Complex Data, Data Mining » du congrès IPMU, Paris, juillet 2006
- Workshop « Fouille de données temporelles » dans le cadre des Conférences Extraction et Gestion de Connaissances (EGC 2007, EGC 2008, EGC 2009).
- Workshop « Fouille de données d'opinion (FODOP) » Congrès INFORSID 08.

Articles récompensés

> Meilleur article :

- 1 article pour la 9th Industrial Conference on Data Mining (ICDM 2008), Leipzig, Allemagne, December 2008

> Articles sélectionnés comme meilleurs articles de la conférence

- 1 article pour European Conference on Machine Learning and Principles and

Practice of Knowledge Discovery in Databases (ECML/PKDD 08)

- 4 articles pour les 9ièmes Journées Extraction et Gestion des Connaissances EGC 2009, Strasbourg, France
- 3 articles pour les 8ièmes Journées Extraction et Gestion des Connaissances EGC 2008, Sophia Antipolis, France, 2008
- 2 articles pour les 7ièmes Journées Extraction et Gestion des Connaissances EGC 2007, Namur, Belgique, 2007

Editions de Livres

- « Scalable Fuzzy Algorithms for Data Management and Analysis: Methods and Design », IDEA Group Publisher, 2009.
- « Data Mining Patterns: New Methods and Applications », IDEA Group Publisher, August 2007, 307 page, ISBN-13 978-1599041629.
- « Successes and New Directions in Data Mining », IDEA Group Publisher, November 2007, 369 pages, ISBN-13 978-1599046457.

Editions de numéro spéciaux

- Numéro spécial « Mining Spatio-Temporal Data », Journal of Intelligent Information Systems (JIIS), Kluwer Academic Publishers, 2006
- Numéro spécial « Algorithmes pour la découverte de motifs dans les bases de données ». Revue I3, Cépadués Edition, 2007.
- Numéro spécial « Fouille de Données d'Opinions », Revue RNTI, Cépadués, à paraître en 2009.

Comités de programmes

- Les membres de l'équipe TATOO participent régulièrement en tant que membres de comités de programme ou de relectures aux revues et conférences et prestigieuses du domaine (KDD, ICDM, PKDD, PAKDD, VLDB, IEEE TKDE, DMKD, DKE, IDA, DEXA, CIKM, IDEAS, SAC, CLA, FQAS...). En outre, TATOO participe la standardisation de OWL2, Web Ontology Language, en tant que membre du OWL W3C WG.

● Activités administratives significatives

- D. Héryn, Présidente Université Montpellier 2 (juin 2008)
- Vice-présidence du conseil scientifique de l'Université de Montpellier 2
- Direction du département Informatique et Gestion de Polytech' Montpellier
- Chargé de mission pour la FOAD (Formation Ouverte A Distance) de l'Université de Montpellier 1
- Membre du conseil de direction du pôle MIPS
- Responsabilité de la spécialité « Informatique Professionnelle » du Master IMS (Informatique, Mathématique et Statistique) de l'Université Montpellier 2
- Chargé de mission pour la mise en place du partenariat Université Montpellier 2/IBM Montpellier (Co-laboratoire, partenariats académiques)
- Membre nommé CNU 27
- Présidence du Conseil d'Orientation Scientifique du département « Informatique, Multimédia, TIC » de Transfert-LR, structure de transfert régional du Languedoc-Roussillon inscrite dans le Contrat Plan Etat Région
- Animation d'un pôle régional INTS, Intelligence Numérique et Technologies Sensibles regroupant scientifiques et industriels de la région Languedoc-Roussillon autour des thèmes de l'intelligence économique et de la sécurité globale des biens et des personnes

● Coopérations internationales

Philipps-Universität Marburg (Pr Eyke Hullermeir), Eindhoven Technical University (Dr Toon Calders), Simon Fraser University (Pr Jian Pei), Carleton University, Ottawa (Dr Babak Esfandiari), Institut Teknologi Bandung, Indonesia, Dept. Informatics Engineering (co-encadrement de thèse), Tunisia (co-encadrement de thèse), Aalborg University, Denmark (chercheur invité T.B. Pedersen), Pakistan, Malaisie, Indonésie (Projet STIC-ASIA EXPEDO), Prince of Songkla University, Thailand, Institut HEM, Maroc, Institut Fatronik Espagne (coencadrement de thèse)

● Coopérations nationales

Université Cergy-Pontoise, Université de Tours, Université d'Orsay (Projet STIC-ASIA EXPEDO), UPMC, LGI2PEMA, INRIA Sophia Antipolis, LIRIS, Université Antilles Guyane (CEREGMIA), EDF R&D, France Telecom

● Contrats / Transferts et valorisation

- ANR MIDAS (2008-2011) « Etude, développement et démonstrateur de nouvelles méthodes de résumés de flux de données » avec l'ENST, CEREGMIA, INRIA, EDF R&D et FRANCE TELECOM R&D
- ANR RIAM « Ubiquitus » (2007-2008) « découverte, l'agrégation personnalisée, l'organisation ainsi que l'accès multi-terminaux, multi-formes et multi-usages à des services texte&audio » avec Netia et Nexwave Solutions
- Contrats de collaboration avec des sociétés nationales : France Telecom sur la visualisation de réseaux complexes (2006-2007) ; EDF Recherche&Développement sur la recherche de comportements atypiques dans des données multidimensionnelles (2006-2008) ; Groupe Européen d'Intérêt Economique SEMIDE (Système Euro-Méditerranéen d'Information sur les savoir-faire dans le Domaine de l'Eau (<http://www.semide.org>)) sur la construction et la propagation des annotations (2005-2007)
- Contrats régionaux : Projet Cartographie avec Expernova (2008-2010). « Cartographie de compétences dans le domaine scientifique ». Projet TextLog avec Satin (2009-2012) « Application de techniques de fouilles de textes pour analyser des logs ». Projet Capteurs avec Fatronik France (2009-2012) « Prévision de maintenance par analyse de comportement de capteurs » ; Projet Fraude avec Axiliance (2006-2007) « Détection de fraudes sur un réseau »
- Transferts de technologie régionaux avec des sociétés dans le cadre du Languedoc Roussillon Incubation : C6 sur la création et exploitation de réseaux sémantiques liés à des bases documentaires spécialisées; KEOSIA (2006) sur l'accompagnement de patients ; Airtist (2006) sur le ciblage des publicités pour des téléchargements de musique ; Phone Advance (2007) pour la détection de profils de consommation dans le domaine des cartes de fidélité dématérialisées ; Satin IP (2007) pour la mise en oeuvre d'une plate-forme logicielle de suivi de conception de blocs IP (projet incubé LRI, lauréat du concours OSEO émergence 2006 et du concours OSEO création&développement en 2007) ; Namae Concept (2008) sur la validation linguistiques en dépôt de noms (en collaboration avec l'équipe TAL) ; We Are Cloud (2008) sur l'analyse décisionnelle
- Projets Exploratoires Pluridisciplinaires (PEPS) : « GeneMining » (2008-2009) Apport des méthodes de recherche de motifs séquentiels pour exploiter des données issues des puces ADN - application à la maladie d'Alzheimer. Partenaire : MMDM (Université Montpellier 2) ; ST2I-SHS (2008-2009). « Langage, Mémoire et Alzheimer : une approche des maladies neurodégénératives fondées sur la densité des idées ». Partenaire : PRAXILING (UM3-CNRS)

Extraction de connaissances dans les bases de données : motifs séquentiels et ontologies

Résumé de la thématique

Motivées par des problèmes liés à l'informatique décisionnelle, les activités de recherche de l'équipe projet TATOO se focalisent sur des méthodes d'Extraction et de Représentation de Connaissances à partir de grandes bases de données. Notre objectif est d'étudier et de développer de nouvelles méthodes pour prendre en compte les besoins des nouvelles applications engendrés par les différents types de données. En outre, nous intégrons l'opérateur humain dans le processus d'extraction et proposons de l'aider et de l'outiller pour définir son champ de connaissance et qualifier les données à partir du champ des connaissances du domaine. Les travaux menés par le projet s'inscrivent dans la continuité des actions de recherche réalisées ces dernières années par les différents membres du projet et sont au cœur des préoccupations de la communauté nationale et internationale puisqu'ils concernent les différents axes suivants : (i) Fouille de données dans des bases de données complexes : données structurées, semi-structurées, multidimensionnelles, qualitatives et quantitatives, textuelles, entrepôts de données (données multidimensionnelles, agrégées, hiérarchisées), etc ; (ii) Fouille de données dans des bases de données dynamiques, i.e. dont les données sont exprimées sous la forme d'un flot de données continu, à grande vitesse ; (iii) Fouille de données approximatives et aide à la décision. Depuis ces dernières années, nous nous sommes intéressés à l'extraction de connaissances en utilisant à la fois des techniques d'apprentissage supervisées et non supervisées. Parmi ces dernières, nous avons, depuis 1996, une solide expérience dans

l'extraction de motifs séquentiels et, dans ce contexte, nos thématiques de recherche sont les suivantes :

- Algorithmes d'extraction de motifs, d'exceptions,
- Prise en compte de contraintes (par exemple temporelles pour affiner la connaissance extraite et offrir à l'utilisateur final la possibilité de considérer des contraintes du type : long terme, court terme),
- Approches incrémentales, temps réel, approximatives,
- Fouille de données d'entrepôts (résumés, règles d'association, motifs séquentiels, exceptions),
- Traitement des données multidimensionnelles, semi-structurées, arborescentes.

L'originalité des recherches menées se situe également dans la prise en compte de données incertaines et imprécises en utilisant par exemple la logique floue comme support théorique.

L'ensemble de ces travaux a donné lieu à des thèses, de nombreux articles dans des revues et conférences internationales reconnues, et à des projets de transfert de technologie avec des sociétés régionales ou nationales.

Des données de plus en plus complexes

L'un des challenges des années 90 était de proposer de nouveaux algorithmes d'extraction de connaissances

qui soient capables d'offrir à l'utilisateur des motifs, des modèles, des règles, des résumés de ces données. Des approches très efficaces ont été proposées et ont notamment permis de surmonter les difficultés de passage à l'échelle, de réduction d'espace de recherche, de prise en compte de contraintes dans le processus.

De nouveaux systèmes d'extraction ont fait alors leur apparition et sont de plus en plus utilisés pour aider le décideur.

Il faut aujourd'hui poursuivre cet objectif en considérant la complexité des données liées au développement de nouvelles applications. Il faut par exemple être capable de répondre aux questions suivantes :

- comment extraire de la connaissance à partir d'un ensemble de schéma XML ?
- comment analyser des données de gènes d'expression alors que les données sont à l'opposé de ce que les approches traditionnelles ont l'habitude de traiter ?
- comment tirer profit de données complexes et complémentaires pour améliorer la connaissance acquise ?

De manière plus générale, il faut examiner s'il est possible d'adapter les approches traditionnelles à ces nouveaux types de données ou s'il est indispensable de reconsidérer le processus dans son intégralité.

Ces dernières années, nos travaux ont porté sur des données de plus en plus complexes. Nous en décrivons



quelques-uns ci dessous.

Nos recherches menées sur des données complexes modélisées sous la forme de schémas XML offrent de nouvelles possibilités de génération de schémas médiateurs qui, utilisés dans un contexte de Web Sémantique, peuvent alors être interrogés de manière transparente par les différents utilisateurs et les requêtes sont ensuite propagées sur les sites sources. La recherche de structures typiques récurrentes dans des bases de données d'arbres a été étudiée

sous l'angle de l'optimisation

(EUSFLAT 05, EGC 06) ou de

l'approximation (Ouvrage

Fuzzy Logic and the

Semantic Web 05, IFSA07,

Fuzzy Sets and Systems

Journal 09, IDA Journal

09) et s'inscrivait

également dans le cadre

de la thèse de F. Del Razo

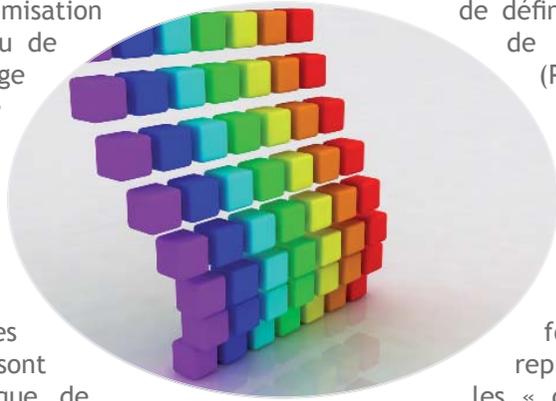
Lopez. Les données issues

de capteurs ou de logs sont

également un cas typique de

données complexes car les contenus

peuvent être très variables. Cette problématique est abordée dans le cadre de la thèse de J. Rabatel sur des données issues de capteurs localisés dans des trains afin d'anticiper les opérations de maintenance (ICDM 09) et de H. Saneifar pour analyser le contenu de fichier logs pour l'aide à la conception de semi-conducteurs (AusDM 2008, DEXA 2009). D'autres types de logs sont traités dans le cas du Web Usage Mining afin, par exemple, de rechercher les comportements courants des utilisateurs. Outre la définition d'algorithmes originaux pour extraire ces comportements, nous avons défini une approche qui offre également la possibilité d'extraire les périodes de temps les plus caractéristiques des usages (Revue Data Mining and Knowledge Discovery 07). De plus en plus d'entreprises, quelle que soit leur taille, sont maintenant munies d'un système d'archivage homogène de leurs données de production sous la forme



d'un entrepôt de données. Les données sont regroupées dans des cubes de données définis le long de plusieurs dimensions éventuellement avec des hiérarchies. Très souvent associés au concept de Business Intelligence (BI), ces outils permettent de donner aux décideurs un environnement de navigation et de décision adapté aux enjeux actuels. Cependant, les approches traditionnelles de fouille de données ne se focalisent que sur une seule dimension. Aussi, les travaux menés dans le cadre de la thèse de M. Plantevit ont permis de définir de nouvelles approches d'extraction

de motifs séquentiels multidimensionnels

(PKDD 05, DOLAP 06, DOLAP 07) et ont

notamment été appliquées dans le

cadre d'un projet de collaboration

avec EDF R&D. Enfin, quelque soit le

type de données, le constat que nous

avons pu faire ces dernières années,

notamment dans le cadre de nos projets

industriels, est que l'utilisateur n'est pas

forcément intéressé par les connaissances

représentant une majorité mais plutôt par

les « comportements surprenants ». Dans le

cadre de la thèse de Haoyuan Li, nous nous sommes

intéressés à l'extraction de motifs séquentiels qui

interviennent peu souvent mais qui sont surprenants par

rapport à la connaissance du domaine (ICDM 08, DEXA

08, IDA Journal 09). Par contre, les travaux menés dans

le cadre de la thèse de Cecile Low-Kam s'intéressent

à la découverte d'anomalies au sein de grandes bases

de séquences (ICMLA 08, EGC 09). La difficulté est de

différencier les comportements « différents » du bruit

possible au sein des données.

En s'intéressant à des bases de données textuelles, plusieurs propositions ont été réalisées. Tout d'abord, nous avons proposé une nouvelle approche d'indexation basée sur des co-occurrences, guidée par la structure des documents et contrôlée par une ontologie pour indexer de manière automatique de très grands corpus documentaires d'entreprises. De même, en partenariat

avec l'équipe TAL, l'originalité de nos propositions de classification ou de clustering est d'une part de permettre à des documents d'appartenir à différents clusters (parfois à l'aide d'approche floue) mais également d'améliorer la pertinence des classements en considérant l'ordre des mots. Ces techniques sont par exemple utilisées pour effectuer du filtrage par le contenu de documents et même pour faciliter la détection de fraudes sur les réseaux. De manière à résumer et à adapter le contenu des documents textuels, nous nous sommes également intéressées à de nouvelles approches de cartographie automatique de documents (résumé) et à la proposition de nouveaux documents adaptés aux comportements des utilisateurs (profiling). Ces dernières années nous avons étendu nos travaux à la détection d'opinions dans des données issues du Web (blogs, forums, ...). Nous proposons ainsi de nouvelles approches dont l'originalité est d'apprendre automatiquement les adjectifs pertinents pour un domaine d'application particulier (Dawak 08, Edition revue RNTI 09).

L'opérateur humain de plus en plus impliqué

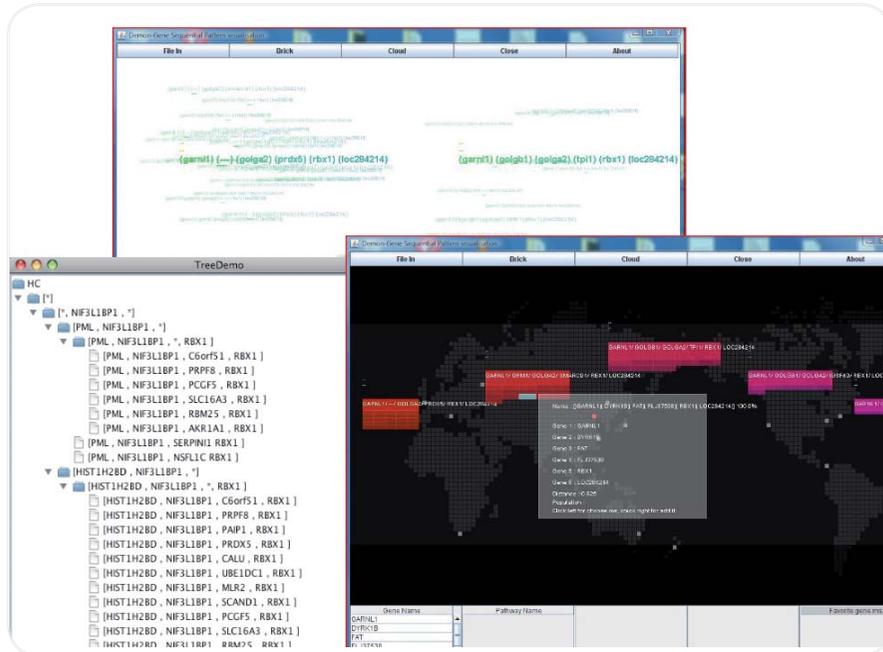
L'un des constats importants de ces dernières années est que pour obtenir des connaissances actionnables il est indispensable d'intégrer l'opérateur humain au centre du processus d'extraction. En effet, les outils existent mais ne correspondent pas forcément à ce que souhaite l'utilisateur. Il devient donc indispensable d'intégrer le plus tôt possible l'opérateur humain dans le processus d'extraction.

Pour répondre à cette problématique, nos travaux ont abordé différentes approches pour d'une part prendre en compte le plus rapidement possible les contraintes de l'utilisateur mais surtout pour intégrer ce dernier tout au long du processus. La prise en compte des contraintes des utilisateurs permet de pouvoir offrir de

nouvelles connaissances plus adaptées aux besoins de décideurs. Cependant, l'une des difficultés rencontrées dans les approches traditionnelles est que ces contraintes sont souvent trop rigides et donc difficiles à mettre en œuvre. Dans le cadre de la thèse de C. Fiot, en offrant plus de flexibilité dans la spécification des contraintes nous avons permis d'offrir non seulement des connaissances adaptés aux besoins des utilisateurs mais nous avons également apporté des solutions à la problématique des données manquantes (TIME 07, IEEE Transactions on Fuzzy Systems 07, FuzzIEEE 08, DASFAA 08). Dans le cadre des travaux sur les données liées à la santé comme les données associées au suivi de patient ou les données transcriptomiques issues de puces à ADN, nous avons pu constater que les connaissances extraites étaient difficilement utilisables car trop nombreuses. Ainsi, dans le cadre des thèses de P. Salle, nous avons proposé de nouveaux algorithmes afin d'intégrer plus tôt dans le processus les connaissances expertes. Ceci offre d'une part l'avantage de réduire l'espace de

recherche et donc les temps de traitements associés et, d'autre part, d'offrir des connaissances plus en adéquation par rapport aux attentes des biologistes et médecins partenaires (CSTST 08, FuzzIEEE'09, AIME 09). En outre, un outil de visualisation a été réalisé dans le cadre du PEPS ST2I "GeneMining" pour permettre de parcourir et valider les connaissances extraites (motifs séquentiels de gènes) :

L'utilisation d'ontologies offre la possibilité de se focaliser sur les connaissances importantes d'un domaine et donc d'extraire des connaissances utiles. Ainsi, les travaux menés dans le cadre de la thèse de L. Abrouk se sont intéressés à la définition et à la mise à jour de telles ontologies (BDA 07). Enfin les travaux menés dans la thèse de L. Di Jorio ont permis de montrer que l'utilisation de motifs séquentiels offrait une nouvelle approche prometteuse pour générer de manière automatique de nouvelles ontologies (ODBASE 08).



Ces dernières années nous avons également étudié d'autres types de contraintes liées notamment aux nouvelles normes européennes et à la loi HIPAA au Etats-Unis sur la protection de la vie privée. Dans ce cas, la contrainte imposée par les institutions, et donc au final par l'utilisateur, est de garantir que l'application d'approches d'extraction de connaissances ne permet pas d'avoir accès à ses données privées. Les travaux menés dans ce domaine ont permis de définir de nouvelles approches de préservation de la vie privée pour les motifs séquentiels et pour la détection de fraudes dans des réseaux (CIKM 06, BDA 06, Revue ISI 07, EGC 09).

Des données disponibles de plus en plus rapidement

Les dernières avancées technologiques nous confrontent à un autre problème important : comment appréhender le fait que les données soient disponibles de plus en plus rapidement ? A l'heure actuelle, quel que soit l'algorithme de fouille utilisé, l'obtention des résultats peut être très long (plusieurs heures, jours) dès que l'on manipule de grandes bases. Si l'on considère par exemple des sites de e-commerce où plusieurs Gigaoctets de données peuvent arriver par heure, la connaissance que l'on va extraire n'est déjà plus représentative des données de la base. Le problème à résoudre dans ce cas est : sachant que les données ne peuvent plus être stockées, est-il possible d'extraire de la connaissance à la volée ? La conséquence immédiate est que les approches traditionnelles ne sont plus du tout adaptées et qu'il est indispensable de proposer de nouvelles techniques.

Ces techniques doivent, comme précédemment, permettre d'extraire rapidement la connaissance (comment gérer des données qui arrivent de manière continue, e.g. données de capteurs, données boursières, news, ...) mais également proposer à l'utilisateur une certaine flexibilité dans les connaissances extraites. Dans le cadre de ces travaux, nous nous sommes intéressés à la détection de motifs séquentiels dans des flots de données. Motivés par des systèmes aussi dynamiques que les systèmes P2P, nous avons proposé une nouvelle approche basée sur des algorithmes génétiques (EGC 06, AINA 06) pour extraire des comportements d'utilisateurs dans des systèmes P2P. Dans un cadre plus général d'extraction de motifs, nos derniers travaux se sont intéressés à de nouvelles approches basées sur des techniques d'échantillonnage basées sur l'optimisation du choix du rappel et de la précision (CIKM 05, MLDM 05, Revue Pattern Recognition 07, Revue IDA 06) ou de nouvelles techniques de représentation des

connaissances approximatives (Revue JIS 07, BDA 05, IEEE IS 06). Nos travaux réalisés dans le cadre de la thèse de C. Raïssi ont également permis d'aborder la notion de représentations condensées pour les flots (Revue Data Mining and Knowledge Discovery 08) et de nouvelles approches d'échantillonnages basées sur des réservoirs (ICDM 07). Nos travaux actuels, qui s'inscrivent dans le cadre de la thèse de Y. Pitarch (BDA 08, FINA 09) et du projet d'ANR MIDAS, s'intéressent à la possibilité de gérer des données multidimensionnelles disponibles sous la forme de flots et proposent de nouvelles approches de création de résumés tenant compte des hiérarchies disponibles.

Perspectives

Si le stockage des données augmente exponentiellement dans toutes les industries, les domaines de l'Environnement et de la Santé ne font pas exception. Pour ce dernier, des milliers de milliards de dossiers médicaux sont stockés chaque année dans le monde entier. Malheureusement, cette précieuse source de données n'est pas ou peu exploitée et les challenges sont multiples : Comment faire émerger de la connaissance pertinente pour les décideurs en charge des établissements de soins (e.g. recherche de tendances, analyse multi-dimensionnelle...) ? Comment soutenir la pratique médicale quotidienne des professionnels de santé dans leurs tâches de suivi (e.g. détection d'anomalies), de diagnostic (e.g. recherche de profils similaires) ? Comment soutenir les activités de recherche des praticiens en leur permettant d'avoir une vue par spécialité sur les données de santé (e.g. traitement de données semi structurées).

Dans le domaine de l'Environnement, la problématique est similaire et nécessite l'analyse de très grandes masses de données complexes et hétérogènes. Il suffit de citer la gestion des ressources en eau, le maintien de la biodiversité ou les changements climatiques... Dans les années à venir, nous nous intéresserons plus

particulièrement à la recherche et au développement de nouvelles méthodes d'extraction de connaissances avec pour objectif des applications innovantes dans le domaine de la Santé et de l'Environnement.

Ces travaux seront menés tant d'un point de vue fondamental que du point de vue de ces applications, et seront en particulier menés dans le contexte du partenariat fort en cours de création avec IBM Montpellier. Dans ce contexte, nous nous attacherons à étudier la fouille de données utilisant les paradigmes du calcul haute performance (HPC) ainsi que les nouvelles méthodes innovantes de Business Intelligence, en particulier pour la définition d'outils d'entrepôts et de fouille de données temps réel.

Quelques publications significatives

C. Fiot, F. Masseglia, A. Laurent and M. Teisseire «Evolution Patterns and Gradual Trends» In International Journal of Intelligent Systems. 2010.

D. H. Li, A. Laurent, P. Poncelet and M. Roche. «On Unexpected Phrases in Text Documents ». Intelligent Data Analysis (IDA) Journal, Vol. 14, N. 1, 2010.

M. Plantevit, Y.W Choong, A. Laurent, D. Laurent and M. Teisseire. «Mining Multidimensional and Multiple-Level Sequential Patterns». A paraître dans ACM Transaction on Knowledge Discovery from Data (ACM TKDD), 2009

M. Teisseire, S. Bringay et A. Laurent. Actes des 5èmes Journées francophones sur les Entrepôts de Données et l'Analyse en ligne (EDA'09). Numéro spécial de la Revue des nouvelles technologies de l'information (RNTI). Editions Cépaduès. 2009.

D. H. Li, A. Laurent and P. Poncelet. « WebUser: Mining Unexpected Web Usage». International Journal of

Business Intelligence and Data Mining, 2009.
F. De Razo Lopez, A. Laurent, P. Poncelet and M. Teisseire. «FTMnodes: Fuzzy Tree Mining Based on Partial Inclusion». Fuzzy Sets and Systems Journal, 2009.

M. Plantevit, A. Laurent et M. Teisseire. «OLAP-Sequential Mining : Summarizing Trends from Historical Multidimensional Data using Closed Multidimensional Sequential Patterns». Annals of Information Systems, special issue in New Trends in Data Warehousing and Data Analysis, 2009.

H. Saneifar, S. Bonniol, A. Laurent, P. Poncelet, M. Roche. «Terminology Extraction from Log Files». In Proceedings of the 20th International Conference on Database and Expert Systems Applications (DEXA 2009), September 2009, Linz, Austria

G. Singh, F. Masseglia, C. Fiot, A. Marascu and P. Poncelet. «Data Mining for Intrusion Detection : from Outliers to True Intrusions». In Proceedings of the 13th Pacific-Asia Conference on Knowledge Discovery and Data Mining (PAKDD 2009), April 2009, Bangkok, Thailand.

C. Raïssi, T. Calders and P. Poncelet. «Mining Conjunctive Sequential Patterns». Data Mining and Knowledge Discovery, Springer Verlag (Selected paper from ECML/PKDD 08), Vol. 17, N. 1, August 2008.

F. Masseglia, P. Poncelet and M. Teisseire. «Efficient Mining of Sequential Patterns with Time Constraints: Reducing the Combinations», Expert Systems With Applications, Vol. 40, N. 3, 2008.

F. Masseglia, P. Poncelet, M. Teisseire and A. Marascu. «Web Usage Mining: Extracting Unexpected Periods from Web Logs». Data Mining and Knowledge Discovery, Springer Verlag, Vol. 16, N. 1, February 2008, pp. 39-65.

C. Fiot, A. Laurent and M. Teisseire. «Fuzzy sequential pattern mining in Incomplete Databases». Mathware

and *Soft Computing Journal*, Vol 15, No 1, pp. , 41-59, 2008.

P.A. Laur, J.E. Symphor, R. Nock and P. Poncelet. «Mining Evolving Data Streams for Frequent Patterns». *Patterns Recognition*, Elsevier, Vol. 40, N. 2, 2007, pp. 492-503.

C. Raïssi, P. Poncelet and M. Teisseire. «Towards a New Approach for Mining Maximal Frequent Itemsets over Data Stream». *Journal of Intelligent Information Systems*, Springer, Vol. 28, N. 1, 2007, pp. 23-36.

C. Raïssi and P. Poncelet. «Sampling for Sequential Pattern Mining: From Static Databases to Data Streams». *Proceedings of the IEEE International Conference on Data Mining (ICDM 07)*, Omaha NB, USA, October 2007.

F. Masegla, P. Poncelet and M. Teisseire (Editors). «Successes and New Directions in Data Mining», IDEA Group Publisher, November 2007, ISBN-13 978-1599046457.

P. Poncelet, F. Masegla and M. Teisseire (Editors). «Data Mining Patterns: New Methods and Applications», IDEA Group Publisher, August 2007, ISBN-13 978-1599041629.

DEXTER

Conception et commande de robots pour la manipulation

Laboratoire d'Informatique, de Robotique et de Microélectronique de Montpellier

Département Robotique

Responsable :

Philippe Poignet
poignet@lirmm.fr
tel: +33 4 67 41 85 61



CONCEPTION, COMMANDE, MANIPULATION, ROBOTIQUE PARALLÈLE, ROBOTIQUE MÉDICALE

● Présentation

L'équipe DEXTER se positionne résolument suivant un axe mécatronique avec pour objectif de concevoir, réaliser et commander des robots performants et robustes capables de gestes fins et/ou rapides, et avec la volonté de coupler des activités de recherche fondamentale avec des validations expérimentales réalistes pouvant être valorisées auprès des industriels. Les thèmes scientifiques abordés sont la définition de méthodologies de conception, le développement de protocoles d'estimation et la synthèse de commandes référencées capteur (effort/vision) et/ou modèle (prédictif). Les contributions majeures de l'équipe portent sur deux grands domaines :

- Robotique médicale allant de l'assistance à la personne à l'assistance au chirurgien
- Robotique parallèle incluant de la redondance et/ou à forts débattements angulaires

Plus récemment, l'équipe s'est également orientée vers de nouveaux domaines d'étude, comme les préhenseurs sous-actionnés et les robots bipèdes.

● Composition de l'équipe (Mai 2009)

Permanents	• A. Chemori	CR CNRS (11/2006)	• P. Maillet	2003-2006, CIFRE Medtech
	• O. Company	MCF UM2	• L. Mourad	2008-2011, Europe
	• E. Dombre	DR CNRS	• V. Nabat	2003-2006, Salarié Fondation Fatronik
	• M. Gouttefarde	CR CNRS (10/2007)	• A. Noce	2004-2007, MNRT
	• S. Krut	CR CNRS	• P. Noire	2005-2008, CIFRE Symétrie
	• C. Liu	CR CNRS (10/2008)	• R. Richa	2007-2010, Europe
	• F. Pierrot	DR CNRS	• N. Riehl	2007-2010, CIFRE Fatronik France
	• P. Poignet	PR UM2 (50%)	• S. Ronchi	2002-2005, CIFRE NXT
• N. Zemiti	MCF UM2 (09/2008)	• A. Sanchez	2009-2012, Europe	
Invités	• L. Baron (Ecole Polytechnique Montréal, Canada, 09/2007-06/2008)		• G. Sartori-Natal	2008-2011, MNRT
	• R. Cortesao (Univ. Coimbra, Portugal, 10/2005-02-2006, 04/2008-06/2008)		• M. Sauvé	2003-2006, CIFRE Sintors
	• A. Murray (Univ. Dayton, USA, 09/2006-06/2007)		• H. Yang	2008-2011, CIFRE Fatronik France
Doctorants	• A. Ancuta	2006-2009, Bourse Fondation EADS	• W. Zarrad	2004-2007, MNRT
	• V. Bégo	2004-2007, CIFRE B+ Equipment		
	• M. Bachelier	2007-2010, AMN		
	• A. Bo	2007-2010, CIFRE Neuromedics		
	• N. Bonnet	2006-2009, chirurgien GHPS		
	• L. Chikh	2007-2010, CIFRE Fatronik France		
	• D. Corbel	2005-2008, Europe		
	• M. Dominici	2005-2009, MNRT		
	• B. Herman	2006-2009, Cotutelle UCL		
	• S. Lefloch	2008-2011, AMN		
Post docs	• C. Liu	01/2007 - 08/2008, UE FP6 AccuRobAs		
	• D. Zhang	02/2008 - 10/2008, ANR TREMOR		
	• I. Olaru	05/2007 - 06/2009, ANR SHERPA		
	• R. Risk	10/2006 - 09/2007, Euréka IntelPick		
Collaborateur extérieur				
	• N. Ramdani	2007-2008		

● Publications (du 01/01/2005 au 31/08/2009)

	ACL	ACLN	ASCL	INV	ACTI	ACTN	COM	AFF	OS	OV	DO	AP	BV	Prix	Orga
2005-2009	19		1	2	66	5			4		1	3	4		5

● Distinctions

- Prix ADER 2008
- Finaliste du IEEE/IFR Award 2007

● Résultats scientifiques remarquables

- Asservissement visuel sous échographie [Lirmm-00189902] / Reconstruction 3D de la surface du coeur [Lirmm-00286409] / Téléopération à retour d'effort [Lirmm-00202630]
- Méthode de modélisation des singularités de contraintes [Lirmm-00106282] / architecture robotique parallèle, Par4, optimisée pour les opérations de pick-and-place [Lirmm-00106296] / architecture robotique parallèle à 4 degrés de liberté et rotation illimitée, Dual4 (WO-2006-106)
- Extension des critères de stabilité des prises (fermeture géométrique/ fermeture en force) au cas des préhenseurs sous-actionnés [Lirmm-00189382]

● Impact d'une maquette / prototype / plateforme

- Le prototype Par4 (thèse V. Nabat - brevet) est devenu le robot Adept Quattro
- Le prototype Par2 (ANR 100G - brevet) a battu le record du monde d'accélération
- Le prototype MoM3 (thèse D. Corbel) est la première machine parallèle à découplage total actionnement / mesure
- Le prototype Octopus (thèse V. Bégoc) est un nouveau préhenseur hybride sous-actionné garantissant une immobilisation complète de la prise
- Le site de robotique médicale du LIRMM est reconnu « plateforme d'intérêt régional »

● Projets

- 3 projets européens dont 2 en robotique médicale (FP6 AccuRobAs 2006-2009, FP7 ARAKNES 2008-2012) et 1 en robotique parallèle (FP6 NEXT 2006-2009)
- 4 projets ANR (TREMOR, Objectif 100G, SHERPA, USComp)

● Animation scientifique

- Organisation d'Ecoles d'été en robotique chirurgicale (2005/07)
- Groupe de travail de l'Agence Spatiale Européenne en robotique médicale (2008/09)
- Workshop International en robotique parallèle (2008)
- Direction du GdR Robotique, animation des groupes de travail Robotique Médicale (GdR Robotique), et Commande prédictive (GdR MACS)
- IARP (International Advanced Robotics Program)
- Comités de programme internationaux (ICRA'06'07, IROS'07,'08, MICCAI'07, EMBS'07, BIOROB'08, IFToMM'07,...)
- Comité technique IFAC T2-3
- Comité de rédaction JESA
- CNU 61, Comité national CNRS 07

● Collaborations internationales

- Université de Coimbra, Portugal (R. Cortesao chercheur invité, échange de doctorants)
- Nanyang Technological University, Singapore (Merlion program)
- Université Catholique de Louvain (thèse en cotutelle)
- Université Karlsruhe (Allemagne), DLR (Allemagne), Université de Vérone (Italie) (Projet européen FP6 AccuRobAs 2006-2009)
- Scuola Superiore Santa Anna (Italie), EPFL (Suisse), Imperial College of London (Angleterre) (UE FP7 ARAKNES 2008-2012)
- Joint Robotics Laboratory (JRL), CNRS / AIST, Tsukuba, Japon (thèse commune)
- University of Dayton, USA (A. Murray chercheur invité)
- Ecole Polytechnique de Montréal, Canada (L. Baron, chercheur invité)
- Fondation Fatronik (Espagne), KU Leuven (Belgique) (UE FP6 NEXT 2005-09)

● Collaborations industrielles

- Fondation Fatronik (Espagne - brevets communs et conventions CIFRE)
- B+ Equipment (Projet Euréka et convention CIFRE)
- ALCI (Projet DRIMB, FUI)
- Conventions CIFRE : Medtech Symétrie, Neuromedics MXM (France), NXT

Thématique et gouvernance

La thématique de l'équipe est définie par la volonté d'augmenter les capacités d'action et/ou de perception dans des applications médicales ou industrielles grâce à la conception et la commande de nouveaux robots essentiellement destinés à la manipulation. Ainsi, nous travaillons depuis plusieurs années sur la manipulation fine en robotique médicale et sur la manipulation rapide en robotique parallèle. Plus récemment, nous nous sommes également tournés vers de nouveaux domaines d'étude comme les préhenseurs sous-actionnés et les robots bipèdes, toujours en considérant conjointement conception et commande. Une des caractéristiques importantes de l'équipe est le désir d'aller du concept théorique à la validation expérimentale, et si possible jusqu'à la valorisation industrielle.

Les membres de l'équipe, porteurs de compétences variées en mécanique et automatique, interagissent et collaborent au travers de co-encadrements de thèse et de projets de recherche. La vie de l'équipe s'organise également autour de groupes de travail et de discussions scientifiques portant sur ces différents thèmes et rassemblant toutes les personnes impliquées (permanents, doctorants, ...). En complément, l'équipe vient de mettre en place des séminaires internes dont l'objectif est de faire partager les avancées scientifiques les plus récentes à l'ensemble de ses membres incluant naturellement les doctorants. Ces séminaires sont également l'occasion de discuter plus généralement de la vie de l'équipe.

Rayonnement

Dans le contexte régional, l'équipe est impliquée dans la gestion et l'animation des structures de transfert de la Région Languedoc-Roussillon. Elle a développé une plateforme régionale de robotique chirurgicale qui s'inscrit depuis septembre 2008 dans le cadre plus large du plateau technique régional de robotique porté par le LIRMM. L'objectif de cette plateforme est d'offrir aux acteurs régionaux (cliniciens et/ou industriels par exemple) l'accès à de nouvelles technologies pour des études de faisabilité. Par ailleurs, l'équipe a participé à l'émergence de plusieurs jeunes entreprises (MedTech, Fatronik France, ALCI).

Dans le contexte national, l'équipe est présente dans quatre projets ANR (TREMOR, OBJECTIF 100G, USComp, SHERPA), et souvent les coordonne. Elle est également très active dans les structures de gouvernance ou d'animation de la recherche (Comité National de la Recherche Scientifique, Inter-commission Emergence de l'INSERM, CNU 61, comités d'évaluation ANR TECSAN, ANR PsiRob, direction du GdR Robotique, animation de GTs au sein du GdR Robotique et du GdR MACS). Elle participe à et/ou pilote trois PEPS de l'INST2I-CNRS (Robois, Imax, Puce ADN sur CD). Elle a été impliquée dans une action COLOR de l'INRIA Sophia-Antipolis.

Dans le contexte international, l'équipe est impliquée dans plusieurs projets européens en partenariat avec les principaux laboratoires européens du domaine de la robotique, dont deux projets dans le domaine de la robotique médicale (FP6 AccuRobAs, FP7 ARAKNES)

et un dans le domaine de la robotique parallèle (FP6 NEXT). Les membres de l'équipe sont également acteurs de différents comités de programme (ICRA'06'07, IROS'07,'08, MICCAI'07, EMBS'07, BIOROB'08, IFToMM'07...) et interviennent régulièrement dans des workshops et des tutoriaux organisés dans ces différentes thématiques scientifiques lors des conférences majeures du domaine (BIOROB'08, IROS'08, ...). Un membre de l'équipe représente la communauté robotique française au sein de l'Int. Advanced Robotics Program (IARP) et un autre membre vient d'être nommé Associate Editor de la revue IEEE TRO. L'équipe a accueilli des chercheurs étrangers pour des séjours répétés ou de longue durée (A. Murray, R. Cortesao, L. Baron) et des post-doctorants.

Nous organisons également, tous les deux ans depuis 2003, une école d'été en robotique chirurgicale qui compte à chaque édition environ 45 participants (principalement des doctorants, majoritairement étrangers) et une vingtaine d'intervenants français et étrangers. La prochaine édition aura lieu en septembre 2009. Plus récemment, nous avons organisé en septembre 2008 le 2nd International Workshop on Fundamental Issues and Future Research Directions for Parallel Mechanisms and Manipulators qui a regroupé toutes les équipes du domaine au niveau mondial.

L'attractivité de l'équipe a permis le recrutement récent de trois CR CNRS (A. Chemori, M. Gouttefarde, C. Liu) et d'un MCU (N. Zemiti) ayant fait leur thèse dans d'autres laboratoires français ou étrangers (respectivement GIPSA-LAB à Grenoble, Université Laval au Canada, NTU à Singapour et ISIR à Paris).

Bilan scientifique

L'équipe DEXTER se positionne résolument suivant un axe mécatronique avec pour objectif de concevoir, réaliser et commander des robots performants et robustes capables de gestes fins et/ou rapides, et avec la volonté de coupler des activités de recherche fondamentales avec des validations expérimentales réalistes pouvant être valorisées auprès des industriels. Nous déclinons nos travaux sur deux thématiques aujourd'hui bien installées :

- robotique médicale et
 - robotique parallèle
- et sur des axes en émergence :
- robot bipède et
 - préhenseur intelligent.

Robotique médicale

Définissant la robotique médicale comme un domaine couvrant à la fois les aspects d'assistance au chirurgien et à la personne, les travaux et les résultats récents de l'équipe ont porté sur ces deux aspects. L'ensemble de ces travaux est naturellement le fruit de collaborations étroites avec les praticiens hospitaliers (CHU Montpellier, Nîmes, Grenoble, Pise, ...).

Dans le contexte de l'assistance au chirurgien, notre problématique scientifique est d'augmenter les capacités d'action et de perception du chirurgien pour des gestes difficiles à réaliser manuellement avec les techniques chirurgicales actuelles, en particulier lorsque l'opération se déroule de façon mini-invasive. Ainsi, nous nous sommes intéressés plus particulièrement à deux problèmes fondamentaux d'automatique :

L'estimation des mouvements physiologiques en chirurgie cardiaque en vue de leur compensation

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 [1], nous avons tout d'abord exploré des techniques basées sur l'analyse de texture [THE_2008_Noce.Aurélien], [2], [3]. Nous avons ensuite proposé un nouvel algorithme de reconstruction de pose d'objets fortement déformables 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 Spline et sur l'absence de marqueurs artificiels [Projet européen FP6 AccuRobAs - Accurate Robot Assistant] [4], [5], [thèse en cours de Rogerio Richa] (figure 1.a). Pour améliorer les performances en termes de temps de calcul et la robustesse par rapport aux occlusions, nous avons aussi proposé un modèle

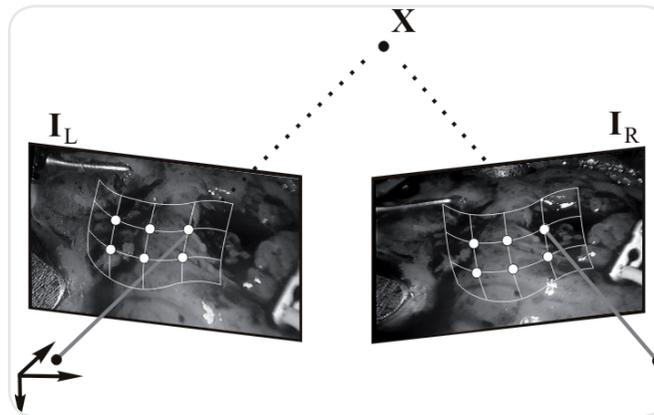


Figure 1 a) Reconstruction 3D du cœur

de prédiction

[6]. Toujours dans le contexte de la chirurgie cardiaque, mais avec une modalité d'imagerie différente, à savoir l'échographie, dans la continuité du projet Robea GABIE (Guidage Actif Basé sur l'Imagerie Echographique), nous avons développé un algorithme d'estimation de mouvements de la valve mitrale [7] et un schéma de commande prédictive non linéaire pour le guidage de geste automatique sous échographie [Projet Robea GABIE] [THE_2006_Sauvée.Mickaël] [8], [9] (figure 1.b). L'intérêt majeur de cette approche est de pouvoir prendre en compte les contraintes inhérentes à ce type d'asservissement (contraintes de visibilité, limites articulaires du robot, etc.). Enfin plus récemment, nous avons synthétisé une loi de commande prédictive en effort pour la compensation active des mouvements physiologiques [thèse en cours de Michel Dominici] [10].

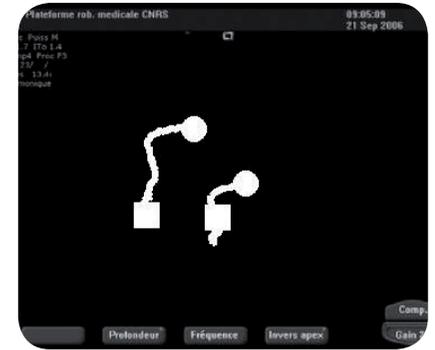


Figure 1 b) Asservissement visuel prédictif sous échographie

La manipulation à retour d'effort en chirurgie mini-invasive

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 (initialement développé par R. Cortesao en 2002) et surtout un estimateur des propriétés mécaniques de l'environnement qui permet de garantir la stabilité du système lors de fortes variations de raideur. Pour compléter la synthèse de la loi de commande, nous avons développé des éléments d'analyse du compromis stabilité - transparence. Cette structure a montré de bonnes performances lors de validations expérimentales in-vitro dans le cas de l'insertion d'aiguille [THE_2007_Zarrad.Walid], [11], [12].

Parallèlement, dans le cadre d'une collaboration de recherche avec l'Université Catholique de Louvain (UCL), nous avons travaillé sur la spécification et la commande d'un robot porte-endoscope (projet EvoLap porté par l'UCL), ainsi qu'à la définition de méthodologies d'évaluation pour ce type de dispositifs. Le robot EvoLap est en cours d'évaluation clinique [thèse en cours de Benoit Herman], [13]. Un deuxième projet vise à développer un système robotisé pour l'assistance au traitement des tumeurs osseuses du bassin (découpe et plastie). Des expérimentations pour l'évaluation des performances d'une découpe robotisée ont été menées au LIRMM au printemps 2008 dans le cadre des travaux de thèse d'O. Cartiaux [14].

Dans le contexte de l'assistance à la personne (en collaboration avec l'équipe-projet DEMAR), nous nous intéressons également à l'augmentation des capacités d'action mais cette fois du patient. Ainsi, les travaux menés au sein de l'équipe et les résultats récents ont porté sur :

La conception de prothèse de jambe gériatrique

Dans le cadre d'une collaboration industrielle avec la société Chabloz Orthopédie, nous avons développé une prothèse de jambe répondant aux besoins des personnes âgées (figure 1.c). Bloquée lors de la marche, celle-ci se déverrouille lorsque l'intention de s'asseoir

est détectée par un système de décision / commande embarqué. L'algorithme, particulièrement sûr, repose sur l'interprétation des signaux de capteurs d'effort localisés dans la prothèse.

La compensation active de tremblements pathologiques (ANR TREMOR, collaborations CHU Montpellier - Service de Neurologie, 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 d'automatique basées sur des méthodes prédictives référencées modèle(s) précédemment utilisées dans le contexte de la compensation de mouvements physiologiques. Cependant, cette compensation passe avant tout par la compréhension des mécanismes produisant ces phénomènes. Nous avons donc dans un premier temps développé un modèle de la boucle réflexe impliquée dans le tremblement et analysé son fonctionnement sur la base d'une représentation sous forme de fonctions de transfert (thèse en cours de A. Bô et post-doc D. Zhang 02/2008-10/2008) [15], [16].

Robotique parallèle

Nos actions de recherche sur la conception et la commande de cinématiques complexes visent à répondre à une question ancienne : comment améliorer

l'efficacité des systèmes de production. Cette question s'applique ici aux robots à architecture parallèle et



Figure 1 c) Prothèse de jambe gériatrique

implique de dépasser des limitations qui peuvent obérer leurs capacités de vitesse, d'accélération, de précision et/ou de rigidité. Pour y parvenir, nous proposons de nouvelles architectures mécaniques aux propriétés originales ; ces architectures bénéficient de nos travaux sur des outils de modélisation qui permettent d'appréhender finement les propriétés des mécanismes complexes ; enfin, nous associons à ce tandem modélisation/invention des travaux en identification et commande qui visent à tirer au mieux parti des qualités et/ou pallier les défauts de ces robots.

Plus récemment, nous avons élargi notre champ d'investigation aux méthodes numériques de conception ; en effet, au-delà d'un choix, ou de la création, d'une topologie, un problème fondamental de conception d'un robot parallèle consiste à choisir les caractéristiques des différents éléments du robot, par exemples les diverses dimensions de ses segments ou encore les caractéristiques de ces actionneurs. Afin d'améliorer l'efficacité et la robustesse de cette étape de conception, la difficulté est d'obtenir des méthodes, souvent nécessairement numériques, permettant de garantir la satisfaction d'exigences impératives sur les performances du robot et ce, de manière robuste aux incertitudes.

Contrairement à d'autres équipes françaises ou étrangères, très actives sur certains aspects « historiques » du domaine (par exemple, computational kinematics), nous cherchons à aborder des sujets moins courus, comme les robots à nacelle articulée, les machines à hautes performances dynamiques, ou plus récemment les robots parallèles à câbles ou à actionnement pneumatique.

Enfin, nous attachons beaucoup de valeur au prototypage couplant mécanique et automatique, et à la liaison entre les problèmes académiques et industriels.

Parmi nos résultats récents, on peut citer :

L'obtention de grands débattements angulaires pour des robots parallèles

Ces débattements sont classiquement petits car limités par les singularités. Les architectures proposées rejettent les singularités sérielles et parallèles en dehors du volume de travail, mais nécessitent une analyse fine des singularités dites « de contraintes » pour lesquelles une méthode de modélisation efficace a été proposée [17]. Cette approche a été à la base de l'invention de plusieurs architectures innovantes, systématiquement validées par des prototypes :

- le robot Par4, industrialisé sous le nom Adept Quattro [18] (figure 1.f)
- le robot Dual4, premier robot parallèle non redondant à posséder une capacité de rotation illimitée [19],
- le robot Héli4 [20] (figure 1.d), robot à nacelle articulée, symétrique et isostatique.



Figure 1 f) Adept Quattro

L'amélioration de la précision des machines parallèles

- pour du positionnement à haute résolution (sub-micronique) grâce à une cinématique à redondance maintenue au voisinage d'une singularité de type série [21],
- par des capacités d'auto-étalonnage grâce à la redondance métrologique, ou
- pour des systèmes soumis à des efforts importants pour lesquels le principe de découplage mécanique entre actionnement et mesure a été mis en œuvre dans le prototype innovant MoM3 avec une approche de pilotage inspirée de la commande référencée vision [22]

La réduction significative des temps de cycle pour les robots de pick-and-place, notamment par la création de la première architecture parallèle non-planaire pour mouvement planaire [23] et son optimisation cinématique basée sur un modèle dynamique. A ce jour, le prototype Par2 détient le record du monde d'accélération (52g) (figure 1.e).

Des méthodes numériques de synthèse robustes aux incertitudes d'un robot parallèle en prenant en compte son modèle dynamique [24], et de conception garantie de robots parallèles à câbles et redondants par des approches basées sur des méthodes d'analyse par intervalle [25].

Certains de nos résultats les plus récents intéressent le domaine des robots parallèles non-classiques qui posent des



Figure 1 d) Heli4

Figure 1 e) PAR2

problèmes nouveaux de modélisation, que ce soit en vue de la conception (robots parallèles à câbles) ou de la commande (actionnement pneumatique). Ici, certains de nos travaux visent à compléter les outils d'analyse statique des robots à câbles [26], [27] en prenant en compte des phénomènes généralement négligés (élasticité et masse des câbles). En effet, dans un contexte de conception et de commande de robots parallèles à câbles ayant un très grand espace de travail et/ou manipulant des charges très lourdes, les méthodes actuelles ne permettent plus d'obtenir une modélisation réaliste. Dans d'autres travaux, nous nous intéressons aux actionneurs pneumatiques comme alternative aux actionneurs classiques. Ces pistes de recherche nouvelles seront évoquées plus en détails dans le volet « prospective ».

Axes émergents

Pendant le dernier quadriennal, deux nouveaux champs d'investigation ont été abordés, impliquant toujours des aspects de conception, de modélisation et d'automatique :

Préhenseurs mécaniquement intelligents

Dans cet axe de recherche, nous nous intéressons principalement à la conception et commande de préhenseurs robotisés dits « mécaniquement intelligents », c'est-à-dire disposant d'une commande simple (fermeture/ouverture globale de la main pilotée uniquement) mais capables d'adapter automatiquement leur forme à l'objet à saisir grâce au sous-actionnement (plus de degrés de liberté que d'actionneurs). Méthodologies de conception, outils d'évaluation des performances, synthèse de nouveaux mécanismes, ont constitué l'essentiel de ces travaux. Plus précisément, nous avons étendu les critères de stabilité des prises (fermeture géométrique/fermeture en force) au cas des préhenseurs sous-actionnés [28], [29], [30]. Ces travaux ont eu lieu dans le cadre d'une convention CIFRE avec l'entreprise B+ Equipment [THE_2007_Bégoc.Vincent] et d'un soutien financier Eureka. Trois nouveaux prototypes ont été réalisés, dont le prototype Octopus (figure 2.a), préhenseur hybride sous-actionné garantissant une totale immobilisation de la prise.

Robots bipèdes

Dans le cadre du projet ANR Blanc Sherpa, nos objectifs sont de concevoir, réaliser et commander un robot marcheur bipède innovant (figure 2.b). Ce robot, contrairement à l'essentiel des robots humanoïdes



Figure 2 a) Le préhenseur Octopus

inspirés des robots industriels, repose sur l'utilisation d'actionneurs transparents (réversibles et à faible inertie). Cette caractéristique procure au robot une meilleure interaction avec l'environnement, telle l'absorption des chocs. La phase de conception et réalisation du robot est aboutie (PostDoc de I. Olaru 06/2007-05/2009). Elle a donné lieu à une collaboration avec l'Institut d'Electronique du Sud (UMR 5214) dans le cadre d'un projet PEPS sur le développement d'actionneurs électriques à entraînement quasi-direct. Les actionneurs, reliés par paires, agissent en parallèle sur des liaisons complexes, pour offrir au robot des performances proches de celles de l'humain. Actuellement, les aspects commande de ce robot marcheur ont été abordés en simulation (thèses en cours de M. Bachelier et S. Lefloch), en se basant sur des approches référencées ZMP [31]. D'autres approches de commande ont été synthétisées pour la génération et la stabilisation de cycles limites sur des systèmes mécaniques sous-actionnés. Certaines de ces approches ont été implémentées en temps réel sur un prototype de pendule inversé [32]. A terme, il s'agira de les étendre au cas du robot marcheur Sherpa.



Figure 2 b) Le robot marcheur bipède Sherpa

Prospective scientifique

Notre prospective s'inscrit dans la continuité des différents axes abordés dans le précédent quadriennal avec une démarche associant à la fois la conception et la commande de robots.

Robotique médicale

Dans le domaine de la robotique médicale, la prospective est résolument guidée par la nécessité constante d'améliorer les outils ou techniques d'assistance à la personne et au chirurgien. Elle s'affiche donc clairement suivant des problématiques de conception et de synthèse de lois de commande performantes, robustes et sûres.

Dans le contexte de **l'assistance au chirurgien**, en particulier en chirurgie cardiaque et chirurgie endoluminale ou transluminale, elle se décline suivant trois axes :

Concevoir de nouveaux systèmes d'assistance aux gestes du chirurgien - Notre objectif principal en termes de conception est imposé par la nécessité de passer de structures de robots du domaine « macro » au domaine « méso » plus adaptées par exemple à des actes de chirurgie endoluminale ou transluminale. Ainsi à l'avenir, le chirurgien devrait pouvoir opérer un patient qui absorbera par des voies naturelles une flotte de méso-robots qui seront télé-opérés de l'extérieur par le chirurgien. Dans ce contexte, nous devons développer des méso-structures poly-articulées innovantes capables de prolonger les mains du chirurgien à l'intérieur du patient en lui offrant suffisamment de degrés de liberté pour opérer dans la cavité abdominale par exemple (figure 3 a). Le défi est alors lié à la miniaturisation des mécanismes (thèse en cours d'A. Sanchez)[Projet européen FP7 ARAKNES - Array of Robots Augmenting the KiNematics of Endoluminal Surgery].

Compenser les mouvements physiologiques en chirurgie cardiaque - Dans la continuité des résultats obtenus dans le précédent quadriennal, nous poursuivons nos travaux pour (i) améliorer la robustesse des algorithmes d'estimation de mouvement (occlusion, changement d'illumination,...), (ii) intégrer ces algorithmes d'estimation dans un schéma d'asservissement visuel 3D avec validation dans un environnement in-vivo réaliste [Thèse en cours de Rogerio Richa] et enfin, (iii) développer des modèles d'interaction pour le guidage de geste sous échographie avec fusion des informations effort/échographie [Projet ANR USComp].

Augmenter les capacités d'action et de perception en chirurgie endoluminale - Opérer avec de nouveaux robots ingérés par un patient nécessite d'être capable de donner au chirurgien la capacité de manipuler à distance ces nouveaux « instruments » mais également de fournir un retour de sensation des interactions entre ces outils et les organes du patient. Ainsi, il faut être en mesure de proposer une architecture de télé-opération à retour d'effort qui garantisse la stabilité de

la plateforme tout en offrant la meilleure transparence possible. Dans le contexte qui nous intéresse, il pourra s'agir d'un ensemble de méso-robots coopérants (thèse en cours de L. Mourad) [Projet européen FP7 ARAKNES].

Dans le contexte de **l'assistance au patient**, les défis se déclinent suivant deux axes majeurs, le premier s'inscrivant dans la continuité des travaux évoqués précédemment :

Compensation active de tremblements pathologiques (figure 3 b) - Après les travaux de modélisation des boucles périphériques, les perspectives sont à la fois scientifiques, technologiques et cliniques. Sur le plan scientifique, il s'agit de synthétiser des stratégies de contrôle pour le membre supérieur également basées sur des approches prédictives et référencées à partir des modèles développés pour le système nerveux périphérique. Sur le plan technologique, l'objectif est (en collaboration avec l'équipe-projet DEMAR) d'intégrer les différents composants de la boucle de commande dans un système portable que le patient pourra utiliser le plus simplement et le plus sûrement possible. Enfin sur le plan clinique, un travail important de validations expérimentales se met en place pour valider les performances de l'approche proposée.

Patients souffrant de déficiences musculaires - Nous souhaitons aborder la conception et commande d'orthèses pour la marche. Nous soutenons l'idée ici, qu'il est possible de proposer des orthèses capables de soulager les patients d'une partie de leur poids tout en ne nécessitant que de très peu d'énergie pour fonctionner. Cette plus grande autonomie énergétique permettra d'envisager une utilisation quotidienne, de manière plus réaliste que pour les orthèses de marche actuelles. Le dispositif que nous proposons ne sera actionné que partiellement, les efforts pour lutter contre la gravité étant repris par un mécanisme de compensation passif uniquement (figure 3.c). La commande sera simple dans un premier temps, basée sur la lecture de la répartition des efforts des

pieds sur le sol, mais pourra être améliorée à l'aide de mesures EMG (les EMG, qui précèdent le mouvement humain, permettront d'anticiper les mouvements de l'orthèse). Cet axe de recherche viendra renforcer celui de la robotique bipède, qui est, pour notre équipe, un axe émergent.

Robotique parallèle

L'équipe s'engage dans deux défis majeurs :

Robot parallèle classique « ultime » - Les robots dits classiques (c'est-à-dire pour nous, considérés comme rigides et mus par des actionneurs électriques) ont déjà été largement étudiés, en particulier dans notre équipe. Nous chercherons dans le futur à pousser certaines de ces architectures vers leurs limites, à la recherche de solutions « ultimes ». Nous focaliserons nos recherches sur deux questions :

- est-il possible de concevoir une machine parallèle à 4 ou 5 degrés de liberté ayant un débattement angulaire de $\pm 90^\circ$ et qui soit compatible avec les besoins de rigidité des applications les plus exigeantes, comme l'usinage ?
- est-il possible d'atteindre des accélérations égales ou supérieures à 1000m/s^2 lors de déplacements de type pick-and-place, c'est-à-dire lors de mouvements coordonnés et parfaitement maîtrisés ?

Conformément à notre stratégie scientifique d'ensemble, ces questions seront abordées tout autant sous l'angle des outils de conception que sous l'angle des méthodes de commande.

Au-delà du robot parallèle classique - Nous aborderons ici des sujets variés mais qui ont pour points communs d'une part de conserver le « fil rouge » qu'est la notion de système mécanique bouclé, et d'autre part d'accepter chacun une complexité nouvelle qui pourrait, si elle est dépassée, ouvrir de nouveaux champs d'application à nos travaux :

- Actionnement pneumatique

Ce sujet va être l'occasion d'aborder tout d'abord la modélisation et la commande d'actionneurs pneumatiques considérés individuellement ; bien que ce sujet ne soit pas nouveau, nous pensons que des pistes peuvent être explorées avec intérêt, en particulier en ce qui concerne les commandes prédictives et/ou « référencées effort ». Nous comptons évidemment aller plus loin en concevant des robots parallèles utilisant ce type d'actionneur, ce qui posera un problème rarement abordé jusqu'ici : la commande de systèmes pneumatiques (par nature peu rigides) interagissant au sein d'une boucle cinématique.

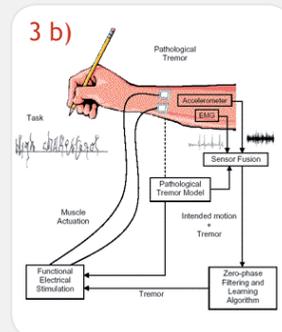
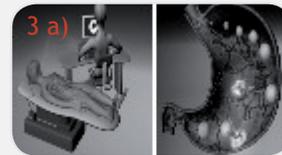
- Robots à câbles de très grande dimension

Cet axe de recherche a pour objectif de concevoir et commander des robots parallèles à câbles dont l'espace de travail pourrait aller de plusieurs dizaines à plusieurs centaines de mètres, et manipulant de très fortes charges. De tels robots parallèles géants sont en rupture avec les robots parallèles actuels dont l'espace de travail ne dépasse qu'exceptionnellement quelques mètres. Il s'agira de repenser les différentes étapes de la genèse d'un système robotique : de la conception à l'étalonnage et la commande. Ces robots pourront intégrer un organe terminal déformable dans l'espoir d'atteindre de fortes capacités d'orientation. Ce type original de robot parallèle peut être vu comme un exemple de robot dit de tenségrité combinant éléments en tension (câbles) et éléments en compression (barres). Ces travaux intégreront des recherches sur des outils génériques de synthèse de performances, principalement construits sur des méthodes

numériques allant de l'analyse par intervalles à la géométrie algorithmique.

- Machines parallèles mobiles

Les moyens de production nécessaires pour la réalisation de biens manufacturés de grande taille (avions, navires, etc) doivent répondre à des besoins croissants en termes d'espace de travail et les concepts classiques qui impliquent des machines au moins aussi grandes que les composants à fabriquer atteignent aujourd'hui les limites du possible. Nous chercherons à changer de paradigme en imaginant des machines (à architecture parallèle) capables de se déplacer par elles-mêmes sur, ou à proximité des composants à fabriquer, afin d'y travailler sur une zone réduite ; elles seraient alors capables de réaliser des tâches sur de grandes surfaces, mais de « proche en proche ». Ces machines tiendraient pour partie des robots parallèles et pour partie des robots « marcheurs ».



Axes émergents

Les axes émergents (robots bipèdes, préhenseurs mécaniquement intelligents) vont se poursuivre au travers des travaux suivants :

Robots marcheurs bipèdes

Les travaux à réaliser dans ce contexte rentrent dans le cadre du projet ANR blanc Sherpa (2007-2010), dont le but principal est de concevoir, réaliser et commander un robot marcheur bipède destiné au transport

Figure 3 a) Chirurgie endoluminale
3b) Compensation active de tremblements pathologiques
3c) Orthèse pour la suppléance de la déficience musculaire lors de la marche

de charges. Il s'agit principalement de développer des approches de commande pour la marche dynamique, étant donné que les aspects mécaniques sont quasiment aboutis. Les approches de commande proposées, référencées ZMP, ont été validées sur un simulateur du robot Sherpa. Contrairement aux approches référencées ZMP proposées dans la littérature, celles que nous proposons, seront capables de prendre en compte les irrégularités du sol (obstacles non prévus) dans la mesure où les trajectoires de référence seront mises à jour en temps réel grâce à une boucle de stabilisation (ce qui rend la structure de commande plus robuste). Une des particularités du simulateur développé réside dans l'utilisation de modèles de contacts compliant non-linéaires. Ce modèle est en adéquation avec le prototype réel étant donné qu'il sera équipé d'une semelle compliant en vue d'étudier l'effet de la compliance sur la marche. La réversibilité au niveau des actionneurs n'a pas été prise en compte dans les approches de commande proposées. Dans le futur, nous souhaitons tirer profit de cette réversibilité dans la loi de commande. Les approches de commande futures intégreront éventuellement les travaux de l'équipe-projet ICAR sur la vision omnidirectionnelle, dans le but d'utiliser un retour visuel qui permette d'avoir une mesure en temps réel de la posture du robot, pour la stabilisation ou le suivi d'une cible.

Préhenseurs mécaniquement intelligents

Les besoins du monde industriel en termes de préhension restent très forts aujourd'hui. Motivés par la difficulté de piloter les préhenseurs multi-doigts pleinement actionnés, la recherche de préhenseurs sous-actionnés capables de simplifier la planification de prise et la commande, restera une priorité pour nous, avec en particulier l'exploration de dispositifs souples capables de répartir continûment les efforts de saisie. Nous envisageons également de proposer des préhenseurs intelligents, par exemple capables d'estimer le poids des objets manipulés au cours d'un mouvement.

Publications significatives

[1] 3D Heart Motion Estimation Estimation using Endoscopic Monocular Vision System : from Artificial Landmarks to Texture Analysis
Sauvée M., Noce A., Poignet P., Triboulet J., Dombre E.
Journal of Biomedical Signal Processing and Control (Elsevier), Vol. 2(3), pp. 199-207, 2007

[2] Efficient tracking of the heart using texture
Noce A., Triboulet J., Poignet P.
29th Annual International Conference of the IEEE EMBS, pp. 4480-4483, 2007

[3] Texture Features Selection for Visual Servoing of the Beating Heart
Noce A., Triboulet J., Poignet P., Dombre E.
BioRob'06: Biomedical Robotics and Biomechatronics, February 20, 2006

[4] Efficient 3D tracking for motion compensation in beating heart surgery
Richa R., Poignet P., Liu C.
MICCAI'08 : 11th International Conference on Medical Image Computing and Computer Assisted Intervention, September 10, p. 000, 2008

[5] Deformable motion tracking of the heart surface
Richa R., Poignet P., Liu C.
IROS'08 : IEEE/RSJ 2008 International Conference on Intelligent Robots and Systems, September 26, p. 000, 2008

[6] Motion Prediction for Tracking the Beating Heart
Richa R., Bo A., Poignet P.
EMBS'08: 30th Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society, August 24, p. N/A, 2008

[7] Mitral Valve Leaflet Motion Tracking in Ultrasound

Images
Sauvée M., Renaud P., Poignet P., Triboulet J., Dombre E., Karouia M., Bonnet N., Noce A.
SURGETICA'05 : Computer-Aided Medical Interventions - Tools and Applications, January, pp. 237-244, 2005

[8] Ultrasound image-based visual servoing of a surgical instrument through nonlinear model predictive control
Sauvée M., Poignet P., Dombre E.
International Journal of Robotics Research, Vol. 27, pp. 25-40, 2008

[9] Image Based Visual Servoing through Nonlinear Model Predictive Control
Sauvée M., Poignet P., Dombre E., Courtial E.
CDC'06 : IEEE International Conference on Decision and Control, December, p. 6, 2006

[10] Compensation of Physiological Motion using Linear Predictive Force Control
Dominici M., Poignet P., Dombre E.
IROS'08 : IEEE/RSJ 2008 International Conference on Intelligent Robots and Systems, September 26, p. 000, 2008

[11] Stability and Transparency Analysis of a Haptic Feedback Controller for Medical Applications
Zarrad W., Poignet P., Cortesão R., Company O.
CDC'07: International Conference on Decision and Control, December 14, pp. 5767-5772, 2007

[12] Towards Teleoperated Needle Insertion with Haptic Feedback Controller
Zarrad W., Poignet P., Cortesão R., Company O.
IROS'07: International Conference on Intelligent Robots and Systems, November 02, pp. 1254-1259, 2007

[13] Development and Initial in Vivo Trial of EvoLap, an Active Laparoscope Positioner
Herman B., Tran Duy K., Dehez B., Polet R., Raucant B., Dombre E., Donnez J.

Journal of Minimally Invasive Gynecology, Vol. 1, pp. 344-349, 2009

[14] Accuracy in Planar Cutting of Bones: An ISO-Based Evaluation
Cartiaux O., Paul L., Docquier P.-L., Francq B. G., Raucant B., Dombre E., Banse X.
The International Journal of Medical Robotics and Computer Assisted Surgery, Vol. 5, pp. 77-84, 2009

[15] A Neuromusculoskeletal Model Exploring Peripheral Mechanism of Tremor
Zhang D., Ang W. T., Poignet P.
EMBS'08: 30th Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society, 2008

[16] Exploring peripheral mechanism of tremor on neuromusculoskeletal model: a general simulation study
Zhang D., Bo A., Poignet P., Ang W. T.
IEEE Transactions on Biomedical Engineering, 2009

[17] Internal Singularity Analysis of a Class of Lower Mobility Parallel Manipulators with Articulated Travelling Plate
Company O., Krut S., Pierrot F.
IEEE Transactions on Robotics, Vol. 22, pp. 1-11, 2006

[18] High-Speed Parallel Robot with Four Degrees of Freedom
Pierrot F., Nabat V., Rodriguez M., Azcoita J. M., Bueno R., Florentino K.
WO/2006/087, 399, Espagne, //2006

[19] Unlimited-Rotation Parallel Robot with Four Degrees of Freedom
Nabat V., Pierrot F., Rodriguez M., Azcoita J. M., Bueno R., Company O., Florentino K.
WO/2006/106, 165, France, //2006

[20] HELI4: a Parallel Robot for SCARA Motions with a Very Compact Travelling Plate and a Symmetrical Design

-
- Krut S., Company O., Nabat V., Pierrot F.
IROS'06: International Conference on Intelligent Robots & Systems, p. x, 2006
- [21] High Resolution 3-RRR Planar Parallel Micro-Stage in Near Singular Configuration for Resolution Improvement
Ronchi S., Company O., Krut S., Pierrot F., Fournier A.
IROS'05: International Conference on Intelligent Robots & Systems, August 02, p. x, 2005
- [22] Optimal Design of a 6-dof Parallel Measurement Mechanism Integrated in a 3-dof Parallel Machine-Tool
Corbel D., Company O., Pierrot F.
IROS'08 Intelligent Robots and Systems, September 22, p. 7, 2008
- [23] Two-Degree-of-Freedom Parallel Manipulator
Pierrot F., Krut S., Saenz A., Company O., Nabat V., Baradat C.
PCT-EP2008 050563, France, 18/01/2008
- [24] First Results on the Design of High Speed Parallel Robots in Presence of Uncertainty
Ramdani N., Gouttefarde M., Pierrot F., Merlet J.-P.
IROS'08: International Conference on Intelligent Robots and Systems, September 22, pp. 2410-2415, 2008
- [25] On the Design of Fully Constrained Parallel Cable-Driven Robots
Gouttefarde M., Krut S., Company O., Pierrot F., Ramdani N.
Advances in Robots Kinematics: Analysis and Design, June 22, pp. 71-78, 2008
- [26] Characterizations of Fully Constrained Poses of Parallel Cable-Driven Robots: a Review
Gouttefarde M.
ASME'08: International Design Engineering Technical Conferences & Computers and Information in Engineering Conference, August 03, pp. 01-10, 2008
- [27] A Parallel Cable-Driven Crane for Scara Motions
Krut S., Ramdani N., Gouttefarde M., Company O., Pierrot F.
ASME'08: International Design Engineering Technical Conferences & Computers and Information in Engineering Conference, August 03, pp. 1-8, 2008
- [28] Towards Principles for the Design of a Form-Closure Capable Underactuated Pneumatic Hand
Begoc V., Krut S., Dombre E., Pierrot F., Durand C.
IFTOMM'07: 12th World Congress in Mechanism and Machine Science, June 21, p. x, 2007
- [29] Mechanical Design of a New Pneumatically Driven Underactuated Hand
Begoc V., Krut S., Dombre E., Durand C., Pierrot F.
ICRA'07: IEEE International Conference on Robotics and Automation, April 14, p. x, 2007
- [30] On the Form-Closure Capability of Robotic Underactuated Hand
Bégoc V., Durand C., Krut S., Dombre E., Pierrot F.
ICARCV'06: 9th International Conference on Automation, Robotics and Computer Vision, pp. 2011-2018, 2006
- [31] A Control Law for Energy Efficient and Human Like Walking Biped Robot SHERPA Based on a Control and a Ballistic Phase - Application on the Cart-Table Model
Bachelier M., Krut S., Chemori A.
2008 8th IEEE-RAS International Conference on Humanoid Robots, p. 6, 2008
- [32] Stable Limit Cycle Generation for Underactuated Mechanical Systems, Application: Inertia Wheel Inverted Pendulum
Andary S., Chemori A., Krut S.
IROS'08: IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems, p. 6, 2008
-

NERO

NEtworked RObots

Laboratoire
d'Informatique,
de Robotique et de
Microélectronique
de Montpellier

Département
Robotique

Responsable :

Bruno Jouvencel
jouvencel@lirmm.fr
tel: +33 4 67 41 85 60

COMMANDE, PERCEPTION, GUIDAGE, NAVIGATION, PLANIFICATION, ARCHITECTURE DE CONTRÔLE, COMMANDE DE FLOTTILLE, ROBOTS SOUS-MARINS, TERRESTRES ET HUMANOÏDES.

● Présentation

Ce projet adresse le problème de la commande collaborative de véhicules sous-marins et/ou terrestres. Il s'agit de l'étude et du développement de stratégies de commande intégrant un ensemble de contraintes dynamiques, cinématiques et statiques telles que :

- la robustesse de la loi de commande vis-à-vis des perturbations extérieures ou des erreurs de modélisations,
- le maintien de la géométrie d'une flottille de véhicules,
- l'évitement d'obstacles,
- l'apprentissage non supervisé pour la commande
- le maintien des liens de communications entre véhicules,
- le suivi de trajectoire,
- la localisation et le SLAM,

- la vision et la perception (sonar à balayage) pour la commande,
- la perception multi-véhicules.

Ces stratégies apportent des solutions globales ou locales, ce qui nécessite d'étudier notamment les aspects concernant la commutation automatique de tâches et de manière plus générale l'architecture logicielle et matérielle liée à ces lois de commande. Il est, de plus, dans nos objectifs de conférer une plus grande autonomie décisionnelle à ces flottilles de robots en intégrant dans les contrôleurs locaux de chaque robot des mécanismes de planification, de gestion de ressources et d'ordonnancement de tâches. Enfin, la vérification des propriétés est envisagée afin d'assurer un certain niveau de fiabilité pour ces architectures logicielles et matérielles complexes.

● Composition de l'équipe (Mai 2009)

Permanents

- Philippe Fraisse - PR Modélisation/Commande
- Bruno Jouvencel - PR Perception/Commande
- René Zapata - PR Planification/Perception/Commande
- Lionel Lapierre - MCF Commande/Contrôle
- Vincent Creuze - MCF Perception
- David Andreu - MCF Architecture de contrôle
- Didier Crestani - MCF Modélisation d'entreprise /Architecture de contrôle
- Karen Godary - MCF Vérification formelle Architecture de contrôle
- Pascal Lepinay - IR (40%)

Doctorants

- Bastien Durand - Allocation de thèse MRT depuis 2007 - D. Crestani, K. Godary
- Bruno Vilhena Adorno - Allocation de thèse MRT (2008) - P. Fraisse, S. Druon
- Sébastien Cotton - BDI CNRS-Région LR (2007) - P. Fraisse, A. Murray
- Sébastien Lengagne - BDI INRIA-Région LR (2006) - P. Fraisse, N. Ramdani
- Vincent Bonnet - Allocation de thèse président UM2 (2006) - P. Fraisse
- Alfredo Toriz - Bourse mexicaine (2009) - R. Zapata
- Mohamed Diaa Ahmadou - Bourse syrienne (2006) - R. Zapata
- Lei Zhang - Allocation de thèse MRT (2006) - R. Zapata
- Haytem Gazouani - Bourse tunisienne, thèse en co-tutelle - R. Zapata,

Muncef Tagina

- Xianbo Xiang - Bourse Marie Curie (2008) - B. Jouvencel, L. Lapierre
- Arturo Pinto Gil - Thèse co-financée Edufrance-Fundayacucho (2004-2007) - P. Fraisse, R. Zapata
- Abdellah El Jallaloui - Allocation de thèse MRT - B. Jouvencel, D. Andreu (soutenance 19/12/07)
- Olivier Parodi - Allocation de thèse MRT - B. Jouvencel (soutenance 14/12/08)
- Yousra Ben Zaida - Allocation de thèse MRT - D. Crestani, V. Chapurlat (EMA) (soutenance 21/11/08)
- Jean Mathias Spiewak - Bourse CIFRE Hytec - B. Jouvencel, P. Fraisse (soutenance 29/09/2007)
- Robin Passama - Allocation de thèse MRT - D. Andreu (soutenance 30/06/06)

Autres collaborateurs

- Wilfrid Perruquetti - LAGIS, Lille
- Andrew Murray - Dayton University
- Jean Pierre Richard - LAGIS, Lille
- Benoit Bardy - UM1, Montpellier
- Véronique Perdereau - L2E, Paris
- Daniel Sidobre - LAAS, Toulouse
- Nacim Ramdani - INRIA, COPRIN Sophia
- Thierry Val - LATTIS, Toulouse
- Joao Rendas - I3S, Sophia Antipolis
- Eric Moulines - ENSTélécom Paris

● Publications (depuis le 01/01/2005)

	ACL	ACLN	ASCL	INV	ACTI	ACTN	COM	AFF	OS	OV	DO	AP	BV	Prix	Orga
2005-2009	22			1	42	8	2		4			7			4

● Animations

P. Fraisse

- Co-animateur du GT7 Robotique humanoïde du GDR Robotique
- Membre du comité de programme des Journées Nationales de la Robotique Humanoïde 2007 et 2008.
- Membre du French-Japanese Robotics Laboratory (JRL, AIST Tsukuba, LAAS, LIRMM).
- Création et animation depuis 2007 des Journées Nationales de la Robotique Humanoïde.
- Participation à l'Ecole d'été Image et Robotique 2006 : Summer School on Image and Robotics
- (SSIR'06), Montpellier, France, July, 2006 ; Multi-robots.
- Membre du comité de programme de IEEE Int. Conf. on Humanoid Robots 2009.

D. Andreu

- Création et animation de la communauté CAR (Control Architecture of Robots) : conférence par an depuis 2006 (2006 Mpt, 2007 Paris, 2008 Bourges)
- Summer School on Image and Robotics (SSIR'06), Montpellier, France, July, 2006; Control architectures of robots.
- Membre du Comité de Programme de « First International Conference on Embedded Systems \& Critical Applications » (ICESCA'08), Tunis, Tunisia
- Membre du Comité Scientifique de « 2nd IEEE International Conference on Wireless Communications in Underground and Confined Areas » (ICWCUCA'08), Val d'Or Quebec, Canada.

B. Jouvencel

- Membre du CN 2004-2008,
- membre du conseil d'évaluation du GESMA(DGA) 2006-2008,
- membre du groupe de travail Drone sous-marin du CS de la Défense Nationale

● Distinction

The Third EURON / EUnited Robotics Technology Transfer Award ; Bruno Jouvencel LIRMM & Pierre E. Gaillard, Hytec-Eca ; AUV TAIPAN-H160 ; Palermo, 18 March 2006.

● Contrats

- FreeSubNet Marie Curie (RTN) 2007-2011, I-AUV : AUV d'intervention.
- Projet ANR C_FLAM (2008-2012) : SLAM par flottille d'AUV collaboratifs
- Projet PsiRob « Anguille » ;
- HEBE FP6 (2004-2006), Analyse de l'activité motrice et détection des chutes chez la personne âgée.
- ANR ASSIST, (2008-2011), Robot d'assistance pour les personnes tétraplégiques.
- Projet ANR PROSIT, (2008-2011), Télé-échographie.
- MEDITATE 2004-2007 6° PCRD, étude des ressources en eau douce située en mer.
- ERT Panache 2003-2006, étude des sources sous-marines.

● Partenaires Industriels

Haption, Robosoft, Osmozis, Techno-Concept, Fatronik, ECA, Hytec, ACSA

● Collaborations nationales

- Membre du pôle MER Paca

● Coopérations internationales

- Partenaire du réseau FreeSubNet RTN Marie Curie
- Accord bilatéral CNRS-CNR Equipe de Massimo Caccia Gênes (Italie) 2006-2009
- Professor R. Blidberg director AUSI (Nem Hampshire USA), partenaire international C_FLAM
- Anibal Castilho Coimbra de Matos : School of Engineering - Porto Univeristy Department of Electrical and Computer Engineering Ocean Systems Group, partenaire international C_FLAM

Présentation de l'équipe

La thématique centrale de NERO concerne l'étude de systèmes mobiles robotisés collaborant. Depuis quelques décennies, la robotique mobile a développé de nombreux formalismes pour ce qui concerne : la planification, la navigation, le positionnement, la perception ou encore les architectures de contrôle, mais ces divers aspects ont été traités en général dans le cadre de la mise en œuvre d'un seul robot. Le déploiement de groupes de robots collaborants implique de revisiter tous ces sujets et fait apparaître de nouvelles problématiques scientifiques. Une de nos sources d'inspiration est le monde naturel aussi, notre intérêt reste entier sur l'étude de nouveaux concepts de mobilité comme l'humanoïde ou encore les structures de mobilité du type anguilliforme. Ces nouvelles structures nécessitent d'investir la théorie de la locomotion pour les modéliser et élaborer des lois de commande spécifiques. Une architecture de contrôle est actuellement déployée sur deux types de robot mobile terrestre et sous-marin. Les efforts du groupe se sont portés sur la conception d'un simulateur multi-véhicules hétérogènes. Depuis la dernière évaluation, NERO a réussi l'intégration du groupe ARCHI qui est venu renforcer la problématique des architectures de contrôle.

NERO regroupe un pool de compétences complémentaires permettant des co-encadrements sur des sujets transverses et de répondre à des appels à projets nationaux ou internationaux de façon originale. Le point fort du groupe réside dans

l'expérimentation systématique de tous les concepts théoriques élaborés. Le groupe NERO est ouvert à des collaborations avec des membres d'autres projets du LIRMM : DEMAR, ICAR, D'OC et SMILE. Ses membres sont impliqués dans la communauté scientifique (GDR, JNRR, conférence Humanoid, conférence CAR), dans les instances nationales (CN, CNU, DGA, ANR, AERES) et internationales (Marie Curie RTN, FP6).

Bilan scientifique

Nous présentons nos résultats qui portent sur les différents aspects présentés en introduction. Une place est faite pour la présentation des travaux sur la modélisation d'entreprise qui ont été extrêmement fructueux mais qui se sont arrêtés en 2008 suite aux recommandations de la dernière évaluation. Nous avons choisi de présenter à la fin, quelques contrats significatifs de notre impact scientifique et sociétal.

Modélisation et Commande

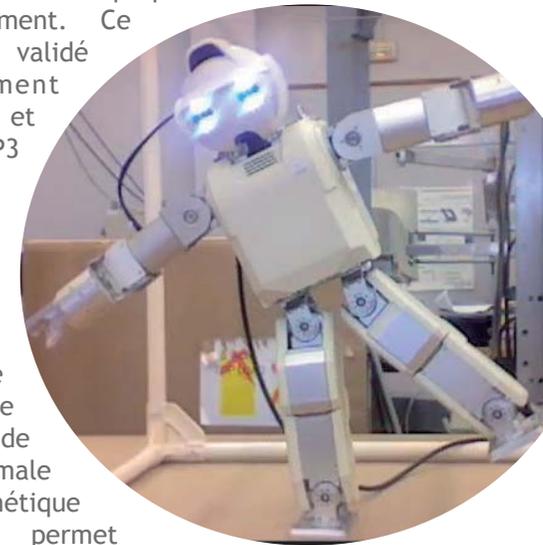
Modélisation du centre de masse d'un robot humanoïde par une chaîne série statique équivalente [Cot08] : une nouvelle approche a été proposée basée sur une transformation d'une chaîne cinématique arborescente en une chaîne série dont la position du centre de masse du robot humanoïde est la position de l'effecteur du robot série équivalent. Un algorithme de calcul récursif en a été déduit permettant le calcul automatique du modèle géométrique direct et de la jacobienne associée au centre de gravité du

robot. Cette méthode vient de trouver une application indirecte dans l'estimation du centre de masse d'une personne en mouvement.

Modélisation de la coordination hanche cheville :

Nous avons développé un modèle capable de reproduire le mouvement humain lors de la coordination hanche cheville pour un suivi de cible. Cette modélisation a permis d'expliquer certains phénomènes de mouvement hanche-cheville en phase et en anti-phase et l'importance du centre de pression dans le processus de coordination ainsi que le rôle des boucles réflexes des muscles impliqués dans l'actionnement. Ce modèle a été validé expérimentalement sur des patients et sur le robot HOAP3 [Bon09].

Planification de mouvements sûrs pour un robot humanoïde : nous avons développé une méthode de planification de trajectoire optimale basée sur l'arithmétique d'intervalle qui permet de garantir la non violation de la contrainte d'équilibre, ce qui n'est pas le cas avec les méthodes classiques. Cette méthode nécessite



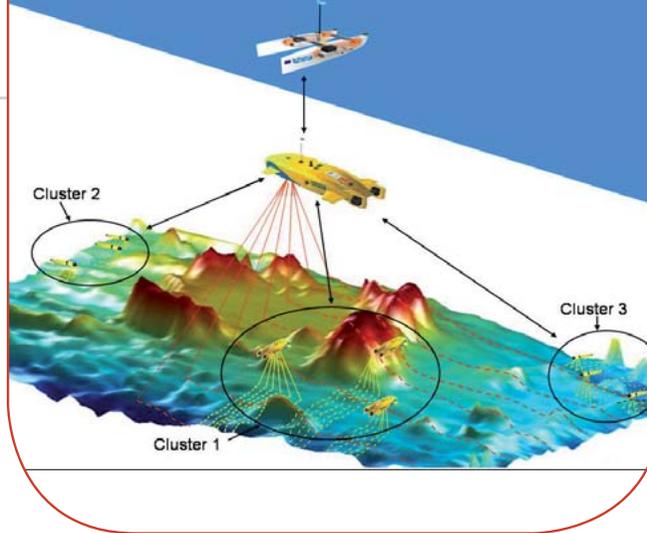
cependant un volume de calcul plus important. Aussi pour remédier à cela nous avons proposé de stocker des trajectoires optimales planifiées hors-lignes et de re-planifier localement le mouvement. Cette méthode a été validée expérimentalement dans le cas du coup de pied.

Modélisation et commande de la nage d'une anguille : nous avons proposé un modèle de contrôle de la nage pour lequel le temps n'intervient pas explicitement dans l'équation d'onde, ceci en rupture complète avec l'approche classique. De cette approche, nous en avons déduit une commande en position-force où nous contrôlons la courbure du corps en fonction des pressions locales perçues par « l'anguille ». Ce travail a été développé dans le cadre du projet Anguille de PsiRob (2004-2007).

Commande collaborative

Stratégie de commande leader-follower [Pin07] : un nouvel algorithme de commande coordonnée décentralisé a été développé. Cet algorithme est basé sur la génération de trajectoire réactive optimisant un ensemble de critères définis a priori afin de contribuer au maintien du lien de communication entre les véhicules, de parcourir du chemin en temps minimum, d'éviter les collisions, et d'assurer la non saturation des actionneurs. Cet algorithme présente l'originalité d'utiliser pour la première fois le niveau de réception des antennes de communication.

Suivi de chemin multi-AUV : ces travaux concernent le comportement réactif en champ proche de véhicules autonomes. Nous avons obtenu plusieurs résultats théoriques montrant la convergence de lois de commande collaboratives basées sur l'approche de Lyapunov d'une part et, d'autre part, sur les techniques de zones virtuelles déformables [Lap08]. Ces résultats sont établis dans le cadre formel du suivi de chemin



à partir du concept de cible virtuelle, de l'évitement réactif d'obstacles.

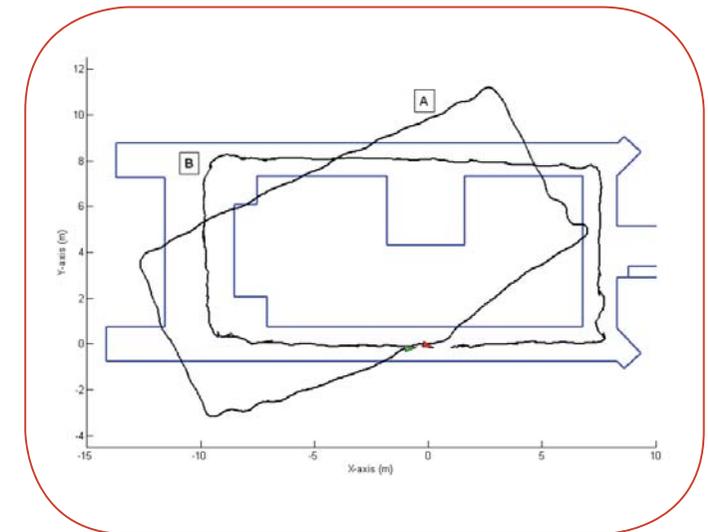
Commande coordonnée : Il s'agit de garantir une cohérence de groupe dans un cluster de véhicules autonomes. Une première voie a commencé à être explorée avec la notion de constellation déformable issue de l'approche par zone virtuelle déformable. Cette notion de constellation permet de fixer au groupe un déplacement réactif en formation garantissant des contraintes géométriques. Une seconde série de travaux concerne les communications. Nous développons une approche basée sur le formalisme des graphes : la matrice Laplacienne du graphe de communication est utilisée comme norme pour définir la fonction de Lyapunov.

Perception et Positionnement

Le positionnement à partir d'une seule mesure de distance est un thème important pour les AUV. Une solution a été proposée dans le cadre de véhicules non coopérants ; cette méthode est basée sur le suivi d'une trajectoire d'excitation et l'utilisation d'un filtre de Kalman étendu. Cette méthode nécessite une phase d'initialisation très longue. Ceci peut-être largement amélioré dans le cadre de véhicules coopérants par transmission de données sur la cinématique du véhicule.

On se retrouve confronté au problème de l'accès au médium pour les communications. Nous avons montré qu'il est possible d'améliorer grandement l'exploitation des sondeurs acoustiques dans les tâches de suivi de fond. Nous avons montré comme l'exploitation des informations contenues dans le lobe secondaire de réception des sondeurs acoustiques permettait d'apporter une solution élégante au problème de suivi de fond [Cre09].

Localisation et cartographie des robots mobiles : Le groupe a investi la problématique du positionnement et du SLAM (Simultaneous Localization And Mapping) où des problèmes difficiles de SLAM collaboratif, multi-niveaux, sont posés. Une étude concerne le problème du positionnement probabiliste pour apporter des réponses au problème du 'kidnapping'. Dans ce cadre, des solutions proposées sont basées sur le filtrage particulaire et elles ont été validées en simulation et sur une plate-forme constituée de 2 robots mobile Pioneer [Zha09].



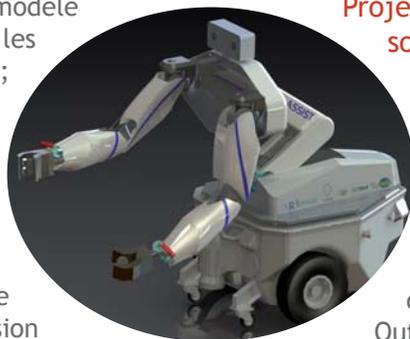
Architecture de Contrôle

L'architecture de contrôle COTAMA [Elj06] que nous avons conçue, implantée et déployée sur nos véhicules répond à plusieurs contraintes de modularité et de temps réel. Cette architecture, basée sur un niveau décisionnel et un niveau exécutif, permet de vérifier les contraintes tant haut-niveau que bas-niveau ; l'exécutif s'appuie sur un ordonnanceur qui intègre les contraintes d'interférences potentielles de l'instrumentation. Ce problème est crucial en robotique sous-marine, a fortiori dans un contexte de flottille où la plupart des capteurs et des systèmes de communication sont acoustiques : l'exploitation de l'instrumentation doit être ordonnée, et ce contextuellement, afin d'éviter que les interférences entre les émissions acoustiques ne remettent en cause le déroulement de la mission. L'architecture COTAMA a bénéficié de nos travaux plus prospectifs menés sur l'architecture COSARC et son approche à composants. Les travaux de recherche se poursuivent également sur la mise en place, au sein du modèle architectural, de points d'observation permettant de détecter toute déviation du contrôle et du contrôleur, et de mécanismes d'exploitation de ces observations pour l'adaptation de l'autonomie.

Simulateur Thetis

La nécessité de tester la validité des lois de commande au travers d'un simulateur intégrant le modèle dynamique en prenant en compte les spécificités du véhicule est indiscutable ; c'est ce que nous avons fait pour les véhicules Pioneer ou Taipan. Ces simulateurs offrent en outre d'autres fonctionnalités comme la définition et le téléchargement de mission.

Les besoins en simulation dans le cadre de flottille prennent une dimension



bien supérieure. Pour répondre à ces exigences, nous avons développé le simulateur Thétis multi-véhicules hétérogènes et HIL (hardware in the loop) [Par08]. Ce simulateur exhibe de nombreuses propriétés dont la prise en compte des contraintes du milieu pour les communications notamment, des caractéristiques techniques et comportementales des équipements, de la dimension temps-réel, en s'attachant notamment à assurer un découplage temporel entre le contrôle (embarqué par le robot) et la simulation. Les critères de modularité, d'évolutivité des entités logicielles constitutives ont été pris en compte de la conception à la mise en oeuvre.

Modélisation d'entreprise

Deux thématiques importantes étaient abordées :

- Aide à la décision pour l'affectation des ressources humaines aux processus d'entreprise en intégrant la prise en compte des compétences ;
- Conduite du changement continu par construction de trajectoires d'évolution des entreprises faisant appel à des méthodes de changement.

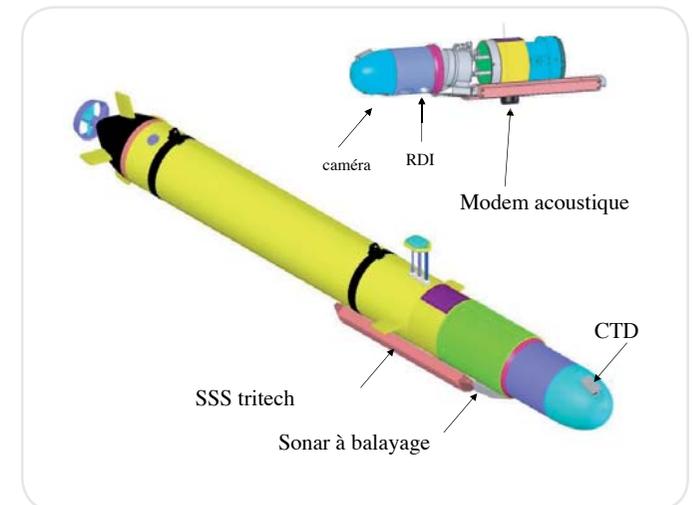
Ces travaux se sont conclus par la soutenance de 2 thèses, deux collaborations formelles avec l'EMA et le G2I/OMSI de St Etienne. La qualité de ces travaux est attestée par de nombreuses publications de haut niveau [Ben07].

Projets à fort impact scientifique et sociétal

ASSIST (ANR 2008-2011) : Le Lirmm est coordonnateur, 3 équipes scientifiques y participent. On veut concevoir un robot autonome d'assistance à des personnes handicapées de type tétraplégiques dans leurs tâches quotidiennes de manipulation d'objets. Outre que ce système robotisé devra

intégrer toutes les fonctionnalités d'un robot mobile et de manipulation, il devra prendre en compte, plus particulièrement, les interactions homme-robot notamment dans l'étude de l'espace opérationnel commun.

Meditate (FP6-INCO 2004-2007) : ce projet concernait l'analyse des ressources en eau douce des populations des littoraux karstiques. Il réunissait des compétences scientifiques en hydrologie (BRGM, Hydrosociétés de l'UM2 ainsi que 3 équipes scientifiques syrienne, libanaise et turque), en économie (équipe scientifique anglaise) et des spécialistes espagnols de la désalinisation de l'eau. Le Lirmm avait en charge la cartographie des sources sous-marines à partir d'un AUV où la difficulté



était liée au géo-référencement des données et au contrôle robuste pour prendre en compte la forte variabilité de la salinité.

FreeSubNet (FP6, 2007-2011) : ce projet qui réunit 14 partenaires scientifiques a pour objet l'étude des L_AUV ou robot mobile d'intervention sous-marin. Ce

projet nous positionne clairement dans le réseau des acteurs majeurs au niveau européen, en robotique sous-marine. Notre spécificité dans ce réseau est notre forte expérience dans les AUV côtiers et nos apports pour tout ce qui concerne la commande collaborative de flottille d'AUV.

C_FLAM (ANR 2008-2012) : Le Lirmm est coordonnateur de ce projet auquel participe 2 équipes scientifiques de I3S et du LTCI ; Eca est présent pour valider les résultats sur le plan industriel. L'objet du projet est de réaliser du SLAM multi-niveau et coopératif, SLAM basé sur de nouveaux concepts de représentation des fonds marins pour lesquels les cartes d'élévation ne sont pas les plus appropriées. Des relations formelles ont été établies avec l'équipe du Professeur Blidberg d'AUSI New Hampshire.

Prospective

L'activité sur la modélisation de l'humanoïde quitte NERO. Deux permanents spécialistes du traitement de l'information intègrent NERO et auront comme axe d'étude : la vision 3D pour la modélisation de l'environnement adaptée à des tâches de navigation et d'intervention. Ces développements apporteront au groupe NERO, la dimension complémentaire de réalisation du SLAM qui sera l'un des axes principaux du groupe avec pour originalité l'étude de la coordination et la collaboration de flottille avec J. Ferber de l'équipe Coconut. Un axe original va être développé autour de la navigation en essaim de mini-véhicules sous-marins, avec prise en compte de divers phénomènes liés à la propagation des ondes acoustiques sous-marines (diffraction, dispersion, atténuation, chemins multiples, réfraction...). L'étude de la collaboration humanoïde-véhicule

mobile sera aussi investie sous deux angles, l'un concernant l'architecture de contrôle, l'autre sur les problèmes de commande. L'axe architecture de contrôle va poursuivre ses travaux sur l'autonomie adaptative et la reconfigurabilité architecturale requise. La formalisation des comportements et protocoles des entités de base de l'architecture sera également approfondie, ainsi que leur vérification formelle. Enfin, il est prévu grâce à la collaboration avec AUSI, que le simulateur Thétis intègre des notions de haut niveau pour la planification et devienne accessible sur le web.

Publications significatives

[Cot08] Cotton S., Murray A., Fraise P.
Statically Equivalent Serial Chains for Modeling the Center of Mass of Humanoid Robots
IEEE I. Conf. on Humanoid Robots.

[Bon09] Bonnet V., Fraise P., Ramdani N., Lagarde J., Ramani S., Bardy B.G.
A closed loop musculoskeletal model of postural coordination dynamics
48th IEEE Conference on Decision and Control, Shanghai, 2009

[Pin07] Gil-Pinto A., Fraise P., Zapata R.
Decentralized Strategy for Car-Like Robot Formations
IROS'07 : International Conference on Intelligent Robots and Systems.

[Lap08] Lapierre L., Jouvencel B.
Robust Nonlinear Path-Following Control of an AUV

IEEE Journal of Oceanic Engineering 33, 2.

[Cre09] Creuze V., Parodi O.
Utilisation de la diffraction acoustique pour la détection de fond
Traitement du Signal 25, 1-2 SP.

[Zha09] Zhang L., Zapata R., Lepinay P.
Self-Adaptive Monte-Carlo Localization for Mobile Robots Using Range Sensors
Proceedings of IEEE/RSJ Intl. Conference on Intelligent Robots & Systems, 2009

[Elj06] El Jalaoui, A. and Andreu, D. and Jouvencel, B.
Contextual Management of Tasks and Instrumentation within an AUV control software architecture
IEEE/RSJ (IROS'06), Beijing, China, 9-15 October, 2006

[Par08] Parodi O., Lapierre L., Jouvencel B.
Thetis: A Real-Time Multi-Vehicles Hybrid Simulator for Heterogeneous Vehicles
Workshop IROS'08.

[Ben07] Bennour M., Crestani D.
Formalization of a Process Activity Performance Estimation Approach using Human Competencies
Int. Jour. of Production Research 45, 24.

SYSMIC

Conception et test
de systèmes
microélectroniques

Laboratoire
d'Informatique,
de Robotique et de
Microélectronique
de Montpellier

Département
Microélectronique

Equipe SysMIC

Responsable :

Lionel Torres
torres@lirmm.fr
tel: +33 4 67 41 85 67



ARCHITECTURES, MODÉLISATION, MÉTHODES DE CONCEPTION, INTÉGRATION SYSTÈME-SUR-PUCE/PACKAGE (SOC/SIP), CIRCUITS RECONFIGURABLES ET ADAPTATIFS, MÉMOIRES, CIRCUITS ANALOGIQUES & MIXTES, MICROSYSTÈMES, TEST ET TESTABILITÉ

● Présentation

L'objectif de l'équipe projet SysMIC est de proposer des solutions innovantes pour concevoir et tester les circuits et systèmes intégrés actuels et à venir. Les travaux menés concernent la gestion de la complexité de ces systèmes en termes de volume (nombre de composants / volume des données), en termes d'hétérogénéité des éléments à intégrer (numérique, analogique, mémoire, FPGA, RF, MEMS, etc.), et en termes de variabilité des technologies mises en oeuvre nouvelles. Nos activités de recherche s'organisent selon quatre thèmes principaux :

- Test de circuits et systèmes intégrés
- Conception et test de microsystemes
- Modèles et méthodes pour la conception de circuits
- Architectures adaptatives

● Composition de l'équipe (Mai 2009)

Permanents E/C et C

- | | |
|---|--|
| • Azais Florence, | CR CNRS 08 - 01/09/1997 |
| • Azémard-Crestani Nadine, HDR | CR CNRS 08 - 01/01/1992 |
| • Benoit Pascal | MCF CNU61 - 01/09/2005 |
| • Bernard Serge | CR CNRS 08 - 01/10/2001 |
| • Bertrand Yves | PR CNU63 - 01/01/1992 |
| • Bosio Alberto | MCF CNU61 - 01/10/2007 |
| • Cathebras Guy | PR CNU63 - 01/01/1992 |
| • Comte Mariane | MCF CNU63 - 01/09/2004 |
| • Deschacht Denis | DR CNRS 08 - 01/01/1992 |
| • Di Natale Giorgio | CR CNRS 07 - 01/10/2007 |
| • Dilillo Luigi | CR CNRS 08 - 01/10/2007 |
| • Flottes Marie-Lise | CR CNRS 07 - 01/01/1992 |
| • Galy Jérôme | MCF CNU63 - 01/09/1998 |
| • Girard Patrick | DR CNRS 07 - 01/09/1994 |
| • Landrault Christian | DR CNRS 07 - 01/01/1992
(retraite Avril 2009) |
| • Latorre Laurent, HDR | MCF CNU63 - 01/09/2000 |
| • Mailly Frédéric,
délégation CNRS 07/08 | MCF CNU63 - 01/09/2005 |
| • Maurine Philippe | MCF CNU63 - 01/02/2003 |
| • Nouet Pascal | PR CNU63 - 01/01/1992 |
| • Pravossoudovitch Serge | PR CNU 61 - 01/01/1992 |

- | | |
|---------------------|-------------------------|
| • Renovell Michel | DR CNRS 08 - 01/01/1992 |
| • Robert Michel | PR CNU63 - 01/01/1992 |
| • Rouzeyre Bruno | PR CNU61 - 01/01/1992 |
| • Sassatelli Gilles | CR CNRS 07 - 01/10/2002 |
| • Torres Lionel | PR CNU63 - 01/09/1997 |
| • Virazel Arnaud | MCF CNU61 - 01/09/2003 |

Départ en 2007 (retraite)

- | | |
|-----------------|------------------------|
| • Cambon Gaston | PR CNU 63 - 01/01/1992 |
|-----------------|------------------------|

ITA et IATOS - Support à la recherche

- | | |
|--------------------|--------------|
| • Gil Thierry | IR CNRS |
| • Lorival Régis | IR CNRS |
| • Duquesne Thierry | IE UM2 (50%) |

Membre associé

- | | |
|----------------------|--|
| • Galliere Jean-Marc | PRAG Polytech'Montpellier
01/10/2008 - 31/12/2010 |
|----------------------|--|

Doctorants

- | | |
|---------------------|-------------------------|
| • Badrignans Benoit | 01/04/2005 - 01/10/2009 |
| • Leman Olivier | 01/10/2005 - 01/10/2009 |
| • Brousse Olivier | 01/10/2006 - 01/10/2009 |
| • Zeqin Wu | 01/10/2006 - 01/10/2009 |

Doctorants (suite)	• Ordas Thomas	01/10/2006 - 01/10/2009	
	• Puschini Diego	01/09/2006 - 15/10/2009	
	• Boujamaa El Mehdi	01/10/2006 - 01/10/2009	
	• Houarche Nicolas	01/10/2006 - 30/09/2009	
	• Noun Ziad	01/10/2006 - 30/09/2009	
	• Rebaud Bettina	01/10/2006 - 30/09/2009	
	• Vial Julien	01/10/2006 - 31/12/2009	
	• Alandry Boris	01/10/2007 - 31/12/2010	
	• Hebert Nicolas	01/01/2008 - 31/12/2010	
	• Ahmed Syed Zahid	01/10/2007 - 01/12/2010	
	• Lomne Victor	01/10/2007 - 01/10/2010,	
	• Dehbaoui Amine	01/10/2007 - 30/09/2010	
	• Guillemenet Yoann	01/10/2007 - 30/09/2010	
	• Camille Jallier	01/10/2007 - 30/09/2010	
	• Lomne Victor	01/10/2007 - 30/09/2010	
	• Benabboud Youssef	01/01/2007 - 31/12/2010	
	• Nabila Moubdi	01/10/2007 - 30/11/2010	
	• Ahmed Rekik	02/11/2008 - 30/11/2011	
	• Mauroux Pierre-Didier	02/04/2007 - 30/11/2011	
	• Bouselam Kaouthar	22/11/2007 - 30/10/2011	
	• Alves Fonseca Renan	01/10/2008 - 30/09/2011	
	• Marchesan Gabriel	23/04/2008 - 30/09/2011	
	• Wu Fangmei	01/10/2008 - 30/09/2011	
	• Mansouri Imen	15/09/2008 - 14/09/2011	
	• Pous Nicolas	01/04/2008 - 15/04/2011	
• Jérôme DiBattista	01/03/2008 - 31/03/2011		
Post-doc	• Guillot Jeremie	01/10/2008 - 31/08/2009	
	• Norbert Dumas	01/11/2007 - 31/07/2009	
	• Kerzerho Vincent	01/07/2008 - 01/07/2009	
	• Di Natale Giorgio	01/11/2006 - 30/09/2007	
	• Bosio Alberto	01/11/2006 - 30/09/2007	
	• Hassoune Ilham	01/01/2007 - 01/08/2007	
	• Schuller Erik	01/03/2006 - 01/03/2007	
• Maily Frédéric	01/09/2004 - 31/08/2005		
CDD	• Varyani Sameer	04/04/2008 - 31/05/2009	CDD Ingénieur
	• Rezwan Jihan	01/06/2008 - 01/12/2008	CDD Ingénieur
	• Dehbaoui Amine	01/01/2007 - 01/08/2007	CDD Ingénieur
	• Drap Caroline	04/02/2008 - 30/04/2010	CDD Administratif

● Invités (en moyenne un mois par an sur la période 2005-2008)

Maciej Ciesielski (UMASS, USA), Ney Calazans (PUCRS, Brésil), Luigi Carro (UFRGS, Brésil), Marcelo Lubaszewski (UFRGS, Brésil), Erika Cota (UFRGS, Brésil), Fernando Moraes (PUCRS, Brésil), Peter Zipf (TU Darmstadt, Allemagne), Hans-Joachim Wunderlich (Univ. Stuttgart, Allemagne), Wayne Burlison (UMASS, USA), Russell Teissier (UMASS, USA), Francois Grize (6 mois, HEC Lausanne), Carlo Trigona (Univ. Catania, Italy)

● Publications (du 01/01/2005 au 31/08/2009)

	ACL	ACLN	ASCL	INV	ACTI	ACTN	COM	
2005-2009	73		2	27	261	16	93	
	AFF	OS	OV	DO	AP	BV	Prix	Orga
	26	12		15	18	9	6	13

● Faits marquants

- Création du laboratoire commun LIRMM / NXP Semiconductors « ISyTest », 2006 (4 brevets en cours de dépôt, 4 papiers invités audience internationale, 4 revues internationales, 8 papiers dans des conférences internationales, création d'une société).
- 6 « Best Paper Awards » : IEEE Symposium on Design and Diagnostics of Electronic Systems 2005 (DDECS'05), IEEE European Test Symposium 2006 (ETS'06), IEEE International Workshop on Electronics Design, Test & Applications 2006 (DELTA'06), International Journal IET Computer & Digital Techniques 2007, IEEE PhD Research in Microelectronics and Electronics (IEEE PRIME 2006), NASA/ESA AHS-2007 Conference on Adaptive Hardware and Systems.
- Régulièrement des articles acceptés dans des conférences majeures : IEEE/ACM DATE, IEEE/ACM DAC, IEEE VTS, IEEE ITC, IEEE ISVLI, IEEE ICCAD, IEEE FPL, ACM FPGA, IEEE SENSORS, IEEE ISCAS (cette liste est non exhaustive, mais représente des conférences avec un haut niveau de sélectivité).
- Organisation de 10 Conférences Internationales : IEEE PATMOS'06, IEEE ISVLIS'08, IEEE SPI'08, IEEE SPI'09, IEEE SIES'08, Workshop RCE'08, Workshop CrypArchi'07, ReCoSoC'05, ReCoSoC'06, ReCoSoC'07.
- Participation à la création d'entreprises : Cortus, Menta, Netheos, Satin-IP, Oridao. Chacune de ces sociétés ayant été lauréate du concours national d'aide à la création de technologies innovantes (OSEO).

- Plusieurs brevets déposés UM2/CNRS et en partenariat avec des industriels - 3 brevets déposés, 6 en cours de dépôt.
- Mise en place en 2008 d'une Plateforme Régionale de sécurité numérique, SECNUM et Banc d'attaque de circuits sécurisés (partenaires UMR 5214 IES et UMR 5149 I3M)
- Logiciels de conception et de test de systèmes intégrés. Analyse des circuits sécurisés par canaux cachés, simulateur de fautes, génération automatique de vecteurs de test pour les mémoires, vérification fonctionnelle de la norme IEEE 1500.
- Mise en place d'une nouvelle logique pour la sécurisation de circuits intégrés, faisant l'objet d'un transfert technologique (annonce de presse : <http://www2.cnrs.fr/presse/communique/1562.htm>)
- Nominations de plusieurs permanents à différents comités d'évaluation et de pilotage : ANR, EUROPE, AERES, etc.
- Pilotage du GDR SoC/SiP ; Membre du bureau du GDR MEMS.

● Coopérations internationales

- Univ. Porto Allegre (Brésil), « Conception et test de systèmes sur puce », Projet CAPES-COFECUB n° 495/05 (2005-2008).
- Université technique de Darmstadt (All), « Reconfigurable Communication-Centrics SoC », Université Franco-Allemande (2004-2007).
- Université technique de Darmstadt (All), « Architectures reconfigurables & réseaux de communication sur Silicium » Projet PROCOPE (Programme d'actions intégrées France/Allemagne) (2005-2007).
- Univ. Karlsruhe, « Architectures Multiprocesseurs » Projet PROCOPE (Programme d'actions intégrées France/Allemagne) (2008-2010).
- Projet Jeune Chercheur CS/UM2 MoKa - UM2 et Univ. Karlsruhe, « Processeurs Reconfigurables et architectures multiprocesseurs » (2008-2009).
- Projet NSF/CNRS « Synthèse d'Architecture », Massachusset University, USA (2003-2005).
- Université de Catania (Italie) « Conception et caractérisation de microsystèmes réalisés en technologie microélectronique standard » - Co-tutelle de thèse, Université Franco-Italienne (2003-2006).
- Université Lancaster, Royaume Uni : « Design for Testability of Micro- and Nano-Systems », Réseau d'Excellence Européen PATENT-DfMM, 2004-2007.
- Université Twente, Pays-Bas : « Design for Testability of Micro- and Nano-Systems », Réseau d'Excellence Européen PATENT-DfMM, 2004-2007.

Au-delà de ces collaborations formelles, plusieurs collaborations sont en cours dans le cadre de projets européens ou de coopérations informelles avec les universités suivantes :

Univ. Lancaster, Royaume Uni - Univ. Princeton, USA - EPFL, Suisse - INESC, Portugal, Univ. Linköping, Suède - INAOE, Mexique - NARA Institute of Science & Technology, Japon - Univ. Stanford, US - Univ. Iles Baléares, Espagne, Univ. Freiburg, Allemagne - Univ. Stuttgart, Allemagne - Duke Univ. USA - Univ. Southampton, Royaume Uni - Politecnico di Torino, Italie.

● Contrats / Transferts et valorisation

Projets européens :

- Réseau d'excellence européen FP6, PATENT-DfMM (2004-2008)
- Projet européen STREP-FP6 (2006-2009) : « PERPLEXUS, Pervasive computing framework for modeling complex virtually-unbounded systems »
- Projet européen EUREKA-MEDEA+, NanoTEST (2005-2008)
- Projet européen EUREKA-CATRENE, TOETS (2008-2011)

Projets nationaux :

- ACI CALOMAG Nanosciences : « Calcul logique programmable utilisant des éléments mémoires magnétiques » (2004-2006).
- ACI NANOSYS Nanosciences : « Architectures pour l'intégration des nanocomposants moléculaires » (2004-2007).
- Projet ANR ICTER programme non thématique (programme blanc), « Les Technologies Reconfigurables : Intégrité et confidentialité des informations » (2005-2008) - Porteur de projet.
- Projet ANR CILOMAG programme Nanotechnologie, « Calcul logique programmable utilisant des éléments mémoires magnétiques II » - 2007-2010.
- Projet ANR R3MEMS programme Telecom, « Antenne Réseau Réflecteur Reconfigurable à base de MEMS » - 2008-2010.
- Projet ANR ADAM programme Architectures du Futur « Adaptative Dynamic Architecture for MPSoC », 2008-2010.
- Projet ANR MIDISPPi programme Nanotechnologie « MIDISPPi : MicroDispositif de test en Silicium nanoPoreux pour le Packaging Intelligent » (2007-2010).
- Projet ANR MATEO programme Technologies pour la santé « Mesure Adaptative de la Tension Oculaire » (2008-2011).
- Projet CALISSON - FCE Ministère de l'Industrie, Projet labellisé par le Pôle de Compétitivité Solutions Communicantes Sécurisés « Caractérisation, modélisation et spécification sécuritaires de circuits prototypes intégrés ».
- Convention de partenariat avec le CEA/LETI (2 dépôts de brevet en cours).
- Projet STMicroelectronics PACA 2005-2009 dans le domaine de la sécurité numérique, labellisé par le Pôle de Compétitivité Solutions Communicantes Sécurisés.

Nombreuses activités de recherche en partenariat avec des entreprises :

Atmel - Infineon - NXP Semiconductors - STMicroelectronics - Thales - Menta - Netheos - Satin-IP - Cortus - Alcatel - Gemalto Alcatel

17 présidences / vice-présidences de conférences :

IEEE International Symposium on VLSI (IEEE ISVLSI 2008), IEEE Signal Propagation on Interconnect (IEEE SPI 2008 et 2009), IEEE Workshop on Power and Timing Modeling, Optimization and Simulation (IEEE PATMOS 2006), Reconfigurable Computing Education Workshop (RCE 2008), IEEE International Symposium on Industrial Embedded Systems (IEEE SIES 2008), International Workshop on Cryptographic Architectures Embedded in Reconfigurable Devices (CryptArchi 2007), Reconfigurable Communication-Centric SoC (ReCoSoC 2005 à 2009), South European Test Seminar (SETS 2007, 2009), IEEE Design Technology and Integrated Systems (IEEE DTIS 2006, 2008), IEEE Symposium on Design and Diagnostics of Electronic Systems (IEEE DDECS 2008), International Conference on Embedded Systems & Critical Applications (IEEE ICESCA 2008), International Workshop on the Impact of Low Power design on Test and Reliability (LPonTR 2009).

13 présidences de comités de programme :

IEEE International Conference on ReConfigurable Computing and FPGAs (IEEE RECONFIG 2008, 2009), Reconfigurable Computing Education (RCE2009), IEEE Workshop on Power and Timing Modeling, Optimization and Simulation (IEEE PATMOS 2007), IEEE Symposium on Design and Diagnostics of Electronic Systems (IEEE DDECS 2005, 2007), IEEE Design Technology and Integrated Systems (IEEE DTIS 2006, 2008), IEEE East-West Design & Test Symposium (IEEE EWDTW 2005, 2008), IEEE European Test Symposium (IEEE ETS 2005, 2008), International Symposium on Electronic Design, Test & Applications (IEEE DELTA 2006, 2008), Symposium On Integrated Circuits and Systems Design (SBCCI 2008), IEEE VLSI Test Symposium (IEEE VTS 2008).

8 comités exécutifs :

IEEE ETS (Présidence depuis 2003), DATE, IEEE DDECS, IEEE DELTA, DCIS, IEEE FPL, ReCoSoC, IFIP VLSI-SoC.

9 comités éditoriaux de journaux :

ASP Journal of Low Power Electronics (Présidence du comité), Journal of Electronic Testing: Theory and Applications (JETTA), IEEE Design & Test, IEEE Transactions on Computers, IEEE Transactions on VLSI, IOS Journal of Embedded Computing, International Journal of Reconfigurable Computing (Hindawi), The VLSI journal (Elsevier), International Journal of Embedded Systems.

Comité de programme de conférences :

ATS, DAC, DATE, DBT, DCIS, DELTA, DDECS, DSD, EDCC, ETS, EWDT, FPL, HLDVT, IMSTW, IOLTS, ITC, ICCAD, ICCD, Int Conf on Automation, Quality&Testing, Int. Conf. on EUC, Int. Conf. on VLSI-SOC, LATW, SDD, RAW, PATMOS, ICTW, WTW, PRDC, SBCCI, ICFPT, ReCoSoC, ISVSLI, Int. Workshop IP-SoC, SPI, SCS, ICM, READ, VTS.

Expertises de projets :

Canadian Scientific Foundation, Netherland Scientific Foundation, Irish Science Foundation, Italian Committee for Research Evaluation, Committee for Evaluation Research Italy, IWT Belgique, Czech Science Foundation, DRRT Languedoc Roussillon, ANR, AERES, Europe, Expertises techniques pour différents industriels, Comité ARAGO Languedoc-Roussillon

1- Problématique et positionnement

A l'heure des nanotechnologies, le degré de miniaturisation est tel que l'on atteint des taux d'intégration vertigineux avec des circuits pouvant contenir jusqu'à plusieurs milliards de transistors. A ce stade, le circuit devient « système ». Cette course à l'intégration sur silicium ne s'arrête pas aux seuls composants électroniques, aux seuls transistors MOS, puisque des systèmes mécaniques, thermiques, magnétiques ou autres peuvent être intégrés pour former des capteurs ou actionneurs de tout type. Capteurs et actionneurs, intégrés avec leur électronique de traitement, forment des systèmes à part entière, on parle dans ce cas de « microsystèmes ». L'approche système devient inéluctable, c'est ainsi que le spectre de compétences et d'expertises s'est élargi ces dernières années, notamment avec des relations de plus en plus prononcées avec les aspects algorithmiques, informatiques ou mathématiques.

Cet accroissement de la complexité des systèmes et microsystèmes intégrés pose de nombreux problèmes : spécification, modélisation, réutilisation, partitionnement entre logiciel et matériel, optimisation de performances, vérification/validation, test après fabrication, pour ne citer qu'eux, sont autant de défis à relever pour accompagner cette course à l'intégration. Les recherches effectuées dans ces domaines ont pour objectif général de proposer des solutions innovantes pour concevoir, tester, valider, en un mot créer les systèmes intégrés du futur.

Les travaux effectués au sein de cette équipe-projet s'organisent donc naturellement autour de plusieurs

groupes thématiques portant sur nos domaines d'expertises : la conception et le test de circuits et systèmes intégrés microélectroniques.

2- Structuration scientifique

L'équipe-projet SysMIC est une équipe de 15 enseignants-chercheurs, 10 chercheurs, 30 doctorants et 5 post-doctorants/CDD. Cette équipe est l'axe fédérateur du Département Microélectronique du LIRMM. Elle est structurée autour de 4 thèmes principaux :

- **Test de circuits et systèmes intégrés** : les objectifs sont de développer des moyens permettant de révéler les dysfonctionnements du matériel impliqué dans les systèmes à forte complexité. Des modèles, des méthodes, et un large spectre de solutions logicielles, matérielles ou architecturales sont développés pour permettre la détection, le diagnostic, et éventuellement la réparation de nombreux et/ou nouveaux types de défaillances
- **Conception et test de microsystèmes** : les objectifs sont la conception et le test de microsystèmes monolithiques. La particularité de ce thème réside dans les flots de conception et de test et l'intégration de l'électronique au plus près du capteur ou de l'actionneur.
- **Architectures adaptatives** : les objectifs sont d'une part d'étudier et de concevoir des architectures flexibles et reconfigurables innovantes pour de futures applications (traitement du signal et image, sécurité...) et, d'autre part, de développer les méthodes et outils de conception

de ces architectures en considérant également des technologies et des concepts émergents (phénomènes bio-inspirés par exemple).

- **Modèles, méthodes pour la conception de circuits** : les objectifs concernent la modélisation des performances ou des phénomènes électriques des circuits : interconnexions, retards, consommation, influence des dispersions technologiques. Les résultats issus de ces travaux permettent de développer de nouvelles méthodes et de nouveaux outils de conception de circuits.

Les défis scientifiques sont souvent communs et les interactions entre ces thèmes permettent d'adresser des problématiques scientifiques et des classes d'applications nécessitant des compétences variées. Ce choix permet clairement un croisement des compétences, une animation scientifique unique au niveau national et international dans le domaine de la conception et du test de circuits et systèmes intégrés.

Il apparaît également que, les applications ciblées depuis 2005 nécessitent un spectre de compétences de plus en plus étendu et reposent sur les différents savoir-faire de l'EP SysMIC. A titre d'exemple, trois domaines applicatifs peuvent être cités, qui sont d'une part fédérateurs au sein de l'EP SysMIC et qui représentent, d'autre part, des défis importants pour la Conception et le Test de Systèmes Microélectroniques :

- **Le domaine de la sécurité numérique** : la cryptographie reçoit un intérêt de plus en plus marqué avec l'avènement des systèmes numériques dans notre vie quotidienne (internet,

objets communiquant, smart-card etc..). Toutefois, l'implantation matérielle est devenue le talon d'Achille des applications sécuritaires et les attaques contre ces dispositifs deviennent une préoccupation majeure... Les attaques par canaux auxiliaires notamment (comme la DPA, Differential Power Analysis pour ne citer que la plus connue) sont maintenant reconnues comme les attaques les plus dangereuses, puisqu'elles permettent à moindres frais et avec un faible/moyen niveau de compétences d'obtenir les clefs des algorithmes de chiffrement, comme ceux qu'utilisent nos cartes à puce. Nos objectifs sont de proposer des méthodes de conception et de test adaptées au domaine en s'appuyant sur de nouveaux moyens permettant de mieux comprendre les phénomènes mis en jeu lors des attaques, et sur des compétences transverses au sein de l'EP SysMIC (test, conception bas et haut niveau, architectures flexibles). Cet aspect applicatif s'est largement renforcé depuis 2005 et se concrétise au travers de notre implication dans de nombreux projets répondant aux besoins croissants dans un domaine très présent en Europe.

- **Circuits et systèmes tolérants aux pannes** : le nombre d'applications nécessitant des circuits et systèmes tolérants aux pannes ne cesse de croître : Santé, Avionique, Spatial, Automobile, etc. Mais nous sommes actuellement confrontés à un paradoxe, d'une part une demande de plus en plus forte de circuits et systèmes tolérants aux pannes et d'autre part des nœuds technologiques de plus en plus fins (< 32nm, Nanotechnologies), induisant de plus en plus de variétés de fautes et de variabilité. Il est donc nécessaire, dès la conception d'un système intégré, de prendre en compte cette dimension et de proposer de nouvelles méthodes d'intégration, de modélisation, de diagnostic et de détection. Ainsi, tous les thèmes de l'EP SysMIC s'intéressent à ces phénomènes et proposent des solutions originales pour concevoir de nouvelles architectures ou de

nouveaux systèmes hétérogènes tolérants.

- **Le domaine des « réseaux de capteurs »** : même si ce domaine est vaste et englobe de nombreux défis, allant des aspects technologiques jusqu'aux aspects informatiques, il apparaît clairement que nous contribuons d'une manière forte au domaine des « réseaux de capteurs ». Le point d'entrée de ces systèmes est appréhendé d'une part par la mise en relation étroite entre le capteur lui-même (effets physiques, mécaniques, thermiques, etc.) et l'électronique intégrée associée et, d'autre part, par la possibilité de rendre ce système autonome et apte à prendre des décisions en fonction de l'environnement. Ainsi, le thème MEMS s'intéresse aux capteurs et à leur intégration dans un système, et le thème architectures flexibles s'intéresse à des mécanismes d'auto-organisation basés sur des phénomènes bio-inspirés ou multi-agents permettant de prendre en compte l'allocation de tâches sur des systèmes distribués.

Ces thèmes transversaux ont permis à l'EP SysMIC d'être reconnue régionalement, nationalement et internationalement au travers de différents projets collaboratifs (ANR, Pôle de Compétitivité SCS, Projets européens) et actions de dissémination scientifique.

3- Rayonnement scientifique

Les retombées liées aux travaux de l'EP SysMIC se révèlent à plusieurs niveaux.

Tout d'abord au niveau **régional** avec par exemple la plateforme technologique soutenue par la région LR (soutien financier de l'ordre de 160k€) : la plateforme SECNUM à pour objectif d'analyser les potentialités, en termes sécuritaires, des plateformes matérielles et des systèmes embarqués et donc de proposer une plateforme d'expérimentation académique régionale (avec un impact national et international).

Toujours au niveau régional, nous avons aussi une contribution importante au soutien à la création d'entreprises, notamment par l'intermédiaire de Languedoc Roussillon Incubation (LRI). L'EP SysMIC a contribué ainsi au soutien à la création de 5 sociétés (Cortus, Satin-IP, Menta, Oridao, Verif). Nous pouvons aussi citer les collaborations menées avec le laboratoire UMR 5214 IES, sur des thèmes comme la fiabilité des composants (notamment le projet ANR HAMLET, financé en 2009) et dans le domaine de la sécurité numérique (un projet PEPS du CNRS a été retenu en 2007 et un projet DGA est en cours de dépôt). N'oublions pas non plus la contribution de l'EP SysMIC au GIP CNFM, notamment avec un support de la région LR à la Plateforme du Centre de Ressource en Test du CNFM.

Au-delà de l'implication régionale, l'EP SysMIC est fortement impliquée au niveau **national** dans divers projets, comme les projets ANR R3MEMS et MIDISPI dans le domaine de la conception et du test de MEMS, le projet ANRADAM dans le domaine des architectures adaptatives, le projet ANR ICTER et le projet FCE CALISSON (annonce de presse du CNRS : <http://www2.cnrs.fr/presse/communiqu/1562.html>) dans le domaine de la sécurité numérique, le projet ANR HAMLET dans le domaine de la fiabilité des composants, ou encore le projet ANR MATEO dans un domaine applicatif plus récent qui est celui de la santé.

Dans le domaine plus spécifique du test de SoC/SiP, le laboratoire commun CNRS-NXP, ISyTest -Institute for System Testing- (<http://www.lirmm.fr/ISyTest/>) a été créé en 2007 et a obtenu des résultats remarquables (4 brevets en cours de dépôt, 4 papiers invités, 4 articles dans des journaux internationaux, 2 prix meilleurs papiers, plusieurs articles dans des conférences internationales).

Outre les aspects collaboratifs, l'EP SysMIC a une forte implication dans le GDR SoC/SiP (http://www.lirmm.fr/soc_sip/), notamment dans le cadre du pilotage de ce GDR aussi bien au niveau de sa direction que de l'animation des groupes de travail. L'une des particularités de l'EP

SysMIC est aussi l'implication importante de plusieurs EC et C dans le GIP CNFM et notamment la direction et le pilotage des services nationaux du CNFM, comprenant des ressources en CAO et en test. L'ensemble de ces implications s'accompagne aussi par la participation de plusieurs EC ou C à des comités d'évaluation pour divers organismes (ANR, AERES, Ministère, CNRS, CNFM, etc.), ou à des expertises pour la rédaction de rapports nationaux ou internationaux.

L'EP SysMIC est d'ailleurs fortement reconnue au niveau **international**, au travers de projets européens collaboratifs - FP7 STREP PERPLEXUS (architectures et systèmes bioinspirés), ENIAC MODERN (prise en compte de la variabilité, modélisation et architecture), MEDEA+ NanoTest et CATRENE TOETS (test des circuits et systèmes intégrés), NoE PATENT (conception et test de MEMS), et dans le cadre de collaborations bilatérales avec : le Brésil (Porto Allegre), l'Allemagne (Darmstadt, Stuttgart, Karlsruhe, Freiburg), le Japon (Kyushu, Nara), la Grande-Bretagne (Southampton), les Etats-Unis (Ahmerst, Duke), l'Espagne (Barcelone), l'Italie (Turin)...

Cette reconnaissance est aussi très forte via la participation des membres de l'EP à plusieurs comités éditoriaux de revues scientifiques : Hindawi- IJRC, Elsevier - Integration, the VLSI Journal, Journal of Embedded Computing, International Journal of Embedded Systems, IEEE Design and Test computer, Journal of Electronics Testing and Applications - JETTA, IEEE Transactions on Computers, IEEE Transactions on VLSI, Journal of Low Power - ou la participation à plus d'une cinquantaine de comité de programmes de conférences, comme par exemple les conférences majeures du domaine IEEE/ACM DATE, IEEE/ACM DAC, IEEE VTS, IEEE ITC, IEEE ICCD.....

Il est à noter que pour la période 2005-2008, plus de 20 conférences internationales ont été gérées par des membres de l'EP SysMIC (comme président de comité de programme ou président de conférence).

Cette valorisation internationale est aussi lisible par le niveau des publications internationales. Au cours de la période considérée, les EC et C de l'EP SysMIC ont publié un nombre important d'articles dans des revues internationales (73), des conférences avec actes et comités de lecture (261) ainsi que dans des colloques dont les actes sont à diffusion restreinte. Ils ont de plus participé à la rédaction d'ouvrages (21) et ont communiqué sur leurs domaines d'expertise lors de conférences invitées (27). Enfin, certains résultats ont été valorisés au travers de nouveaux brevets (9).

On notera une bonne régularité de cette production, mais surtout l'excellente qualité des congrès où les travaux ont été publiés (ITC, VTS, DATE, FPL, DAC, FPGA pour n'en citer que quelques uns), positionnant ainsi l'EP SysMIC comme l'un des contributeurs nationaux les plus importants dans les conférences européennes et internationales du domaine.

4 - Bilan scientifique par thème

4.1 Test de circuits et systèmes intégrés

Participants : F. Azais (50%), S. Bernard (75%), Y. Bertrand, A. Bosio (depuis le 01/10/07), M. Comte, L. Dillo (depuis le 01/10/07), G. Di Natale (depuis le 01/10/07), M.L. Flottes, P. Girard, J. Galy (25%), C. Landrault (retraite le 06/04/2009), L. Latorre (25%), S. Pravossoudovitch, M. Renovell, B. Rouzeyre, A. Virazel.

Thèses en cours : J. Vial (MRT, 2009), Ziad Noun (CIFRE NXP, 2009), N. Houarche (MRT, 2009), N. Pous (CIFRE Verigy, 2010), Y. Benabboud (CIFRE STMicroelectronics, 2010), R. Alvez Fonseca (MRT, 2011), F. Wu (TOETS, 2011), P.D Mauroux (BDI-CNRS, 2011), K. Bousselem (MRT, 2011).

Thèses soutenues (05-08) : 10 (4 MRT, 3 CIFRE : STMicroelectronics-Atmel-NXP, 1 Bourse DGA, 2 contrats NanoTest).

Post-Doc : A. Bosio (01/11/06-30/09/07), G. Di Natale (01/12/06-30/09/07), V. Kerzérho (01/07/08-01/07/09).

CDD Ingénieur : Jihan Rezwan (01/06/08-01/12/08)

Collaborations : Albert-Ludwigs Universität (Freiburg,

Allemagne), Nara Institute of Science and Technology (Japon), Politecnico di Torino (Italie), IMS - Université de Bordeaux, Universidade Federal do Rio Grande do Sul (Brésil), Kyushu Institute of Technology (Japon), Duke University (USA), University of Southampton (UK), University of Stuttgart (Allemagne).

Support : NXP Semiconductors (Laboratoire ISyTest), SynTest Technologies, Verigy, Infineon, STMicroelectronics, Atmel, Projet MEDEA+ NanoTest, Projet Catrene TOETS, projet FCE CALISSON.

Dissémination : 205 actes de dissémination, dont 34 ACL, 8 INV, 90 ACTI, 1 brevet.

Le principe général du test d'un circuit/système intégré consiste à mettre en évidence un dysfonctionnement du dispositif induit par un défaut de fabrication, un problème d'intégrité du signal, une dérive au cours du temps des paramètres garantissant sa fonctionnalité, une susceptibilité à des phénomènes externes naturels ou intentionnels. Les objectifs visés par ce thème de recherche sont de faire avancer les connaissances en termes de compréhension des défauts susceptibles d'affecter ces dispositifs et d'accroître la qualité des tests proposés. Pour ce faire, des modèles, des méthodes et des outils originaux sont développés permettant de simuler un comportement fautif, de détecter un dysfonctionnement en cours de fabrication ou en fin de fabrication, voire in-situ, de diagnostiquer l'origine d'une panne, éventuellement de détecter la présence d'une panne en cours de fonctionnement jusqu'à tolérer sa présence. L'avènement de dispositifs fortement submicroniques (échelle nanométrique), l'intégration d'un nombre toujours croissant de transistors (échelle gigamétrique) et l'explosion des domaines d'application qui en découle demandent de faire évoluer les connaissances actuelles et les pratiques courantes pour faire face à la complexité de nouveaux systèmes intégrés (nouveaux défauts, volume grandissant des données à traiter, hétérogénéité des composants au sein d'un même système, variabilité des dispositifs élémentaires, protection de données sensibles...). Le domaine évolue d'une « simple »

technologie d'examen sélectif vers une technologie d'aide au déverminage du premier silicium, une base pour la réparation des puces, une infrastructure pour le diagnostic et la tolérance aux fautes.

Nos activités de recherche dans ce thème sont divisées en 3 axes : test des circuits numériques, test de circuits mixtes et RF, infrastructures au niveau système.

Test de Circuits Numériques

Sont traitées ici d'une part les méthodes « génériques », c'est-à-dire indépendantes de la fonction réalisée par le circuit et, d'autre part, les méthodes spécifiques aux cas particuliers des mémoires et des crypto-processeurs conduisant à des approches dédiées uniquement généralisables aux composants du même type.

Méthodes et outils génériques

L'analyse des défauts prépondérants dans les nouvelles technologies, la prise en compte des modèles correspondants au cours des tâches habituelles (génération de vecteurs de test, simulation de fautes, diagnostic, conception en vue du test), la gestion des contraintes de puissance en mode test et la tolérance aux pannes sont autant de défis auxquels il nous faut répondre.

Modélisation des défauts : L'objectif général des études menées dans ce cadre est de modéliser le comportement électrique de circuits intégrés affectés de défaillances physiques ou subissant des variations indésirables de tensions d'alimentation.

Après de premières études sur l'analyse électrique du comportement statique de deux types de défauts physiques résistifs, les circuits ouverts et les courts-circuits, le travail d'analyse des relations défauts/modèles a permis de mettre en évidence l'importance capitale de la prise en compte des paramètres aléatoires de ces défauts [1]. C'est dans le cadre de ces travaux qu'a débuté en 2003 une collaboration avec l'Institut d'Informatique (IIG) de l'Université Albert-

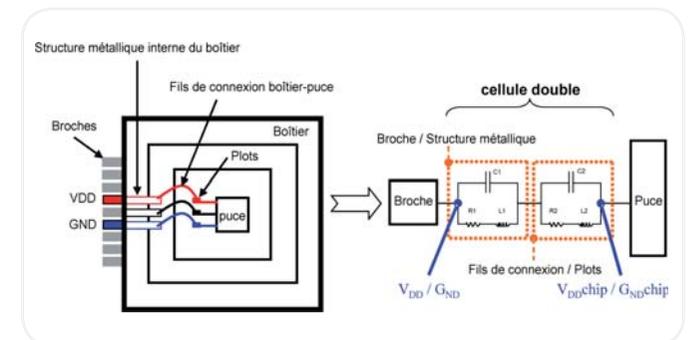
Ludwigs de Freiburg (Allemagne). Les modèles de fautes paramétriques développés au LIRMM ont ainsi pu être intégrés dans un générateur de vecteurs de test (ATPG, Automatic Test Pattern Generator) et un simulateur de fautes développés à l'IIG [2].

Depuis 2005, les études menées se sont concentrées sur l'analyse et la modélisation des effets dynamiques de ces défauts résistifs, c'est-à-dire sur la modélisation paramétrique des pannes temporelles induites par ces défauts. Nous avons réalisé un premier modèle simple d'un effet mémoire induit par un circuit ouvert résistif, grâce auquel une stratégie de test visant à favoriser la détection de telles défaillances a été proposée. En parallèle, a été réalisée une analyse dynamique des effets électriques de courts-circuits résistifs [3]. Cette dernière étude a été menée en collaboration avec l'Université de Nara au Japon, [4, Best Paper Award DELTA'06].

Dans le contexte des travaux sur l'analyse de l'impact du bruit de commutation sur les blocs numériques, nous avons notamment proposé le concept de « fonction de transfert instantanée » qui permet d'interpréter des niveaux logiques sur des signaux fortement bruités. Il a été démontré que la fonction logique d'un bloc connecté à une même région d'alimentation est préservée même en présence de bruit de commutation de forte amplitude, et qu'en revanche l'interface entre blocs logiques connectés entre différentes régions d'alimentation est une source potentielle d'erreurs logiques. Dans un deuxième temps, nous avons mis en place une métrique permettant de mesurer le retard d'une porte en présence de bruit de commutation. En s'appuyant sur cette métrique, nous avons alors mis en évidence la corrélation qui existe entre le retard global d'un chemin logique et la valeur moyenne de la dynamique d'alimentation pendant l'intervalle de commutation.

Diagnostic : L'objectif est de développer des méthodes et outils permettant de diagnostiquer les pannes qui introduisent des dysfonctionnements particuliers non modélisés par les pannes de collage, modèle classique

des blocs numériques d'un système. Elle aborde deux problématiques bien particulières que sont l'analyse de l'effet de pannes telles que courts-circuits, circuits ouverts, pannes temporelles, etc. et le développement de techniques de diagnostic supportant tous ces modèles. Cette action a fait l'objet de deux projets de recherche. L'un concerne le développement d'une méthode de diagnostic basée sur une analyse de type « effet à cause » et sur un algorithme de « traçage de chemins critiques ». Les résultats obtenus sont une amélioration de la résolution du diagnostic (en termes de nombre de suspects) et une plus grande fiabilité dans la qualité des résultats fournis [5]. Cette action a été menée dans le contexte du projet européen MEDEA+ « NanoTest » et se poursuit actuellement dans le cadre d'une collaboration directe avec la société STMicroelectronics. L'autre projet de recherche a été mené en collaboration avec le Politecnico di Torino (Italie) ; il concerne le développement d'une méthode de simulation de fautes ciblant les pannes de transition dans les cœurs logiques de processeurs. Les résultats obtenus ont démontré la capacité de cette méthode à générer des dictionnaires de fautes de transition pour les cœurs logiques purement séquentiels [6].



Test faible consommation : L'objectif est de réduire l'activité totale du circuit en mode test sachant d'une part qu'en technologie CMOS, la consommation est étroitement liée à l'activité dans le circuit, et

d'autre part l'activité dans le circuit en mode test est généralement largement supérieure à l'activité générée lors du fonctionnement normal, notamment lorsque le circuit est muni de chaînes de scan (technique standard de conception en vue du test). Les opérations de chargement et déchargement de données de test dans les chaînes de scan engendrent en effet une sur-activité de commutation induisant une consommation excessive de puissance pouvant avoir des conséquences néfastes sur le circuit telles qu'une baisse de sa fiabilité ou sa destruction pure et simple. Des méthodes et algorithmes de test ont été développés permettant de minimiser la dissipation de puissance en se focalisant sur les problèmes induits par des puissances de pic excessives [7]. Cette action a été menée dans le cadre du projet Européen MEDEA+ « NanoTest » et se poursuit actuellement dans le cadre du projet européen CATRENE « TOETS ».

Tolérance aux pannes : Deux phénomènes déjà considérés dans les technologies submicroniques vont avoir des répercussions de plus en plus importantes dans les technologies nanométriques à venir : i) la susceptibilité des circuits aux agressions externes voire internes telles que les particules alpha, les radiations cosmiques, les rayonnements électromagnétiques, pouvant induire des fonctionnements intermittents parfois non prévisibles, ii) la variabilité du processus technologique conduisant lors de la conception à des paramètres physiques de plus en plus distribués. Une réponse naturelle pour ne pas dire évidente à ces problèmes est de doter les circuits de redondances permettant de les rendre plus tolérants aux défaillances. Le test de ces circuits pose toutefois des problèmes particuliers dus aux redondances introduites pour la tolérance aux pannes et donc par définition à la non testabilité de certaines pannes. Cette problématique a été abordée en se focalisant sur des structures redondantes de type TMR (Triple Modular Redundancy). Une méthode de génération de vecteurs de test spécifiques (ATPG) a été développée pour évaluer l'impact sur le rendement de fabrication de ce

type de structures, et une méthode de partitionnement de cœurs logiques a été développée pour augmenter leur tolérance aux pannes [8].

Méthodes dédiées

Test des mémoires : Les mémoires représentent la grande majorité de la surface occupée par les systèmes sur puce (SoC) et ce phénomène tend encore à s'amplifier. Compte tenu de l'importance de ces dispositifs mais également des caractéristiques technologiques propres à leur réalisation (limites technologiques), il est reconnu que les mémoires concentrent la plupart des défauts dans un SoC. Le test des mémoires est donc aujourd'hui un sujet de recherche particulièrement d'actualité. Deux projets sont poursuivis dans cette thématique. Le premier, « Test des pannes dynamiques dans les mémoires SRAM » a été mené en collaboration avec la société Infineon dans le cadre du projet européen MEDEA+ « NanoTest » et se poursuit dans le cadre du projet Européen CATRENE « TOETS ». Le second, « Test des mémoires Flash embarquées » est mené en collaboration avec la société Atmel. Ils ont donné lieu à des méthodes, structures et algorithmes de test novateurs pour les mémoires SRAM et Flash, en particulier pour traiter les défauts résistifs à l'origine de dysfonctionnements dans le comportement dynamique de ce type de mémoires [9, 10].

Test des crypto-processeurs : Nous attendons bien évidemment d'un système traitant de sécurité numérique qu'il effectue sa mission correctement ou, le cas échéant, que l'occurrence d'une erreur soit signalée. D'autre part, les applications qu'il supporte font de ce système une cible privilégiée d'attaque. Plusieurs solutions ont été proposées visant à rendre inefficaces le contrôle et l'observation des données manipulées par le système au travers des infrastructures de test standard de type chaînes de scan. Ces différentes solutions, qui agissent tant au niveau du protocole d'accès aux infrastructures, qu'au niveau des infrastructures elles-mêmes, ont été développées

de façon à être compatibles avec les outils classiques de conception, à ne pas altérer le taux de couverture de fautes et à préserver les possibilités de diagnostic [11, 12] (notamment en collaboration avec la société STMicroelectronics). Nous avons par la suite exploré des solutions sans insertion de chaîne de scan. L'auto-test intégré (Built-In Self Test) est une alternative de test particulièrement intéressante dans ce cadre puisqu'elle limite de façon drastique les échanges entre circuit et monde extérieur [13].

En parallèle, nous nous sommes attachés à développer des méthodes adaptées au test en cours de vie du produit. Une première solution vise la détection de fautes permanentes dues au vieillissement. Basée sur de la redondance matérielle, elle garantit la détection des fautes. Afin de répondre au problème de la susceptibilité des circuits aux agressions externes naturelles (particules alpha, radiations cosmiques...) ou malveillantes (attaques en faute), nous avons proposé une solution dédiée pour la détection d'une faute transitoire. Cette solution, basée sur un code (redondance d'information), permet la détection en ligne d'un grand nombre de fautes par rapport aux solutions de la littérature [14]. Ces résultats s'insèrent dans le cadre plus général d'études sur les stratégies de test des composants sécurisés (projets «TOETS», programme CATRENE).

Test de Circuits Mixtes (numériques/analogiques) et RF

Les objectifs sont, d'une part de développer des solutions pour réduire les coûts de test inhérents à l'utilisation d'appareillages spécifiques et, d'autre part, de relever le défi d'un test intégré.

Test de systèmes mixtes : Les systèmes intégrés proposent généralement un grand nombre de fonctions qui nécessitent l'intégration de blocs hétérogènes (numériques, analogiques, radio fréquence...) sur le

même substrat ou dans un même System-in-Package. Le test de ces systèmes nécessite des testeurs très coûteux, capables d'adresser tous ces types de signaux. Dans ce contexte, nous avons développé une technique permettant de tester un système intégré électronique complexe à l'aide uniquement d'un testeur numérique faible coût. Cette technique appelée ANC (pour Analog Network of Converters) consiste à créer un réseau d'interconnexions dans la partie analogique du système et à jouer sur les différentes configurations d'interconnexions et de signaux d'entrée. Cette technique a été entièrement validée (en simulation, sur prototype et sur testeur) et a été étendue à d'autres applications comme le test de convertisseurs AN et NA discrets. La technique est révolutionnaire puisqu'elle brise la règle qui imposait l'utilisation de matériels de test ayant une résolution beaucoup plus élevée que les convertisseurs sous test, et permet l'utilisation d'une résolution d'équipement de test de 2 bits inférieure à la résolution du convertisseur à tester. Ces travaux ont reçu un très bon accueil de la communauté scientifique internationale avec plusieurs articles dans des revues et conférences internationales et plusieurs prix scientifiques [15, prix meilleur article ETS'06][16, prix du meilleur article dans la revue IET Computers & Digital Techniques en 2007]. Il est aussi important de mentionner que ces travaux se sont déroulés partiellement dans les projets collaboratifs «NanoTest», «TOETS» et dans le cadre du laboratoire commun ISyTest.

Equipement de test « faible coût » pour circuits RF : Actuellement, le test de circuits RF repose sur l'utilisation d'un appareillage de mesure coûteux (analyseur de réseau par exemple) qui n'équipe pas en standard les testeurs industriels. Les signaux RF sont ainsi capturés par une interface de type analogique et ensuite analysés. Outre le problème lié au coût de ces équipements, le problème de la précision de la mesure se pose alors que les tensions d'alimentation des circuits diminuent. Dans ce contexte, nous avons

lancé en 2008 un nouveau projet en partenariat avec la société Verigy qui concerne une approche originale du test de circuits radiofréquences (RF). L'idée directrice consiste à utiliser les ressources digitales répandues au sein des équipements de test pour capturer les instants auxquels le signal franchit un seuil de tension déterminé, et à réaliser un post-traitement numérique pour reconstruire les caractéristiques du signal RF à analyser.

Auto-test et auto-calibration de convertisseurs Analogique/Numérique : Actuellement la forte demande en performances pour les convertisseurs Analogique/Numérique devient incompatible avec les temps très courts de mise sur le marché. Les techniques classiques de conception consistent à vouloir optimiser toutes les spécifications d'un circuit. Or, ces spécifications étant toutes liées les unes aux autres, la conception d'un système performant demande un travail long et complexe d'équilibre et de compromis. Il devient donc indispensable de proposer une nouvelle stratégie de conception en rupture avec cette technique. L'idée fondamentale sur laquelle s'appuient nos recherches consiste à relâcher les contraintes sur certains paramètres pour pouvoir focaliser l'effort de conception sur d'autres paramètres. Les paramètres non optimisés durant la phase de conception sont ensuite corrigés par post-traitement numérique. Ces techniques demandent une adaptation des techniques de test qui servent ici à évaluer les paramètres nécessaires à la correction numérique. Nous avons validé, en collaboration avec le laboratoire IMS de Bordeaux, cette approche sur des circuits réels de NXP Semiconductors. Nous avons montré que la correction numérique restait efficace même pour de grandes variations de température et de fréquences d'entrée et d'échantillonnage [17].

Infrastructures de test au niveau système

Les objectifs sont de développer des méthodes de conception en vue du test permettant de traiter

l'ensemble des blocs digitaux constitutifs d'un système (SoC ou SiP), en considérant notamment les aspects d'optimisation liés au traitement et à l'acheminement des données entre cellule de test (testeur externe ou ressource interne) et l'ensemble des blocs numériques sous test. Cette activité a été déclinée en deux actions menées en parallèle : compression de données de test et optimisation des infrastructures pour le test des SoCs, et infrastructures de test sans fil.

Compression de données de test et infrastructures de test pour les SoCs : Nous avons tout d'abord développé une méthode de compression de vecteurs de test permettant de réduire fortement le temps de test d'un circuit numérique «standalone» au prix d'un décompresseur implanté. La méthode présente l'avantage d'être indépendante des données de test et donc de l'outil de génération de vecteurs de test utilisé. Nous avons ensuite étudié l'apport de telles techniques pour le test de SoCs comportant de nombreux blocs numériques. Deux problématiques sensiblement différentes se dégagent suivant que l'infrastructure de test est construite autour de bus, ou qu'elle réutilise un réseau de communication déjà implanté pour le mode fonctionnel (NoC pour Network on Chip). Dans le premier cas, nous avons développé une méthode algorithmique d'exploration des solutions architecturales permettant de déterminer le nombre de décompresseurs à implanter, le rapport de décompression pour chacun, le nombre de bus de test nécessaires et leur taille, ainsi que la taille des anneaux d'isolation des cœurs (norme IEEE 1500). Dans le deuxième cas, l'efficacité de la réutilisation du NoC pour acheminer les données de test est subordonné au nombre d'interfaces système/environnement disponibles. En utilisant les techniques de compression, nous avons développé en collaboration avec l'UFRGS (Brésil) une méthode de réduction du temps de test (souvent de plus d'un facteur deux) en augmentant le nombre d'interfaces visibles tout en conservant la bande passante d'origine (pas d'augmentation du nombre d'entrées/sorties originel). L'ensemble de ces

travaux a été réalisé dans le cadre du projet européen MEDEA+ «NanoTest» [18].

Infrastructures de test sans fil : La technologie de test industriel actuelle consiste transmettre des données entre testeur et système sous test par un contact mécanique sur les plots d'entrée/sortie. Cette approche ne permet évidemment pas de procéder au test après insertion du système dans son environnement (test in-situ) et par ailleurs ne répond pas au cas particulier de systèmes en pleine expansion que sont les SiPs (les scénari de test d'un SiP sont sensiblement différents de ceux des SoCs puisqu'ils requièrent non seulement le test individuel de chaque puce avant assemblage, mais aussi le test du système après assemblage, ou voire en cours d'assemblage). Les études menées dans ce cadre présentent une rupture avec les technologies actuelles puisqu'elles se basent sur le déploiement d'une communication sans fil entre testeur et systèmes sous test. Elles sont réalisées en collaboration avec la société NXP Semiconductors et consistent à définir, réaliser et expérimenter une infrastructure de test intégrée incluant un protocole de communication permettant le test massivement parallèle de tous les SiPs d'une même plaquette (wafer). Cette activité est valorisée par un brevet en cours de dépôt et se développera dans le cadre du projet européen CATRENE « TOETS » [19].

Valorisation des travaux

Les différentes activités de recherche conduites dans le domaine du test ont abouti à la labellisation de projets collaboratifs bilatéraux, nationaux et européens, avec plusieurs sociétés du secteur de la microélectronique : STMicroelectronics, NXP, Infineon, ATMEL. Ainsi, ces activités ont été notamment menées dans le cadre du projet Européen MEDEA+ « NanoTest » et se poursuivront dans le cadre du projet CATRENE « TOETS », récemment labellisé. Les activités concernant la détection d'erreur

dans des circuits sécurisés ainsi que celles concernant le déploiement de moyens de communication sans fil pour le test de systèmes seront également financées au travers de ce dernier projet. Les aspects test et fiabilité des composants, en lien direct avec le laboratoire IES (Univ. Montpellier 2) se sont formalisés autour du projet ANR HAMLET, labellisé fin 2008. De façon annexe, nous travaillons aussi au développement et à l'optimisation de l'aspect logiciel d'une plateforme d'attaque DPA dans le cadre du projet FCE Calisson. L'ensemble des travaux sur le test et la testabilité des circuits et systèmes intégrés font régulièrement l'objet de publications dans des revues et conférences considérées de rang A (DATE, ITC, VTS, ETS, DAC, ATS, IOLTS, Trans. on VLSI, JETTA, IEEE Design&Test, IEEE Trans. On Computers), de conférences invitées, et des chapitres d'ouvrages. Les membres participant à cette activité sont également fortement impliqués dans les structures d'animation nationales et internationales au travers des comités de programmes et de pilotage de conférences du domaine, de groupes de travail nationaux (GDR SoC-SiP) et internationaux (IEEE TTTC, ETTTC). Cette reconnaissance a permis en 2007 la mise en place d'un laboratoire commun avec la société NXP (Laboratoire ISyTest).

Nous pouvons aussi citer plusieurs logiciels issus des travaux de recherche, comme un logiciel spécifique de test de mémoire, un simulateur de fautes flexibles et un logiciel permettant de vérifier la conformité d'un système basé sur la norme IEEE1500.

4.2 Conception et test de microsystemes

Participants : P. Nouet (75%), L. Latorre (75%), F. Mailly (délégation CNRS 12 mois 08/09), F. Azaïs (25%).

Thèses en cours : O. Leman (BDI CNRS / Région LR, 2009), E.M. Boujamaa (BDI CNRS / Région LR, 2009), B. Alandry (MRT, 2010), A.A. Rekik (MRT, 2011), C Trigona (UFI, 2009).

Thèses soutenues : 1 HDR (L. Latorre) - 4 Thèses : 2 MRT-UFI, 1 BDI CNRS, 1 Co-tutelle UAB-Barcelone.

Post-Doc : F. Mailly (1/01/2005-1/09/2005), N. Dumas (1/11/2007-1/09/2009).

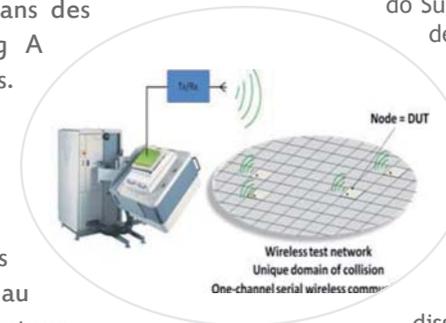
Collaborations : Univ. Autonome de Barcelone (Barcelone, Espagne), Universidade Federal do Rio Grande do Sul (Porto Alegre, Brésil), Université de Sfax (Sfax, Tunisie).

Visiteurs : E. Schuller (1/03/2006-1/03/2007), C. Trogona (1/10/2008-01/04/2009).

Support : Projet Européen NoE-PATENT, ANR R3MEMS, ANR MIDDISPI, projet Catrene TOETS, NXP.

Dissémination : 53 actes de dissémination, dont 10 ACL, 3 INV, 25

ACTI.



Lorsqu'en 1995 nous avons décidé de nous positionner sur la thématique des microsystemes, nous avons mené une réflexion sur l'adéquation entre nos domaines de compétences et ce domaine de recherche en pleine effervescence. Nous sommes arrivés à la conclusion que notre apport devait se situer au niveau de l'intégration du capteur dans son environnement électronique. L'utilisation de technologies en cours d'industrialisation (telles que la gravure du substrat par la face avant, FSBM) pouvait alors nous permettre de mettre en place des méthodes de conception et de test de microsystemes monolithiques avec une idée directrice simple : « faire le meilleur système avec un capteur qui n'est pas forcément le meilleur... ».

Notre activité a permis d'établir que le concept de technologie générique, fondamental en

microélectronique, pouvait s'appliquer aux capteurs de type MEMS. Même si toutes les fonctions sensorielles ne peuvent pas être réalisées avec une même technologie, nous avons montré que l'on pouvait réaliser un certain nombre de briques élémentaires avec une technologie microélectronique standard et une simple étape de gravure « terminale » auto-alignée. Ce procédé de gravure appelé FSBM (pour Front Side Bulk Micromachining), s'adapte très facilement à un procédé de type CMOS en libérant des structures électromécaniques composées à partir des couches d'interconnexion du procédé (dioxyde de silicium, silicium poly-cristallin, métaux et nitrure). Structurellement ressemblants à du verre donc robustes et stables, les dispositifs fabriqués peuvent contenir des éléments chauffants, des capteurs de températures, des jauges de contraintes ou des conducteurs électriques. Nous avons ainsi pu présenter un certain nombre de capteurs originaux : Microboussole « CMOS » [20] basée sur l'interaction mécanique d'un courant circulant dans une bobine et du champ magnétique terrestre, Accéléromètre / inclinomètre thermique [21] basé sur l'effet de la gravité ou d'une accélération sur une « bulle » d'air chaud et la détection de cet effet grâce au coefficient de température d'une résistance en polysilicium, capteur de pression [22] basé sur la régulation de la température d'un pont chauffant refroidi par la conduction thermique dans un gaz (effet Pirani).

Le point commun et l'originalité de ces dispositifs résident dans leur procédé de fabrication qui est identique et compatible avec divers « fondeurs ». Nous avons par exemple fabriqué des dispositifs similaires dans une technologie CMOS du fabricant Austria Micro Systems (procédé CMOS 0,8 μm puis récemment 0,35 μm) ou dans une technologie substrat passif de la société NXP. Nos travaux ont cependant mis en évidence deux limitations essentielles du procédé FSBM.

D'une part, la détection qui est résistive à travers une piezo-résistance ou une thermo-résistance. La conséquence est une consommation élevée qui peut être rédhibitoire dans la plupart des applications

« capteurs faible coût » que nous envisageons. En effet, l'électronique grand public qui représente la plupart des débouchés possibles de nos travaux réclame des capteurs peu gourmands en énergie afin de les intégrer dans des systèmes nomades et autonomes (montres, téléphones, réseaux de capteurs, ...). Nous avons donc démarré une activité relative au conditionnement du signal pour capteur résistif à faible consommation. L'idée forte de nos travaux consiste à utiliser le même courant pour polariser la résistance et amplifier le signal. Les résultats obtenus à ce jour nous ont incités à déposer un brevet CNRS [23]. En effet, la structure originale que nous avons proposée permet la même résolution et le même niveau de tension qu'un ensemble pont de Wheatstone et amplificateur faible bruit avec une consommation en puissance bien plus faible. Cette structure ouvre des perspectives très intéressantes, il sera indispensable de l'intégrer dans des architectures rebouclées afin de compenser l'offset aléatoire induit par les désappariements entre composants identiques [24].

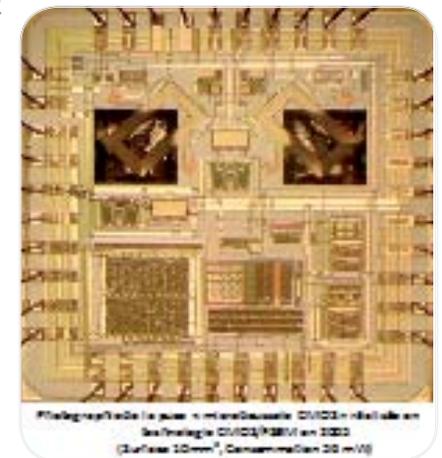
D'autre part, la faible sensibilité des capteurs réalisables nous a obligé à étudier avec attention les différentes solutions de traitement du signal afin d'optimiser les performances au niveau système. Des travaux généraux sur l'amélioration des performances en bruit d'un pont de Wheatstone ont tout d'abord été menés [25] puis nous avons conduit une étude comparative de différentes architectures de traitement du signal dans le cas de l'accéléromètre convectif. Notre démarche a consisté à modéliser le capteur thermique, partant de modèles à éléments finis pour calibrer et valider des modèles analytiques simples [26]. Ces modèles comportementaux nous ont permis de simuler le capteur dans différents environnements de simulation mathématiques (Matlab) ou électriques (Cadence) afin de comparer différentes architectures systèmes à boucle ouverte et électronique à temps continu avec des architectures rebouclées à temps discret ($\Sigma-\Delta$)

[27].

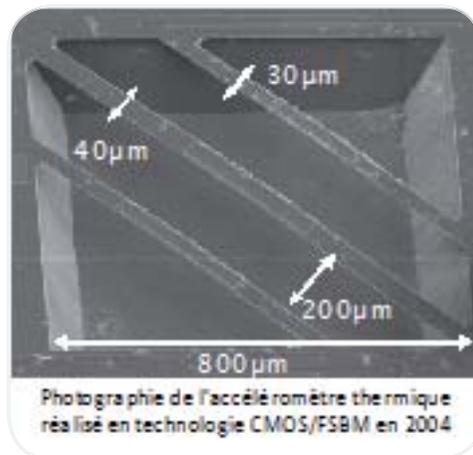
Fort de nos expériences en capteurs à base de MEMS et en électronique de traitement, nous avons récemment développé un nouveau volet de notre activité qui traite de l'intégration de capteurs MEMS au sein de systèmes avec un intérêt tout particulier pour les systèmes multi-capteurs autonomes à faible consommation. Ces travaux nous permettent d'intégrer l'ensemble de nos résultats scientifiques dans des plateformes de validation et démonstration et de nous intéresser à de nouvelles difficultés que sont le partitionnement matériel / logiciel, la communication sans fil et la gestion de l'énergie.

Le dernier volet de nos activités concerne le test des MEMS. En se basant sur les travaux conduits depuis de nombreuses années sur le test, nous nous sommes intéressés à ce problème crucial. En effet, qu'ils soient issus de procédés d'intégration monolithiques (approche système sur puce, SOC) ou hybrides (approche système en boîtier, SIP) les MEMS/NEMS posent un problème majeur de testabilité. La vérification à chaque étape de fabrication des éléments à assembler/intégrer est d'autant plus difficile que certains éléments ont besoin de stimuli non-électriques pour les vérifier. De plus, ces éléments peuvent

être enfouis dans un système hétérogène. La solution pour réduire le coût de ces étapes de vérification fonctionnelle consiste à utiliser des méthodes de test alternatives qui s'appuient sur l'utilisation



de stimuli d'origine électrique (e.g. électro-statique) permettant d'exciter des dispositifs mécaniques avec des équipements de test standards, sur la vérification structurelle plutôt que fonctionnelle qui consiste à vérifier l'absence de défaut de fabrication d'un système robuste aux variations paramétriques et sur la mise en place de procédures d'auto-calibration ou de compensation permettant de corriger en bout de ligne de



fabrication puis au sein de l'application les fautes paramétriques et les sensibilités croisées. Nous avons obtenu un certain nombre de résultats probants en matière de conception en vue de la fabrication que ce soit sur notre micro-boussole ou dans le cadre du réseau d'excellence européen concernant la conception en vue d'une fabrication optimale des MEMS.

En marge de ces activités qui constituent notre cœur de métier, nous avons créé des liens avec de universités étrangères sur la récupération d'énergie (Université de Catania), les FBAR (CNM Barcelone) et le Test des MEMS (Université de Sfax).

Valorisation des travaux

L'année 2005 a marqué un tournant dans nôtre activité. Cela s'est matérialisé par la soutenance de deux thèses qui ont démontré la maturité de nos activités. La reconnaissance internationale s'est aussi matérialisée dans cette même période par deux thèses en co-tutelle avec les Universités de Barcelone (Espagne) et de Catane (Italie) et notre participation au réseau d'excellence Patent-DfMM (6ème PCRD, 2004-2008) qui a regroupé 25 partenaires autour de la thématique de la conception

en vue de l'industrialisation des MEMS. Le rôle de notre équipe dans ce réseau d'excellence était de taille puisque nous étions responsables de l'activité en Conception en Vue du Test et membre du comité de pilotage.

Cette reconnaissance s'est aussi concrétisée au niveau national puisque nous avons été régulièrement sollicités pour participer à des consortiums soumettant des projets de type ANR. Deux projets ont été retenus et ils concernent :

MicroDispositifs de test en Silicium nanoPoreux pour le Packaging Intelligent (MIDDISPI, AO PNANO 2006), en collaboration avec NXP Caen et les laboratoires IEF (Paris) et IMS (Bordeaux). La réalisation d'une Antenne Réseau Réflecteur Reconfigurable à base de MEMS (R3MEMS, AO Télécom 2007), en collaboration avec Thalès Alenia Space, Epsilon, Novamems, HCM et les laboratoires LAAS (Toulouse) et IETR (Rennes).

En outre, les invitations montrent la place de ce thème dans la communauté des MEMS : Présentations plénières au cours de journées nationales du GDR Micro et Nano-Systèmes (2006, 2007 et 2008) ou du club EEA ; Présentations dans des écoles d'hiver ou d'été : FETCH'2007 et 2008, réseau d'excellence européen Patent (2005, 2006, 2007) ; Conférences invitées à NewCAS-Taisa 2008 et IMSTW2006 Séminaires invitées à l'initiative de : MEMS Test Community (consortium d'industriels Polytec, SussMicrotec et Delta), Scottish Manufacturing Institute (Heriot Watt University) ou du Northern Test Center (Nokia/univ. Oulu, Finlande).

4.3 Modèles, et méthodes pour la conception de circuits

Participants : Florence Azais (25%), Pascal Nouet (25%), Nadine Azemard-Crestani, Denis Deschacht, Philippe Maurine, Lionel Torres (25%), Michel Robert (50%), G. Cathebras (25%).

Thèses en cours : Thomas Ordas (CIFRE STMicroelectronics, 2009), Bettina Rebaud (CEA/LETI, 2009), Zeqin Wu (MRT, 2009), Victor Lomne (CALISSON, 2010), Amine Dehbaoui (MRT, 2010), Nabila Moubdi (CIFRE STMicroelectronics, 2010).

Thèses soutenues : 10, dont 2 MRT, 7 CIFRE - STMicroelectronics - ATMEL-Infineon, 1 Contrat PACA04-08 (STMicroelectronics).

Support : ATMEL, STMicroelectronics, ATMEL, CEA/LETI, Infineon, ANR ICTER, Projet Européen ENIAC-MODERN, Projet FCE CALISSON.

Dissémination : 129 actes de dissémination, dont 12 ACL, 82 ACTI, 2 Brevets.

La modélisation et l'optimisation des performances des circuits CMOS sont des activités historiques au sein de l'EP SysMIC. Les technologies 130 et 90 nm ont constitué une étape capitale dans le développement de la microélectronique. En effet, ces technologies coïncident avec les franchissements de deux limites. La première est l'utilisation de tensions d'alimentation proches du volt, et la deuxième est le développement de technologies dont les motifs de gravure sont de taille inférieure aux longueurs d'ondes utilisées lors de la lithographie. Le franchissement de ces deux limites s'est accompagné d'un fort accroissement de la variabilité des performances des circuits.

Depuis 2005, les activités de recherche évoluent afin de répondre aux nouveaux défis propres à la conception de circuits et systèmes intégrés. Cinq problèmes fondamentaux de la conception de circuits CMOS sont donc adressés.

Variabilité des performances en technologie CMOS nanométrique : Les premiers travaux, au sein de l'EP SysMIC, liés à la gestion de la variabilité des performances des circuits ont eu lieu de 2003 à 2006. Ils ont permis de montrer que les méthodes de conception traditionnelles,

et plus particulièrement la manière habituelle de prendre en compte la tension d'alimentation lors des analyses temporelles, conduisaient à introduire des marges de conception en général trop pessimistes [28], mais aussi à ne pas détecter des problèmes spécifiques (Reversal of Temperature dependency). De 2004 à 2007, des travaux se sont focalisés sur les variations des procédés de fabrication. Ils ont permis d'évaluer les marges temporelles introduites par les analyses de type pire et meilleur cas [29], de montrer les limites de ces approches traditionnelles et de contribuer à l'introduction de méthodes statistiques dans les flots de conception [30].

Si les méthodes statistiques permettent de réduire les marges de conception et facilitent la qualification des circuits avant fabrication, elles ne permettent pas de prendre en compte les fluctuations dynamiques des performances (IR drops, Hot spots). Depuis 2007, nos activités ont donc pour objectif le développement de techniques de compensation dynamique des dérives des performances liées aux variations de procédés de fabrication, de température et de tension d'alimentation. Ceci requiert le développement de capteurs intégrés [31], et la modification du flot de conception des produits industriels [32].

Modélisation électromagnétique des interconnexions :

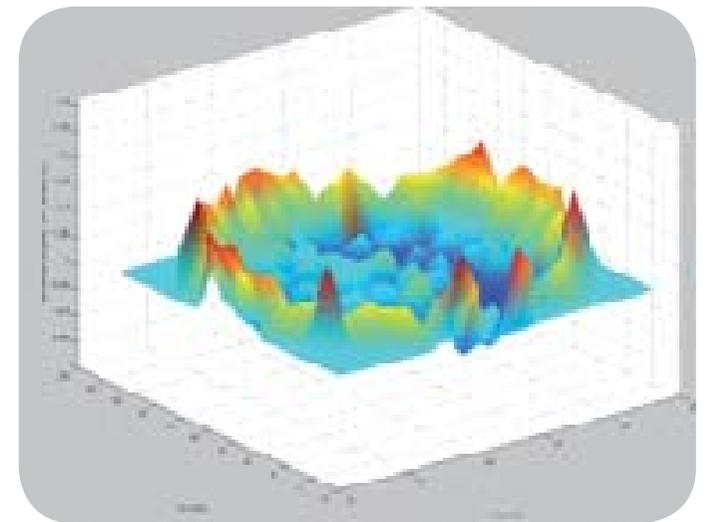
Pour faire sauter les verrous qui freinent la progression escomptée dans le circuit intégré, il est nécessaire de s'attaquer à une modélisation électromagnétique des interconnexions. Notre objectif a été d'atteindre un système de huit interconnexions fortement couplées. Un schéma électrique équivalent à un système de 3, 5 et 8 lignes en interaction a été établi pour qu'un outil logiciel, comme SPICE, puisse prendre le relais. Une étude complète de ces différents systèmes en interaction a été menée en fonction des couplages et des différents matériaux remplissant l'espace interconducteur [33]. Pour évaluer les caractéristiques des tensions de bruit, incluant les effets inductifs nous avons opté pour une résolution via un ensemble d'expressions analytiques,

à partir des modes de propagation. Après une étude complète sur deux lignes [34], nous travaillons actuellement sur la configuration trois lignes. Dans cette étude, les signaux se propagent suivant la même direction, mais il peut s'avérer que les signaux se propagent dans des directions opposées. L'influence de cette orientation différente sur les caractéristiques de bruit fera l'objet de travaux futurs.

Conception de circuits intégrés sécurisés : Depuis dix ans, nous assistons à l'avènement progressif du citoyen numérique. Ceci se concrétise notamment par la généralisation des cartes à puces, des passeports et cartes d'identités, de machine à voter et TV- à péage. Dans ce champ d'application, il est nécessaire de garantir que l'implantation matérielle d'algorithmes cryptographiques ne constitue pas un point faible en termes de sécurité des données. Plus spécifiquement, il est nécessaire de garantir une très haute résistance des circuits aux attaques par canaux cachés basées par exemple sur l'analyse de la consommation (DPA) ou des émissions électromagnétiques (DEMA).

Nos activités ont débuté en 2003 et se poursuivent depuis. Elles ont permis de proposer une logique sécurisée : la Secure Triple Track Logic ou STTL [35]. Cette dernière possède une consommation et un temps de calcul indépendant des données offrant de fait une excellente résistance aux analyses DPA et DEMA. Cette logique est en cours de transfert vers une société (voir le communiqué sur : www2.cnrs.fr/presse/communique/1562.htm), au travers notamment du projet Calisson du pôle SCS. Le développement et la validation de cette logique ont nécessité le développement d'une plateforme d'analyse DPA et DEMA en collaboration avec des chercheurs impliqués dans le thème «Test de circuits et systèmes intégrés». Ce type de plateforme a également permis d'analyser des solutions proposées par la communauté de la compatibilité Electro-Magnétique comme contremesures aux analyses EM [36] et d'étudier le lien entre IR drops et EM.

Protection des circuits intégrés contre les décharges électrostatiques : Aujourd'hui, la fonction assurée par un circuit intégré n'est plus un argument suffisant pour garantir la prise d'un marché éventuel. En particulier, le fabricant doit prouver que ses circuits ont la capacité d'affronter des agressions extérieures et plus particulièrement les décharges électrostatiques (ESD). La présence d'une décharge électrostatique est une menace extrêmement importante pour des composants nanométriques, pouvant causer de sévères dommages allant jusqu'à la destruction du circuit. A ce jour, entre 35 et 50% des retours clients sont attribués aux ESD. La résistance des circuits intégrés aux décharges électrostatiques est par conséquent devenue un souci majeur pour les fabricants de puces électroniques. Dans le cadre d'un partenariat avec le centre R&D de la société ST-Microelectronics à Crolles, les travaux se sont orientés sur l'étude et le développement de structures de protection adaptées aux systèmes intégrés sur substrat SOI (« Silicon-On-Insulator »). Les principaux résultats obtenus concernent la caractérisation, la modélisation et l'optimisation de dispositifs de type diode [37], et la mise au point d'une structure innovante de type

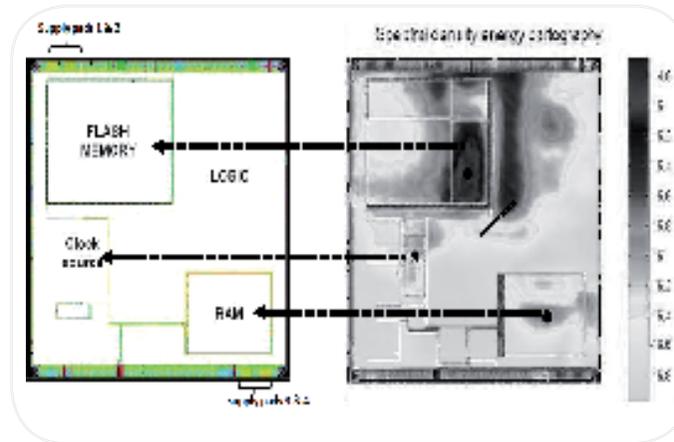


Variation Relative de Fmax sur un lot de wafer 65nm

thyristor en technologie SOI (un brevet déposé) [38]. Le deuxième axe a porté sur l'étude, la caractérisation et la modélisation du comportement des diodes de protection en technologie CMOS lors d'évènements transitoires rapides de type ESD. Les principaux résultats obtenus concernent le développement d'un banc de mesure permettant de caractériser des structures de protection ESD soumises à des évènements transitoires très rapides, et le développement d'un modèle compact de diode basé sur des équations simples qui intègrent les effets physiques ayant un impact prépondérant sur le comportement transitoire de la diode [39]. En parallèle avec ces travaux, une collaboration a été engagée en 2005 avec la société Atmel-Rousset portant sur l'étude de leur stratégie de protection contre les décharges électrostatiques. L'axe ESD s'est terminé en 2008 avec la soutenance d'Antoine Rivière.

Valorisation des travaux

Le lien proche avec la technologie nécessite pour ce thème d'avoir des collaborations proches avec les industriels du secteur de la Microélectronique. Ainsi de nombreux partenariats sont en cours, notamment avec les sociétés STMicroelectronics, ATMEL, Infineon, sur les aspects modélisations et méthodes de conception de circuits intégrés. C'est ainsi que notre participation au projet européen ENIAC MODERN (labellisé en 2008) permet de faire le lien entre les aspects modélisation et conception notamment en prenant en compte les problèmes de variabilités technologiques. Les fortes compétences acquises dans ces domaines ces dernières années ont permis de développer un axe fort et innovant dans le domaine de la sécurité numérique, comprenant notamment de nouvelles attaques par canaux cachés, mais aussi la compréhension fine et la modélisation de ces attaques. C'est un point que l'on peut retrouver dans le projet ANR ICTER, mais aussi dans le projet FCE CALISSON (avec le CEA/LETI, GEMALTO, STMicroelectronics, PSI).



Floorplan d'un produit telecom vs cartographie EM en champ proche

Ces travaux ont fait l'objet de plusieurs publications dans des revues internationales (comme IEEE Trans. CAD, IEEE Trans. VLSI) et conférences internationales majeures (DATE, IEEE PATMOS, IEEE EMC, IEEE MTD, etc.).

4.4. Architectures adaptatives

Participants : Pascal Benoit, Gilles Sassatelli, Lionel Torres (75%), Michel Robert (50%).

Thèses : B. Badrignans (CIFRE NETHEOS, 2009), O. Brousse (Contrat Européen, 2009), D. Puschini (CEA/LETI, 2009), N. Hebert (CIFRE STMicroelectronics, 2010), S. Zahid (CIFRE MENTA, 2010), Y. Guillemenet (MRT, 2010), C. Jallier (CEA/LETI, 2011), G. Almeida (MRT, 2011), I. Mansouri (CEA/LETI, 2012).

Thèses soutenues : 7 dont 2 MRT, 1 Projet PACA04-08, 1 Bourse CAPES/COFECUB, 1 BDI-CNRS, 2 CIFRE : ATMEL - STMicroelectronics.

Post-Doc : I. Hassoune (01/01/2007-07/07/2007), J. Guillot (1/10/2008-1/09/2009).

CDD Ingénieur : Sameer Varyani (sera en thèse en Septembre 2009).

Collaborations : TU Darmstadt Allemagne, Univ. Karlsruhe Allemagne, Univ. Porto Alegre Brésil.

Support : ATMEL, STMicroelectronics, CEA/LETI, MENTA,

NETHEOS, CROCUS, ANR ICTER, ACI CALOMAG, ANR CIOMAG, ANR ADAM, Projet Européen MODERN (ENIAC).

Dissémination : 96 actes de dissémination, dont 12 ACL, 56 ACTI, 4 INV.

Les objectifs sont, d'une part d'étudier et concevoir des architectures flexibles, auto-adaptatives et reconfigurables (dynamiquement) innovantes pour les futures applications (traitement du signal et image, sécurité, etc..) et, d'autre part, de développer les outils et les méthodes de conception de ces architectures pour les futurs systèmes sur puce, en considérant également des technologies émergentes (magnétique, nanotubes, etc). Nous entendons par architecture adaptative, une architecture capable de s'adapter en temps réel à son environnement ou à des contraintes particulières. Ainsi le thème « Architectures adaptatives », articule ses activités de recherches autour de 3 axes majeurs.

Calcul spatial reconfigurable (des systèmes multiprocesseurs aux systèmes pervasifs)

Les recherches menées sur ce thème visent à explorer, proposer et caractériser des solutions alternatives ou complémentaires aux machines de Von Neumann. Dans le prolongement des recherches menées sur les architectures reconfigurables dynamiquement (Systolic Ring et Multiplexage matériel adaptatif), le groupe mène depuis 3 ans des recherches dans le domaine des architectures multiprocesseurs adaptatives. L'idée directrice de cette activité est certainement la recherche d'architectures « scalable » qui exprime la capacité de passage à l'échelle. Ainsi, la motivation est adressée par le biais de systèmes multiprocesseurs adaptatifs [40] dotés de capacités décisionnelles propres quant à la gestion des performances au sens large. L'architecture proposée repose sur une grille de processeurs indépendants communiquant par échange de messages, évitant ainsi l'utilisation de principe de partage de ressources. Chaque unité de traitement, nommée NPU pour « Network Processing Unit » s'articule

autour d'un processeur élémentaire (Processing layer), d'une couche de communication réseau (Network layer) et de sa mémoire privée qui héberge un micronoyau de système d'exploitation. La structure de communication utilisée est de type réseau sur silicium maillé à commutation de paquets (NoC) au travers de laquelle transitent les messages échangés NPU.

Les mécanismes d'adaptabilité supportés par la plateforme autorisent le contrôle automatique du parallélisme d'implémentation, du placement et de la réplique des tâches matérielles sous certaines conditions. Ces caractéristiques permettent de fait de gérer efficacement les ressources matérielles. Une heuristique utilisée notamment pour gérer les ressources matérielles est basée sur la théorie du jeu [41], permettant ainsi de distribuer une application dynamiquement tout en optimisant la consommation d'énergie.

Dans le prolongement du thème systèmes multiprocesseurs adaptatifs, le groupe mène des recherches sur les systèmes pervasifs bio-inspirés [42], notamment dans le cadre du Projet Européen Perplexus. L'adaptabilité s'entend ici à deux niveaux, au niveau circuit comme détaillé précédemment et au niveau macroscopique où les nœuds du réseau sont dotés de capacités d'apprentissage, de croissance et d'évolution. Un environnement de programmation orienté agent fournissant un support natif pour les mécanismes bio-inspirés a été développé, et validé dans le cadre d'un projet européen. Un prototype de plateforme robotique pervasive a été réalisée et, une vidéo de démonstration est disponible à l'adresse suivante : <http://www.lirmm.fr/~brousse/Ubibots>.

Intégration technologique

Cet axe s'attache à proposer des solutions à des problèmes intrinsèquement technologiques. Les recherches menées concernent l'utilisation de technologies émergentes, et notamment de mémoires MRAM (mémoires magnétiques) dans le contexte de la

réalisation de circuits reconfigurables. Ces mémoires sont de type « above IC » et sont donc compatibles avec les technologies CMOS traditionnelles à travers des étapes technologiques supplémentaires. Elles combinent par ailleurs les avantages de plusieurs types de mémoires courantes. Elles possèdent ainsi la densité des mémoires dynamiques, la rapidité des mémoires statiques et la non-volatilité des mémoires flash. Ces recherches, se déclinent en aspects architecturaux et technologiques. Ainsi, après la réalisation de deux circuits prototypes, un circuit de type FPGA tirant parti de cette technologie a été conçu, dans le cadre de l'ANR CILOMAG. L'innovation que nous proposons est donc une structure (i) capable de transformer une information physique (par exemple magnétique) en une information électrique, typiquement détecter une valeur binaire (donc la valeur de la mémoire) (ii) générique appliquée à l'ensemble des technologies mémoires du type Resistance Switching (iii) qui permet d'améliorer ou d'apporter de nouvelles fonctionnalités (reconfiguration dynamique, Multicontexte) au sein des circuits programmables [43].

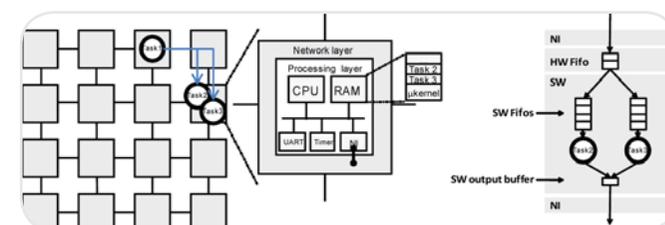
Sécurité des systèmes (reconfigurables) intégrés

Cet axe s'attache à explorer les techniques assurant la sécurité sous ses différents aspects par l'utilisation d'architectures flexibles et adaptatives. Cet axe, concerne l'utilisation d'architectures reconfigurables (dynamiques ou pas) pour ajouter des niveaux de sécurités supplémentaires au sein des systèmes. Par exemple l'utilisation de reconfiguration dynamique est un point très peu exploré à ce jour dans le cas des circuits sécurisés. Ainsi une réflexion approfondie a été menée dans le cadre de l'ANR ICTER (<http://www.lirmm.fr/ANR>) pour définir le niveau de sécurité des composants reconfigurables et identifier les attaques matérielles possibles. Nous nous sommes intéressés à la confidentialité et l'intégrité des échanges entre une mémoire externe et un SoC, notamment en proposant un nouveau protocole et une nouvelle architecture

générique de gestion de l'intégrité et la confidentialité du code et des données transmises sur un bus de communication [44]. Ce principe a été adapté à un problème important qui est celui de la protection de configuration des circuits reconfigurables (FPGAs), notamment en proposant le protocole et l'architecture SARFUM [45]. De plus nous avons contribué à la mise en oeuvre en relation avec le thème « modèles méthodes pour la conception de circuits » une plateforme d'attaque permettant d'effectuer de nombreuses expérimentations.

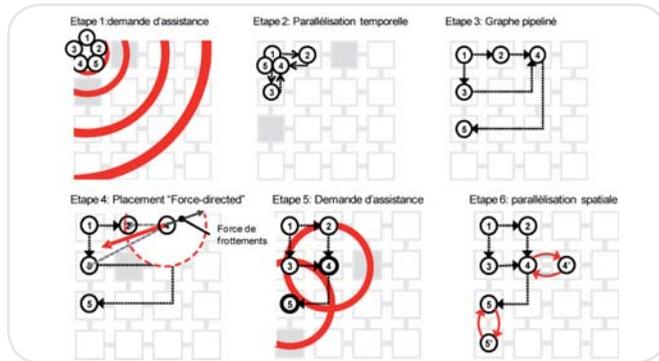
Valorisation des travaux

Les différentes activités de recherche conduites dans l'équipe ont abouti à la labellisation de projets collaboratifs nationaux et européens. Ainsi, les activités sur les systèmes multiprocesseurs adaptatifs sont aujourd'hui menées dans le cadre du projet ANR ADAM, « Adaptive Dynamic Architecture for MP2SoC » ; les recherches sur les systèmes bio-inspirés pervasifs sont conduites à travers le projet européen PERPLEXUS (FP6 – STREP IST) ; enfin les



recherches sur les technologies reconfigurables hybrides sont supportées à travers les projets ANR CALOMAG et CILOMAG. Les activités menées relativement à l'axe 3, sécurité des systèmes intégrés, sont également financées à travers le projet ANR ICTER. L'ensemble de ces travaux font régulièrement l'objet de papiers dans des conférences de rang A (DATE, DAC, CHES, FPL), de conférences invitées ainsi que de démonstrations dans des conférences

majeures telles que IEEE DATE, représentatives de la visibilité des travaux menés. Les membres du groupe sont également fortement impliqués dans les structures d'animation nationales et internationales ; à travers



l'organisation de conférences (deux conférences IEEE organisées à Montpellier en 2008), la présidence de comités de programme, la participation dans des comités de programmes et de pilotage des conférences majeures du domaine (IEEE DATE, IEEE FPL, IEEE ISVLSI, etc.).

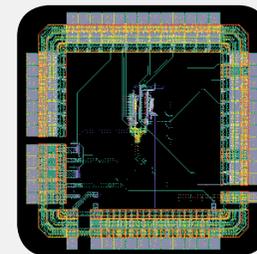
5 - Prospective scientifique

L'accroissement de la complexité des systèmes intégrés sur silicium pose de nombreux problèmes de conception et de test. Dans la feuille de route établie par l'ITRS (International Technology Roadmap for Semiconductors, <http://www.itrs.net>), on relève un certain nombre d'éléments qui nécessitent, et nécessiteront dans le futur, de revisiter les méthodes de conception et de test de ces systèmes. Ces éléments sont liés à l'élévation des fréquences de fonctionnement, à l'augmentation des densités d'intégration, et à l'hétérogénéité des systèmes intégrés de nouvelle génération. On retrouve également comme éléments déterminants pour l'avenir, la prise en compte de nouveaux défauts, des dispersions

technologiques (variabilité) et des phénomènes de surconsommation. Un aspect important à mentionner est la prise en compte de la consommation d'énergie des circuits et systèmes intégrés. Cette problématique doit être considérée, quel que soit le niveau d'abstraction, lors du test et de la conception des circuits et systèmes intégrés. Nos travaux futurs s'intègrent dans ce contexte et peuvent être regroupés selon trois axes fédérateurs qui sont détaillés ci-dessous. Une orientation vers les applications pour la santé est aussi envisagée.

De la modélisation des défauts, Test & diagnostic, à la tolérance aux pannes (circuits & systèmes tolérants)

La prise en compte des défauts dans les futures technologies est un point capital, qui va se traduire par plusieurs activités de recherche. Dans un premier temps, il sera nécessaire d'analyser et modéliser à nouveau les défauts traditionnels de type court-circuit et circuit-ouvert résistifs dans le contexte d'une technologie nanométrique qui les rend plus sensibles à des paramètres jusqu'alors négligeables. En particulier,



le modèle de circuit-ouvert résistif proposé pourra être amélioré par la prise en compte des paramètres de couplage. Dans un deuxième temps, il faudra identifier, comprendre, analyser et modéliser les nouveaux types de défauts qui apparaissent avec la réduction des dimensions. Enfin, il faudra considérer des comportements erratiques nouveaux apparaissant avec les dimensions nanométriques. Ces comportements influent sur l'intégrité du signal. Parmi ces nouvelles causes de dysfonctionnement, on identifie particulièrement deux problématiques désignées sous les noms de «bruit de commutation» et «chute de tension». Il s'agit donc de problèmes actuels et importants. En conséquence, le travail entamé avec des résultats prometteurs sur le bruit de commutation sera poursuivi et approfondi.

Une problématique essentielle, au delà des défauts est le fonctionnement même des circuits. En effet, les dispersions des technologies nanométriques induisent des effets considérables sur les performances mais aussi sur le fonctionnement même des circuits actuels et futurs. Il sera donc nécessaire de développer des algorithmes novateurs pour la gestion des performances, qui seront intégrés matériellement ou «logiciellement» dans des «gestionnaires/capteurs de variations PVTa» (Process, Voltage, Temperature, Ageing). Ces gestionnaires seront aptes à donner des informations internes, avec une localisation précise permettant de remonter des informations pertinentes sur l'état électrique du circuit. Il sera ainsi possible de prendre en compte ces informations dans une stratégie globale d'analyse et de correction des performances et du fonctionnement du circuit. Ces travaux se dérouleront en forte liaison avec la société STMicroelectronics et le CEA/LETI dans le cadre du projet Européen MODERN qui a démarré en 2009 (appel d'offre ENIAC). Dans ce projet, nous nous intéresserons aussi à la prise en compte de la dispersion technologique au niveau architecture. En se basant sur des systèmes multiprocesseurs adaptatifs, nous relèverons de nombreux défis tels que la gestion (au niveau système) des dispersions technologiques, la tolérance aux pannes et la programmabilité dans les systèmes multiprocesseurs hétérogènes. Des techniques d'adaptabilité préventives et/ou curatives, basées sur l'observation continue des paramètres technologiques (fréquence, tension d'alimentation) et applicatifs, seront étudiées. Les techniques envisagées contrôleront ces paramètres et géreront également la détection et la correction de pannes matérielles transitoires ou permanentes.

Les comportements erratiques liés aussi bien aux défauts nanométriques qu'à la variabilité de la technologie devront être identifiés et modélisés pour pouvoir ensuite proposer des méthodes de diagnostic. Ce diagnostic permettra de localiser les pannes et de réagir en (quasi) temps réel pour modifier le fonctionnement du circuit. Ces travaux seront conduits dans le cadre du

projet TOETS (appel d'offre européen Catrene) et de collaborations avec STMicroelectronics et le Politecnico de Turin. A un niveau plus global encore, nous nous intéresserons dans ce projet au test de systèmes sur puces. En effet, bien que les méthodes de compression de données de test et de conception des infrastructures de test au sein des SoCs soient largement diffusées dans le domaine industriel (norme IEEE 1500), elles ne sont de fait adaptées qu'au test de fautes de collage. De nouvelles solutions devront être développées pour acheminer les données de test couvrant d'autres types de défauts. Ce point sera d'autant plus critique, que les broches d'entrées/sorties sont remplacées par des interfaces analogiques à grande vitesse, e.g. PCI-Express, USB, DDR, WLAN/WIFI, réduisant ainsi la bande passante disponible et entraînant un accroissement du temps de test.

Poursuivant un équilibre historique, nos activités ne se limiteront pas au test des blocs numériques. Le système sur puce intégrant de manière classique des fonctions analogiques et RF, il est indispensable de répartir les efforts sur tous les blocs afin que les coûts du test d'un système complet restent raisonnables. C'est en effet la partie la plus difficile à tester d'un système sur puce qui pénalisera le coût complet du test.

Dans le cadre du laboratoire commun avec la société NXP (ISyTest), nous travaillerons sur les techniques de test indirect qui consistent à vérifier certaines spécifications d'une fonction analogique. Appliquées aux circuits RF et aux convertisseurs, ces techniques permettront de diminuer de manière significative le temps et le coût du test de production. Ces techniques seront, par exemple, appliquées aux circuits RF pour lesquels les performances sont très difficilement mesurables au niveau wafer (coût des équipements, temps de test élevé, parasites induits par les pointes de test, absence de packaging, ...) alors que de nombreuses caractéristiques BF peuvent être mesurées à faible coût. Reste ensuite à étudier les corrélations éventuelles entre paramètres RF et BF afin de définir les paramètres dignes d'intérêt. Ces

travaux sur le test de circuits RF seront complétés, en partenariat avec la société Verigy, par le développement de procédures de test utilisant des canaux-testeur numériques pour déterminer les performances RF d'un circuit. L'enjeu est évident puisque le coût d'un canal RF est bien plus élevé que celui d'un canal digital. Les solutions envisagées pourront s'appuyer sur une capture des temps de franchissement d'un seuil de tension pour l'analyse de signaux analogiques et RF. Ces techniques, basées sur le marquage temporel, nous semblent extrêmement porteuses compte tenu de l'évolution des technologies microélectroniques (signaux plus rapides d'amplitude plus faible) qui rend de plus en plus difficile la capture précise de niveaux de tension transitoires, mais qui permet par contre d'obtenir d'excellentes résolutions dans le domaine temporel.

En parallèle, il est envisagé d'accentuer les efforts entrepris ses dernières années en matière d'auto-calibration de convertisseur analogique/numérique. Le défi que nous voulons relever consiste à étendre les techniques que nous avons proposées pour le test de production à des solutions qui permettraient une auto-calibration durant la vie du circuit. De telles techniques permettraient au circuit ou au système de s'adapter à un nouvel environnement, à une modification des paramètres de l'application ou simplement à son vieillissement. Nous envisageons aussi une extension des travaux sur l'auto-calibration aux circuits RF pour lesquels ces aspects sont encore plus critiques.

La prise en compte de l'hétérogénéité

La prise en compte de l'hétérogénéité est le deuxième axe fédératif de l'EP SysMIC. Cette hétérogénéité se traduit par l'intégration de blocs de natures très différentes : analogiques, mémoire, RF, nouvelles technologies (MRAM, MEMS), etc. Dans les années qui viennent, les travaux relatifs aux MEMS vont se concentrer sur trois orientations majeures. La conception

de « smart-sensors » incluant le développement de nouveaux dispositifs dans des technologies génériques (microphone silicium, capteurs de température ou de pression, ...), la modélisation comportementale de ces dispositifs et l'étude des approches dites « systèmes » pour la conception de MEMS intégrés. Le développement de méthodes de test alternatives abordera, en complément de ce qui a été décrit pour les circuits RF et les convertisseurs, les problèmes spécifiques aux capteurs et actionneurs tels que le coût des stimuli physiques (accélération, pression, onde acoustique, ...) et l'absence de boîtier lors du test sur plaque. Les travaux publiés à ce jour montrent que cette thématique n'en est qu'à ses balbutiements. Enfin, notre positionnement original dans le domaine du système embarqué hétérogène et nos compétences qui couvrent à la fois le dispositif électromécanique, l'électronique de proximité et l'architecture système nous a donné une visibilité qui fait que nous sommes de plus en plus sollicités pour participer à des consortiums nationaux ou européens avec pour rôle de développer une électronique ad-hoc pour des capteurs ou des actionneurs dont nous ne maîtrisons pas la fabrication. Citons, par exemple, la conception de drivers intelligents pour actionneurs électro-statiques dans le cadre du projet ANR R3MEMS qui devrait déboucher sur d'autres travaux collaboratifs, notamment dans le domaine de la récupération d'énergie mécanique. Il est à noter qu'en fonction du niveau de maturité des nanotechnologies et des partenariats que nous arriverons à mettre en place, les concepts précédents pourront s'étendre aux NEMS et plus particulièrement aux réseaux de nano-dispositifs électromécaniques. En outre, de nouvelles méthodes de conception pourraient être envisagées, par exemple, pour gérer une fonction remplie collectivement par un réseau de nano-dispositifs ou pour assurer un rendement satisfaisant grâce à la redondance rendue possible par la miniaturisation et la fabrication collective de nano-dispositifs.

Les mémoires sont des éléments prépondérants au sein des systèmes intégrés. Elles vont représenter à terme une surface importante des systèmes sur puces

(80% selon l'ITRS). Il apparaît clairement que le test de ces mémoires est une préoccupation forte et que les techniques de test doivent être adaptées aux technologies utilisées (Flash, SRAM, MRAM, ...). Des efforts importants seront consacrés, en collaboration avec les sociétés ATMEL et Infineon, pour parfaire le test de production des mémoires. En parallèle, la détection des dysfonctionnements dans les mémoires au cours de l'utilisation des systèmes réclame un intérêt tout particulier. Connues depuis des années dans un environnement spatial à fort niveau de radiations, les pertes d'information aléatoires dans les mémoires seront demain visibles au sol de par la réduction de la quantité d'énergie nécessaire à l'effacement d'un point mémoire dont la dimension se réduit avec les évolutions technologiques. Ce problème sera traité en collaboration avec le laboratoire IES dans le cadre du projet ANR HAMLET récemment accepté.

Nous ne nous intéresserons pas seulement aux mémoires classiques. En effet, les nouvelles technologies de mémoires, telles que les mémoires à jonction tunnel magnétique ou les mémoires à changement de phase, proposent des caractéristiques très intéressantes que nous souhaitons exploiter dans d'autres contextes comme les circuits reconfigurables. Ainsi, nos travaux mèneront à court terme à un premier prototype de FPGA hybride magnétique ; en collaboration avec des partenaires académiques et industriels (notamment la société CROCUS), il est envisagé à moyen terme de réaliser un démonstrateur technologique disposant de caractéristiques novatrices, telles que la gestion native de configurations multiples, la reconfiguration dynamique et la sauvegarde de contexte. Un brevet est d'ailleurs en cours de dépôt. Ces nouvelles fonctionnalités tireront parti des caractéristiques intrinsèques de la technologie magnétique (ou d'une manière plus générale des technologies dites « resistance switching »), comme son insensibilité aux rayonnements ionisants qui en font des éléments de choix dans le cadre d'applications critiques telles que l'automobile, l'avionique et le spatial.

La gestion de l'hétérogénéité passe aussi par la prise en compte des aspects architecturaux voire du logiciel embarqué. En effet un système pouvant être représenté par N cœurs hétérogènes, l'une des techniques prometteuses en termes de programmabilité consiste à se situer à un niveau d'abstraction plus élevé, en virtualisant les ressources matérielles. Différentes techniques de virtualisation de ressources matérielles sont à l'étude. Ces travaux ambitieux mèneront à de nouvelles propositions de systèmes hétérogènes, économes en énergie et capable de s'auto-adapter à leur environnement. Ces travaux ont fait l'objet d'une réponse au 5ème appel d'offre du 7ème programme cadre européen (FP7 Call 5).

Méthodes, outils, test et conception pour la sécurité numérique

Cet axe fédérateur identifié en 2003, est devenu un thème alliant nos compétences dans le domaine de la conception et du test avec des interactions extérieures notamment avec l'équipe ARITH du laboratoire. La qualité des produits en général et la fiabilité en particulier sont des défis particulièrement difficiles pour les circuits « sécurisés » pour lesquels d'une part, un bon fonctionnement est un gage de la sécurité attendue, et qui d'autre part peuvent être la cible d'attaques destinées à percer les « secrets » qu'ils contiennent. Nos travaux sur les circuits sécurisés nous ont amenés à étudier les attaques de type « side-channel » (DPA-courant, DEMA-électromagnétique, émanation de lumière) et à développer des outils d'estimation de sécurité ainsi que des contre-mesures (par exemple au travers du projet FCE Calisson). Des efforts tout particuliers sont actuellement menés sur la modélisation des phénomènes électromagnétiques au sein des circuits et systèmes intégrés. Ces recherches conduiront à la mise en place de nouvelles propositions de contre-mesures efficaces pour les attaques électromagnétiques, mais aussi à considérer ces phénomènes électromagnétiques lors de la conception des circuits et systèmes intégrés.

Nous nous intéresserons aussi à des nouvelles classes d'attaques, comme les attaques de type « injection de fautes ». Des travaux dont l'objet est le test en ligne des cœurs de chiffrement symétriques par utilisation de codes détecteurs/correcteurs, mais aussi la mise en place de nouveaux moyens d'injection et d'analyse de faute par des sondes électromagnétiques seront entrepris. A moyen terme, nous avons pour objectif d'évaluer et d'optimiser l'implantation d'algorithmes cryptographiques avancés en collaboration avec l'équipe projet ARITH en évaluant notamment la robustesse de la logique STTL aux attaques par injection de fautes via le développement d'une plateforme de test permettant d'injecter des perturbations électromagnétiques au cœur d'un circuit sécurisé.

Pour les attaques utilisant les moyens de test intégrés, nous poursuivons nos travaux concernant la sécurisation des protocoles de test, des chaînes de scan et des dispositifs d'autotest de cœurs cryptographiques (RSA, ECC, Fonctions de Hash, ...). Nous avons notamment récemment participé à un consortium européen qui a répondu à un appel d'offre européen du 7ème programme cadre (STREP).

Nous nous intéresserons aussi à des attaques tout à fait novatrices. Tout d'abord, en partenariat avec le groupe MIRA du laboratoire IES qui dispose d'un outil très performant de mesure et de contrôle des vibrations mécaniques et acoustiques à travers une sonde optique basée sur l'interférométrie laser. Nous envisageons d'attaquer les circuits sécurisés en « écoutant » leur réponse interne aux stimuli externes. Les premiers résultats sont extrêmement prometteurs. Un deuxième aspect, en partenariat avec la société THALES et le CNES, concerne l'étude de l'émission de photons au sein des circuits (et notamment lors des commutations des transistors CMOS). Cette fuite d'information permet une analyse précise des commutations au sein des circuits (et notamment de la mémoire). Les résultats sont extrêmement prometteurs et les premières séries de mesures confirment la possibilité d'observer des circuits via ce procédé. L'ensemble de ces travaux est

en forte relation avec la plateforme technologique régionale SECNUM. De plus, notre appartenance au pôle de compétitivité mondial « Solutions Communicantes Sécurisées » ainsi que les nombreux aspects novateurs rencontrés font que nous poursuivrons nos travaux dans cette direction en mettant l'accent sur la fiabilité et la sûreté de fonctionnement.

Indépendamment des trois axes fédérateurs, le dernier aspect de notre prospective concerne une orientation vers des applications relatives au domaine de la « santé ». Ce domaine en pleine émergence est né au LIRMM il y a quelques années avec le projet DEMAR, et certains membres de l'EP SysMIC collaborent avec cette équipe projet en amenant leurs compétences en conception et test de systèmes intégrés. Dans un futur proche, l'EP SysMIC envisage d'accentuer ses efforts dans le domaine de la santé. A titre d'exemple, les travaux menés dans le domaine de la « conception et du test de MEMS » pourraient déboucher sur des applications de réseaux de capteurs pour la santé. Nos compétences en conception et test de circuits mixtes trouvent aussi naturellement des débouchés à travers de grands enjeux sociétaux notamment pour la conversion, la transmission et l'échange de données. Citons, par exemple, le démarrage du projet MATEO (retenu par l'ANR « technologies pour la santé ») qui consiste à mesurer d'une manière adaptative la tension oculaire. Les capteurs de pression et de température, communicants par radiofréquences avec un récepteur localisé sur les branches de lunettes, permettent d'enregistrer les variations continues de la tension oculaire durant toute la journée, grâce à une électronique embarquée. Pour ce type d'application il est clairement identifié que les aspects capteurs et réseaux de capteurs, conception mixte numérique/analogique, sûreté de fonctionnement sont nécessaires pour aboutir à un prototype fonctionnel.

Publications significatives

Test de circuits et systèmes intégrés

- [1] Simulating Resistive-Bridging and Stuck-At-Faults
Engelke P., Polian I., Renovell M., Becker B.
IEEE Transactions on Computer-Aided Design of Integrated Circuits and Systems, vol. 25, N°10, pp. 2181-2192, 2006
- [2] Automatic Test Pattern Generation for Resistive Bridging Faults
Engelke P., Renovell M., Becker B.
Journal of Electronic Testing: Theory and Applications, Vol. 22, pp. 61-69, 2006
- [3] An Electrical Model for the Fault Simulation of Small Delay Faults Caused by Crosstalk Aggravated Resistive Short Defects
Comte M., Houarche N., Renovell M., Czutro A., Engelke P., Polian I., Becker B.
VTS'09: 27th VLSI Test Symposium, May 03, à paraître, 2009
- [4] Electrical Behavior of GOS Fault Affected Domino Logic Cell
Comte M., Ohtake S., Fujiwara H., Renovell M.
DELTA'06: IEEE International Workshop on Electronics DesignTest & Applications, January 17, pp. 183-189, 2006. Best Paper Award.
- [5] Delay Fault Diagnosis in Sequential Circuits
Benabboud Y., Bosio A., Dilillo L., Girard P., Pravossoudovitch S., Virazel A., Riewer O., Izaute I.
ATS'09: IEEE Asian Test Symposium. A Paraître.
- [6] SoC Symbolic Simulation: A Case Study on Delay Fault Testing
Bosio A., Girard P., Pravossoudovitch S., Bernardi P.
DDECS'08: IEEE Workshop on Design and Diagnostics of

Electronic Circuits and Systems, April 18, pp. 320-325, 2008

[7] Reducing Power Dissipation in SRAM During Test
Dilillo L., Rosinger P., Al-Hashimi B., Girard P.
ASP Journal of Low Power Electronics, Vol. 2, pp. 271-280, 2006

[8] SoC Yield Improvement: Redundant Architectures to the Rescue
Vial J., Bosio A., Girard P., Landrault C., Pravossoudovitch S., Virazel A.
ITC'08: International Test Conference, p. 7, 2008

[9] Electrical Simulation Model of the 2T-FLOTOX Core-Cell for Defect Injection and Faulty Behaviour Prediction in eFlash
Ginez O., Daga J.-M., Girard P., Landrault C., Pravossoudovitch S., Virazel A.
Journal of Electronic Testing: Theory and Application (JETTA), Vol. N/A, pp. A paraître, 2009

[10] Advanced Test Methods for SRAMs Effective Solutions for Dynamic Fault Detection in Nanoscale Technologies
Bosio A., Dilillo L., Girard P., Pravossoudovitch S., Virazel A.
Ouvrage scientifique, 130 pages. Springer US, 2009

[11] Secure Scan Design
Hély D., Bancel F., Flottes M.-L., Rouzeyre B.
DATE'06: Design, Automation and Test in Europe, March 06, pp. 1177-1178, 2006

[12] Securing Scan Control in Crypto Chips
Hély D., Bancel F., Flottes M.-L., Rouzeyre B.
Journal of Electronic Testing and Applications, Vol. 23, pp. 457-464, 2007

[13] Self-Test Techniques for Crypto-Devices
Di Natale G., Doucier M., Flottes M.-L., Rouzeyre B.
IEEE Transaction on VLSI, Vol. 7, pp. 5, 2009

[14] Self-Test Techniques for Crypto-Devices
Di Natale G., Doulcier M., Flottes M.-L., Rouzeyre B.
IEEE Transaction on VLSI, vol. 7, 5 p., 2009

[15] Analogue Network of Converters: A DFT Technique to Test a Complete Set of ADCs and DACs Embedded in a Complex SiP or SoC
Azais F., Bernard S., Cauvet P., Comte M., Kerzérho V., Renovell M.
IEEE European Test Symposium, May 21, pp. 159-164, 2006. Best Paper Award.

[16] Fully Digital Test Solution for a Set of ADCs and DACs embedded in a SiP or SoC
Kerzérho V., Cauvet P., Bernard S., Azais F., Comte M., Renovell M.
The Intitution of Engineering and Technology (IET), Vol. 1, pp. 146-153, 2007

[17] A Novel DFT Technique to Test a Complete Set of ADC's and DAC's Embedded in a Complex SiP
Bernard S., Kerzérho V., Cauvet P., Azais F., Comte M., Renovell M.
IEEE Design & Test of Computers, Vol. 23, pp. 237-243, 2006

[18] Compression-Based SoC Test Infrastructures
Dalmaso J., Flottes M.-L., Rouzeyre B.
VLSI-SoC 2007: Advanced Topics on Systems on a Chip, IFIP Advances in Information and Communication Technology Vol. 291, Springer, ISBN: 978-0-387-89557-4, 2009

[19] Wireless Test Structure for Integrated Systems
Noun Z., Cauvet P., Flottes M.-L., Andreu D., Bernard S.
ITC'08: International Test Conference, p. PO 25, 2008

Conception et test de microsystèmes

[20] Development of a low-cost Piezoresistive Compass

on CMOS
Dumas N., Latorre L., Nouet P.
Sensors and Actuators A: Physical, Vol. 130-131, pp. 302-311, 2006

[21] Experimental and finite-element study of convective accelerometer on CMOS
Chaehoi A., Mailly F., Latorre L., Nouet P.
Sensors and Actuators A, Vol. 132/1, pp. 78-84, 2006

[22] Pirani Pressure Sensor for Smart Wafer-Level Packaging
Mailly F., Dumas N., Pous N., Latorre L., Garel O., Martincic E., Verjus F., Pellet C., Dufour-Gergam E., Nouet P.
Sensors and Actuators A Physical, Vol. à paraître en 2009, pp. à paraître en 2009, 2009

[23] Circuit d'amplification d'un signal représentant une variation de résistance d'une résistance variable et capteur correspondant
Boujamaa E. M., Nouet P., Mailly F., Latorre L.
Brevet N° 0854585, France, 04/07/2008

[24] The Active Bridge: an Alternative to the Wheatstone Bridge for Efficient Conditioning of Resistive MEMS Sensors
Boujamaa E. M., Dumas N., Latorre L., Mailly F., Nouet P.
DTIP'09: Symposium on Design, Test, Integration & Packaging of MEMS/MOEMS, April 01, pp. 265-268, 2009

[25] Rejection of Power Supply Noise in Wheatstone Bridges: Application to Piezoresistive MEMS
Boujamaa E. M., Soulie Y., Mailly F., Latorre L., Nouet P.
DTIP'08: Symposium on Design, Test, Integration and Packaging of MEMS/MOEMS, Nice, France, 2008

[26] HDL Modeling of Convective Accelerometers for System Design and Optimization
Leman O., Mailly F., Latorre L., Nouet P.
Sensors and Actuators A: Physical, Vol. 142, Issue 1, pp.

178-184, 2008

[27] A Comparative Study of Conditioning Architectures for Convective Accelerometers
Leman O., Mailly F., Latorre L., Nouet P.
6th IEEE Conference on SENSORS 2007, October 31, pp. 107-110, 2007

Modèles, et méthodes pour la conception de circuits

[28] Temperature and Voltage Aware Timing Analysis
Lasbouygues B., Wilson R., Azemard N., Maurine P.
IEEE Transactions on Computer-Aided Design of Integrated Circuits and Systems, Vol. 26, pp. 801-815, 2007

[29] Timing Margin Evaluation with a Simple Statistical Timing Analysis Flow
Lasbouygues B., Engels S., Wilson R., Azemard N., Maurine P.
Journal of Embedded Computing, Vol. 3, pp. A paraître, 2009

[30] SSTA Considering Switching Process Induced Correlations
Wu Z., Maurine P., Azemard N., Ducharme G.
APCCAS'08: IEEE Asia Pacific Conference on Circuits and System, November 30, pp. 562-565, 2008

[31] An Innovative Timing Slack Monitor for Variation Tolerant Circuits
Rebaud B., Belleville M., Beigne E., Robert M., Maurine P., Azemard N.
ICICDT'09: International Conference on IC Design & Technology, May 18, A paraître, 2009

[32] On-Chip Process Variability Monitoring
Moubdi N., Wilson R., Engels S., Azemard N., Maurine P.
DATE'09: Design Automation and Test in Europe,

Workshop W2 on Process Variability: New Techniques for the Design and Test of Nanoscale Electronics, April 20, A paraître, 2009

[33] Victim and Aggressor Line Electrical Modelisation in an Multicoupled Interconnect Environment for Transient Simulation

Ponchel F., Legier J.F., Paleczny E., Seguinot C., Deschacht D.

IEEE Workshop on Signal Propagation on Interconnects, May 09, pp. 249-251, 2006

[34] DSM Interconnects: Importance of Inductance Effects and Corresponding Range of Length

Deschacht D.
IEEE Transactions on Very Large Scale Integration (VLSI) Systems, Vol. 14, pp. 777-779, 2006

[35] Evaluation on FPGA of Triple Rail Logic Robustness Against DPA and DEMA

Lomne V., Maurine P., Torres L., Robert M., Soares R., Calazans N., Ordas T.

DATE'09: Design, Automation and Test in Europe, pp. 634-639, 2009

[36] Assessment of the Immunity of Unshielded Multicore Integrated Circuits to Near Field Injection

Alaeldine A., Ordas T., Perdriau R., Maurine P., Ramdani M., Torres L., Drissi M.

International Zurich Symposium on Electromagnetic Compatibility, pp. 361-364, 2009

[37] Physics and Design Optimization of ESD Diode for 0.13mm PD-SOI Technology

Entringer C., Flatresse P., Salome P., Nouet P., Azais F.
EOS/ESD Symposium, September, p. x, 2005

[38] Thyristor à Grille

Entringer C., Flatresse P., Salomé P., Azais F., Nouet P.
Brevet N°06/52837, 06/07/2006

[39] A Physics-Based Compact Model for ESD Protection Diodes under Very Fast Transients

Manouvrier J.-R., Fonteneau P., Legrand C.-A., Beckrich-Ros H., Richier C., Nouet P., Azais F.

30th Annual EOS/ESD Symposium, September 07, p. 9, 2008

Architectures adaptatives

[40] An Adaptive Message-Passing MPSoC Framework

Almeida G. M., Varyani S., Saint-Jean N., Sassatelli G., Benoit P., Torres L.

International Journal of Reconfigurable Computing, Vol. 2009, pp. N/A, 2009

[41] A Game-Theoretic Approach for Run-Time Distributed Optimization on MP-SoC

Puschini D., Clermidy F., Benoit P., Sassatelli G., Torres L.

International Journal of Reconfigurable Computing, Vol. ID 403086, pp. 11, 2008

[42] PERPLEXUS: Pervasive Computing Framework for Modeling Complex Virtually-Unbounded Systems

Sanchez E., Perez-Urbe A., Thoma Y., Moreno J. M., Villa A., Napierlaski A., Sassatelli G., Lavarec E.

NASA/ESA AHS-2007 Conference on Adaptive Hardware and Systems, August 08, pp. 587-591, 2007

[43] On the Use of Magnetic RAMs in Field Programmable Gate Arrays

Guillemenet Y., Torres L., Sassatelli G., Bruchon N.

International Journal of Reconfigurable Computing (IJRC), Vol. Q3, pp. N/A, 2008

[44] TEC-Tree: A Low-Cost, Parallelizable Tree for Efficient Defense Against Memory Replay Attacks

Elbaz R., Champagne D., Lee R. B., Torres L., Sassatelli G., Guillemin P.

CHES'07: Workshop on Cryptographic Hardware and Embedded Systems, September 13, pp. 289-302, 2007

[45] SARFUM: Security Architecture for Remote FPGA Update and Monitoring

Elbaz R., Torres L., Badrignans B., Champagne D., Gebotys C.

ACM Transactions on Reconfigurable Technology and Systems Journal, Vol. N/A, pp. A paraître, 2009

ICAR

Image et Interaction

Laboratoire
d'Informatique,
de Robotique et de
Microélectronique
de Montpellier

Départements
Informatique
Robotique

Responsable :

William Puech
puech@lirmm.fr
tel: +33 4 67 41 86 85



IMAGE, SIGNAL, VISION, VIDÉO, OBJET 3D, INFORMATIQUE GRAPHIQUE, VISUALISATION ET INTERACTION

● Présentation

L'équipe ICAR développe son activité selon trois axes scientifiques associant image et interaction pour le traitement des données visuelles tels que les images, les vidéos et les objets 3D :

- Analyse et Traitement,
- Codage et Protection,
- Modélisation et Visualisation.

Un ensemble de développements théoriques ou applicatifs se retrouvent dans ces trois axes thématiques. Les principaux domaines applicatifs concernent le médical, le patrimoine culturel (artistique et paléontologie), la sécurité, la robotique, l'agronomie et l'industrie manufacturière.

● Composition de l'équipe (Mai 2009)

- | | | |
|-------------------|---------------|------------------------------|
| Permanents | • M. Chaumont | MCF, Université de Nîmes |
| | • W. Puech | MCF HDR, Université de Nîmes |
| | • F. Comby | MCF, UM2 |
| | • O. Strauss | MCF HDR, UM2 |
| | • G. Subsol | CR, CNRS |

à l'équipe entre 2005 et 2008

- M.J. Aldon
- A. Crosnier
- S. Druon,
- C. Fiorio
- J. Triboulet

- A. Chauve
- K. Hayat
- P. Meuel
- J. Negrel
- B. Magnier
- B. Nehme
- Z. Shahid
- A. Hadmi
- R. Bénériere

- D. Goudia
- N. Islam
- A. Masmoudi
- N. Tournier

Ont soutenu leur thèse dans l'équipe entre 2005 et 2008

- G. Lo Varco (2005)
- C. Rabaud (2005)
- L. Douadi (2006)
- J. Rodrigues (2006)
- D. Henry (2006)
- L. Joussemet (2006)
- F. Jacquy (2007)
- J.-L. Toutant (2007)
- P. Amat (2008)
- K. Loquin (2008)

Post-docs entre 2005 et 2008

- J. Rodrigues (2007)
- D. Sidibé (2008)
- A. Lahrech (2008)

● Publications (du 01/01/2005 au 31/08/2009)

	ACL	ACLN	ASCL	INV	ACTI	ACTN	COM	AFF	OS	OV	DO	AP	BV	Prix	Orga
2005-2009	20			2	72	21	3	2	6			7	2		3

● Faits marquants

- Aide et soutien à de nombreuses entreprises innovantes régionales
- ANR Masse de données : projet ART3D (2003-2006)
- ANR Sécurité Informatique : projet TSAR (2006-2008)
- ANR Audiovisuel et Multimédia : projet VOODDO (2007-2010)
- ANR Blanc : Projet SHERPA (2007-2009)
- Projet régional INTS (Intelligence Numérique et Technologie Sensible)
- Projet CNRS PEPS ODEMENT (2007-2008)
- Projet CNRS PEPS AMENOPHIS (2008-2009)
- Equipe transversale aux départements Robotique et Informatique
- Organisation de journées au GDR ISIS
- Organisation de colloques (CORESA 07, LFA 07, IPTA 08, Interdisciplinary Workshop on 3D Paleo-Anthropology, Anatomy, Computer Science & Engineering - Synergies for the Future)
- Organisation du module Image, ED I2S, UM2

● Contrats, transferts et valorisation

- Collaboration start-up SIGILLUM, Montpellier (2005). Méthode autonome de cryptage d'images.
- Collaboration Entreprise STRATEGIES, Paris (2005-2008, 2008-2011). Reconstruction et sécurisation objet 3D (2 thèses CIFRE).
- Collaboration Entreprise INTRASENSE, Montpellier (2006). Imagerie médicale.
- Collaboration Entreprise MEETING ONE, Montpellier (2007). Projet de visioconférence : visage 3D.
- Collaboration Entreprise SIGMA MEDITERRANNEE, Carcassonne (2007). Protection de séquences d'images de vidéos numériques à distance.
- Collaboration start-up MARA SYSTEMS, Nîmes (2006). Réalité virtuelle.
- Collaboration start-up E-Cabine, Lunel (2007). Mannequin virtuel/Modélisation physique.
- Collaboration Entreprise VODNET, Montpellier (2008-2011). Protection de vidéos.
- Collaboration Entreprise C4W, Montpellier (2008-2011). Reconstruction 3D (thèse CIFRE).
- Collaboration start-up 2L-Pendha, Montpellier (2008). Compagnon virtuel.
- Collaboration start-up Floware, Montpellier (2008-2011). Compression par bloc.

● Collaborations nationales

- CEMAGREF (co-encadrement de thèses)
- LASMEA (Clermont-Ferrand)
- ENSAM INRA (co-encadrement de thèse)
- LIRIS (Lyon)
- UMR TETIS (co-encadrement de thèses)
- LSIS (Marseille)
- LE2I (Dijon) • GIPSA (Grenoble)
- CHU Montpellier et Nîmes
- LATIM (Brest)
- IETR (Rennes)
- C2RMF (Paris)
- CREA (Amiens)
- EURECOM (Sophia Antipolis)
- INRIA (Rennes et Sophia Antipolis)
- IRCCyN (Nantes)
- Laboratoire d'Anthropologie (Toulouse)
- IRT (Toulouse)

● Coopérations internationales

- Université de Sfax, Tunisie
- Université de Sétif, Algérie
- Université de York, UK
- Université de Ceara, Brésil
- Projets AVEROES, Universités du Maghreb
- Coopération HEC, Higher Education Commission, Pakistan
- Programme franco-sud-africain HOPE (Hominid Origins and past Environments) / Transvaal Museum

Introduction

L'équipe ICAR développe son activité selon trois axes scientifiques associant image et interaction pour la manipulation des données visuelles tels que les images, les vidéos et les objets 3D. Ces trois axes sont : Analyse et Traitement (AT), Codage et Protection (CP), et Modélisation et Visualisation (MV). Un ensemble de développements théoriques ou applicatifs se retrouvent dans ces trois axes thématiques. Les principaux domaines applicatifs concernent le médical, le patrimoine culturel (artistique et paléontologie), la sécurité, la robotique, l'agronomie et l'industrie manufacturière.

- L'axe AT s'intéresse à de nouvelles techniques de traitement bas-niveau de l'information permettant de représenter, dans un même cadre théorique, l'imprécis, l'incertain et l'incomplet, qui sont les types d'erreur en traitement des données.
- L'axe CP s'intéresse à la transmission et l'archivage sécurisés de données visuelles. Cette protection peut être assurée soit par tatouage soit par cryptage et doit être robuste à la compression.
- L'axe MV a pour objectif de traiter des données visuelles 3D. Il s'agit alors de modéliser ces données, consistant à en extraire une représentation synthétique afin de supprimer des défauts tel que le bruit d'acquisition, à déterminer la frontière

de certaines régions et à extraire des amers pour caractériser certains paramètres comme la forme.

L'équipe ICAR est une jeune équipe créée début 2005, composée de jeunes chercheurs. Bien que des chercheurs du LIRMM travaillent depuis longtemps dans le domaine de l'image, du fait de la transversalité de cette thématique, il n'y avait jamais eu avant 2005 un affichage clair de la thématique Image au sein du LIRMM. Durant la période 2005-2008, l'équipe ICAR s'est donc construite sur la base de 4 permanents, puis pendant une période transitoire a accueilli jusqu'à 8 permanents pour enfin se stabiliser fin 2008 en s'appuyant sur 3 axes de recherche animés par 5 permanents (1 PR, 1 CR, 3 MCF) accompagnés d'une douzaine de doctorants répartis sur les trois axes scientifiques. Durant cette période, l'équipe ICAR a souhaité affirmer sa transversalité (Traitement du signal CNU 61 et Informatique CNU 27) en obtenant son double rattachement aux départements Robotique et Informatique du LIRMM. 10 thèses et 2 HDR ont été soutenues entre 2005 et 2008 et nous avons collaboré avec 3 post-doctorants.

Rayonnement

L'équipe ICAR a su montrer un certain dynamisme qui a été valorisé par la labellisation de plusieurs projets tels que des projets ANR ou des projets soutenus par le

CNRS.

Le [projet ART3D](#) (2003-2006) de l'ANR Masse de données a permis de développer des systèmes de numérisation, d'archivage et de restitution d'œuvres d'art 3D numériques. La collaboration s'est faite principalement avec le LIRIS, le LE2I et le CR2MF.

Le [projet TSAR](#) (2006-2008) de l'ANR Sécurité Informatique a permis de développer des systèmes de protection de la base de données de peintures numériques du CR2MF et du musée du Louvre. Ce projet a mis en place des collaborations avec le CR2MF, le GIPSA, l'IRCCyN et l'IETR.

Le [projet VOODOO](#) (2007-2010) de l'ANR Audiovisuel et Multimédia nous permet de collaborer avec la société régionale Vodnet, la ligue nationale de rugby et l'équipe APR du LIRMM afin de protéger la diffusion de vidéos sportives sur Internet.

Le [projet SHERPA](#) (2007-2009) de l'ANR Blanc a pour objectif de réaliser une plateforme humanoïde bio-inspirée fournissant une aide pour le transport de charges. Au niveau de la vision, cette plateforme doit réaliser une aide à la stabilisation, un suivi de personnes et une reconstruction 3D à l'aide d'une paire de capteurs omnidirectionnels.

Le [projet PEPS ODENT](#) (2007-2008) du CNRS a eu pour objectif de développer des outils logiciels de modélisation et d'interaction 3D pour la recherche en archéologie et en paléontologie.

Le projet **PEPSAMENOPHIS** (2008-2009) du CNRS a eu pour but de définir de nouvelles procédures intervallistes de reconstruction en tomographie d'émission aboutissant à des images reconstruites dont l'erreur de reconstruction est quantifiée.

L'équipe ICAR s'est impliquée au niveau **régional** dans le projet régional INTS (Intelligence Numérique et Technologie Sensible) et apporte une aide et un soutien à de nombreuses entreprises innovantes régionales pour des applications directes des recherches effectuées dans l'équipe. Les collaborations avec des entreprises se sont concrétisées entre 2005 et 2008 par 9 contrats dont 3 thèses CIFRE.

Au niveau **national**, les permanents de l'équipe ICAR organisent pour l'école doctorale un module de formation pour les doctorants (Module Image <http://www.lirmm.fr/ModuleImage>). Ce module fait intervenir sur des séances de 3h des spécialistes en Image d'un grand nombre d'équipes nationales. L'équipe ICAR a organisé ou co-organisé des journées du GDR ISIS ainsi que des conférences tels que le colloque CORESA 07, (COmpression et REprésentation des Signaux Audiovisuels), en partenariat avec France Télécom R&D à Montpellier en novembre 2007, le colloque LFA 07 (Logique Floue et ses Applications) à Nîmes en novembre 2007, le colloque IPTA 08 (International Workshops on Image Processing Theory, Tools and Applications) à Sousse en Tunisie, en novembre 2008 et l'Interdisciplinary Workshop on 3D Paleo-Anthropology, Anatomy, Computer Science & Engineering - Synergies for the Future à Toulouse en juin 2008.

Au niveau **international**, par l'intermédiaire d'échanges d'étudiants ou de thèses en cotutelle l'équipe ICAR a tissé des liens avec des universités du Maghreb, dont

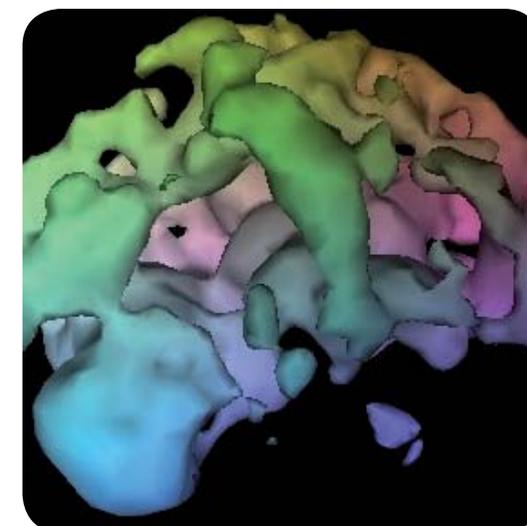
l'Université de Sfax en Tunisie, les Universités de Sétif et d'Oran en Algérie et l'Université de Marrakech au Maroc. Depuis 4 ans, en partenariat avec la commission HEC du Pakistan et SFERE, nous accueillons des étudiants pour encadrer leur travaux de thèse. L'équipe ICAR a également tissé des liens avec l'Université de York, en Grande Bretagne et l'Université de Ceara au Brésil. Enfin, un programme franco-sud-africain va permettre à des chercheurs de l'équipe ICAR d'effectuer des expérimentations en Afrique du Sud.

Bilan scientifique

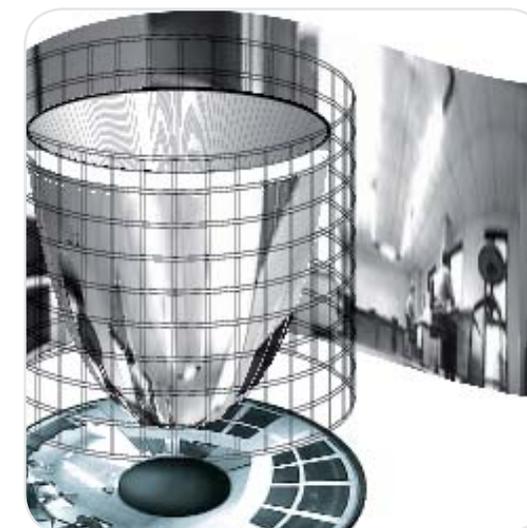
De nos jours, la manipulation de données visuelles tels que les images, les vidéos et les objets 3D est à la portée de tout le monde et doit être la plus simple et la plus transparente possible pour l'utilisateur. Cependant, que ce soit pour des applications générales ou dans des domaines très spécifiques, les traitements et résultats demandés sont de plus en plus exigeants. Les chercheurs de l'équipe ICAR travaillent afin de proposer des concepts, concevoir des algorithmes et développer des systèmes pour répondre aux demandes de manipulation de données visuelles.

Axe AT : Analyse et Traitement

Les recherches de l'axe AT ont principalement porté, entre 2005 et 2008, sur le développement de nouvelles approches en traitement du signal et des images en s'appuyant sur une extension de l'approche linéaire classique. Cette nouvelle approche permet de prendre en compte un défaut de connaissance du système utilisé, de mieux modéliser la représentation discrète d'un problème continu, de considérer les



(a)



(b)

Fig. 1 : a) Segmentation d'une image de tomographie d'émission, b) Désanamorphose d'une image omnidirectionnelle.

données numériques comme imprécises en valeur (quantification) et en position (échantillonnage) en plus de leur aspect aléatoire et enfin de quantifier l'erreur d'estimation induite par la propagation de l'erreur de mesure au travers des calculs. Ces recherches, outre leur aspect théorique, ont porté sur l'utilisation de cette nouvelle approche dans les domaines suivants : vision omnidirectionnelle, tomographie d'émission, estimation statistique, filtrage, transformation et analyse d'images, analyse du mouvement projeté et fusion d'informations géoréférencées.

Vision omnidirectionnelle : la grande majorité des techniques classiques de traitement d'images étant basée sur l'invariance par translation, l'anamorphose intrinsèque à l'acquisition des images omnidirectionnelles en rend caduque l'utilisation. Nous avons développé une approche originale basée sur l'utilisation d'un noyau de convolution dont la géométrie est accordée au paramètres d'étalonnage du modèle projectif reliant l'espace tridimensionnel à sa projection sur l'image omnidirectionnelle [1]. Nous avons ainsi étendu aux images omnidirectionnelles les opérations classiques de la morphologie fonctionnelle et l'extraction de contours basée sur des opérateurs de dérivation. Nous avons parallèlement défini une nouvelle procédure d'étalonnage dédiée à ce type de capteur alliant précision et simplicité de mise en œuvre.

Tomographie d'émission : le principe du diagnostic basé sur des images de scintigraphie est de mettre en évidence des anomalies pathologiques en comparant la fixation des traceurs métaboliques dans des régions suspectes avec des régions supposées saines. A cause

de l'inversion numérique, sur laquelle est basée la reconstruction de ces images, les variations statistiques des mesures induisent des artefacts de reconstruction dont la statistique est inconnue. Cette connaissance est nécessaire pour permettre une comparaison rigoureuse et fiable de deux régions reconstruites, et donc un diagnostic rigoureux et fiable. Nous avons proposé une nouvelle modélisation du processus d'acquisition des mesures permettant de d'aboutir à un ensemble de méthodes de reconstruction d'images de tomographie d'émission dont l'erreur est quantifiée [2].

Estimation statistique : les techniques statistiques classiques ne permettent pas de prendre en compte, dans un même cadre théorique, à la fois l'incertain et l'imprécis, ni de modéliser l'incomplétude d'une information. Or, les statistiques sont la base de beaucoup de méthodes de traitement et d'analyse d'images. Dans nos travaux, nous avons défini un cadre théorique nous permettant d'étendre un certain nombre de techniques statistiques classiques, comme l'estimation de densité, en nous appuyant sur les développements récents de la théorie des probabilités imprécises. Nous avons utilisé ces nouvelles techniques pour réaliser l'estimation du mouvement apparent dans une séquence d'images, la fusion d'informations hétérogènes en nature et en échantillonnage [3].

Axe CP : Codage et Protection

Le transfert, la visualisation et l'archivage de données visuelles sont des services numériques qui connaissent une forte croissance depuis 10 ans. Le développement de ce type de services soulève un nombre conséquent de problèmes non résolus à ce jour. Un premier problème

concerne le temps de transfert ou d'accès. En effet, afin de réduire ces temps de transfert, les données visuelles doivent être comprimées. En fonction des applications la compression pourra être plus ou moins importante, réversible ou non. Un deuxième problème concerne les aspects sécurité, englobant les problèmes de confidentialité, d'intégrité des données, de traçabilité mais aussi de correction d'erreurs et de robustesse aux attaques bienveillantes ou non. Afin de résoudre le problème de sécurité, il faut souvent qu'une partie des données soit rendue complètement ou partiellement illisibles, non déchiffrable ou accessible uniquement à des personnes autorisées. Dans le contexte de cette problématique, l'axe CP a travaillé dans la sécurisation des données visuelles par insertion de données cachées et par cryptage robustes à la compression. Entre 2005 et 2008, l'axe CP de l'équipe ICAR a développé de nouveaux algorithmes combinant insertion de données cachées, cryptage et compression des données visuelles.

Cryptage sélectif : afin de protéger visuellement le contenu d'images ou de vidéos il n'est pas nécessaire d'appliquer un cryptage complet des données numériques. En effet, il suffit parfois de sélectionner un faible pourcentage des données et de le chiffrer pour avoir un bon niveau de protection. La difficulté vient du fait d'essayer de perturber le moins possible les codeurs de compression tels que JPEG2000 pour les images ou MPEG-4/H.264 pour les vidéos. Nous avons développé des méthodes s'insérant principalement au niveau des codeurs entropiques après les étapes de quantification. La figure 2 (page suivante) illustre le cryptage sélectif d'une image de la séquence Foreman au format H.264 pour différents niveaux de quantification.



Fig. 2: Cryptage sélectif dans le codeur H.264.

Protection de la couleur par tatouage : dans cette thématique nous avons développé des méthodes permettant de protéger l'information couleur de peintures numériques tout en donnant un accès libre au contenu des peintures en version noir et blanc. L'originalité de ces travaux a été de cacher par tatouage l'information couleur d'une peinture dans sa version noir et blanc [4]. Nous avons développé des approches heuristiques ainsi que des approches basées sur la minimisation de trois paramètres, à savoir la distance entre l'image de luminance et la version noir et blanc, la distance entre les couleurs originales et les couleurs contenues dans la palette et enfin la distance entre deux couleurs voisines dans la palette afin de résister à l'étape de tatouage. La figure 3 illustre l'application d'une de ces méthodes sur une version numérique de la Joconde issue de la base de données EROS du C2RMF associé au musée du Louvre.

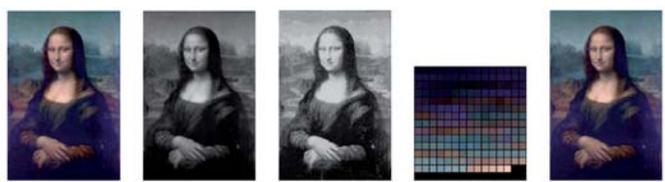


Fig.3 : Protection de la couleur par tatouage

Codage hybride : nous avons développé des algorithmes permettant, durant la même étape, de compresser et de chiffrer une partie des données ceci afin de réduire le temps de traitement pour des applications temps réel [5]. Nous avons adapté certaines de ces méthodes pour des transferts de séquences d'images médicales en partenariat avec des médecins.

Protection 3D : dans le cas des objets 3D, le problème de synchronisation des données (pour des maillages semi réguliers ou irréguliers) vient se rajouter aux problèmes précédemment présentés. Afin de conserver la précision initiale des objets 3D, en partenariat avec l'axe MV, nous avons développé des approches de synchronisation pour du tatouage basées sur le parcours d'arbres et en particulier en utilisant les arbres de recouvrement minimum. Nous avons également développé des méthodes de visualisation 3D à distance par synchronisation adaptée de cartes de texture et de cartes de profondeur [6].

Notons également que durant cette période, en partenariat avec l'axe AT, nous avons commencé à développer des approches de traitement du signal dans le domaine crypté pour des applications en tatouage [7].

Axe MV : Modélisation et Visualisation

L'axe MV traite les données visuelles 3D. Celles-ci peuvent être représentées :

- par des ensembles de points (x,y,z) structurés (c'est-à-dire que les points sont reliés entre eux comme dans le cas de maillages triangulés) ou non

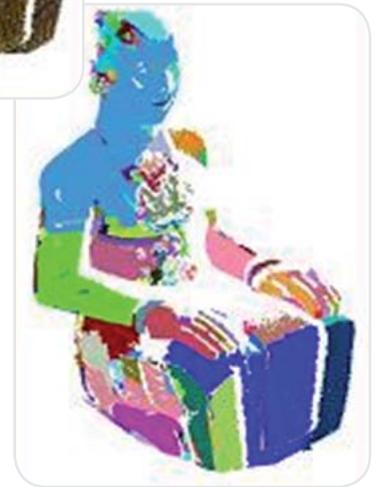


Fig. 4 : Segmentation automatique 3D du maillage original en régions partageant des attributs géométriques ou colorimétriques communs.

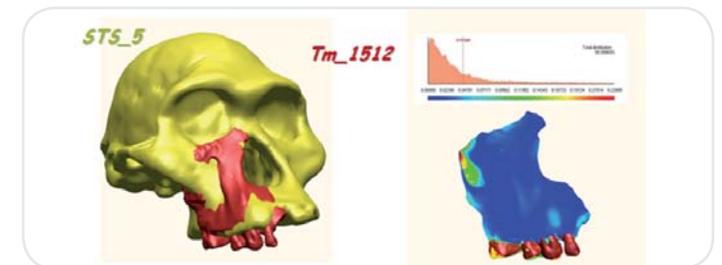


Fig. 5 : Comparaison par recalage automatique 3D de structures fossiles d'hominidés et quantification des différences morphologiques.

(dans ce cas, nous n'avons qu'une liste de coordonnées 3D). A noter que des attributs supplémentaires comme une couleur peuvent être associés à chaque point. Ces données sont en général fournis par des dispositifs numérisation 3D surfacique comme un scanner laser ou par stéréovision.

- par des images 3D qui sont en général sous la forme d'une pile d'images 2D. Dans ce cas, les éléments de l'image deviennent des voxels (volume elements) et sont définis par une valeur en chaque point $I(i,j,k)$. Les images 3D proviennent par exemple de l'imagerie médicale et la valeur I représente ainsi la densité aux rayons X dans le cas de la scanographie ou la densité de proton en Imagerie par Résonance Magnétique.

Des séquences temporelles de données visuelles 3D peuvent aussi être obtenues et on parlera dans ce cas de données 4D ou 3D+t.

L'objectif est alors de modéliser ces données, c'est-à-dire d'en extraire une représentation synthétique pour supprimer des défauts comme le bruit d'acquisition, déterminer la frontière de certaines régions (c'est ce qu'on appelle la segmentation), extraire des amers pour caractériser certains paramètres comme la forme et pour comparer différents échantillons entre eux en les recalant. La modélisation pourra aussi permettre de simplifier les données originales (en remplaçant par exemple un ensemble de triangles coplanaires par une équation linéaire) ou de visualiser l'objet en multi-résolution (qui variera en fonction de la distance à l'objet par exemple). Les recherches au sein de l'axe MV ont été menées suivant les thèmes suivants :

Extraction de caractéristiques géométriques 3D : en tout point d'un maillage triangulé définissant la surface d'un objet, il est possible de calculer les courbures principales. Celles-ci permettent de modéliser localement la forme du maillage et d'extraire les régions les plus courbées sous forme de lignes de crête. Ces repères vont permettre de définir la surface de manière très synthétique et pourront être utilisées pour aligner des surfaces similaires. Un état de l'art des techniques appliquées au contexte médical est présenté dans [8].

Segmentation hiérarchique de nuages de points 3D non structurés : il est possible de définir une distance 3D entre deux points en utilisant divers attributs liés à la géométrie ou la colorimétrie. Cette distance va permettre de définir un arbre unique de connexions qui sera utilisé pour regrouper les points en des régions homogènes. [9] présente une méthode originale de segmentation.

Morphométrie 3D : l'idée est d'utiliser soit les caractéristiques géométriques 3D, soit la segmentation en régions pour essayer de caractériser la forme d'un maillage. Ceci a de nombreuses applications, en particulier en imagerie médicale, pour quantifier la géométrie de structures anatomiques normales ou pathologiques à des fins de diagnostic, planification de thérapie ou de validation post-opératoire [10].

A noter aussi une collaboration avec l'axe CP sur le tatouage de maillages 3D qui se fonde sur des techniques de modélisation 3D.

Prospective scientifique

Pour l'axe AT, nous continuons notre étude sur la représentation de la mesure par un noyau non-sommatif. Nous escomptons prouver un certain nombre des propriétés constatées des estimateurs basés sur cette représentation comme par exemple la possibilité qu'ils offrent de réaliser des estimations imprécises garanties généralisant l'approche à noyaux sommatifs classiques. Dans ce cadre, nous allons poursuivre nos recherches en reconstruction d'images tomographiques de façon à développer de nouvelles méthodes arithmétiques prenant en compte la nature imprécise des opérateurs de projection que nous avons développés. De même, nous allons continuer à développer cette approche pour généraliser aux images omnidirectionnelles un certain nombre d'opérateurs de filtrage classiques tels que les dérivateurs.

En prospective de l'axe CP, nous allons poursuivre l'étude du tatouage et/ou du cryptage conjoint à la compression de données visuelles. Nous souhaitons orienter certains de nos travaux vers des aspects plus théoriques au niveau analyse sécurité et robustesse. Nous souhaitons également poursuivre l'étude des systèmes de tatouage à forte capacités, notamment en déterminant de nouveaux espaces d'insertion et de nouveaux critères de détections et d'extractions. Pour la cryptographie, nous envisageons de nous orienter vers de nouveaux paradigmes telles que le cryptage homomorphique et le cryptage basé sur la théorie du chaos. Nous pensons élargir notre spectre de compétences en restant cependant dans les thèmes du codage, en travaillant sur les codes fingerprinting, la stéganographie et les signatures perceptuelles. Nous

envisageons également d'étudier les futurs schémas de compression de vidéos.

Pour l'axe MV, nous envisageons de développer des applications industrielles (CAO) et biomédicales (neuroradiologie) à travers des collaborations industrielles locales. Nous allons également développer des applications à la morphométrie 3D, c'est-à-dire à la quantification de formes ou de déformations à travers des collaborations avec d'autres équipes du LIRMM. Sur les aspects visualisation interactive des données visuelles nous envisageons des implémentations parallèles d'algorithmes de traitement et de visualisation interactive d'objets 3D pour du calcul intensif dans le cadre d'une collaboration industrielle locale.

Articles phares

[1] O. Strauss, F. Comby. Variable Kernel Fuzzy Morphological Operations for Single Viewpoint Omnidirectional Images, *Pattern Recognition*, Vol. 40 (2007) 3578-3596.

[2] A. Rico, O. Strauss, D. Mariano-Goulart. Choquet Integrals as Projection Operators for Quantified Tomographic Reconstruction, *Fuzzy Sets and Systems*, Vol. 160 (2009) 198-211.

[3] K. Loquin, O. Strauss. On the Granularity of Summative Kernels, *Fuzzy Sets and Systems*, Vol. 159 (2008) 1952-1972.

[4] M. Chaumont and W. Puech, A Grey-Level Image Embedding its Color Palette, *ICIP'2007, IEEE International Conference on Image Processing*, San

Antonio, Texas, USA, September 2007.

[5] W. Puech, J. Rodrigues and J.-E. Develay-Morice. A New Fast Reversible Method for Image Safe Transfer, *Journal of Real-Time Image Processing* Vol. 2, n°1 (2007) 55-65.

[6] K. Hayat, W. Puech, G. Gesquière. Scalable 3D Terrain Visualization through Reversible JPEG2000-Based Blind Data Hiding *IEEE Transactions on Multimedia*, Vol. 10, (2008) 1261-1276.

[7] W. Puech, M. Chaumont and O. Strauss, A Reversible Data Hiding Method for Encrypted Images, *SPIE'2008, Security, Forensics, Steganography, and Watermarking of Multimedia Contents X, Part of IS&T/SPIE 20th Annual Symposium on Electronic Imaging*, San Jose, California, USA, January 2008.

[8] G. Subsol. Traitement automatique d'images scanographiques tridimensionnelles pour l'étude de fossiles paléo-anthropologiques : le problème de la définition des repères 3D. 132e Congrès National des Sociétés Historiques et Scientifiques - Images et imagerie - Imageries et images en paléanthropologie Workshop, Arles (France), April 2007.

[9] C.S.R. Aguiar, S. Druon and A. Crosnier. 3D Datasets Segmentation Based on Local Attribute Variation, *IROS 2007, Intelligent Robots and Systems*, November 2007.

[10] A. Largey, F. Bonnel, F. Canovas, G. Subsol, S. Chemouny and F. Banegas. Three-Dimensional Analysis of the Intrinsic Anatomy of the Metatarsal Bones, *Journal of Foot & Ankle Surgery*, Vol. 46, n°6 (2007) 434-441.

DEMAR

Déambulation et Mouvement Artificiel

Laboratoire
d'Informatique,
de Robotique et de
Microélectronique
de Montpellier

Départements
Robotique
Microélectronique

Responsable :

David Guiraud
guiraud@lirmm.fr
tel: +33 4 67 41 86 21



MODÉLISATION ET COMMANDE DU SYSTÈME SENSORIMOTEUR HUMAIN, NEUROPROTHÈSES

● Présentation

Le projet DEMAR s'organise autour de trois axes de recherche :

- modélisation du système sensorimoteur : modélisation et identification
- synthèse et commande de mouvement et de fonctions physiologiques : synthèse et simulation, commande
- interfaces vivant-artificiel : stimulateurs, capteurs supervision et communication

Les objectifs visés sont :

- la compréhension et la quantification objective des désordres moteurs
- la recherche de solutions palliatives des déficiences motrices.

Au-delà du LIRMM, ce projet transversal (départements robotique-microélectronique) est également piloté par l'INRIA-Sophia Antipolis Méditerranée et l'Université Montpellier 1.

● Composition de l'équipe (Mai 2009)

Permanents	• Andreu David	01/09/1997 (MdC UM2)	• Benoussaad Mourad	01/10/2006 - 31/12/2009
	• Aliaga Annie	(Assistante Administrative INRIA)	• Bonnet Vincent	01/10/2006 - 31/12/2009 avec NERO
	• Azevedo Christine	01/05/2004 (CR INRIA)	• Laforet Jérémy	01/10/2006 - 31/12/2009
	• Bernard Serge	01/10/2001 (CR CNRS)	• Lengagne Sebastien	01/10/2006 - 09/12/2009
	• Cathebras Guy	01/01/1995 (PR UM2)	• Souquet Guillaume	01/10/2006 - 01/10/2009
	• Fraise Philippe	01/01/1995 (PR UM2)	• Jean Charles Ceccato	01/10/2006 - 31/12/2009 avec DEXTER
	• Guiraud David	01/10/2001 (Responsable - DR INRIA)	• Antonio Bo	
	• Hayashibe Mitsuhiro	01/01/2007 (CR INRIA)		
	• Soulier Fabien	01/09/2007 (MDC UM2)		
	• Poignet Philippe	(PR UM2)		
• Gilbert Bernard	01/10/2003 (50% Ingénieur d'étude, UM1)			
Doctorants	• Zhang Qin	05/01/2009 - 31/03/2012		
	• Rossel Olivier	01/12/2008 - 01/12/2011		
	• Le Floch Fanny	01/10/2008 - 01/10/2011		
	• Michel Christophe	01/10/2008 - 01/10/2011		
	• Papaiordanidou Maria	01/10/2007 - 01/10/2010		
• Toussaint Mickael	01/01/2008 - 30/09/2010			
			Post docs	
			• Angles Grégory	02/04/2007 - 31/01/2010
			• Bourguine Loïc	03/12/2007 - 30/11/2009
			• De Knyff Laurent	01/11/2008 - 31/08/2009
			• Passama Robin	
			• El Jalaoui Abdelah	
			Extérieur	
			• Eckert Martine	01/10/2008

● Publications (du 01/01/2005 au 31/08/2009)

	ACL	ACLN	ASCL	INV	ACTI	ACTN	COM	AFF	OS	OV	DO	AP	BV	Prix	Orga
2005-2009	21			10	77	2	4	2	6			4	2	2	

● Faits marquants

- Médaille de bronze 2005 du CNRS attribuée à David Guiraud
- Nomination de Christine Azevedo au Georges Giralt EURON PhD award 2004
- le Prix Excellencia 2007 attribué à Christine Azevedo-Coste (premier trophée de la femme ingénieur)

● Coopérations internationales

- University of Indianapolis (USA)
- University of Stanford (USA)
- Coopération avec le Center for Sensory-Motor Interaction, Université d'Aalborg, (Danemark)
- Faculty of Electrical Engineering - Belgrade (RS)
- Center for Multidisciplinary Studies, University of Belgrade (RS)
- Scuola Superiore di Studi Universitari e di Perfezionamento Sant'Anna - SSSA, Pisa (IT)
- Università Campus Bio-Medico, UCBM - Roma (IT)
- Universitat Autònoma de Barcelona - UAB, Barcelona (SP)
- University of Freiburg (DE)

● Contrats, transferts et valorisation

- CIFRE + convention de recherche avec l'industriel MXM (2004-2010)
- CIFRE avec Vivaltis
- DGE, Neurocom; Pôle SCS
- EU, Projet TIME, STREP
- ANR TREMOR (avec DEXTER)

● Collaborations nationales

- Equipe INRIA BIPOP, Grenoble, travail scientifique commun sur la modélisation et la simulation numérique du mouvement chez les bipèdes (robot et homme)
- LETI, CEA Grenoble, étude de microcapteurs de mouvement
- Equipe EDM, Université Montpellier I, étude des mécanismes d'apprentissage de gestion de la posture chez les patients paraplégiques
- Centres de rééducation Bouffard Vercelli (Cerbère) et Propara (Montpellier), validation clinique des méthodes de synthèse et de commande du mouvement sous SEF
- Industriels, MXM (Sophia Antipolis), Vivaltis (Lattes)
- Institut des Neurosciences, Université Bordeaux 2 (FR) Mouvement Adaptation Cognition

Présentation

L'équipe-projet DEMAR est commune à l'INRIA, à l'Université Montpellier 2, au CNRS et à l'Université Montpellier 1. Elle a été officiellement créée en décembre 2003 après avoir passé le processus d'expertise scientifique de création des Equipes-Projets INRIA (EPI) en y associant les autres tutelles. Les thèmes scientifiques abordés dans DEMAR ont alors été nouveaux pour le LIRMM, et les enseignants chercheurs et chercheurs non INRIA membres de l'EP ont dû faire évoluer leur propre thème de recherche pour contribuer à ce projet.

L'objectif principal de l'EP est de trouver des solutions scientifiques et technologiques, basées sur la stimulation électro-fonctionnelle (FES), au problème général des déficiences sensorimotrices chez l'homme lorsque les traitements classiques sont inefficaces. Ainsi, la performance de l'EP se mesure d'une part par sa capacité à répondre à des attentes venant des patients premièrement, des médecins ensuite, et d'autre part par sa capacité à poser les problèmes scientifiques et technologiques qu'il faut résoudre pour y parvenir. Cela doit se traduire par un transfert effectif vers l'industrie et une pratique clinique qui dépasse le cadre d'une étude encadrée par un CPP. Il en découle une organisation relativement naturelle de l'EP en 3 axes de recherche en étroite interaction :

Modélisation du système sensorimoteur

Il s'agit i) d'écrire des modèles mathématiques décrivant des fonctions physiologiques (contraction musculaire,

miction, audition, mouvement articulaire...), ii) de les implémenter sous forme logicielle, iii) de mettre au point les méthodes numériques et les protocoles expérimentaux permettant d'identifier les paramètres « patient dépendants ». La physiologie, l'expérimentation clinique, les méthodes et protocoles d'identification, les mathématiques appliquées et le calcul scientifique sont les disciplines principales de cet axe.

Synthèse et commande de fonction

A partir des modèles et selon les applications fonctionnelles humaines visées, il s'agit de développer des stratégies d'activation du système nerveux, essentiellement périphérique et éventuellement en boucle fermée, pour obtenir la fonction désirée (station debout et lever de chaise chez le paraplégique, contrôle des muscles déficients chez l'hémiplégique, restauration de l'audition, gestion de la vessie...). Les neurosciences, la biomécanique, l'automatique, l'informatique industrielle et le traitement du signal sont les disciplines principales de cet axe.

Neuroprothèses

Activer (stimulation et génération de potentiels d'action) ou observer (mesure de signaux électrophysiologiques) le système nerveux pour le contrôler nécessitent de savoir s'interfacer avec lui. Les neuroprothèses sont des systèmes microélectroniques comportant une ou plusieurs électrodes au contact de la structure physiologique cible (nerf ou muscle par exemple) pour la stimulation ou le recueil. Ces neuroprothèses peuvent être externes ou implantées, et dans ce

dernier cas, des contraintes de conception très sévères imposent des réflexions scientifiques et technologiques dont les compromis sont souvent difficiles à trouver. L'électrophysiologie, la microélectronique, l'informatique industrielle et le traitement des signaux sont les disciplines principales de cet axe.

L'EP est dirigée par D. Guiraud (DR INRIA, axes 1&2&3), avec l'aide administrative d'A. Aliaga (TR INRIA).

D. Guiraud participe aux réunions des départements Microélectronique et Robotique du LIRMM, ainsi qu'au Comité de Projets de l'INRIA Sophia Antipolis Méditerranée.

M. Hayashibe et C. Azevedo-Coste (responsable adjointe), (CR INRIA, axes 1&2) et D. Andreu (MC UM2, axes 2&3) sont à plein temps.

F. Soulier (MC UM2, axe 1&3), G. Cathébras (PU UM2, axe 3), P. Fraisse et P. Poinet (PU UM2, axes 1&2), S. Bernard (CR CNRS, axe 3) sont à temps partiel.

B. Gilbert (IE UM1, électronique) est à mi temps.

L'EP accueille annuellement en moyenne 10 doctorants dont, pour 2009, 4 CIFRE et 3 co-encadrements externes au LIRMM, 2 ingénieurs sur contrat, 1 post-doc.

DEMAR a de nombreuses collaborations dont deux font l'objet de conventions de recherche long terme (la société MXM, entreprise développant des implants actifs et le Centre Neurologique Propara spécialisé pour les blessés médullaires). Il est en effet essentiel, pour atteindre l'objectif de l'EP, de s'assurer du transfert à la fois vers les industriels et vers les cliniciens du domaine. Ces derniers interviennent dès les phases amont de recherche pour définir avec nous les besoins et les moyens scientifiques d'y répondre. La pérennité

et la pertinence des recherches, ainsi que l'engagement éthique en dépendent. Donc, l'EP a des relations avec des centres cliniques spécialisés (CHU Montpellier, audition - CHU Nîmes, hémiplegie...), des chirurgiens (édification de protocoles cliniques, expérimentations en bloc opératoire, spécification des neuroprothèses), des industriels (Vivaltis), et des académiques (EDM, mouvement - INM, audition - EPI Odyssee interaction électrode nerf - EPI Bipop, calcul numérique, automatique - partenaires nationaux et internationaux des projets Neurocom et Time - Robotics Lab. Stanford, calcul scientifique, automatique, ...).

En France, très peu d'équipes travaillent sur ces sujets. On peut citer le CEA-LETI (essentiellement sur l'interaction avec le cerveau), l'ENSIERB (dans l'optique de modèles mixtes in-silico in-vivo de réseaux neuronaux), l'ESIEE (concernant la conception de matrices d'électrodes) et de nombreuses équipes sur les Brain Computer Interfaces (BCI) mais qui ne développent pas de neuroprothèses, notamment implantables, ni de systèmes de stimulation. Au niveau international, ce sont les USA qui ont le tissu académique et industriel de loin le plus dense avec des centres de référence (Case Western Univ. Cleveland pour les académiques, Medtronic pour les industriels par exemple). Quelques équipes de très bon niveau existent également au Canada, en Australie, au Japon et maintenant en Chine. Enfin, l'Europe s'organise relativement bien avec peu d'équipes par pays (le plus souvent une seule) mais qui fonctionnent bien en réseau (Aalborg Univ., UC London, UA Barcelona, Pisa Univ.,



Roma Univ., Twente Univ., Freiburg Univ. Zurich Univ., Ljubjana Univ. ...) et quelques centres cliniques connus pour leur implication dans ces nouvelles technologies peu répandues en France (beaucoup plus en Angleterre). Notre particularité est de regrouper les trois axes scientifiques nécessaires aux buts que nous poursuivons, et d'avoir construit des relations durables à la fois pour le transfert industriel et l'expérimentation clinique. A notre avis, aucune équipe en Europe et extrêmement peu dans le monde regroupent ces 5 éléments de façon pérenne. Enfin, nous prototypons et testons (in vivo dans le cadre de demandes CPP) tous nos systèmes ; cela, dans le but de valider nos approches théoriques et l'adéquation de technologie résultante, mais également dans le but de disposer d'une technologie avancée permettant de pousser plus loin nos investigations cliniques et d'acquérir un retour d'expérience précieux pour relever les défis scientifiques.

Bilan scientifique

Le découpage en trois axes clarifie nos contributions scientifiques, il ne correspond pas nécessairement à une répartition des membres de l'équipe. En effet, il y a une forte interaction entre les axes qui travaillent conjointement pour répondre à un même objectif général : apporter des solutions concrètes à des problèmes cliniques concrets.

Modélisation du système sensorimoteur

La modélisation a un double objectif :

- décrire les éléments du système sensorimoteur et formaliser cette connaissance sous forme de modèle,

- appuyer les développements théoriques des 2 autres axes de recherches.

La modélisation s'accompagne nécessairement de méthodes numériques mais aussi d'expérimentations, non seulement pour valider les modèles mais aussi pour identifier leurs paramètres. Trois activités principales composent cet axe :

Modélisation biologique

Trois sous-ensembles de modèles sont définis dans ce travail :

- i) les modèles de muscles striés et lisses, responsables du mouvement du corps, du maintien postural, ou de fonctions mécaniques d'organes comme la vessie ou les sphincters. Nous avons développé des modèles qui possèdent une entrée de commande, basés sur la réalité physiologique et qui peuvent être utilisés à différentes échelles de temps et de dimension.
- ii) les modèles d'organes sensoriels, notamment les fuseaux neuromusculaires (au travers du signal électrique qu'ils génèrent (mesure ENG, ElectroNeuroGramme)). Ce travail s'inscrit dans l'objectif de la commande en boucle fermée du mouvement dont les retours capteur seraient implantés et renseigneraient sur la longueur et la vitesse d'élongation des muscles striés.
- iii) les modèles intégrés de fonctions de plus haut niveau faisant intervenir les réseaux spinaux (CPG, réflexes, tremblement) sont aussi étudiés et modélisés au sein de l'EP.

Identification

L'identification des paramètres de ces modèles représente une vraie difficulté et demeure nécessaire si l'on souhaite des modèles spécifiques à chaque individu. Nous avons élaboré des protocoles expérimentaux sur l'animal et sur l'humain (en collaboration avec les médecins, nous avons déposé 2 CPP), ainsi que sur les méthodes numériques efficaces pour estimer les paramètres (notamment l'utilisation du filtre SPKF qui tient compte des non linéarités du modèle

dans l'estimation et la reconstruction de l'état). Ce travail de validation et d'exploitation des modèles est fondamental, très difficile et peu répandu sur ce genre de thème. Nous en faisons une priorité car nous souhaitons que ces modèles puissent être exploités dans nos applications cliniques.

Modélisation interface

Le point d'interface entre systèmes naturel et artificiel se situe entre l'électrode (de mesure et/ou de stimulation) et le nerf. Cette interaction est relativement complexe, d'autant plus lorsque l'électrode est multipolaire. En contrepartie, cela ouvre les perspectives d'une stimulation et d'une mesure plus sélectives (localisation spatiale transverse d'un stimulus ou d'une mesure, nature de l'axone cible et sens de propagation). Mais cette complexité, de même que les espaces des paramètres de réglage des neuroprothèses qui deviennent gigantesques, ne peuvent plus être gérés empiriquement et de manière optimale. Les modèles d'interaction que nous avons développés en collaboration avec Odyssee, reposent sur une modélisation 3D du système électrode-nerf, associé à un calcul numérique efficace pour le résoudre et des protocoles expérimentaux pour estimer les paramètres. Notre objectif est non seulement de comprendre, mais aussi d'optimiser la forme des électrodes, le profil des stimuli et les chaînes d'acquisition afin d'exploiter pleinement les nouvelles possibilités offertes par ces interfaces.

Synthèse et commande de fonction

Cet axe de recherches est fortement lié aux applications visées par DEMAR. L'objectif étant de déterminer la

séquence de stimulation à appliquer à un groupe de muscles pour réaliser une fonction. Ainsi, différentes techniques et spécifications sont développées pour répondre à des applications précises à plus ou moins long terme. En parallèle de recherches très dédiées applications, des travaux théoriques plus prospectifs sont menés. Cet axe de recherche exploite les modèles de muscles (actionneur) développés et identifiés dans le cadre des lois de commandes mises au point.

De même, les travaux sur les schémas en boucle fermée exploitent les résultats concernant les modèles de capteurs physiologiques (fuseaux neuromusculaires par exemple). Si les applications sont diverses les problématiques sont souvent assez proches dans le contexte de la stimulation électrique fonctionnelle : suivi de trajectoire impossible, nécessité d'une bonne robustesse aux perturbations, limitation des observations possibles, interaction entre parties du corps sous l'influence volontaire du patient et parties du corps contrôlées artificiellement. Nous détaillons ci-après un sous ensemble de nos applications afin d'illustrer nos résultats.

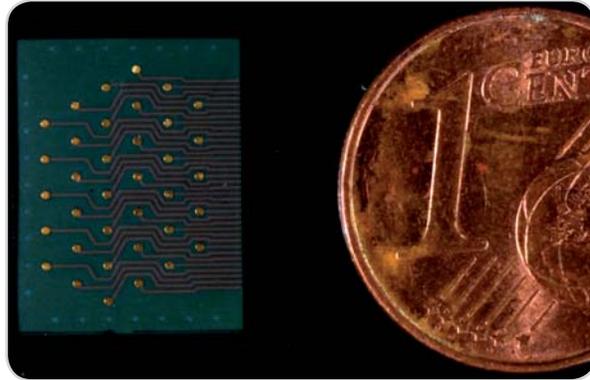
Contrôle de l'articulation du genou chez le patient paraplégique

Cette articulation est indispensable dans tous les mouvements du membre inférieur : par exemple, lever de chaise et déambulation (mouvement du genou synthétisé en boucle ouverte), station debout équilibrée (mouvement du genou contrôlé en boucle fermée). Ainsi, l'étude isolée du genou, plus simple mais complète d'un point de vue de la complexité biomécanique (commande de 2 muscles antagonistes), permet d'aborder à la fois la synthèse et la commande de mouvement. Enfin, les

protocoles expérimentaux sont maîtrisés donnant un accès précieux à la validation. Nous avons proposé, à partir d'un modèle biomécanique complet incluant les muscles ischio-jambiers et quadriceps (axe 1), 2 études distinctes : i) des résultats en commande en boucle fermée, en simulation uniquement, basés sur 3 schémas de commande dont nous avons comparé les performances (commande prédictive, modes glissants d'ordre supérieur et commande par placement de pôles). Nous avons montré que les 2 premières présentaient les meilleures performances y compris en utilisant la co-contraction. ii) Des résultats en synthèse où les modèles ont été identifiés sur des patients et les résultats comparés avec les valeurs expérimentales. Nous avons montré qu'il était possible de correctement identifier l'ensemble des paramètres mais que la variabilité intra-individuelle d'un jour sur l'autre ne permettait une synthèse valide que si l'on étalonnait (sans toutefois refaire tout le processus d'identification) les modèles. Les validations expérimentales et certains développements théoriques sur la commande sont toujours en cours.

Marche de patients hémiparétiques assistée par FES

La stimulation électrique est classiquement utilisée pour corriger le syndrome de pied tombant chez le sujet hémiparétique. Ce syndrome correspond à un déficit des muscles impliqués dans le relevé du pied de la jambe déficiente durant la marche. En appliquant une séquence de stimulation au nerf péronier pendant la phase de balancement de la marche il est possible de contracter les muscles déficients et provoquer une flexion de la cheville. La stimulation telle qu'elle existe aujourd'hui consiste à détecter les instants d'impact/décollage du talon pour contrôler l'enclenchement de la séquence de stimulation. Nous avons développé une approche dans laquelle le membre valide est observé pour informer en continu de l'évolution du cycle de marche et contrôler en ligne le patron de stimulation. La solution retenue repose sur une modélisation du



cycle de marche de référence par un oscillateur de Van der pol et d'utiliser un observateur pour comparer le modèle oscillateur avec le signal mesuré pour en déduire la phase sur le cycle. Les premiers résultats expérimentaux ont été obtenus sur personne valide.

Correction du tremblement essentiel

Ce travail initié et piloté par l'EP DEXTER bénéficie de l'expérience de DEMAR pour ce qui concerne la FES. L'objet de ce travail consiste à compenser de manière active, en utilisant la FES, les tremblements essentiels. Plusieurs études ont été nécessaires pour poser les bases de ce contrôle et notamment la modélisation globale du système au niveau périphérique, et l'analyse fréquentielle des signaux EMG. DEMAR a contribué en particulier sur la mise en œuvre de la FES dans la boucle de commande, la modélisation de la partie muscle et la caractérisation de l'activation d'un muscle à la fois stimulé électriquement et demeurant sous le contrôle volontaire du sujet. Ainsi, nous avons proposé un modèle d'activation qui tient compte de l'activation réflexe H induite par la stimulation et dont la contribution est significative, surtout pour de faibles intensités. L'expertise en contrôle sous FES de DEMAR est mise à contribution sur ce projet abordé sous un angle plus automatique par DEXTER (cf. rapport DEXTER).

L'ensemble de ces travaux reposent sur des protocoles expérimentaux conçus avec les partenaires médicaux et validés par les comités d'éthique. Nous nous attachons systématiquement à proposer des solutions pratiques et réalistes vis à vis du contexte de suppléance ou de rééducation fonctionnelles visé.

Les autres applications sur lesquelles nous travaillons (maladie de parkinson, contrôle de la miction, myopathie, personnes âgées, prothèse gériatrique) dérivent des applications présentées ci-dessus et reposent sur les mêmes résultats scientifiques et technologiques.

Neuroprothèses

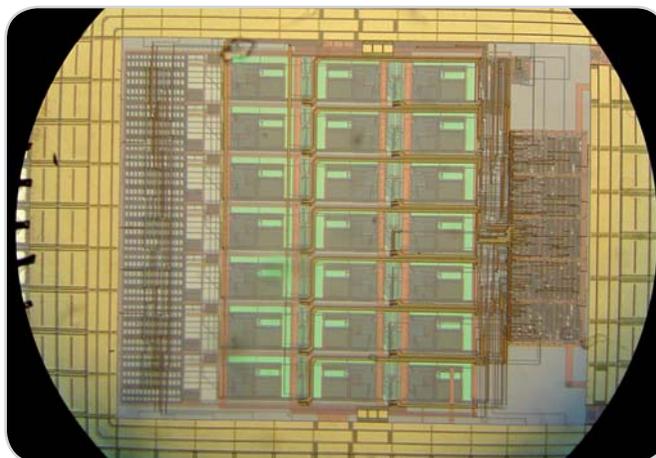
La conception de neuroprothèses a un double objectif :

- proposer des dispositifs avancés de laboratoire pour la recherche exploratoire en électrophysiologie,
- proposer des solutions palliatives aux déficiences sensorielles ou motrices.

Dans les deux cas, DEMAR met au point des solutions en rupture avec l'existant en se basant sur les connaissances les plus récentes en électrophysiologie et les avancées dans le domaine des STIC ; nos solutions visent à offrir une réponse concrète aux patients, tout en laissant un champ très large d'exploration aux médecins et aux chercheurs. Cet axe se décline sous quatre thèmes ayant des interactions fortes entre eux mais également avec les travaux des autres axes, notamment la modélisation de l'interface électrode/nerf et la commande.

Architecture

L'architecture classique des neuroprothèses est centralisée dans un matériel concentrant stimulateur et acquisition à l'exception près du Bion (Advanced Bionics) constitué d'unités de stimulation injectables et commandables individuellement, mais très limitées en performance et puissance d'exploration.



Nous avons imaginé un concept (SENIS Stimulation Electrique Neurale dIStribuée) qui nous a conduit à définir une architecture distribuée intra ou extra corporelle d'unités de stimulation (USR) ou de mesure ou de contrôle ou de calcul. Le concept SENIS a été décliné sous la forme d'une architecture matérielle basée sur un bus bifilaire (technologie implantable) interconnectant des USR ; l'environnement logiciel pour sa configuration et son exploitation a également été développé. L'architecture a été conçue pour supporter le déploiement des stratégies d'activation (commande) du système nerveux, que ces dernières reposent sur une boucle ouverte ou une boucle fermée.

Stimulation

L'USR est le premier élément que nous avons conçu et développé. Il comporte un générateur de courant multipolaire original pouvant piloter une électrode multipolaire. Les points forts de cette structure sont de permettre :

- la configuration en anode ou en cathode de chaque pôle de l'électrode connectée à l'USR,
- une répartition précise et configurable du courant entre chaque pôle.

Il intègre un DAC dont les caractéristiques garantissent un fonctionnement monotone et sont conformes aux contraintes de linéarité et de rapidité en particulier. Il contient enfin une partie numérique en charge de la surveillance et de la commande de l'étage analogique d'une part, et de la communication sur le réseau d'autre part (protocole MAC breveté, 4 licences) en rendant l'unité contrôlable à distance (modulation « temps-réel » des paramètres de stimulation par exemple).

Mesure

Nous avons essentiellement travaillé sur le recueil et l'amplification des signaux ENG au travers de la conception d'un amplificateur faible bruit grand gain capable de s'interfacer avec une électrode de recueil heptapolaire. L'association du couple électrode/

électronique et d'un prétraitement du signal bas niveau près des pôles de l'électrode vise l'obtention d'une sélectivité optimale de l'information transitant dans le nerf tout en rejetant au maximum les signaux parasites avant le premier étage d'amplification.

Prototypage et validations expérimentales

L'ensemble des concepts a été prototypé selon le cas sur ASIC (partie analogique) ou sur FPGA (partie numérique) à l'aide d'un outil logiciel de prototypage à partir d'une description formelle abstraite (composants Réseau de Petri). Des stimulateurs de laboratoire ont été développés conjointement avec l'entreprise MXM puis testés lors d'expérimentations animales et humaines per-opératoires. Les systèmes externes sont développés conjointement avec l'entreprise Vivaltis et seront testés directement sur l'homme au cours de protocole expérimentaux en cours de définition. Un transfert technologique est en cours avec ces PME.

Prospective

Nous avons une prospective propre à chaque axe qui s'inscrit dans une prospective globale. Concernant la modélisation, nous souhaitons approfondir notre connaissance et notre modèle de muscle strié sur 2 points en particulier la fatigue périphérique et l'introduction de la commande volontaire (via les mesures EMG, ElectroMyoGramme). De nombreux travaux existent sur ces sujets mais l'objectif est d'avoir une vision intégrée et cohérente de l'ensemble des phénomènes majeurs qui caractérisent la dynamique musculaire que ce soit sous contraction volontaire ou induite par FES. Par ailleurs, nous aimerions approfondir notre connaissance des organes sensoriels au travers de leur modélisation, notamment concernant la cochlée et les organes tendineux de Golgi dans la suite logique du travail accompli sur les fuseaux neuromusculaires. En ce qui concerne la commande, 4 sujets font partie de nos projets dans les 4 à 8 ans :

- la commande synergique entre activations naturelle et artificielle (compensation des tremblements, synchronisation contralatérale chez l'hémiplégique, haut et bas du corps chez le paraplégique),
- la station debout équilibrée chez le paraplégique, problème toujours ouvert,
- le contrôle de la fonction urinaire,
- la commande en raideur d'une articulation.

Concernant les neuroprothèses, nous souhaitons aborder les problèmes difficiles de mesure sélective des ENG. A plus court terme, la conception du premier réseau générique intra et extra corporel de stimulation et de mesure constitue une étape majeure de validation de tous nos développements conceptuels préliminaires auxquels s'ajoute la gestion de l'énergie.

Enfin, la complexité croissante de ces systèmes nous pousse à aborder d'une part la sûreté de fonctionnement, thème récent et exploratoire pour l'EP, et d'autre part la synchronisation des activités, sur SENIS.

En résumé, notre prospective vise à mieux comprendre les mécanismes des fonctions, mouvement en particulier, des organes périphériques aux centres spinaux (réflexes et CPG). L'objectif est ensuite de se rapprocher d'EP qui travaillent au niveau supra spinal pour établir le lien avec nos travaux. Pour la restauration de fonction, notre objectif reste l'utilisation la plus large possible des reliquats fonctionnels moteurs et sensitifs de sorte que les boucles de commande reposent sur les retours sensoriels naturels (via les mesures ENG) et les activations des organes cibles (via la FES). Enfin, nous espérons élargir les pathologies du mouvement pour lesquelles ces approches pourraient être bénéfiques (épilepsie, douleur, myopathie, Parkinson) et même à plus long terme pour des pathologies du système sensoriel forts de notre expérience sur l'audition, plus précisément la vision et les implants rétiniens.

Faits marquants

- Convention avec la société MXM (2006-2012) : transfert de données confidentielles, accès aux moyens de production d'implants prototypes et de stérilisation. Formation réciproque, conseil scientifique.
- Convention avec le centre Propara (2009-2012) : mise à disposition d'une salle en clinique, mutualisation de matériel, visites de malades, définition commune de protocoles cliniques et de perspectives long terme.
- Participation à la gestion scientifique de la Plateforme Régionale d'Analyse de Mouvement (PRAM).
- Implications dans la politique nationale de recherche pour le handicap et les personnes âgées, participations à : expertise à la commission parlementaire « Poletti », audition MINEFI sur l'impact des technologies pour le handicap, membre associé IFR 25 « Handicap », comité de pilotage ANR TecSan et INSERM ITS, commission INRIA « éthique », animation GDR Robotique (volet santé), jalon INRIA « interface vivant artificiel ».
- Médaille de bronze du CNRS (2005), Prix Excellencia (2007), Prix de thèse INPG (2009), Best Award Paper IFESS (2006), Editeur associé JESA (2007) et IEEE EMBC (2009), session spéciale IROS (2008).
- Nous sommes partenaires de 2 projets d'envergure, projet DGE NEUROCOM (labellisation pôles SCS/ORPHEME), projet européen TIME (total > 800k€), ainsi que 2 projets ANR MIMES (leader, TecSan) et TREMOR (PsiRob), 1 projet Euron et 1 projet Eco-Net Serbié Slovénie.
- Depuis sa création en 2004, l'EP a produit 2 brevets internationaux (4 licences), 2 dépôts APP, 20 revues, plus de 70 conférences internationales, 10 conférences invitées, 5 chapitres de livre.
- 3 Recrutements CR INRIA dont un candidat japonais, 3 passages PU, 1 passage DR, 2 HDR soutenues.

Publications significatives

Original Electronic Design to Perform Epimysial and Neural Stimulation in Paraplegia

Guiraud D., Stieglitz T., Taroni G., Divoux J.-L.
Journal of Neural Engineering 3 (2006) 276-286

An Implantable Neuroprosthesis for Standing and Walking in Paraplegia: Five-Year Patient Follow-Up

Guiraud D., Stieglitz T., Koch K. P., Divoux J.-L., Rabischong P.
Journal of Neural Engineering 0, 3 (2006) 268-275

Bipedal Locomotion: Towards Unified Concepts in Robotics and Neuroscience

Azevedo Coste C., Espiau B., Amblard B., Assaiante C.
Biological Cybernetics Janvier 2007 (2006) 20

Functional Rehabilitation: Coordination of Artificial and Natural Controllers

Héliot R., Azevedo Coste C., Espiau B.
Dans ARS Vienna - (Advanced Robotic Systems) Rehabilitation Robotics (2007) 26

Online generation of cyclic leg trajectories synchronized with sensor measurement

Héliot R., Espiau B.
Robotics and Autonomous Systems 56 (2008) 410-421

Multipolar Electrode and Preamplifier Design for ENG-Signal Acquisition

Soulier F., Gouyet L., Cathébras G., Bernard S., Guiraud D., Bertrand Y.
Dans Biomedical Engineering Systems and Technologies, Springer (Ed.) (2008) 25 148-159

Exploring peripheral mechanism of tremor on neuromusculoskeletal model: a general simulation study

Zhang D., Bo A., Poignet P., Ang W. T.
IEEE Transactions on Biomedical Engineering xx (2009) 00-00

A Distributed Architecture for Activating the Peripheral Nervous System

Andreu D., Guiraud D., Souquet G.
Journal of Neural Engineering 6 (2009) 001-018

A Method for Paraplegic Upper-Body Posture Estimation during Standing: a Pilot Study for Rehabilitation Purposes

Gael P., Nacim R., Philippe F., Guiraud D.
Medical & Biological Engineering & Computing / Medical and Biological Engineering and Computing 47, 6 (2009) 625-633

Interpretation of muscle spindle afferent nerve response to passive muscle stretch recorded with thin-film longitudinal intrafascicular electrodes.

Djilas M., Azevedo Coste C., Guiraud D., and Yoshida K.
IEEE TNSRE, in press, 12 2009.

Thématique générale de l'équipe

L'équipe IHMH étudie les différents aspects de l'amélioration de l'efficacité de l'interaction de l'humain avec des grands ensembles d'information, en particulier les hypermédias. Il s'agit d'une démarche de décontextualisation et de recontextualisation, c'est-à-dire de détachement d'une information de son contexte initial en identifiant ses dépendances à celui-ci, et de réutilisation de cette information dans un contexte différent, en établissant les dépendances souhaitables pour lui donner sens dans un nouveau contexte. Il s'agit donc d'étudier les moyens permettant d'extraire et de réorganiser de façon pertinente sur les plans sémantique, argumentatif, narratif et rhétorique, des éléments appartenant à d'autres documents, puis de produire un document cible adapté à un contexte de lecture (usager, situation, support,...) et respectant des règles générales d'accessibilité cognitive, rhétorique et ergonomique.

Structuration

Resp. : M. Nanard (PR, CNAM Paris/Lirmm)
J. Nanard (PR, UM2/Lirmm), H. Betaille (MC, UM2-IUTLirmm), J.-Y. Delort MC UM2/Lirmm).

Rayonnement

Collaborations internationales

- LIFIA (Université de La Plata, Argentine), collaboration bilatérale Secyt, INRIA/CNRS
- Department of Computer Science (Univ.Manitoba, Canada)
- Department of Computational Linguistics (Université d'Essex, Angleterre)

Collaborations nationales

- Projet SAPHIR (ANR 2006-2009) avec : Equipe RCR LIRMM, INA (Institut National de l'Audiovisuel), MSH (Maison des Sciences de l'Homme, Paris)
- Projet CoViz (TGE Adonis, 2008-2009) avec : Equipe VAG LIRMM et Kahn+Associates

Contrats

- Projet SAPHIR (ANR 2005) : Système d'assistance à la Publication Hypermédia par spécification Intentionnelle et modélisation Rhétorique

Partenaires industriels

- NETIA Projet SAPHIR (contrat RIAM Avril 2006 /Sept 2009)
dans le cadre du projet SAPHIR, Aspects industriels du projet
- KAHN+Associates Projet CoViz (contrat Adonis 2008)

Organisation

Conference on Semantically Aware Document Processing and Indexing (SADPI'2007), ACM International Conference Proceedings Series, Vol. 259, 2007.

Problématique scientifique

Nos travaux se sont orientés selon deux axes :

1. Aider la recherche par navigation et la caractérisation d'une information dans son contexte d'origine,

d'une part par recherche de relations implicites entre unités d'informations à partir du retour d'interaction de l'utilisateur, en particulier autour du concept de saillance (travaux de J.-Y. Delort), d'autre part par visualisation (dans le cadre du projet Coviz -TGE Adonis, collaboration M. Hascoët et KahnPlus) (travaux de M. Nanard, J. Nanard).

Dans ces deux cas, il s'agit de faciliter la navigation pour explorer un grand espace d'information avant de pouvoir développer des mécanismes d'indexation explicite.

Dans le premier cas, plutôt que d'utiliser des méthodes basées sur le contenu, nous nous sommes intéressés à la caractérisation de la saillance d'un texte par identification des passages ayant provoqué implicitement des réactions de l'utilisateur (par exemple en analysant



des commentaires dans des blogs). Nous avons en particulier travaillé sur la validation de la méthode et son applicabilité à grande échelle.

Dans le deuxième cas, il s'agit de faciliter l'accès rapide à de gros volumes d'information disséminée dans des unités séparées, en visualisant des relations potentielles de similarités selon différentes techniques de visualisation. L'objectif est de faciliter l'interaction de l'utilisateur dans son exploration. Cette phase est le préalable à la construction d'un modèle d'indexation riche qui permettra de caractériser des unités d'informations assez petites sur le plan thématique, et sémiotique en vue de leur réutilisation dans d'autres contextes. Nous avons travaillé sur des descriptifs textuels de documents multimédias (vidéos, images) qui permettent ainsi d'accéder à des segments de ces documents.

2. Produire des hypermédias et multimédias d'un genre donné selon deux approches :

- Approche du processus de conception par rôle et séparation de préoccupations (separation of concerns) (dans le cadre d'un projet de collaboration bilatérale franco-argentin CNRS-INRIA/SECYT entre le LIFIA et le LIRMM) (travaux de J. Nanard).

Le projet vise l'investigation de divers aspects de la construction d'applications Web utilisant les bonnes pratiques de l'Ingénierie du Logiciel, en particulier la séparation avancée de préoccupations (separation of concerns). Nous avons centré notre recherche sur l'application du concept de « rôle » pour la modélisation orientée objets d'applications Web. Dans ce contexte (en collaboration avec le Pr. G. Rossi de l'Université de la Plata et le Dr Nora Koch de l'Université de Munich en Allemagne), nous avons introduit une approche méthodologique qui incorpore le concept de rôle dans toutes les étapes de conception d'une application Web. Cette approche permet de résoudre élégamment, en utilisant les concepts propres de l'approche par objets,

de nombreux problèmes qui compromettent usuellement la modularité des applications (au niveau conceptuel) en permettant d'introduire des améliorations sensibles de l'utilisabilité (niveau navigationnel) par l'enrichissement des objets de navigation de façon non intrusive. Nous avons ensuite étudié avec G. Rossi l'impact de l'utilisation des techniques de séparation de préoccupations sur l'utilisabilité des applications Web. Nous avons réalisé une caractérisation des types de préoccupations qui apparaissent dans les applications Web en termes de fonctionnalités, de marques de temporalité et d'impact. Ces résultats ont été injectés dans quelques systèmes prototypes comme preuve de concept. L'objectif de cela a été de montrer que le concept de navigation sensible aux préoccupations permet d'améliorer l'utilisabilité d'une application Web.

- Approche rhétorique pour la production de séries d'hypermédias (dans le cadre du projet RIAM SAPHIR entre notre équipe, l'équipe RCR-Lirmm, l'INA, La MSH-Paris et Netia) (travaux de M. Nanard, J. Nanard, H. Betaille).

Il s'agit de mettre en place une chaîne de publication d'hypermédias adaptés à un contexte d'utilisation (répondant à un genre donné) à partir de ressources multimédias richement indexées. Nous avons d'abord travaillé sur la notion de genre de publication multimédia (en remontant en particulier à l'approche rhétorique d'Aristote pour la construction de discours) et nous avons travaillé sur la notion de publication par intention (répondant à un genre donné) qui permet d'aborder la publication de séries de documents sur des sujets différents à partir de ressources indexées. Nous avons montré qu'une telle approche devaient d'abord définir en intention le contenu potentiel (thématique, caractérisation sémiotique des unités d'informations potentielles en fonction de l'organisation visée, schéma narratif intentionnel) et ensuite définir les règles rhétoriques de composition, de mise en structure

et mise en forme, tout en tenant compte du type de support (site web, vidéo, etc.) ainsi que du dispositif de restitution. La production automatisée du nouveau document cible à partir de ressources audiovisuelles indexées est obtenue par transformation incrémentale à partir d'application de groupes de règles structurés selon les différents problèmes à résoudre pour construire le discours audiovisuel répondant au genre choisi. Nous avons utilisé le moteur de transformation Sygmart de J. Chauché et développé un langage TTL permettant de spécifier les règles d'un genre.

Résultats

Les publications ont mis l'accent sur :

- La reformulation de requêtes pour l'assistance à la recherche d'information à partir de l'interaction de l'utilisateur [1], [2], [3], [4] et caractérisation de la notion de saillance et système pour identifier les parties saillantes de textes [5], [6].
- La caractérisation et la modélisation de publication par intention [7], [8], [9].
- La chaîne de publication de nouveaux documents à partir de ressources d'archives richement indexées : approche de type structural computing pour la production de séries de documents multimédias [10], processus auteur basé sur les intentions pour la production à partir de ressources audiovisuelles [11], la production de documents multimédias d'un genre donné par transformation incrémentale [12].
- L'ingénierie des approches de conception et développement d'applications web par rôle et séparation de préoccupations, et leur impact sur l'amélioration de la navigation pour l'utilisateur [13], [14].

Des plateformes et des applications ont été développées :

- Agent Conqueries pour l'expansion de requêtes sur

- le web.
- Système de détection de phrases saillantes par rapport à des commentaires non ciblés.
- Plateforme Saphir-TTL pour la génération de documents multimédias d'un genre donné par application incrémentale de règles de transformation (chaîne de publication de SAPHIR).
- Extension de EadGEN pour la production multi-dispositifs de sites web.
- Dans le cadre du projet COVIZ, outil de recherche et visualisation de relations conceptuelles entre documents. Application au corpus « Diversité linguistique et culturelle » de la MSH Paris et au corpus du site web FRAME (French Regional & American Museum Exchange).

Prospective scientifique

J.Y. Delort : détachement scientifique de 3 ans à Sydney (Australie) Macquarie University, au Capital Markets Cooperative Research Center depuis le 1er Janvier 2009 sur le projet Financial text mining project en tant que research fellow in language technology.
M. Nanard et J. Nanard : retraite à partir du 6 octobre 2008.

Publications

- [1] CONQUERIES: An Agent that Supports Query Expansion
Delort J.Y.
ICWE'05: International Conference on Web Engineering, 4 p., 2005
- [2] A Content-Based Approach for Detecting Users' Shift of Interests
Delort J.Y.
ITA'05:International Conference on Internet Technologies, 2005

[3] Adaptive User Modeling for Query Expansion
Delort J.Y.
ITA'05:International Conference on Internet Technologies, 2005

[4] A User-Centered Approach for Evaluating Query Expansion Methods
Delort J.Y.
WI'05:IEEE/WIC/ACM International Conference on Web Intelligence, 2005

[5] Identification des Parties Saillantes des Textes Commentés
Delort J.-Y.
Revue Information Interaction Intelligence, Vol. 8, pp. 21, 2009

[6] Automatically Characterizing Linguistic' Saliency Using Readers Feedback
Delort J.-Y.
JODI (Journal of Digital Information), Vol. 10, pp. 22, 2009

[7] Intentions Based Authoring Process from Audiovisual Resources
Gaillard L., Nanard J., Bachimont B., Chamming'S L.
ACM International Conference Proceeding Series, Proceedings of the 2007 International Workshop onSemantically Aware Document Processing and Indexing, pp. 21-30, 2007

[8] Saphir : Un Cadre de Référence pour une Spécification des Hypermédias par Intention
Nanard M., Nanard J.
HT2PTM'05: HypermediasHypertextsProductsTools and Methods, novembre, 10 p., 2005

[9] Enigmes et traces : le rôle de la dé-contextualisation et de la re-contextualisation dans le processus d'écriture lecture

Nanard M., Nanard J., Delort J.-Y.
13èmes Journées de Rochebrune : Rencontres Interdisciplinaires sur les Systèmes Complexes Naturels et Artificiels, 22 janvier, p. 14, 2006

[10] A Structural Computing Approach to the Production of Multimedia Document Series
Nanard M., Nanard J., R. King P., Chauché J.
New Review of Hypermedia and Multimedia, Vol. 12, pp. 165-189, 2006

[11] Intentions Based Authoring Process from Audiovisual Resources
Gaillard L., Nanard J., Bachimont B., Chamming'S L.
ACM International Conference Proceeding Series, Proceedings of the 2007 International Workshop on Semantically Aware Document Processing and Indexing, pp. 21-30, 2007

[12] Genre Driven Multimedia Document Production by Means of Incremental Transformation
Nanard M., Nanard J., King P., Gaillard L.
DocEng'07: Symposium on Document Engineering, August 28, pp. 111-120, 2007

[13] Engineering Web Applications Using Roles
Rossi G., Nanard J., Nanard M., Koch N.
Journal of Web Engineering, Vol. 6, pp. 30, 2007

[14] Concern-Sensitive Navigation: Improving Navigation in Web Software through Separation of Concerns
Nanard J., Rossi G., Nanard M., Gordillo S., Perez L.
CAISE'08: Advanced Information Systems Engineering, pp. 420-434, 2008

ANNEXES

- 1- Equipe-projet DALI - Projet 2011
- 2- Equipe-projet IDH - Projet 2010
- 3- LIRMM Infos
- 4- Projet stratégique du Campus Saint Priest
- 5- Glossaire des acronymes

● Publications (du 01/01/2005 au 31/08/2009)

	ACL	ACLN	ASCL	INV	ACTI	ACTN	COM	AFF	OS	OV	DO	AP	BV	Prix	Orga
2005-2009	17			3	46	5	11	7				16			3

● Faits marquants

- Consolidation d'une équipe issue d'une ACI jeune chercheur 2003-2006 par des recrutements extérieurs importants sur la période 2005-2007
- Unité thématique et complémentarité d'expertise
- Reconnaissance et intégration des docteurs formés dans l'équipe

● Contrats, transferts et valorisation

- Contrat de recherche avec Airbus et CEA, projet MASSANE : outil de validation de systèmes de commandes de vol numériques
- Contrat de recherche avec FNRAE, projet SARDANES : transformation certifiée de codes Scade pour la précision numérique
- Contrat de recherche 2006-2008 entre DALI, Polytech'Paris et un groupe énergétique français, nouvelles architectures pour le calcul scientifique
- Collaboration de veille technologique avec N'Vidia et ATI depuis 2007 sur le calcul généraliste sur carte graphique (donnation de matériel).
- ACI jeune chercheur 2003-2006 : Qualité du logiciel numérique et arithmétique des ordinateurs
- ANR programme blanc 2007, EVAFlo (Evaluation et Validation Automatique pour le Flottant)
- ANR programme blanc 2007, BioWic (Workflow pour les traitements intensifs en bioinformatique)
- Membre du Consortium UNISIM avec CEA, INRIA, Princeton Univ., Brigham Univ., Univ. Polytech. Catalunya, Barcelona Comput. Center, Ghent Univ., ARM, ST : plateforme logiciel de simulation (participating institution)

● Coopérations internationales

- Université de Bumerdès, Algérie
- T.U. University, Hamburg-Harburg, Allemagne
- Universitat de Girona, Espagne
- University of Manchester, Royaume Uni
- University of Szeged, Hongrie
- Université de Waterloo, Canada
- Intel Nizhnyi-Novgorod, Russie
- University of Novosibirsk, Russie
- University Waseda, Tokyo, Japon
- University of California, Irvine, USA
- Rice University, Houston, USA

● Plateformes logicielles

- OOSim : simulateur modulaire au niveau cycle de processeur super-scalaire générique basé sur le jeu d'instruction PowerPC. UNISIM, licence BSD
- Barra : simulateur de processeur graphique NVIDIA G80 - CUDA. UNISIM, licence BSD
- Boost. Interval on GPU : arithmétique d'intervalle garantie en CUDA et Cg. Boost Software Licence

Thématique

Une des forces de l'équipe de recherche DALI est l'unité thématique de ses travaux de recherche qui visent à **améliorer la qualité numérique et la haute performance des calculs**. DALI permet l'interaction, rare en France au sein d'une même équipe, d'experts en architecture et micro-architecture, simulation et compilation et arithmétique des ordinateurs.

Côté performances, nous nous intéressons plus particulièrement à la multiplication des cœurs (exploiter le parallélisme de tâches), à leur organisation (exploiter le parallélisme d'instructions) et aux architectures émergentes (GPU, Cell ; exploiter le parallélisme de données).

La qualité numérique des applications et la sûreté de fonctionnement des systèmes embarqués critiques dépendent crucialement de la maîtrise des effets de la précision finie des calculs – et de l'arithmétique flottante en particulier. Il s'agit alors de contrôler et valider les calculs (algorithmes, codes) mais aussi d'améliorer et optimiser la précision numérique des calculs et des résultats. Certaines applications, en calcul scientifique en particulier, nécessitent d'améliorer la qualité numérique des applications sans pour autant sacrifier la rapidité de l'exécution. Ainsi se rejoignent l'amélioration de la performance et de la qualité numérique.

Politique scientifique et gouvernance

Dès son origine, nous avons privilégié le développement d'une équipe de recherche confortant ce positionnement scientifique. L'équipe a systématiquement appliqué ce choix lors des recrutements... et s'est adaptée pour satisfaire les besoins d'enseignement d'une petite université pluridisciplinaire. Nous incitons au dynamisme et à la reconnaissance des actions scientifiques de l'équipe, à la mobilité (régionale, nationale, internationale) de ses membres et en particulier des plus jeunes d'entre eux ; nous sommes attentifs à la qualité de l'encadrement doctoral (2 thèses soutenues avec recrutement immédiat comme MCF dans d'excellents laboratoires, 4 doctorants en cours) et soucieux de la dimension humaine de l'équipe. DALI affiche ainsi une forte attractivité de jeunes chercheurs de qualité sur la période concernée. L'implication et la reconnaissance de l'équipe dans les réseaux nationaux a contribué au succès de la mise en œuvre de cette politique. La vie scientifique de l'équipe profite de l'unité de lieu, de réunions d'équipe régulières et d'un séminaire actif et existant depuis l'origine (17 séances par exemple entre septembre 2008 et juin 2009).

Rayonnement

Au niveau régional, DALI a des relations avec le LIRMM et l'UM2 depuis son existence. Citons par exemple les modules du Master informatique de l'UM2 effectués par des membres de DALI chaque année depuis 2003, les intégrations croisées de Ch. Nègre (docteur de l'UM2) et de P. Giorgi (18 mois ATER dans DALI), l'encadrement

de stagiaires de Master et des séminaires croisés. Des coopérations scientifiques et des publications communes ont par exemple été réalisées avec l'équipe-projet ARITH.

Au niveau national, le fait marquant de la période 2006-2009 est la soutenance des deux premières thèses en informatique de l'UPVD (et entièrement préparées dans DALI) assortie du recrutement immédiat des deux jeunes docteurs comme MCF dans d'excellents laboratoires (LIP, LIP6). DALI est par ailleurs active au sein de sa communauté thématique nationale (GDR ASR et GDR IM) : co-organisation d'une action nationale GPU-Manycore (GDR ASR), cours dans les écoles thématiques ARCHI'05'07'09 et RAIM'08, organisation de la conférence Sympa'06, Canet-en-roussillon ; organisation des journées Arinews, Perpignan (2005) et participation au jury du prix SPECIF des «Meilleures thèses en informatique» (04-06). Enfin, nous participons à deux ANR impliquant entre autres des chercheurs du LIP (ENS Lyon), du CEA (Saclay). Nous collaborons de façon contractuelle avec le milieu aéronautique-aérospatial (Airbus, FNRAE).

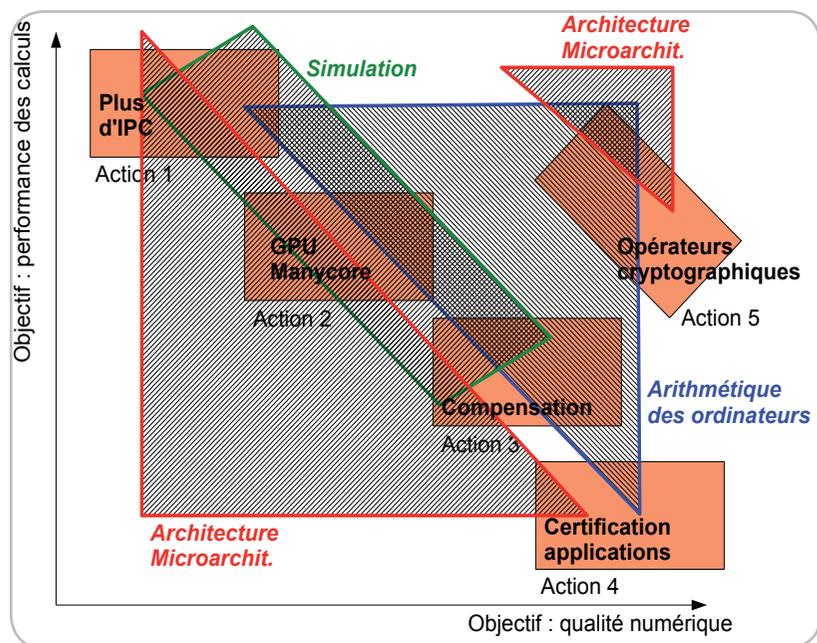
Au niveau international, des membres de l'équipe ont été invités comme conférencier plénier dans des conférences internationales : SCAN'06 (Allemagne), NSV'08 (USA) et INVA'09 (Japon). Mentionnons aussi la co-organisation, avec S.M. Rump (T.U. Hamburg) d'une des sessions du 21th ACM Symposium on Applied Computing (2006) et l'organisation du prochain 17th International Static Analysis Symposium à Perpignan en 2010.

Bilan scientifique synthétique

Les travaux développés sur la période 2005-2009 sont organisés autour de 5 actions de recherche qui profitent des compétences de l'équipe ; ils concernent à la fois :

- le matériel (processeurs généralistes, architectures émergentes),
- le logiciel (arithmétique et précision),
- les outils de simulation ou de certification automatique,
- les applications (algorithmique numérique, cryptographie, systèmes embarqués critiques, calcul formel, théorie du contrôle).

La figure suivante synthétise le positionnement de ces différentes actions en vue de l'objectif général de nos recherches ainsi que les interactions des principaux domaines de compétences de l'équipe.



action 1 - Mieux exploiter le parallélisme d'instructions.

La tendance actuelle est de consacrer les transistors supplémentaires du composant à la multiplication des cœurs et tirer parti du parallélisme de tâches [dali-acl-6], plutôt que du parallélisme d'instructions. Notre avis est que la multiplication des cœurs on-chip a ses limites qui ne sont sans doute pas loin d'être atteintes. D'autre part, le parallélisme d'instructions est loin d'être exploité efficacement. Nos mesures récentes montrent que le degré de parallélisme des codes de la suite Mibench varie de 5 à 285 instructions exécutables par cycle, pour une moyenne de 57 IPC alors que les processeurs actuels en exécutent avec peine 2 par cycle. Le potentiel est inexploité.

Résultats obtenus. Pour mesurer l'efficacité des solutions proposées [dali-acl-7,dali-acl-8], il est nécessaire de disposer d'un outil de simulation souple et adaptable, représentatif aussi bien de processeurs génériques que de processeurs réels – pour se comparer à l'état de l'art et à l'état du marché. Le simulateur UNISIM (UNited SIMulation environment (<http://www.unisim.org>), a été adapté par notre équipe à cette fin. L'équipe DALI a dérivé un simulateur de processeur générique multi-cœur en s'appuyant sur une technique innovante de vectorisation des modules [dali-acti-59], simplifiant la duplication des unités du processeur (opérateurs, cœurs) et accélérant la vitesse de simulation.

action 2 - Exploiter les parallélismes de tâches et de données : GPGPU et multi-cœurs.

Les nouvelles architectures composées de plusieurs dizaines ou centaines de cœurs sont au centre du développement actuel du calcul hautes performances. Le but est de tirer partie du parallélisme de tâches

d'applications parallélisées à la main. Ces architectures sont soit composées de processeurs généralistes, soit encore de GPU (unités matérielles graphiques), cette fois pour exploiter le parallélisme de données par la vectorisation.

Résultats obtenus. La structure interne des GPU est largement inconnue. Cela contraint les développeurs dans leurs optimisations. Nous avons développé le simulateur de GPU Barra. Ce simulateur s'appuie sur nos divers travaux pour comprendre le fonctionnement de ces unités [dali-acl-3]. Les GPU utilisent principalement l'arithmétique flottante mais nous avons montré qu'elle n'était pas conforme pas à la norme IEEE-754. Nous proposons une bibliothèque d'opérateurs IEEE754 en arithmétique par intervalle optimisée pour GPU [dali-acti-31]. Nous illustrons l'accélération des calculs introduits par ces GPUs sur un exemple de simulation numérique en énergétique [dali-acl 4]. Les GPU sont énergivores : nous mesurons leur consommation afin de pouvoir la modéliser et intégrer un modèle de consommation dans le simulateur Barra [dali-acti-29].

action 3 - Nouveaux algorithmes précis, validés et rapides.

La parade classique pour améliorer la précision du résultat d'un calcul en précision finie consiste à implanter les algorithmes avec des bibliothèques de précision arbitraire, ou étendue lorsque la vitesse des calculs est cruciale («double-double» et «quad-double»). L'originalité de l'approche suivie est l'étroite association entre les méthodes numériques d'analyse d'erreur et les propriétés fines de l'arithmétique en précision finie [dali-inv-18]. Nous proposons des algorithmes, les preuves et les logiciels associés qui produisent, en utilisant uniquement l'arithmétique IEEE-754, des solutions calculées plus précises, des bornes d'erreurs significatives et validées, et ce avec des performances de calcul compétitives sur les machines actuelles.

Résultats obtenus. Nous avons introduit des algorithmes compensés pour l'évaluation polynomiale et la résolution de systèmes linéaires triangulaires. Pour l'évaluation polynomiale en particulier, ces algorithmes produisent des résultats arbitrairement précis (arrondi correct) et assortis des bornes de validité, statique ou dynamique, sur l'erreur résiduelle [dali-acl-12,dali-acti-47]. Les algorithmes compensés qui doublent ou quadruplent la précision de calcul sont plus performants que les solutions alternatives existantes – au moins deux fois plus rapides en termes de vitesse de calcul. Nous avons montré que de telles performances étaient justifiées par un important parallélisme d'instructions de ces algorithmes, propriété exploitée par les architectures super-scalaires actuelles [dali-inv-19].

action 4 - Certification et applications.

La certification des applications qui calculent en précision finie est une nécessité. Les méthodes et les outils de certification sont variés (arithmétique d'intervalle, symbolique-numérique, preuve formelle, analyse statique) et dépendent fortement de la taille des codes et des domaines d'application. Deux approches ont été considérées dans cette voie. L'une, assez spécialisée et maintenant en sommeil, exploite la notion de pseudo-zéros de polynôme pour certifier, entre autres, la stabilité de problèmes de la théorie du contrôle.

Le recrutement en 2007 d'un MCF HDR (M. Martel) a permis d'orienter cette certification vers des applications de dimension plus industrielles : les traitements numériques réalisés par des systèmes embarqués critiques tels que, par exemple, le système de contrôle-commande numérique d'un avion. Pour cela, on étudie des techniques de validation et de transformation des calculs présents dans ces applications avec pour objectifs de majorer les erreurs d'arrondi dans des codes de grande taille, d'optimiser des programmes vis-à-vis de la précision numérique et de développer des outils automatiques et utilisables

industriellement. D'un point de vue théorique, ces travaux s'appuient sur des méthodes d'analyse statique de programmes par interprétation abstraite.

Résultats obtenus. Dans un premier temps, nous avons approfondi la connaissance des pseudo-zéros de polynômes. Nous avons adapté cette notion à la prise en compte des perturbations effectives introduites par l'arithmétique flottante sur les coefficients. Nous avons étendu ces pseudo-zéros à des polynômes d'intervalles [dali-acti-37] et proposons des algorithmes symboliques-numériques qui calculent de façon certifiée le rayon de stabilité et la pseudo-abscisse d'un polynôme ; ce qui répond à des problèmes de stabilité en théorie du contrôle [dali-acl-11].

L'approche de certification actuellement développée s'appuie donc sur les méthodes d'analyse statique de programmes par interprétation abstraite. Nous détectons ainsi les pertes de précision numérique dues à l'utilisation des nombres flottants [dali-acl-14]. D'autre part, nous nous intéressons aux techniques de transformation sémantique de programmes afin d'en améliorer la qualité des calculs [dali-acl-15]. La sûreté des traitements numériques réalisés par des systèmes embarqués critiques a nécessité l'étude de sujets connexes : systèmes hybrides discrets-continus (pour modéliser l'environnement physique dans lequel évolue un système embarqué) et systèmes synchrones (tels que SCADE ou Simulink, très souvent employés dans l'industrie pour spécifier des systèmes embarqués) [dali-acl-2].

action 5 - Opérateurs arithmétiques pour la cryptographie.

Divers protocoles cryptographiques nécessitent des opérations arithmétiques efficaces et sûres. Les cryptosystèmes RSA et ECC sont deux des plus utilisés. Pour RSA, les protocoles nécessitent une exponentiation modulo un entier évaluée en une série de multiplications et de carrés modulaires. De même, l'implantation de protocoles basés sur les courbes elliptiques nécessite

une chaîne relativement longue de multiplications et d'additions dans un corps fini. L'arithmétique dans ces corps finis se ramène en général à une arithmétique entière modulaire et polynomiale.

Résultats obtenus. Nous avons proposé de nouvelles approches pour l'arithmétique dans les corps finis ainsi que pour l'arithmétique sur certaines classes de courbes elliptiques. Concernant les corps finis, nous avons introduit un nouveau type de base qui généralise les bases normales [dali-acl-17], ainsi que de nouveaux algorithmes utilisant des méthodes d'interpolation pour la multiplication dans les corps finis [dali-acl-13]. Concernant l'arithmétique des courbes, pour certaines classes de courbes elliptiques, nous avons proposé des formules de triplement et de multiplication par 5 plus efficaces [dali-acl-16]. Certains de ces résultats ont donné lieu à des publications communes avec des membres de l'EP ARITH.

Prospective scientifique

Du bilan précédent ressortent deux axes qui vont structurer nos recherches à moyen terme en renforçant l'interaction des compétences de l'équipe.

L'accent sera ainsi mis sur le développement de logiciels (simulateurs ou transformation pour la précision) et leur valorisation, tout en maintenant une bonne activité de publication et en poursuivant des collaborations avec le LIRMM (entre autres les équipes ARITH -cryptographie et SysMIC -simulation-).

Simulation et nouvelles architectures hétérogènes.

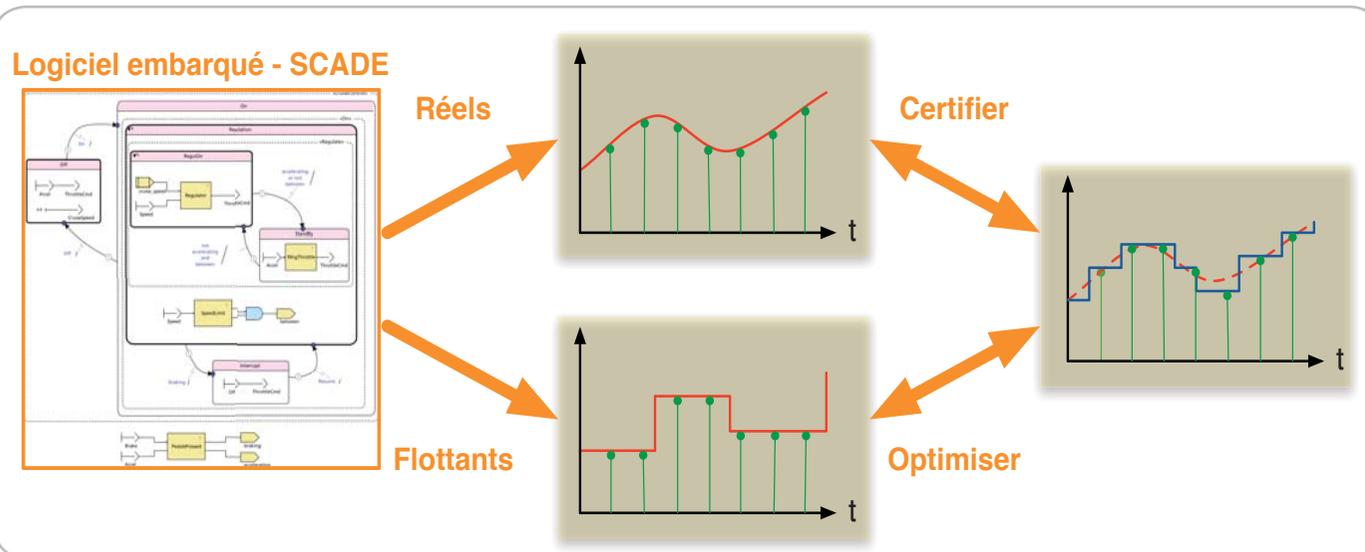
Les outils de simulation développés ces dernières années constituent le cadre idéal pour explorer puis concevoir des unités qui optimisent l'adéquation ressources/applications dans la continuité des actions 1 et 2. Par exemple, concernant l'action 1, nous avons réalisé

très récemment un calculateur d'ilp (parallélisme d'instructions) et sur cette base nous développons actuellement un calculateur d'ipc (instructions par cycle) paramétré par une contrainte. Ces outils devraient nous permettre d'une part de caractériser les ressources nécessaires aux applications et d'autre part de mesurer l'impact de l'attribution de ces ressources sur la performance. Concernant l'action 2, le simulateur de GPU Barra est opérationnel et devrait être complété d'un modèle d'estimation de la consommation.

Transformation automatique de programmes.

Le développement d'un logiciel d'analyse et de transformation automatiques de programmes pour améliorer leur qualité numérique permet l'intégration ambitieuse de l'expertise des actions 1, 3 et 4. Comme l'illustre la figure suivante, ce logiciel a pour but de permettre de certifier et optimiser des logiciels critiques issus de systèmes embarqués industriels : on considère, d'une part, une description de haut niveau d'un logiciel (en SCADE par exemple), dans laquelle les calculs sont supposés exacts et, d'autre part, l'implémentation du même logiciel, dans laquelle les résultats des calculs sont arrondis.

La certification consiste à borner, pour toutes les exécutions possibles, l'écart entre les deux calculs. L'optimisation consiste à transformer l'implémentation afin de se rapprocher des résultats théoriques. Ce travail est soutenu par la Fondation pour la Recherche en Aéronautique et l'Espace (FNRAE).



Publications significatives

[dali-acl-6]
Semi-automatic composition of loop transformations for deep parallelism and memory hierarchies.
S. Girbal, N. Vasilache, C. Bastoul, A. Cohen, D. Parello, M. Sigler, O. Temam.
Int. J. Parallel Program., 34(3) :261-317, 2006.

[dali-acl-7]
The instruction register file micro-architecture.
B. Goossens, D. Defour.
Future Generation Comp. Syst., 21(4) :767-773, 2005.

[dali-acl-8]
Ordonnancement distribué d'instructions.
B. Goossens, D. Defour.
Technique et Science Informatiques, 25(7) :827-844, 2006.

[dali-acti-59]
Improving cycle-level modular simulation by vectorization.
D. Parello, M. Bouache, B. Goossens.
Rapid Simulation and Performance Evaluation : Methods and Tools (RAPIDO'09), 4th International Conference on High-Performance and Embedded Architectures and Compilers (HiPEAC), pp. 63-68, 2009.

[dali-acl-3]
Etat de l'intégration de la virgule flottante dans les processeurs graphiques.
S. Collange, M. Daumas, D. Defour.
Revue des sciences et technologies de l'information, 27/6:719-733, 2008.

[dali-acl-4]
Line-by-line spectroscopic simulations on graphics processing units.
S. Collange, M. Daumas, D. Defour.
Computer Physics Communications, 178 :135-143, 2008.

[dali-acti-31]

A gpu interval library based on boost interval.
S. Collange, J. Flóres, D. Defour.
Real Numbers and Computers, pages 61-72, 2008.

[dali-acti-29]

Power consumption of GPUs from a software perspective.
S. Collange, D. Defour, A. Tisserand.
ICCS 2009, volume 5544 of Lecture Notes in Computer Science, pages 922-931. Springer, 2009.

[dali-acl-12]

Algorithms for accurate, validated and fast computations with polynomials.
S. Graillat, P. Langlois, N. Louvet.
Japan Journal of Industrial and Applied Mathematics, Special issue on Verified Numerical Computation. 26(2-3):1--24, 2009.

[dali-inv-18]

Compensated algorithms in floating point arithmetic.
P. Langlois. (Invited plenary speaker).
12th GAMM - IMACS International Symposium on Scientific Computing, Computer Arithmetic, and Validated Numerics, Duisburg, Germany, 2006.

[dali-inv-19]

Performance analysis of some accurate and validated algorithms.
P. Langlois. (Invited speaker).
International Workshop on Verified Numerical Computations and its Applications, Miyako, Japon, 2009.

[dali-acti-47]

How to ensure a faithful polynomial evaluation with the compensated Horner algorithm ?
P. Langlois and N. Louvet.
18th IEEE International Symposium on Computer Arithmetic, pages 141-149. IEEE, 2007.

[dali-acti-37]

Pseudozero set of interval polynomials.
S. Graillat, P. Langlois.
21st Annual ACM Symposium on Applied Computing, volume 2, pages 1655-1659. 2006.

[dali-acl-11]

Real and complex pseudozero sets for polynomials with applications.
S. Graillat, P. Langlois.
Theor. Inform. Appl., 41(1) :45-56, 2007

[dali-acl-14]

Semantics of roundoff error propagation in finite precision computations.
M. Martel.
Journal of Higher Order and Symbolic Computation, pages 7-30, 2006.

[dali-acl-15]

Enhancing the implementation of mathematical formulas for fixed-point and floating-point arithmetics.
M. Martel.
Journal of Formal Methods in System Design, 2009.

[dali-acl-2]

Différentiation automatique et formes de Taylor en analyse statique de programmes numériques.
A. Chapoutot and M. Martel.
Journal des Techniques et Sciences Informatiques (TSI), pages 503-531, 2009.

[dali-inv-20]

Enhancing the implementation of mathematical formulas for fixed-point and floating-point arithmetics (invited paper).
M. Martel.
International Workshop on Numerical Abstractions for Software Verification, 2008.

[dali-acl-17]

Finite field arithmetic using quasi-normal basis.
C. Negre.
Finite Fields and Their Applications, 13 :635-647, 2007.

[dali-acti-43]

Subquadratic space complexity multiplier for a class of finite fields using Toeplitz matrix approach.
A. Hasan, C. Negre.
19th IEEE International Symposium on Computer Arithmetic, 2009.

[dali-acti-22]

Subquadratic space complexity multiplication over binary fields with dickson polynomial representation.
A. Hasan and C. Negre.
WAIFI 2008, Sienna, Italy, volume 5130 of LNCS, pp. 88-102, 2008

[dali-acl-13]

Arithmetic operations in finite fields of medium prime characteristic using lagrange representation.
J.-C. Bajard, L. Imbert, C. Negre.
IEEE Trans. Comp., 55(9), pp.1167-1177, 2006.

IDH

Interactive Digital Humans

Laboratoire d'Informatique, de Robotique et de Microélectronique de Montpellier

Département Robotique

Responsable :

Abderrahmane Kheddar
abderrahmane.kheddar@aist.go.jp
tel: +33 4 67 41 86 04

HUMANOÏDES ROBOTIQUES, MANNEQUINS VIRTUELS, HAPTIQUE, MODÈLES COGNITIFS POUR L'INTERACTION, COMMANDE POSITION/FORCE/VISION, MARCHÉ DYNAMIQUE

● Présentation

Le projet « Interactive Digital Humans » a comme objectif l'étude de systèmes cybernétiques d'inspiration humaine. Deux axes concourants et complémentaires constituent le cœur des travaux de recherche qui sont menés au sein de l'équipe : les *humanoïdes virtuels* - pour les systèmes avancés de prototypage virtuel, et la *robotique humanoïde* - telle qu'envisagée dans divers services où l'espace est partagé avec l'homme, e.g. services domotiques.

On met l'accent sur des modèles mathématiques fonctionnels et cognitifs dictés par l'interaction (qui incluent donc une capacité de communication avec un partenaire ou l'environnement). Il s'agit de comprendre et de traduire la nature et l'origine des actions humaines, leurs décomposition en mouvements, la dynamique de ces mouvements, leurs liens avec la perception, les méthodes d'imitations et de leurs transpositions sur les humanoïdes virtuels et robotiques, etc.

Le projet IDH est structuré autour des quatre axes de recherche suivants :

- Modélisation de l'interaction haptique,
- Coopération homme/robot et/ou homme/avatar
- Planification et génération de mouvements acycliques
- Perception multimodal active

équipe-projet LIRMM 2010

● Composition de l'équipe (2010)

Permanents	• Ahmed Chemori	CR	CNRS
	• André Crosnier	PR	UM2
	• Sébastien Druon	MCF	UM2
	• Philippe Fraise	PR	UM2
	• Abderrahmane Kheddar	DR	CNRS

Post-docs

- Vincent Bonnet (EADS)
- Sébastien Langagne (JRL)

Doctorants au 1/10/09	• Martin Battaglia	2008-2011
	• Mehdi Bénallègue	2007-2010
	• Karim Bouyarmane	2008-2011
	• Antoine Bussy	2009-2012
	• Sébastien Cotton	2007-2010
	• Emmanuel Dhooge	2009-2012
	• Torea Foissotte	2007-2010
	• François Keith	2008-2011
	• Bruno Adorno Vilhera	2008-2011

Autre collaborateur

- Nacim Ramdani (MCF, Université Paris 12)

● Publications 2009 sur la thématique

	ACL	ACLN	ASCL	INV	ACTI	ACTN	COM	AFF	OS	OV	DO	AP	BV	Prix	Orga
2009	5				26		1	2							

● Contrats

- Projet ANR ASSIST
- Projet ANR R2A2
- Conventions de recherche avec EADS, AREVA T&D

● Partenaires Industriels

- EADS
- AREVA T&D

● Collaborations nationales

- CEA-LIST (Claude Andriot, Alain Micaelli, Adrien Escande)
- Laboratoire d'Ingénierie des Systèmes de Versailles (Fathi Ben Ouezdou)
- Laboratoire d'Electronique de Electromagnétisme
- Laboratoire d'Analyse et d'Architecture des Systèmes (Jean-Paul Laumond, Nicolas Mansard)
- Institut des Sciences du Mouvement, Représentations et Actions Finalisées (Jean-Louis Vercher)
- Equipe INRIA BIPOP, INRIA Rhône-Alpes (Pierre-Brice Wieber)
- Equipe EDM, Université Montpellier 1 (Benoît Bardy)

● Coopérations internationales

- CNRS-AIST JRL UMI 3218/CRT
- Technique Universität Muenchen (TUM) (Martin Buss)
- Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne (Aude Billard)
- Stanford University (Oussama Khatib)

● Collaborations avec d'autres équipes-projet du LIRMM

- DEMAR
 - DEXTER
- en particulier

Présentation de l'équipe

Le projet « Interactive Digital Humans » (IDH) a comme objectif l'étude de systèmes cybernétiques d'inspiration humaine.

Deux axes concourants et complémentaires constituent le cœur des travaux de recherche qui sont menés au sein de l'équipe :

- les humanoïdes virtuels - pour les systèmes avancés de prototypage virtuel,
- et la robotique humanoïde - telle qu'envisagée dans divers services où l'espace est partagé avec l'homme, e.g. services domotiques.

On met l'accent sur des modèles mathématiques fonctionnels et cognitifs dictés par l'interaction (qui incluent donc une capacité de communication avec un partenaire ou l'environnement).

Il s'agit de comprendre et de traduire la nature et l'origine des actions humaines, leur décomposition en mouvements, la dynamique de ces mouvements, leurs liens avec la perception, les méthodes d'imitations et de leur transposition sur les humanoïdes virtuels et robotiques, etc.

Projet scientifique

Le projet IDH est structuré autour des quatre axes de recherche suivants :

Modélisation de l'interaction haptique

L'accent sera mis sur la recherche des modèles d'interaction haptique (i.e. physiques) pour réaliser des tâches collaboratives entre l'homme et un humanoïde : rendre un humanoïde proactif dans la réalisation d'une tâche physique avec l'homme nécessite la possibilité d'un partage équitable des responsabilités, d'anticiper sur l'action de l'homme, de prendre des initiatives de tâches, d'interpréter l'interaction haptique, etc.

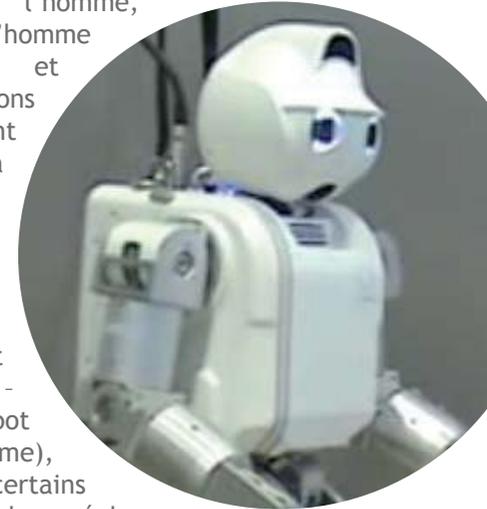
Plusieurs sujets d'étude sont envisagés :

- compréhension, modélisation et simulation des phénomènes comportementaux et cognitifs impliqués dans l'interaction haptique ;
- modélisation de certains phénomènes physiques sous-jacents, notamment non linéaires tels que les frottements, les déformations locales dans l'espace des contacts ;
- intégration/fusion des informations relatives aux différentes composantes du sens haptique (kinesthésie, toucher) - étude de nouvelles interfaces mieux adaptées aux capacités d'interaction de l'humain ;
- étude de la fonctionnalité haptique, incluant l'interface matérielle pour établir des contacts, pour les robots humanoïdes et pour les humanoïdes virtuels ;
- étude et développement de démonstrateurs

dans certaines interactions : opérateur humain/robot humanoïde, opérateur humain/avatar virtuel, éventuellement par l'intermédiaire de la manipulation d'un objet.

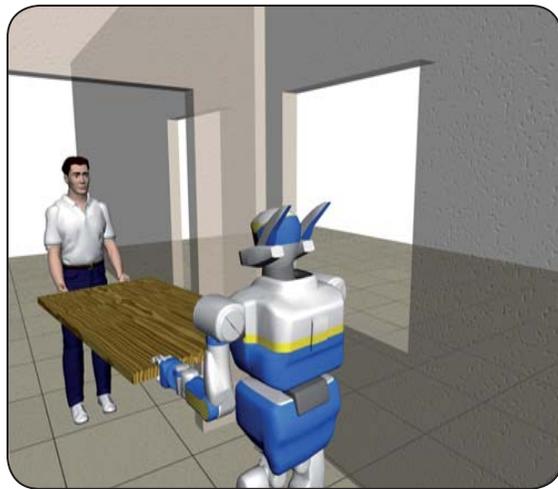
Coopération homme/robot et/ou homme/avatar

La robotique de service, d'accompagnement, ou personnelle constituent un potentiel important dans le développement futur des systèmes d'information et de communications. De nombreuses applications sont possibles et impliquent un large panel de paradigmes de travail collaboratif. Dans les situations de travail collaboratif, le robot doit pouvoir communiquer avec l'homme, interagir avec l'homme et l'environnement et interpréter les intentions de l'homme. L'accent sera mis sur la coopération homme/robot impliquant le contact haptique entre l'homme et le robot soit d'une façon directe (l'homme est au contact du robot - par exemple, le robot sert d'appui à l'homme), soit à travers certains éléments/objets virtuels ou réels de l'environnement (l'homme et le robot collaborent à une tâche commune - par exemple, le robot aide l'homme à transporter une charge).



Plusieurs sujets d'étude sont envisagés :

- étude de modèles permettant de représenter le mode collaboratif et les interactions qui en résultent - généralisation/déclinaison des modèles au cas de coopération homme/avatar - modèles d'incertitudes, etc.
- étude des stratégies de commande position/force/ vision pour les manipulateurs mobiles interagissant avec l'homme et son environnement immédiat,
- commande pour la marche dynamique des robots humanoïdes/bipèdes.



Planification et génération de mouvements acycliques

Contrairement aux manipulateurs à base fixe, les humanoïdes doivent établir de manière séquentielle et alternative des points d'appui : d'abord pour se déplacer en espace libre, mais également pour réaliser des mouvements complexes impliquant l'ensemble de leurs segments. Les contraintes déterminantes dans la sélection d'une succession de points d'appui en vue de la réalisation d'une tâche impliquant déplacement et action des membres supérieurs sont, en premier lieu, la stabilité (au sens de la prévention d'une possible chute), puis l'évitement des obstacles et, bien

évidemment, l'atteinte de l'objectif. Le problème se complique également du fait que le robot est susceptible d'utiliser toutes les parties de son corps pour prendre des points d'appui, et que beaucoup d'objets de l'environnement, y compris certains obstacles, sont aussi des appuis potentiels. Le problème peut être vu comme une généralisation de la « marche » dans le sens où, dans des environnements encombrés ou fortement contraints, la « marche » cyclique ne peut pas être réalisée. Pour un problème donné, il s'agit d'étudier une méthode capable de sortir une succession d'un ensemble de points d'appuis ; il convient dans un deuxième temps de réaliser le mouvement dynamique qui permet de transiter d'un ensemble d'appuis vers le suivant sachant que deux ensembles successifs ont une intersection non vide (à moins de faire des sauts). Réaliser ces mouvements nécessite d'étendre et de revisiter les concepts de stabilité. Une implémentation sur le robot nécessite de détecter le contact et recouvrir les incertitudes de l'environnement et des modèles.

Dans une deuxième étape, une approche cognitive est à développer lorsque le robot interagit physiquement avec l'opérateur humain. Par exemple, l'opérateur est en contact direct avec le robot (assistance physique) ou réalisation de tâches collaboratives. Les approches précédentes doivent alors prendre en compte une génération d'appui conforme à ce que l'opérateur souhaite voir.

Perception multimodal active

Le lien perception et action est extrêmement étroit chez l'homme. Le modèle classique de la boucle perception/action telle qu'appliquée en robotique a clairement montré ses limites dans les utilisations pratiques qui restent très inspirées par la robotique industrielle et les boucles de rétroaction automatiques. L'idée est de lier la perception et l'action plus étroitement de manière à ce qu'elles soient plutôt interchangeables, éventuellement de manière dynamique, tout au long de l'exécution de la tâche : il y a une redondance des

percepts qui composent l'information qu'il convient d'exploiter de manière identique à l'action.

Les sujets d'étude suivants sont envisagés :

- fusion vision/haptique pour l'action ;
- stratégies exploratoires basées sur la perception multimodal active pour la planification et la génération de mouvements ;
- modèles pour la représentation d'environnement dynamique - interprétation du lien perception/action pour la mise à jour de l'environnement.

Liste détaillée des publications (2009)

Articles dans des revues internationales ou nationales avec comité de lecture

N. Mansard, O. Khatib, A. Kheddar, "A unified approach to integrate unilateral constraints in the stack of tasks", IEEE Transactions on Robotics, Vol. 25, No 3, pp. 670-685, 2009.

O. Stasse, R. Ruland, F. Lamiroux, A. Kheddar, K. Yokoi, W. Prinz, "Integration of humanoid robots in collaborative working environments: a case study on motion generation", Intelligent Service Robotics, Vol. 2, No 3, pp. 153, 2009.

H. Mohellebi, A. Kheddar, S. Espié, "Adaptive haptic feedback steering wheel for driving simulators", IEEE Transactions on Vehicular Technology, Vol. 58, No 4, May, pp. 1654-1666, 2009.

M. Guiatni, A. Bénallegue, A. Kheddar, "Learning thermal display for telepresence based on neural identification and heat flux control", PRESENCE: teleoperators and virtual environments, Vol. 18, No 2, pp. 156-156, April, MIT Press, 2009.

S. Cotton, A. Murray, P. Fraitse, "Estimation of the

Center of Mass: From Humanoid Robots to Human Beings”, IEEE/ASME Transactions on Mechatronics, in press, 2009

Communications par affiche dans un congrès international ou national

O. Stasse, P. Evrard, N. Perrin, N. Mansard, A. Kheddar, “Fast foot prints re-planning and generation during walking in physical human-humanoid interaction”, IEEE-RAS International Conference on Humanoid Robots (poster presentation), December 7-10, Paris.

P. Pierro, O. Stasse, A. Kheddar, K. Yokoi, C. Balaguer, “Humanoid feet trajectory generation for the reduction of the dynamical effects”, IEEE-RAS International Conference on Humanoid Robots (poster presentation), December 7-10, Paris.

Communications orales sans actes dans un congrès international ou national - à confirmer

P. Evrard, E. Gribovskaya, S. Calinon, A. Billard, A. Kheddar, “Teaching physical collaborative tasks: object-lifting case study with a humanoid”, IEEE-RAS International Conference on Humanoid Robots (Oral presentation 14%), December 7-10, Paris.

Communications avec actes dans un congrès international

F. Keith, N. Mansard, S. Miossec, A. Kheddar, “From discrete mission schedule to continuous implicit trajectory using optimal time warping”, 19th International conference on automated planning and scheduling, (submitted as short paper), septembre 19-23, Thessaloniki, Greece, 2009.

F. Keith, N. Mansard, S. Miossec, A. Kheddar, “Optimization of tasks warping and scheduling for smooth sequencing of robotic actions”, IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robotics and

Systems (IROS), 11-15 October, Saint Louis, MO, USA, 2009.

P. Evrard, N. Mansard, O. Stasse, A. Kheddar, T. Schauß, C. Weber, A. Peer, M. Buss,, “Intercontinental, Multimodal, Wide-Range Tele-Cooperation Using a Humanoid Robot”, IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robotics and Systems (IROS), 11-15 October, Saint Louis, MO, USA, 2009.

A. Escande, A. Kheddar, “Contact planning for acyclic motion with tasks constraints”, IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robotics and Systems (IROS) Papier + VIDEO, 11-15 October, Saint Louis, MO, USA, 2009.

M. Battaglia, L. Blanchet, A. Kheddar, S. Kajita, K. Yokoi, “Combining haptic sensing with safe physical interaction”, IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robotics and Systems (IROS), 11-15 October, Saint Louis, MO, USA, 2009.

V. Bonnet, P. Fraithe, N. Ramdani, J. Lagarde, S. Ramdani, B. G. Bardy, A robotic closed-loop scheme to model human postural coordination, IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems, IROS 2009, October 11-15th, Saint Louis, USA.

S. Lengagne, N. Ramdani, P. Fraithe, Planning and Fast Re-Planning of Safe Motions for Humanoid Robots : Application to a Kicking Motion, IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems, IROS 2009, October 11-15th, Saint Louis, USA.

C.S. R. Aguiar, S. Druon, A. Crosnier, “Pairwise Region-Based Scan Alignment”, IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems, IROS 2009, October 11-15th, Saint Louis, USA.

F. Keith, N. Mansard, S. Miossec, A. Kheddar, “Optimized time-warping tasks scheduling for smooth sequencing”,

IFAC Symposium on Robot Control, 9-12 September, Gifu, Japan, 2009.

A. Escande, A. Kheddar, “Planning contact supports for acyclic motion with task constraints and experiment on HRP-2”, IFAC Symposium on Robot Control, 9-12 September, Gifu, Japan, 2009.

J. Citérin, A. Kheddar, “Patterning IPN-CP actuators and applications”, IEEE/ASME Conference on Advanced Intelligent Mechatronics (AIM), July 14-17, Singapour, 2009.

M. Guiatni, V. Riboulet, A. Kheddar, “Design and evaluation of a haptic interface for interactive simulation of minimally-invasive surgeries”, IEEE/ASME Conference on Advanced Intelligent Mechatronics (AIM), July 14-17, Singapour, 2009.

P. Evrard, A. Kheddar, “Homotopy-based controller for human-robot physical collaboration”, IEEE International Symposium on Robot and Human Interactive Collaboration, (RO-MAN), Sep. 27-Oct. 2, Toyama, Japan, 2009.

S. Endo, P. Evrard, A. Kheddar, A. Wing, “Joint action and reaction: adaptive control in cooperative object lifting”, Neuroscience, October 17-21, Chicago, US, 2009.

N. Mansard, O. Stasse, P. Evrard, A. Kheddar, “A versatile generalized inverted kinematics implementation for collaborative working humanoid robots: the Stack of Tasks”, International Conference in Advanced Robotics (ICAR), June 22-26, Munich, Germany, 2009.

S. Calinon, P. Evrard, E. Gribovskaya, A. Billard, A. Kheddar, “Learning collaborative manipulation tasks by demonstration using a haptic interface”, International Conference in Advanced Robotics (ICAR), June 22-26, Munich, Germany, 2009.

A. Sobhee, S. Druon, A. Crosnier, "Human-Performed Assembly Task Evaluation through a Virtual Operator", International Conference in Advanced Robotics (ICAR), June 22-26, Munich, Germany, 2009.

M. Benallegue, A. Escande, S. Miossec, A. Kheddar, "Fast C1 proximity queries using support mapping of sphere-torus-patches bounding volumes", IEEE International Conference on Robotics and Automation (ICRA), May 12-17, Kobe, Japan, 2009.

K. Bouyarmane, A. Escande, F. Lamiroux, A. Kheddar, "Potential field guide for humanoid multicontacts acyclic motion planning", IEEE International Conference on Robotics and Automation (ICRA), May 12-17, Kobe, Japan, 2009.

T. Foissotte, O. Stasse, A. Escande, P-B. Wieber, A. Kheddar, "A two-steps next-best-view algorithm for autonomous 3D object modeling by a humanoid robot", IEEE International Conference on Robotics and Automation (ICRA), May 12-17, Kobe, Japan, 2009.

S. Lengagne, N. Ramdani, P. Fraise, "Safe motion planning computation for databasing balanced movement of Humanoid Robots", IEEE ICRA 2009, 12-17 May 2009, Kobe, Japan.

P. Evrard, A. Kheddar, "Homotopy switching model for dyad haptic interaction in physical collaborative tasks", WorldHaptics, 18-20 March, Utah, USA, 2009.

S. Miossec, A. Kheddar, "Human hand motion in cooperative tasks: moving object case study", IEEE International Conference on Robotics and Biomimetics (ROBIO), December 14-17, Bangkok, Thailand, 2008.

V. Bonnet, P. Fraise, N. Ramdani, J. Lagarde, S. Ramdani, B. G. Bardy, "A closed loop musculoskeletal model of postural coordination dynamics", IEEE Conference on Decision and Control, CDC'09, December 16th-18th, Shanghai, China.

S. Cotton, A. Murray, P. Fraise, "Center of Mass Acceleration Characteristics of Humanoids", submitted to IEEE Humanoids 2009, December 7-10, Paris.

V. Bonnet, B. Bardy, P. Fraise, J. Lagarde, N. Ramdani, S. Ramdani, "A closed-loop controller to model postural coordination", International Conference on Perception and Action, July 12-17th, 2009, Mineapolis, USA.

S. Cotton, A. Murray, P. Fraise, "Estimation of the Center of Mass using Statically Equivalent Serial Chain", ASME 2009 International Conferences & Computers and Information in Engineering, July 30 - Sept. 02, 2009, San Diego, CA, USA.

Le Laboratoire d'informatique, de robotique et de microélectronique de Montpellier est une unité mixte CNRS et Université Montpellier 2

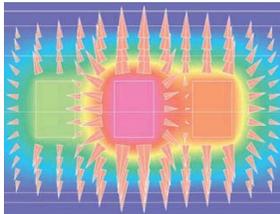
Bienvenue à LIRMM Infos ! Une des particularités de notre laboratoire est que théorie, outils, expérimentations et applications sont des facettes de nos recherches présentes dans tous nos domaines de compétences scientifiques. Compte tenu de la richesse et de la diversité de notre actualité, nous vous proposons une synthèse régulière sur quelques faits marquants de la vie du laboratoire.

Michel Robert, Stefano Cerri, François Pierrot



Le LIRMM et le LAAS, partenaires dans la formidable aventure "Humanoïde". HPR-2, né au Japon en 2003, 1m54 pour 58 kg, a été officiellement présenté le 30 juin à Toulouse (LAAS) par le Japan Robotics Laboratory (JRL). Le JRL est organisé depuis 2005 autour de 2 centres regroupant des chercheurs des 2 nationalités : le JRL-Japon à Tsukuba et le JRL-France à Toulouse. Le JRL-France est structuré autour d'un noyau de chercheurs issus du LAAS et du LIRMM. Avec HPR-2, acquis par le CNRS dans le cadre du JRL, la communauté française en robotique bénéficie d'un extraordinaire outil d'expérimentation. Il existe actuellement 14 plateformes de robotique humanoïde de type HPR-2 mais celle-ci est la première à quitter le Japon. Un appel à projet a été lancé au printemps dernier et aujourd'hui 14 projets, issus d'une dizaine d'équipes françaises, sont engagés autour d'HRP-2. On retrouve le LIRMM dans les

suite p. 2



Le LIRMM accueilli au sein du pôle de compétitivité mondial "Solutions Communicantes Sécurisées" (SCS). Le LIRMM est, depuis le mois de Juin 2006, membre à part entière du pôle de compétitivité mondial SCS. Les pôles de compétitivité, lancés en 2004 par le gouvernement, ont pour mission de "favoriser le dynamisme des entreprises françaises et d'accompagner les projets innovants, créateurs de valeur ajoutée et d'emploi". Le pôle SCS est l'un des 6 pôles mondiaux, leaders incontestés dans leur domaine, ayant déjà une visibilité et un positionnement mondial. La vocation du pôle SCS est donc d'offrir la plus grande expertise mondiale dans le domaine des solutions communicantes sécurisées qui font appel aux métiers suivants : microélectronique, objets communicants sécurisés, télécommunications, logiciels et multimédia. Il vise également à développer de nouveaux produits parmi les plus performants et à accroître sa présence sur de nouveaux secteurs (santé, identité numérique, sécurité, etc.).

suite p.2

Encore un record de vitesse pour le robot Par4 ! Le robot Par4 est développé depuis 2003 par le LIRMM dans le but de proposer un robot dédié aux applications de prise et dépose d'objets (ou "pick-and-place"). L'objectif de ce développement était de créer un robot ayant des capacités en terme de vitesse et d'accélération très supérieures aux robots équivalents existants. Une version industrielle de ce robot est en cours de réalisation en partenariat avec Fatronik, fondation espagnole de recherche. Les résultats obtenus avec le prototype issu de cette collaboration ont montré que ce robot est capable d'atteindre des performances largement supérieures à celles des robots existants. Alors que ces derniers peuvent prétendre atteindre des accélérations de 10g et des temps de cycle de 0.33 s (soit une cadence de 180 pièces manipulées par minute), le Par4 atteint des accélérations de 20g, ce qui représente des temps de cycle de 0.25s (soit 240 pièces manipulées par minute). Une presse !

contact LIRMM : Vincent Nabat (nabat@lirmm.fr)



(Suite Pôle SCS)

Depuis quelques années, le LIRMM développe un axe de recherche stratégique dans le domaine sécuritaire et cryptographique. Il a donc trouvé tout naturellement sa place au sein du pôle SCS. Les partenaires du LIRMM dans ce contexte sont les principaux acteurs industriels de la microélectronique en région PACA, à savoir : STM, Philips, Atmel, Gemplus.

L'Université Montpellier 2 est ainsi, à ce jour, le seul partenaire universitaire hors région PACA.

Parallèlement à ces partenariats, cet axe de recherche s'appuie sur des coopérations internationales et nationales établies notamment dans le cadre de projets ANR. C'est également une action transversale au sein de l'université puisqu'il implique d'ores et déjà des enseignants-chercheurs des équipes d'informatique et de microélectronique du LIRMM, mais aussi des enseignants-chercheurs du département de mathématiques (I3M).

Au cours des 4 dernières années, 10 thèses ont été réalisées dans le cadre de conventions établies entre le LIRMM et les sociétés du pôle SCS. 3 d'entre elles portaient directement sur le thème de la sécurité numérique. Ces collaborations se renforcent encore aujourd'hui avec 7 nouvelles thèses (CIFRE) et plus de 10 projets étudiants au niveau Master dans ce domaine. Le LIRMM participe au projet structurant Nano 2005-2008 (Sécurité des systèmes embarqués) du pôle SCS. Le projet soutenu par l'ANR, ICTER, portant sur la "Confidentialité et l'intégrité des données sur les composants reconfigurables", a été labellisé en 2005 et est actuellement en cours (2006-2009). De plus, 3 projets ANR auxquels participe le LIRMM sont actuellement en cours de labellisation par le Pôle SCS (Attaques et contre-mesures, Santé et sécurité, Courbes elliptiques et hyper-elliptiques). Voir aussi la Lettre Pôle SCS Mag n°4 à l'adresse <http://www.pole-scs.org/newsletter/juin/newsletter.html>

contact LIRMM : Michel Robert (robert@lirmm.fr)

(Suite humanoïde)

projets sur la locomotion bipède, l'interaction physique et la manipulation, la prise de décision et l'interaction avec l'homme.

Le LIRMM dispose d'un outil de simulation réaliste qui permet de tester des algorithmes avant de les implanter sur le robot réel installé au LAAS. Des chercheurs des départements d'informatique et de robotique du LIRMM viennent de participer à un cycle de formation qui leur ouvre les portes du premier moyen expérimental de ce type en Europe.

Le département scientifique Ingénierie du CNRS vient par ailleurs de cofinancer une plateforme humanoïde complémentaire au LIRMM.

Pour visionner la journée organisée par le LAAS le 30 juin dernier et avoir plus de détails sur la robotique humanoïde :

<http://www2.laas.fr/laas/1-4276-Evenements.php>

contact LIRMM : François Pierrot (pierrot@lirmm.fr)

Les concours chercheurs CNRS 2006

- Recrutement DR2 CNRS de Valérie Berthé
- Recrutement CR1 CNRS de Gérard Subsol
- Recrutement CR2 CNRS de Thierry Monteil



Bème concours national d'aide à la création d'entreprises de technologies innovantes : 3 lauréats partenaires du LIRMM.

C'est dans la rubrique "Emergence-Développement" qu'ont été primés 3 porteurs de projets dont les travaux sont co-développés avec le LIRMM dans le cadre du LRI (Languedoc-Roussillon Incubation) et des services Valorisation de l'Université Montpellier 2 et du CNRS : Michaël Chapman (conception et développement des processeurs embarqués 32-bit type RISC), Miren Lafourcade (logiciels qui s'auto-modifient pour répondre aux besoins des entreprises) et Laurent Rougé (Menta - self-adapting components for microelectronics). Ces dossiers ont été sélectionnés par des jurys régionaux puis nationaux, en partenariat avec Oséo Anvar et l'Agence nationale de la recherche, parmi 1149 propositions.

Pour tout savoir sur les 166 lauréats et sur ce concours organisé par le Ministère de l'éducation nationale, l'enseignement supérieur et la recherche, rendez-vous sur le site :

<http://www.recherche.gouv.fr/technologie/concours/2006/index.htm>

Les congrès de la rentrée 2006

- PATMOS'06 - 13 / 15 septembre
Power and Timing Modeling, Optimization and Simulation
- PERPI'06 - 3 / 5 octobre
Conférences conjointes RenPar'17 / SympA'2006 / CFSE'5 / JC'2006
- OTM'06 - 29 octobre / 3 novembre
CoopIS/DOA/ODBASE/GADA - OTM federated conferences and workshops

Tous les détails sur <http://www.lirmm.fr/xml/fr/0325-18.html>

Le Laboratoire d'informatique, de robotique et de microélectronique de Montpellier est une unité mixte CNRS et Université Montpellier 2

Dans ce numéro, nous vous proposons de découvrir deux exemples de travaux menés au LIRMM à la frontière de nos disciplines, à l'interface avec les domaines du "vivant" (plateforme bioinformatique ATGC) et de "l'information géographique" (projet SYSCOLAG). Ces deux thèmes illustrent l'importance d'une mutualisation des ressources au travers de plateformes pour développer des programmes de recherche ambitieux.

Michel Robert



L'équipe D'OC du LIRMM, l'Unité Désertification de l'IRD, l'UMR TETIS (CEMAGREF-ENGREF CIRAD), le Cepralmar, la Région LR : partenaires dans la mutualisation de ressources

MDweb, outil de catalogage et de localisation de ressources, accessible sur la toile, est né de la collaboration de quatre partenaires au sein de projets de recherche : ROSELT, Observatoire de la Désertification et SYSCOLAG, catalogues de données sur les systèmes côtiers et lagunaires du Languedoc-Roussillon. Cet outil logiciel est fondamental pour la mise en œuvre d'infrastructures d'informations spatiales selon la future directive européenne INSPIRE (The Infrastructure for Spatial Information in Europe). Il s'agit de promouvoir une large diffusion et utilisation des données notamment spatiales par l'harmonisation de leurs référencement et échange. MDweb est un outil générique, open source (licence libre française CeCILL). Il s'appuie sur les standards de métadonnées de l'information géographique (ISO 19115, CEN) pour le référencement des ressources et sur les standards de communication de l'Open Geospatial Consortium (OGC). Le moteur de recherche intégré est accessible à tout public et propose des recherches multi-critères guidées par les dimensions spatiales (interface cartographique) et thématiques (thesaurus) des ressources.

suite p.2



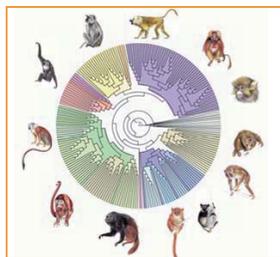
Deux nouveaux projets européens pour le LIRMM

AccuRobAs (Accurate Robot Assistant) destiné au développement d'un robot d'assistance, léger et compliant, pour les besoins chirurgicaux lors de manipulation fine. AccuRobAs regroupe 6 partenaires, allemands, français et italiens.

contact LIRMM : Philippe Poinet (poinet@lirmm.fr)

LOGOS (Knowledge-on-demand for Ubiquitous Learning) a deux objectifs principaux : d'une part l'intégration de nombreuses techniques (web, TV, mobiles) pour fournir des matériaux d'enseignement ; d'autre part, l'utilisation d'archives numériques comme ressources pour construire des composants d'apprentissage. LOGOS regroupe 15 partenaires de 8 pays.

contact LIRMM : Michel Chein (chein@lirmm.fr)



ATGC la plateforme bioinformatique du LIRMM

Depuis 2000, l'équipe MAB (Méthodes et Algorithmes pour la Bioinformatique) diffuse dans la communauté scientifique les logiciels qu'elle produit. Cette démarche a reçu le soutien du Réseau National des Génomiques (RNG) et du CNRS, et a conduit l'équipe à fournir des ressources de calcul aux utilisateurs de ces logiciels. Des serveurs dédiés sont accessibles via un site web mis en place en 2003. Cette infrastructure constitue la plateforme bioinformatique ATGC (du nom des quatre acides nucléiques composant l'ADN) accessible sur <http://ATGC.lirmm.fr>. Celle-ci est orientée vers les études évolutives, la génomique comparative, et l'analyse des données d'expression génique. Sa principale vocation est la diffusion des logiciels créés par l'équipe MAB, qui peuvent être utilisés en ligne sur ATGC et/ou téléchargés gratuitement.

suite p.2

(Suite Plateforme Bioinformatique) **ATGC bénéficie à de très nombreux utilisateurs. Le seul logiciel PHYML, destiné à reconstruire la phylogénie (ou arbre évolutif, au sens de Darwin) de séquences biologiques (ADN ou protéines), a été téléchargé plus de 4.000 fois, exécuté près de 20.000 fois, et cité plus de 400 fois. Il a été, à ce titre, distingué par le Science Citation Index en février 2005. PERMUTMATRIX, publié en 2005 et destiné à l'analyse des données d'expression géniques (telles que produites par la technique des puces à ADN, et destinées à donner une image de la vie cellulaire à un instant donné) a déjà été téléchargé plus de 600 fois, par des utilisateurs du monde entier. ATGC a aujourd'hui acquis une renommée internationale.**

Récemment, l'équipe a reçu un fort soutien du RNG, permettant d'engager un nouvel ingénieur en CDD et d'acheter une ferme de calcul (ou cluster), pour la constitution d'une plateforme nationale de phylogénie moléculaire. Ce projet sera réalisé en collaboration avec le laboratoire Information Génomique et Structurale de Marseille (unité propre du CNRS). La nouvelle plateforme intégrera les logiciels et méthodes provenant des laboratoires français leaders dans les domaines bioinformatiques et centrés sur l'analyse phylogénétique et la génomique comparative.

contact LIRMM

Olivier Gascuel (gascuel@lirmm.fr)

Projets ANR : un bon succès

L'année 2005 a été couronnée par l'obtention de 8 projets ANR : 4 en informatique (EIFFEL, FORUM, SPANGEO, SAPHIR), 3 en robotique (INTELPICK, EROS 3D, TSAR) et 1 en microélectronique (ICTER). Pour 2006, 5 ont d'ores et déjà été acceptés : 3 en informatique (MYTOSIS, GRAAL, CANAR) 1 en robotique (SHERPA) et 1 en microélectronique (MIDISPP). 8 sont encore à l'étude.

contact LIRMM

Michel Robert (robert@lirmm.fr)

(Suite SYSCOLAG)

Le service de catalogage est aussi accessible par authentification de l'utilisateur pour proposer des fonctionnalités d'administration (gestion de catalogues), de saisie (fiche de métadonnées) et d'échanges (export/import de fiches de métadonnées de sources extérieures). Bien que les avantages du catalogage soient largement reconnus (qualité et cohérence de l'information), la saisie des références reste une opération délicate et souvent considérée comme fastidieuse. MDweb pallie ces contraintes en offrant la possibilité de personnaliser l'ensemble des rubriques nécessaires à la description des ressources, de fixer le choix de référentiels (thématique et/ou spatial) d'aide à la saisie et d'assurer l'automatisation partielle de celle-ci.

Pour plus de détails, consultez le site : <http://www.mdweb-project.org/>

contact LIRMM : Thérèse Libourel (libourel@lirmm.fr)

Election à l'Université Montpellier II

Danièle Héryn (PR UMII - LIRMM Département Informatique) a été élue Vice-présidente du Conseil scientifique de l'Université Montpellier II.

Nomination au département Ingénierie (ST2I) du CNRS

Michel Renouell (DR CNRS - LIRMM Département Microélectronique) a été nommé Chargé de Mission Relations Européennes et Transversalité sections 7/8.

Ils arrivent au LIRMM

Annie Aliaga - TCS INRIA, Assistante de projets, ADM
Annie Chateau - Maître de conférence UMII, Dép INFO, équipe MAB
Ahmed Chemori - CR2 CNRS, Dép ROB, équipe DEXTER
Abdelkader Gouaich - Maître de conférence UMII, Dép INFO, équipe KAYOU
Réli Legrand - Maître de conférence UMII, Dép INFO, équipe TATOO
Cécile Lukasik - TCN CNRS, Secrétaire de direction, ADM
Thierry Monteil - CR2 CNRS, Dép INFO, équipe ARITH
Nancy Rodriguez - Maître de conférence UMII, Dép INFO, équipe VAG
Gérard Subsol - CR1 CNRS, Dép ROB, équipe ICAR

Stefan Thomassé - Professeur UMII, Dép INFO, équipe VAG



Le Groupement d'Intérêt Public pour la Coordination Nationale de la Formation en Micro et Nanoélectronique de la GIP CNFM et l'Université Montpellier 2, ont fêté 20 ans de collaboration au service de l'enseignement et de la recherche en Microélectronique.

C'est, en effet, en 1986 que les services nationaux du CNFM ont été créés pour permettre aux universités et écoles françaises de disposer des outils de CAO industriels pour l'enseignement de la conception de circuits et systèmes microélectroniques. Au fil des ans, l'offre s'est étendue aux plateformes matérielles de vérification et de prototypage, à la formation des formateurs et enfin au test industriel. Hébergée par le Pôle CNFM de Montpellier, cette plateforme fonctionne comme une véritable centrale d'achat de matériels, logiciels et prestations à haute valeur technologique pour le bénéfice des étudiants qui peuvent ainsi se frotter aux réalités industrielles dès leurs premières années d'études. Les moyens étant déployés sur le territoire national, c'est plus de cent mille étudiants qui en ont bénéficié. La plateforme nationale du GIP CNFM s'appuie localement sur les compétences du LIRMM et de Polytech/Montpellier.

contact LIRMM : Pascal Nouet (nouet@lirmm.fr)



Le Laboratoire d'informatique, de robotique et de microélectronique de Montpellier est une unité mixte CNRS et Université Montpellier 2

Bienvenue au robot humanoïde HOAP3 qui vient de faire ses premiers pas au LIRMM ! Cette plateforme va être un vecteur important de recherches à l'interface de la robotique, de l'informatique et, au-delà, dans le domaine des sciences du mouvement. Le LIRMM continue ainsi son engagement sur la voie de l'interdisciplinarité.

Michel Robert



Le robot humanoïde HOAP3 s'installe au LIRMM

Les activités de recherche dans le domaine de la robotique humanoïde sont en plein essor. La création du laboratoire commun franco-japonais JRL (Joint Japanese-French Robotics Laboratory) basé à la fois au Japon (Tsukuba) et en France (Toulouse-LAAS et Montpellier-LIRMM) a fortement contribué à concrétiser, renforcer et dynamiser la communauté de la recherche robotique autour de cette thématique. Les deux robots humanoïdes sont au cœur des recherches du JRL. L'acquisition de HOAP3 par

le LIRMM, cofinancé à hauteur de 50% par le CNRS, se situe dans cette dynamique. Dans le cadre du JRL-France, le LIRMM va ainsi proposer à la communauté nationale une plateforme expérimentale ouverte pour la validation de modèles ou de méthodes de commande contribuant à la déambulation et la manipulation d'objets sous contrainte d'équilibre. Ce robot de 8,8 kg et de 60 cm de haut, dispose de 28 articulations motorisées. Il possède aussi un nombre important de capteurs tels que des accéléromètres, des gyromètres, un télémètre infra-rouge, des capteurs de pression et deux caméras.



Développement des partenariats avec le Maghreb

Le but poursuivi par la cellule internationale du LIRMM est d'intensifier la coopération avec des institutions performantes du Maghreb dans le cadre d'un partenariat équilibré. Sa démarche vise en particulier :

- ✓ les étudiants (accueil en Masters, stages de Masters ou Projets de Fin d'Etudes, thèses en cotutelles, développement de Masters communs avec possibilité de double diplôme, partenariat entre les Ecoles Doctorales) ;
- ✓ les chercheurs et les enseignants-chercheurs (échanges, projets communs, co-organisation de colloques et autres manifestations scientifiques, projets de recherche conjoints avec la perspective de développement de laboratoires internationaux associés) ;
- ✓ le transfert des technologies vers les institutions et entreprises maghrébines.

Plusieurs partenaires potentiels ont déjà été identifiés en Tunisie (à Tunis, Sfax et Sousse) et en Algérie (à Alger et Annaba). Une délégation tunisienne a été récemment reçue au LIRMM pour approfondir la mise en oeuvre des collaborations envisagées.

contact LIRMM :
Férid Rachdi (rachdi@lirmm.fr)

suite p.2

Distinctions

Elections "ECCAI fellows" 2006 (European Coordinating Committee for Artificial Intelligence) : Christian Bessiere (LIRMM département informatique), a reçu le titre d' "ECCAI fellow" lors de la dernière conférence européenne bis-annuelle d'intelligence artificielle qui s'est tenue en Italie. Cette distinction honore des chercheurs pour leur contribution au domaine de l'intelligence artificielle.

plus d'infos sur ECCAI : www.eccai.org

"A Simple, Fast, and Accurate Algorithm to Estimate Large Phylogenies by Maximum Likelihood", Stéphane Guindon and Olivier Gascuel. Citée 464 fois (Web of Sciences - déc. 06) et désignée "Fast breaking paper" par l'ISI (institut maintenant le Science Citation Index) en mai 05, cette publication du LIRMM vient de recevoir l'un des trois prix décernés par le conseil scientifique de la Génopole® aux publications les plus significatives liées à ses activités. C'est une marque de reconnaissance par la biologie des travaux informatiques réalisés au LIRMM.



(Suite HOAP3)

Cet ensemble est conçu autour d'une plateforme logicielle entièrement ouverte (RTLinux) donnant ainsi la possibilité à l'ensemble des chercheurs intéressés d'évaluer et valider en toute liberté leurs nouveaux développements théoriques concernant la modélisation, la commande, la vision ou l'apprentissage de ces robots.

Cette plateforme complète celle qui est déjà installée au LAAS à Toulouse, le robot HRP2, plus réaliste car de « taille humaine », mais aussi plus complexe. HOAP3 va permettre de faire avancer des travaux très rapidement, car sa mise en oeuvre est simple et ne nécessite pas de validations préalables sur simulateur. D'autre part, la plateforme logicielle utilisée pour piloter le robot facilitera l'intégration et la valorisation de travaux déjà développés sous Linux. En revanche, la petite taille de HOAP3 ne lui permet pas de réaliser toutes les tâches dévolues à un robot humanoïde dans un environnement de taille réelle. Pour ces essais, la plateforme installée au LAAS sera donc complémentaire. Enfin, HOAP3 dispose d'un lien de communication sans fil permettant d'effectuer des travaux de type téléopération ou collaboration de robots mobiles. Un des espoirs du LIRMM est de pouvoir bientôt disposer de plusieurs humanoïdes pour étudier la coopération de robots.

Les Journées Nationales de Robotique Humanoïde (JNRH) qui se tiendront à Montpellier les 29 et 30 mars 2007 (<http://www.lirmm.fr/JNRH>) seront l'occasion de découvrir HOAP3.

contact LIRMM :
Philippe Fraisse (fraisse@lirmm.fr)

Les congrès organisés par le LIRMM en 2007

JNRH'07	Journées Nationales de Robotique Humanoïde	29-30 mars
SADPI'07	Semantically Aware Document Processing and Indexing	21-22 mai
CryptArch'07	Cryptographic Architectures Embedded in Reconfigurable Devices	6-9 juin
ReCoSoC'07	Reconfigurable Communication Centric SoC	18-20 juin
ARITH'18	18th IEEE Symposium on Computer Arithmetic	24-27 juin
UEE'07	3rd Summer European University in Surgical Robotics	5-12 septembre
CLA'07	Intern. Conference On Concept Lattices and Their Applications	24-26 octobre
CORESA'07	COmpression et REprésentation des Signaux Audiovisuels	8-9 novembre



ELeGI, le partage pour mission

Le Projet Intégré Européen ELeGI (2004-2008) relève des projets de Technology Enhanced Learning. Il a pour objectif scientifique de constituer une architecture innovante pour l'apprentissage humain, fondée sur des Services Grid (Grid Shared Desktop). Les 23 partenaires européens de ce projet incluent 4 entreprises (dont Atos et Microsoft Research). Le coût total du projet est de 10 M€ et la contribution communautaire s'élève à 7,5 M€ ; avec une part de 10%, le LIRMM est le deuxième partenaire. Les résultats scientifiques sont consultables sur le site du LIRMM (J. Breuker, S. Cerri, P. Dugénie, C. Jonquet, P. Lemoisson). L'application directe est l'environnement AGORA (<http://agora.lirmm.fr>) sur lequel une démonstration est disponible en video-streaming et téléchargement.

contact LIRMM : Philippe Lemoisson (lemoisson@lirmm.fr)



Un nouveau projet européen pour le LIRMM

PERPLEXUS vise à mettre en place une plateforme scalable pour la simulation massivement distribuée de phénomènes complexes bio-inspirés. Trois applications principales seront implantées à l'issue des trois années du projet : la simulation de réseaux de neurones (régulation génétique), de dissémination de cultures et la robotique collaborative. Ces applications feront usage des trois axes de la vie que sont l'évolution, le développement et l'apprentissage par le biais d'un circuit intégré reconfigurable particulier développé dans le consortium. Perplexus regroupe 8 partenaires de 4 pays : Suisse, Espagne, Pologne et France.

contact LIRMM : Gilles Sassatelli (sassatelli@lirmm.fr)

Lancement d'un projet France-Stanford

Cette collaboration implique des membres du projet DEMAR INRIA/CNRS/UM2 (D. Guiraud INRIA, P. Fraisse UM2), LESIA (P. Dauchez, INSA Toulouse) et le groupe de recherche Robotique du Pr. O. Khatib du STANFORD ARTIFICIAL INTELLIGENCE LABORATORY. Un des objectifs actuels de l'équipe française est de modéliser l'ensemble du corps du patient et d'examiner, connaissant la posture des membres supérieurs, les trajectoires possibles des membres inférieurs sous contraintes de grande amplitude du pas par exemple, de contact avec le sol ou de minimisation de l'énergie... Ces objectifs sont également suivis par l'équipe américaine au travers de ses recherches très avancées en robotique humanoïde et en particulier la prise en compte du modèle dynamique complet d'un robot de type humanoïde lors de tâches de transport et/ou de manipulation d'objets. Ainsi, la robotique humanoïde telle quelle est abordée à Stanford va s'enrichir des connaissances que le groupe DEMAR possède en terme de comportement humain lié à la déambulation, à la gestion de l'équilibre, à la commande posturale, à la coordination des mouvements chez l'humain ou à la commande et au comportement du muscle. De même, le projet DEMAR va s'enrichir des aspects optimisation et commande, sous contraintes, d'un robot humanoïde.

contact LIRMM : Philippe Fraisse (fraisse@lirmm.fr)

Le Laboratoire d'informatique, de robotique et de microélectronique de Montpellier est une unité mixte CNRS et Université Montpellier 2

ANR Ce numéro présente quelques projets du laboratoire sélectionnés et financés par l'ANR (Agence Nationale de la Recherche). A ce jour, le laboratoire est partenaire dans plus de 20 projets, pour un montant total de 6 M€; la part du LIRMM s'élève à près de 2 M€. Ces moyens permettent notamment de renforcer nos équipes par des ressources humaines recrutées pour ces programmes qui soutiennent nos efforts pour des recherches collaboratives et interdisciplinaires. A partir de cette année, la Région Languedoc-Roussillon accompagnera financièrement les opérations de ce type (ainsi que les projets internationaux) qui associeront des entreprises de la région : il s'agit de la procédure ARPE (aide à la recherche en partenariat avec les entreprises).

Michel Robert

TREMOR

Le projet TREMOR s'intéresse à la compensation active du tremblement des membres supérieurs via la stimulation électrique fonctionnelle. Il a pour objectif de proposer une alternative aux thérapies actuelles pharmacologiques ou chirurgicales qui peuvent avoir une action limitée dans le cas du tremblement pathologique humain, dont les causes courantes incluent la maladie de Parkinson, la sclérose en plaques...



Le projet est organisé en quatre parties : a) la modélisation des tremblements pathologiques, b) la synthèse d'algorithmes pour la compensation active des tremblements, c) la conception d'un prototype d'orthèse portable et d) l'évaluation clinique. Il fait intervenir une PME (MXM), deux équipes médicales (CHU Montpellier, Service de Neurologie et Centre de Rééducation Fonctionnelle Propara) et le LIRMM.

Financement LIRMM : 29 % - Porteur de projet LIRMM : Ph. Poignet
Programme "Systèmes interactifs et robotiques"

MITO-SYS

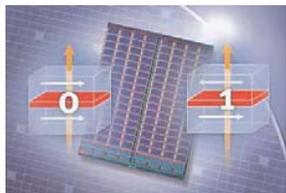


Le projet MITO-SYS s'attaque aux causes et aux conséquences de l'hypermutation mitochondriale et se compose de deux objectifs principaux : caractériser le processus mutationnel mitochondrial et ses conséquences sur la physiologie des organismes, mais aussi sur la structuration de la biodiversité moléculaire entre espèces et dans les populations, et comprendre les raisons ultimes de l'hypermutation mitochondriale, ceci en comparant le taux de mutation mitochondrial dans diverses espèces présentant des activités métaboliques et des longévités contrastées.

L'hypothèse qui sera testée est que le taux de mutation mitochondrial pourrait jouer un rôle de régulateur de la durée de vie, en accord avec la théorie mitochondriale du vieillissement.

Financement LIRMM : 30 %
Porteur de projet LIRMM : N. Lartillot
Programme "Biologie Systémique"

CILOMAG



Le projet ANR CILOMAG en partenariat avec l'IEF (CNRS/Université d'Orsay), CMP-TIMA (CNRS/INPG Grenoble), SPINTEC (CNRS/CEA) et CROCUS Technology s'intéresse aux technologies émergentes de mémoires non volatiles à base de matériaux magnétiques. Ces matériaux, à terme, pourraient révolutionner l'industrie des mémoires, mais peuvent être aussi utilisés pour la conception de logique magnétique et notamment de composants reconfigurables. Les avantages de cette logique hybride sont liés aux mots-clés : non-volatilité, rapidité de commutation, usage des matériaux magnétiques compatibles avec les technologies CMOS.

Financement LIRMM : 15% - Porteur de projet LIRMM : L. Torres
Programme "Nanosciences, Nanotechnologies"

SHERPA - L'objectif du projet est de concevoir un engin robotique bipède destiné au transport d'objets, en s'approchant de certaines caractéristiques clés des êtres vivants et en l'imaginant, dès l'origine, comme une entité dotée de modes de commande bio-inspirés liés à un système de capteurs variés. Autre partenaire : LMP (Marseille).

Financement LIRMM : 79 % - Porteur de projet LIRMM : F. Pierrot - Programme "Blanc"

CANAR

Depuis une quinzaine d'années, les réseaux de contraintes ont fait l'objet d'un intérêt croissant pour représenter et raisonner sur des problèmes tels que l'ordonnancement, la planification, le raisonnement spatio-temporel, ou encore la vérification de circuits. Le projet "Constraint and Networks Acquisition and Reformulation" vise à acquérir, par apprentissage et reformulation, des programmes à base de contraintes à la fois compréhensibles par l'utilisateur et efficaces sur le plan combinatoire.

Financement LIRMM : 19 %
Porteur de projet LIRMM : F. Koriche
Programme "Blanc"

GRAAL

Le projet GRAAL se situe aux fondements de l'informatique théorique, et est centré sur l'étude des décompositions de graphes tant d'un point de vue structurel qu'algorithmique. Nous proposons de combiner les approches issues de la théorie des graphes et de l'algorithmique avec celles issues des théories de langages formels et de la logique.

Financement LIRMM : 34 %
Porteur de projet LIRMM : C. Paul
Programme "Blanc"

FACOMA

Le projet FACOMA (Fiabilisation Adaptative d'applications COopératives Multi-Agents) vise à l'étude de la complémentarité des techniques de réplication d'agents, de gestion des exceptions, de replanification, et de réallocation de tâches entre agents pour les applications informatiques réparties.

Financement LIRMM : 32 %
Porteur de projet LIRMM : C. Dony
Programme "Sécurité et informatique"

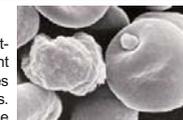
MIDISPPi

MIDISPPi est un MicroDispositif de test en Silicium nanoPoreux pour le Packaging Intelligent. Ce projet est mené en coordination avec IEF (Paris Sud) et en partenariat avec IXL (Bordeaux) et NXP (Caen). Son objectif est d'incorporer au boîtier d'un microsystème des dispositifs permettant le contrôle de qualité de la cavité (étanchéité, humidité, température, ...).

Financement LIRMM : 18 %
Porteur de projet LIRMM : P. Nouet
Programme "Nanosciences, Nanotechnologies"

PLASMO-EXPLORE

Il s'agit d'une fouille des données génomiques et post-génomiques de *Plasmodium falciparum*, qui est l'agent principal de la malaria, pour prédire la fonction des gènes orphelins et identifier de nouvelles cibles thérapeutiques. Le projet a été retenu par l'appel d'offres Masses de Données & Connaissances Ambiantes. Le LIRMM est porteur du projet. Ses partenaires (biologistes) sont le CEA Grenoble et le Muséum d'Histoire Naturelle à Paris.



Financement LIRMM : 30 % - Porteur de projet LIRMM : O. Gascuel
Programme "Masses de données Connaissances Ambiantes"

ROMA

Le projet ROMA (Reconfigurable Architecture for Multimedia Applications) vise des processeurs reconfigurables capables d'adapter leur structure de traitement aux motifs de calculs rencontrés dans des applications multimédia ou de traitement d'images pour les systèmes embarqués. En particulier, nous étudions des opérateurs gros grain évolutifs et à faible consommation en utilisant différents algorithmes arithmétiques et représentations des nombres. Les autres partenaires sont l'IRISA, le CEA/LIST et THOMSON.

Financement LIRMM : 16% - Porteur de projet LIRMM : A. Tisserand.
Programme "Architectures du futur"

OBJECTIF 100G



L'objectif de ce projet est d'étudier les moyens permettant de multiplier les cadences des robots de manipulations d'objets par cinq ou par dix : ce travail doit reposer sur des avancées scientifiques dans deux des disciplines de base de la robotique, la conception (cinématique et dynamique), et l'automatique. Les autres partenaires sont le LAAS (CNRS) et une PME (Cebellum).

Financement LIRMM : 69 % - Porteur de projet LIRMM : F. Pierrot
Programme "Système interactif et robotique"

PASSAGE

PASSAGE vise à produire des annotations syntaxiques à grande échelle. Les motivations principales sont d'améliorer la précision et la robustesse des analyseurs syntaxiques existants pour le français, en les utilisant sur de gros corpus et d'exploiter les annotations syntaxiques résultantes pour créer des ressources linguistiques plus riches et plus extensives. 11 partenaires travaillent autour de ce projet, et en particulier les entreprises SYNAPSE et XEROX Research Center Europe. L'analyseur SYGFRAN développé au LIRMM a été pressenti pour ce projet, en raison de ses excellents résultats lors de la campagne d'évaluation EASY, co-organisée par l'agence européenne des technologies de la langue ELDA.

Financement LIRMM : 19 % - Porteur de projet LIRMM : J. Chauché
Programme "Masses de données Connaissances Ambiantes"

UBIQUITUS

Le projet, mené en partenariat avec les sociétés NETIA et NEXWAVE, permet la découverte, l'agrégation personnalisée, l'organisation ainsi que l'accès multi-terminaux à des services texte & audio, dans un environnement domestique. Il se positionne comme un projet préconceptif dans le domaine "Nouveaux modes de distribution des contenus audiovisuels et multimédia", sur le thème "Mobilité et nouveaux modes de distribution".

Financement LIRMM : 17 %
Porteur de projet LIRMM : D. Héryn.
Programme "Réseau pour la recherche et l'innovation en audiovisuel et multimédia"

Le Laboratoire d'informatique, de robotique et de microélectronique de Montpellier est une unité mixte CNRS et Université Montpellier 2

Nous illustrons ici de nouveaux exemples de défis internationaux à l'interface de nos disciplines et des sciences du vivant. L'écosystème numérique s'ouvre de manière croissante aux grands enjeux sociétaux, au cœur desquels se trouvent la compréhension du vivant et de la santé. Le LIRMM s'engage résolument dans cette voie.

Michel Robert



ARAKNES : 8 millions d'euros pour la robotique médicale européenne

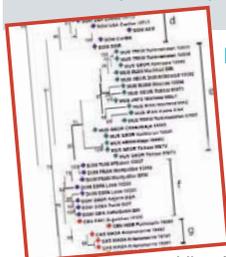
Le projet européen ARAKNES (Array of Robots Augmenting the KiNematics of Endoluminal Surgery) qui vient d'être labellisé dans le cadre du 7ème PCRD (FP7-ICT-2007-2), est né de l'idée innovante de transférer les technologies bi-manuelles de la chirurgie laparoscopique vers une chirurgie endoluminale, c'est à dire avec un passage des instruments chirurgicaux par des voies naturelles telles que l'œsophage pour accéder à l'estomac par exemple, réduisant ainsi le traumatisme lié à une opération et augmentant encore les bénéfices thérapeutiques de la chirurgie minimalement invasive. Ce projet vise en particulier les interventions chirurgicales liées au reflux gastrique et à l'obésité morbide. En effet, le nombre de ce type d'opérations dans le monde est estimé à 1,3 millions à l'horizon 2015. L'impact social et technique du projet ARAKNES est donc considérable. En particulier, le système de santé européen devrait réaliser d'importantes économies en réduisant les durées d'hospitalisation des patients et par conséquent, pourra contribuer à l'amélioration de la qualité de vie des citoyens. Combinant d'une part la maturité acquise dans le domaine des sciences et technologies de l'information et des techniques laparoscopiques et, d'autre part, les innovations de la robotique médicale et des "micro-nano-bio" technologies, le projet ARAKNES a pour objectif de proposer des solutions innovantes de "micro-nano-bio" dispositifs intégrés composés d'une flotte de micro-robots ingurgitables et télé-opérés qui viendront bouleverser les techniques classiques de chirurgie endoluminale.

(suite p.2)

CALISSON : première bougie

Le projet CALISSON "Caractérisation, modélisation et Spécifications Sécuritaires de circuits prototypes iNtégrés" a été labellisé par le Pôle de compétitivité SCS (Solutions Communicantes Sécurisées) en juin 2006. Ce projet, d'une durée de 3 ans, a démarré il y a tout juste 1 an. Il vise à fédérer les efforts de recherche et à mutualiser les moyens de caractérisation pour améliorer la sécurité des circuits intégrés. L'ambition du projet CALISSON est d'accélérer la mise sur le marché de circuits dédiés à la sécurisation des systèmes et de renforcer l'expertise des partenaires académiques et industriels dans le domaine de la sécurisation des composants. Pour ce faire, les acteurs de CALISSON se sont donnés plusieurs objectifs :

(suite p.2)



Des souris et des gènes

Des chercheurs du LIRMM et de l'ISEM (Institut des Sciences de l'Evolution de Montpellier), en collaboration avec l'Université de Leicester, en Grande-Bretagne et le Scripps Institute, en Floride, viennent de répondre à une question qui revêt toute son importance à l'heure où la bioinformatique et la génomique apportent un éclairage nouveau sur l'évolution des espèces. Ils montrent que les différentes variétés de souris commune échangent fréquemment, dans la nature, des portions de leur patrimoine génétique. Cela conduit à voir leurs génomes, non plus comme un patrimoine uniforme, mais comme une mosaïque de segments échangés au gré des contacts entre sous-espèces. Ceci oblige à réinterpréter les analyses effectuées sur la souris, qui sert de modèle pour l'étude de pathologies humaines. L'intérêt de ces travaux a été relevé par les experts du "Faculty of 1000 - Biology" qui précisent que "lorsque les immunologistes interpréteront l'aspect génétique des réponses immunitaires chez la souris, ils devront être désormais conscients que les génomes comparés sont issus, en partie, de trois sous-espèces bien différenciées".

(suite p.2)



(Suite ARAKNES)

Les objectifs d'ARAKNES sont larges et ambitieux : c'est donc un projet de 4 ans qui voit le jour, au format d'un IP (Integrated Project) piloté par un consortium fort et engagé. Pas moins de 10 partenaires au côté du LIRMM composent ce consortium, regroupement unique de pionniers européens impliqués dans des disciplines telles que la chirurgie, la robotique, l'informatique, les microtechnologies ou bien encore les nanotechnologies.

Partenaires académiques (Scuola Sup. Sant'Anna, Université de Pise, Imperial College de Londres, Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne, Université de Barcelone, School of Physics and Astronomy de l'Université de St. Andrews, LIRMM) et partenaires industriels (MicroTech S.r.l. et ST Microelectronics pour l'Italie, KARL STORZ GmbH & Co. et Novineon Healthcare Technology pour l'Allemagne) devront atteindre leurs objectifs avec un budget total de 8 M€.

Ce projet vient conforter les activités de l'équipe DEXTER en robotique médicale autour de la plate-forme technologique régionale et concrétise les liens établis lors des trois Universités Européennes d'Eté en Robotique Chirurgicale.

contact LIRMM : Philippe Poinet
(poinet@lirmm.fr)

(Suite CALISSON)

(1) proposer un processus innovant et générique de conception et vérification de circuits sécurisés qui pourrait être introduit dans les futurs outils de conception et simulation, (2) mettre en place des bancs de caractérisation avancés, (3) et développer des bibliothèques de cellules dédiées à la sécurité. C'est avec des partenaires académiques (CEA-LETI, ENSM-SE, ENST) et industriels (Gemalto, STMicroelectronics, Atmel-PME, PSIE) que le département Microélectronique du LIRMM s'implique dans ce projet. Les premiers résultats se traduisent notamment au LIRMM par la réalisation d'une plateforme logicielle/matérielle permettant la mise en oeuvre d'analyse de consommation. D'ici fin Août, un premier test-chip 65nm sera réalisé et des laboratoires d'analyse des émissions électromagnétiques et d'injection de fautes seront disponibles.

Contacts LIRMM :
Marie-Lise Flottes (flottes@lirmm.fr) et
Philippe Maurine (pmaurine@lirmm.fr)



(Suite SOURIS)

Née il y a environ un million d'années dans le sous-continent indien la souris commune a colonisé la planète entière en migrant dans 3 directions. Ce faisant, les génomes des individus de ces populations ont accumulé dans leur ADN des mutations. Cette évolution a abouti à la formation de 3 sous-espèces distinctes de souris nommées ici par des couleurs : les vertes (M. m. musculus) au nord, les bleues (M. m. domesticus) à l'ouest, puis les rouges (M. m. castaneus) au sud-est. Si cette accumulation de différences génétiques se poursuit, elles deviendront alors des espèces à part entière par perte de l'interfertilité. Pour retracer l'histoire génétique de ces sous-espèces sur une période évolutive courte (autour de 500 000 ans), les chercheurs ont utilisé des marqueurs génétiques à évolution ultra-rapide nommés minisatellites. Un minisatellite est formé par la répétition côte à côte d'un court motif d'ADN. Certains minisatellites varient tellement vite en nombre de copies que la répétition diffère entre deux individus d'une même population. Les minisatellites humains servent par exemple d'empreintes génétiques pour tester la paternité ou identifier le propriétaire de cellules recueillies sur les lieux d'un crime. En outre, comme les copies subissent aussi des changements de nucléotides, leurs séquences varient le long de la répétition, générant alors un très grand nombre de combinaisons. Ainsi, en comparant simultanément les séquences de 4 minisatellites sur un échantillon mondial de 116 souris, les chercheurs ont pu, grâce à un logiciel de comparaison de répétitions issu du LIRMM, reconstruire des arbres de parenté de ces souris (voir arbre page 1). Un tel arbre regroupe logiquement les souris par sous-espèces en raison des similarités de séquences. Cependant, les souris ayant acquis une séquence provenant d'une autre sous-espèce que la leur par échange génétique apparaissent comme des intrus dans l'arbre. Par exemple des souris estampillées rouge en raison de leur appartenance géographique sont positionnées dans l'arbre au sein d'un groupe de bleues. Une exploration plus poussée des séquences portées par ces individus montre qu'elles résultent d'échanges génétiques entre souris de sous-espèces différentes. Le nombre de telles intrusions détectées pour les quatre locus minisatellites provenant de chromosomes divers révèlent l'importance de ces échanges que l'on croyait rares.

Il s'agit de la première étude à mesurer l'ampleur des échanges génétiques entre sous-espèces de souris. Ces résultats portent à penser qu'une souris, par exemple bleue, au lieu d'avoir hérité d'un génome entièrement d'origine bleue, porte un génome composé d'une mosaïque de segments bleus, rouges et verts. Cette conclusion soulève d'autres interrogations : ces échanges peuvent-ils empêcher l'accumulation progressive de différences génétiques entre sous-espèces ou reflètent-ils des cas limités qui n'empêcheront pas l'avènement de nouvelles espèces ? Nous sommes-là au cœur du débat sur la formation des espèces...

contact LIRMM : Eric Rivals (rivals@lirmm.fr)

Des projets qui ont du "PEPS"... pour des enjeux majeurs...

L'équipe TATOO (exTraction de connaissances dans les grandes bases de données : motifs séquentiels et Ontologies) vient d'obtenir deux PEPS CNRS (Projets Exploratoires Pluridisciplinaires) sur le thème de la fouille de données et santé :

- "GeneMining" en collaboration avec le laboratoire Mécanismes Moléculaires dans les Démences Neurodégénératives (UM2-InsERM). Les objectifs sont d'explorer l'apport des méthodes de recherche de motifs séquentiels pour exploiter des données issues de l'analyse des puces ADN associées à des lémuriens et de déterminer les gènes impliqués dans le vieillissement ou la maladie d'Alzheimer.
- "Langage, Mémoire et Alzheimer" : une approche des maladies neurodégénératives fondée sur la densité des idées" en collaboration avec le laboratoire PRAXILING (UM3-CNRS). Il s'agit d'étudier, grâce aux méthodes de fouille de données, le lien entre la densité des idées du discours et la pathologie du patient, d'identifier les contextes permettant de compenser les pertes liées à la pathologie et de formuler une méthode d'analyse utile au diagnostic précoce.

contact LIRMM : Maguelonne Teisseire (teisseire@lirmm.fr)

Le Laboratoire d'informatique, de robotique et de microélectronique de Montpellier est une unité mixte CNRS et Université Montpellier 2

Bio-STIC Santé ! Ce numéro illustre à nouveau la forte émergence des recherches interdisciplinaires du LIRMM dans le domaine de la santé (voir le projet TIME) ou dans l'apport de la bioinformatique à la compréhension de l'évolution des espèces. Il confirme la force du LIRMM au cœur de ses disciplines et de ses interfaces.

Michel Robert



Projet européen TIME : le temps n'est pas seulement de l'argent...

L'amputation d'un membre est une intervention chirurgicale pratiquée en tout dernier recours lorsque le membre est définitivement endommagé, suite à un accident, une maladie ou à une malformation congénitale, ou bien dès que le maintien de ce membre constitue pour le patient un risque pour sa santé. Une telle opération, non seulement modifie l'aspect de la personne, mais provoque également un traumatisme sensoriel induisant parfois la perception d'un "membre fantôme".

Dans 50 à 80 % des cas, cette sensation est extrêmement douloureuse ; il n'existe pourtant, à l'heure actuelle, aucun traitement efficace sans effet secondaire. Ainsi, le projet TIME (Transverse, Intrafascicular Multichannel Electrode system for induction of sensation and treatment of phantom limb pain in amputees) imagine une alternative dont le principe consisterait à exercer un contrôle consécutif sur un panel de terminaisons nerveuses, contrôle dont le résultat simulerait un ressenti tactile ou au moins neutraliserait la douleur du "membre fantôme".

L'utilisation des micro et nano technologies par micro-stimulation fonctionnelle électrique pourrait ouvrir la voie à un traitement efficace mais pourrait également permettre aux individus amputés de retrouver des sensations sur leur environnement. Le but ultime de ce projet est donc de développer une interface homme/machine. Cette innovation s'appuie sur une batterie de nouvelles interfaces neurales (Thin-film Intrafascicular Multichannel Electrodes) et sur un système implanté de stimulation multi-canaux qui vont constituer le cœur des développements technologiques de ce projet.

●●● suite au verso



Publié dans Nature ! A quelles températures ont vécu les organismes unicellulaires depuis 3,5 milliards d'années ?

Des bioinformaticiens du LIRMM et des biologistes du Laboratoire de Biométrie et Biologie Evolutive de Lyon viennent de mettre au point de nouveaux moyens d'étude des conditions environnementales prévalant à l'époque où la vie primitive s'est diversifiée, il y a plus de 3 milliards d'années. Ces nouvelles méthodes permettent de

compléter les données issues des rares fossiles datant de cette époque et d'estimer la température à laquelle ont vécu les organismes unicellulaires depuis lors. Ces résultats sont publiés dans la revue scientifique Nature.

Parmi ces méthodes figure l'utilisation de "thermomètres moléculaires" : certains caractères moléculaires des organismes unicellulaires procaryotes (regroupant bactéries et archées) sont corrélés à la température à laquelle ils vivent. La reconstruction de ces caractères pour les organismes ancestraux permet d'estimer la température à laquelle ces organismes vivaient, il y a plusieurs milliards d'années. Cette étude montre que la vie s'est initialement diversifiée à

des températures modérées (environ 20°), s'est ensuite adaptée à des environnements beaucoup plus chauds (environ 70°C), puis s'est adaptée à des températures graduellement décroissantes, jusqu'au temps présent.

La reconstruction de caractères écologiques ancestraux à partir des données génomiques des organismes actuels est une méthode prometteuse permettant de comprendre l'évolution primitive de la vie cellulaire. Les travaux publiés dans la revue Nature se concentrent sur l'histoire de l'adaptation des organismes procaryotes aux températures environnementales.

●●●

suite au verso

ECAI 2012 organisée par le LIRMM

ECAI est LA conférence bisannuelle européenne en Intelligence Artificielle. Elle réunit environ 800 scientifiques du monde entier. Lors de l'édition 2008 qui s'est tenue à Patras (Grèce), il a été décidé de confier l'organisation 2012 au LIRMM et en particulier à Christian Bessière, directeur de recherche CNRS, qui sera épaulé dans cette tâche par ses collègues locaux. Ce sera donc à Montpellier que ECAI 2012 présentera les derniers résultats et les nouvelles tendances dans tous les domaines de l'Intelligence Artificielle.

contact LIRMM : Christian Bessière (bessiere@lirmm.fr)

●●● TIME

Pas moins de 7 partenaires européens, américains et privés* se sont réunis autour du LIRMM, équipe-projet DEMAR (INRIA-UM2-CNRS) pour relever ce défi. La phase de développement visera tout d'abord à modéliser, concevoir, fabriquer et caractériser l'électrode multi-canaux. Ensuite, il conviendra de concevoir, fabriquer et tester un stimulateur multi-canaux implanté. In vivo (étude animale), la phase de caractérisation évaluera la qualité des électrodes TIME en termes de biocompatibilité, stabilité, et sécurité. Elle s'attachera également à créer une plateforme de tests psycho-physiques. Enfin, l'évaluation pré-clinique testera le système sur des sujets amputés, via des implants utilisés de manière aiguë ou sub-chronique.

Les résultats de ces travaux contribueront directement au développement des systèmes intelligents de future génération dans le cadre du programme européen "Technologies futures et émergentes - micronanosystèmes", renforcera la position de leader de l'Europe dans le domaine des systèmes électroniques avancés et leurs applications biomédicales. Enfin, et surtout, ces travaux contribueront à améliorer la qualité de vie des individus amputés souffrant de fantôme. ■

contact LIRMM : David Guiraud (guiraud@lirmm.fr)

* Les autres partenaires du projet TIME : Aalborg University, Center for Sensory-Motor Interaction (Denmark), porteur du projet, Scuola Superiore di Studi Universitari e di Perfezionamento Sant'Anna (Italie), Universitat Autònoma de Barcelona (Espagne), University of Freiburg (Allemagne), Neuromedics MXM, Vallauris (France), Università Campus Bio-Medico, Rome (Italie), Indiana University, Indianapolis (USA).

Financement : 375 k€ pour l'équipe (total : 3,6 M€).

●●● dans NATURE

Les chercheurs du LIRMM et du LBBE confirment les récents résultats indiquant que, au sein du domaine bactérien, la tolérance aux hautes températures a graduellement décliné durant les 3,5 derniers milliards et est passée de 69°C estimé pour l'ancêtre bactérien, à 30°C en moyenne pour les bactéries actuelles. Cependant, il est démontré que les températures environnementales ont préliminairement augmenté, passant de 20°C environ

pour LUCA, le dernier ancêtre universel commun, à 69°C et 55°C pour ses descendants directs, soit respectivement, pour l'ancêtre bactérien et l'ancêtre archée-eucaryote. Ces analyses unifiées des données biologiques et géologiques en une description cohérente de l'adaptation aux températures environnementales, tout au long de l'arbre universel du vivant. ■

contact LIRMM : Samuel Blanquart (blanquart@lirmm.fr)

Partenariat franco-italien : Déploiement d'un noeud de l'infrastructure Agora à Pise



Depuis 2004, le service Agora du LIRMM permet aux scientifiques d'effectuer un partage de visualisation en utilisant des ressources distribuées sur internet. Pour exemple, ce groupe de chimistes effectuant des opérations de synthèse de molécules ou encore le CNFM (Coordination Nationale de Formation en Microélectronique) visualisant à distance les résultats obtenus au niveau de son testeur de circuits. Récemment, le LIRMM et le CNR (Consiglio Nazionale delle Ricerche) en Italie ont conjointement décidé de déployer un second noeud de l'infrastructure Agora à Pise. L'intérêt de déployer une infrastructure répartie réside dans l'augmentation de la capacité du service mais aussi l'amélioration notable de sa disponibilité. Avec son important centre de calcul (le CNUCE) et sa forte connectivité au réseau européen Geant, le CNR de Pise, partenaire historique du CINES, peut aussi devenir un partenaire de choix du LIRMM. L'un des projets phare de la division informatique s'appelle Escogitare dont les participants ont déjà pu se rendre compte des potentialités d'Agora et souhaite voir ce service déployé de façon plus conséquente sur le réseau italien. Pascal Dugénie, docteur du LIRMM, a eu pour mission de déployer ce noeud Agora sur le site de Pise. ■

contact LIRMM : Stefano Cerri (cerri@lirmm.fr)

Des congrès à la chaîne ! 2008, une année riche en événements pour le département Microélectronique qui a organisé 3 conférences majeures dans les domaines de la conception et test de circuits et systèmes intégrés.

• Tout d'abord la conférence IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers, Inc.) *Computer Society Annual Symposium on VLSI*, ISVLSI (www.lirmm.fr/isvlsi2008), qui a vocation d'explorer les nouveaux concepts et tendances en matière de VLSI (very large scale integrated systems). Ce symposium couvre un ensemble de sujets comme les systèmes et circuits VLSI, méthodes de conception et de test, architectures reconfigurables et nouvelles technologies. Cet événement (Corum, Montpellier, 7/9 avril) a rassemblé plus de 100 personnes autour de thèmes tels que "vision des futurs systèmes reconfigurables et des technologies émergentes pour les circuits VLSI" ou encore "méthodes de test émergentes". Pour 2009, direction la Floride.

• La conférence IEEE SPI, *Signal Propagation on Interconnects* (www.lirmm.fr/spi) : organisée depuis 11 ans, elle s'est tenue pour la 1ère fois en France cette année (Palais des Papes, Avignon, 12/15 mai). Avec le soutien de IEEE Computer Society et IEEE Components, Packaging and Manufactory Technology Society, elle a regroupé un public d'une centaine

d'universitaires et d'industriels du monde entier, pour échanger sur les recherches et développements en matière de modélisation des interconnexions, de simulation et mesure des interconnexions au sein des puces électroniques, des cartes et des boîtiers. Son succès n'ayant pas échappé à IEEE et au steering committee, il a été demandé à D. Deschacht (General Chair) de reprendre le flambeau pour 2009, à Strasbourg.

• Le Symposium SIES (IEEE International Symposium in Industrial Embedded Systems, www.lirmm.fr/SIES2008) intéresse, autour du thème des systèmes embarqués, des chercheurs issus du monde académique et des industriels confrontés aux impératifs d'implantation et de mise sur le marché. La 3ème édition de ce forum d'échange (la Grande Motte, 9/11 juin) a réuni des représentants de 33 pays et présenté 50 contributions. Ces interventions orales seront prochainement publiées sur le site web de la conférence sous la forme de vidéos. La prochaine édition de ce colloque se tiendra à l'Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne en Suisse.

Enfin, un partenariat inédit avec l'IDATE a permis la tenue de la conférence MIRT'08 (*Multimédia, Internet, Réseaux et Télécom*, www.lirmm.fr/mirt08) en parallèle du célèbre DIGIWORLD SUMMIT. ■

contact LIRMM : Lionel Torres (torres@lirmm.fr)



LIRMM Infos

2009

numéro 7 - 09

Le Laboratoire d'informatique, de robotique et de microélectronique de Montpellier est une unité mixte CNRS et Université Montpellier 2

Ce nouveau numéro dédié à l'attractivité donne la parole à cinq des nouveaux entrants arrivés au cours de l'année 2008. Chaque année, le LIRMM accueille en son sein des chercheurs originaires des quatre coins du globe : « **United Minds of LIRMM** » !

Michel Robert

Madalina Croitoru

Maitre de Conférences UM2, Roumanie

I started working at LIRMM as an Associate Professor (Maitre de Conférences) within the «Représentations de Connaissances et Raisonnements» (Knowledge Representation and Reasoning) group, in September 2008.

Both my Ph.D. and post-doc research have focused on this area of artificial intelligence, and the opportunity to work in the RCR group at LIRMM was thus an amazing chance to further my research in the field. It was a big decision to make, given that, after living 6 years in the UK, I was just about getting used to the culture, language and diet.

It was the high quality of the team's research, combined with the warm friendliness of the people that helped me make this decision.

● ● ●
suite au verso

Chao Liu

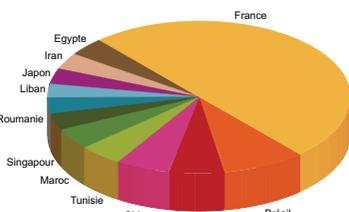
Chargé de Recherche CNRS, Singapour

My name is Chao Liu and I am now a CNRS CR researcher at the LIRMM. Before I joined LIRMM, I worked as a research fellow at the Nanyang Technological University of Singapore, where I obtained my Ph.D. degree.

I have known LIRMM since 2006. At that time I was looking for academic positions in the area of Biomedical Robotics, so I talked to the professors from the Biorobotics group of our university since they have international collaborations with many good universities and research institutes, and they recommended LIRMM to me.

Then I checked the publication and project descriptions of the Robotics Department and found that they are really doing well in this area.

● ● ●
suite au verso



Pays d'origine des nouveaux entrants de l'année 2008 (44 chercheurs, dont 33 doctorants)

Ghulam Mahdi

Doctorant, Pakistan

I came here for my Master's stage, and that first interaction with the LIRMM was so wonderful that I continued with it for my doctoral studies. At the LIRMM we have different research groups working in correlation with each other, and also in cooperation with industrial and international collaborators.

During my Master's stage I benefited from some visiting delegations from Japan, which gave me an idea about the international input to the field.

● ● ●
suite au verso

Mitsuhiro Hayashibe

Chargé de Recherche INRIA, Japon

I have been doing a research on the application of robotics, control, and informatics to a medical and surgical field. The present work is concerned with computational modelling and identification of muscle dynamics under Functional Electrical Stimulation (FES). I am working on the DEMAR project, at INRIA and LIRMM as a research scientist. FES is an effective technique to evoke artificial contractions of paralyzed skeletal muscles through neural and muscular stimulation. My own part is the modelling and controlling of the human sensory-motor system.

● ● ●
suite au verso

www.lirmm.fr



Alexandre Pinlou

Maitre de Conférences UM3, France

I was freshly hired as an Associate Professor at the University Paul-Valéry, Montpellier 3 and I am affiliated with the LIRMM, where my research are done within the Algorithms, Graphs and Combinatorics (AIGCo) group.

I studied computer science at University Bordeaux 1. I did my Ph.D. thesis on colourings of oriented graphs at the LaBRI (Laboratoire Bordelais de Recherche en Informatique). During the summer of 2007, I had to choose between an A.T.E.R. position at Bordeaux 1 and an A.T.E.R. position at Montpellier 3. I decided to move to Montpellier where I had already met Stéphane Thomassé. I therefore joined the Algorithms, Graphs and Combinatorics group and I discovered a dynamic and stimulating working atmosphere. Concerning University Paul-Valéry, my colleagues welcomed me warmly and it was very pleasant to teach there.

It was then not difficult to choose and accept the permanent position that University Paul-Valéry offered me last June.

I am working on graph theory. More precisely, I am interested in several kinds of graph colourings such as oriented graph colourings, colourings of mixed graphs and list-colourings. The notion of homomorphisms is closely related to graph colouring, and I therefore study graph homomorphisms intensively. I also work on arc partitioning problems such as directed star arboricity.

My research is essentially theoretical but may have applications, in particular for frequency assignment problems in wireless networks or in WDM networks.

(Madalina Croitoru)

My Ph.D. research at the University of Aberdeen led me towards Conceptual Graphs - an elegant, user-friendly way to visually represent logical statements about a given domain. Even better, reasoning could be translated into graph-based operations, making things really intuitive. Since beginning my work in this field, I was greatly influenced by the RCR team's publications in the area. Meeting them a year later at my first conceptual graphs conference was even better: I still remember our first work conversations and how enthusiastic I was when I returned to Aberdeen. In the years that followed, we kept meeting at conferences, and the brief few days spent talking with different members of the team were of great use for the work I was pursuing during the year. Also, as a side benefit, I was

slowly getting accustomed to French music - I entirely owe my taste for French punk to those encounters.

Then, during the final year of my post-doc at the University of Southampton, I learnt that there was a position available in the RCR group. The work I had been involved with in the University of Southampton was centred around the latest Semantic Web technologies applied to real-world applications such as Healthcare and Information Integration. Working in such concrete domains has, once more, confirmed to me that visual languages for both representation and reasoning are of great practical benefit. Knowing that I could reuse what I had learnt during this time to the research and work carried out by the RCR team was my main motivation for applying for the position.



Now that I am here, I am really looking forward to the work in the lab. It is great fun pursuing the line of work I am interested in and, more importantly, having great people to bounce ideas off. I will also need to start getting used to the culture, language and diet...

(Ghulam Mahdi)

When I came here I was very much concerned with my research topic but later with the help of the SMILE team I was guided to become an active member of the lab.

Here we hold regular meetings where students in the team present their research and other team fellows offer their comments and criticism to refine it.

Then, when it comes in a documented form, it is revised multiple times by the adviser(s) before submission to any external body. Although this is a tough process, it benefits student performance and competence overall.

Beside the regular "thesis status" meetings here, we arrange fortnightly seminars on some subjects where the topic is presented with all its breadth. Lab timing is also flexible, allowing each person to work independently according to his/her own timing. Independence in research counts a lot here; researchers are concentrated on their own interests in the field.

My French was not so good at the start, but here the environment is quite friendly so lab fellows helped me in learning French. Also I never felt "quite lost" due to language understanding, as almost all lab staff and researchers can understand/speak English. Apart from technical and research events, LIRMM also arranges frequent general social gatherings where all researchers get an opportunity to get together to play, eat and discuss.

(Mitsuhiro Hayashibe)

A precise skeletal muscle model is required to produce the well-predicted force of each muscle. The skeletal muscle dynamics are highly non-linear, and we have to identify many unknown physiological and biomechanical parameters. The principal objective of this study is to develop an experimental identification method to identify unknown internal parameters from limited information. This process is essential for realistic force prediction for FES.

Montpellier is a good place to study, especially about biomedical research. There are the Department of Medicine, University Montpellier 1 and some facilities for physical therapy. We are gathering essential experimental information from

(Chao Liu)

I chose to work at LIRMM for several reasons. First of all, the LIRMM Robotics Department is very strong in biomedical and surgical robotics, and every researcher here has expertise in certain aspects of this area. There are also many Ph.D. students to support the research work, as well as excellent experimental facilities to verify the research results. Secondly, LIRMM is involved in many big European Union projects and has close collaboration with many good national and international

patients with spinal-cord injuries at PROPARA, located near LIRMM. The research for this project needs a multi-directional approach like physiology, robotics, electronics and informatics. LIRMM covers these engineering fields and the environment in Montpellier can correspond to biomedical issues. This is my motivation to join this laboratory and I am satisfied with the opportunity to work here. Our interests are also centred on the human sensory-motor system, including muscles, sensory feedback, and neural motor networks. I would like to apply the robotics approach to realize an enhancement for physical therapy technology. Then the information which would be obtained should also be important for robotics itself, as in the sense of humanoid development.

nal universities and research institutes and hence it is easy for me to get updated with the latest developments and trends in my research area. And last but not least, people here are all very nice. During my first one year stay here as a post-doctoral researcher, I made a lot of friends and it made my life in France much easier.

As a summary, I like people in this lab and I enjoy my research work here. LIRMM is the place where I decided to carry out my academic career.



LIRMM Infos

Directeur de la publication : Michel Robert
Responsable de la publication : Celine Berger - tél : 04 67 41 85 05 - berger@lirmm.fr

The Montpellier Laboratory for Informatics, Robotics and Microelectronics is a joint unit of the University Montpellier 2 and the National Center for Scientific Research

At the frontier of «Research and Health» representing worldwide societal issues, more than thirty LIRMM researchers and PhD students work on major challenges in rehabilitation and surgical robotics. Six examples illustrate these scientific and technological innovations.

ASSIST

The goal of the «ASSIST» project is to develop an autonomous mobile robot, equipped with two robotic arms and a vision system, aimed at assisting disabled people, in particular quadriplegics, in their everyday tasks of manipulating objects. Hence the robot will have to autonomously fetch an object indicated by the patient, thus recognize the object, localize it, and grasp it, possibly manipulate it (opening a jar for instance), and bring it to the individual in a volume he or she can reach and in a configuration compatible with the rest of the operation (to drink, to eat, etc.).



The project, supported by the French National Agency for Research, includes the design and the actual realization of a prototype of the robot, as well as the development and the implementation of all the required perception and control algorithms. To do so, the complementary competences of four renowned research laboratories will be put together. These laboratories are namely the LIRMM of Montpellier (coordinator of the project), the CEA-LIST, the LAAS of Toulouse and the L2E of Paris.

This consortium is completed by the Propara center of Montpellier, specialized in the reeducation and the readaptation of paraplegics and quadriplegics. Propara will define, among other things, the real needs of the patients, will guide the researchers in their work and will contribute to conducting real experiments at the end of the project. This last point is essential in «ASSIST», since it is truly important to validate all the developments with quadriplegic people. We will then have demonstrated, for the first time in the world, the feasibility and the legitimacy of assisting disabled people with an autonomous mobile manipulator. We hope that this will lead to future industrialization and commercialisation of such a product, for the benefit of its users.

ARAKNES

ARAKNES, European project supported by the Framework Program 7, stems from the innovative idea to transfer the technologies of bi-manual laparoscopic surgery to the endoluminal surgical approach, thus further reducing the operative trauma and enhancing the therapeutic outcome of minimally invasive surgical procedures for morbid obesity and gastro-esophageal reflux.



see over

AccuRobAs

Minimally invasive cardiac surgery offers important benefits for the patient but it also imposes several challenges for surgeon. Robotic assistance has been proposed to overcome many difficulties inherent to the minimally invasive procedure but so far no solutions for compensating physiological motion are present in the existing surgical robotic platforms.



see over

TIME

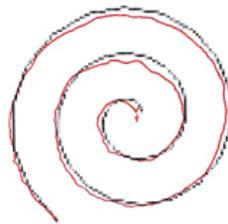
Amputation of a limb is a surgical intervention used as a last resort to remove irreparably damaged, diseased, or congenitally malformed limbs where retention of the limb is a threat to the well-being of the individual. The procedure traumatically alters the body image, but often leaves sensations that refer to the missing body part, the phantom limb. In 50-80% of cases, these sensations are painful and currently, there are no effective treatment modalities. Given sufficient control over a large number of nerve fibers, a neural interface may be able to artificially evoke sensations of touch, or counteract the phantom limb pain.



see over

TREMOR

Tremor is defined as the involuntary rhythmic or semi rhythmic oscillation of a body part resulting from alternating of simultaneous contractions of antagonistic muscle groups. The tremor frequency may change but motion is always sinusoidal. Tremor is the most common abnormal motion encountered in human pathology. It is classified depending on the source and can be a rest tremor or an action tremor (kinetic or postural). The origin, the functional consequences and the treatment may change depending on the pathology. Pathological tremor affects 5-9% of the population age 40 and above. Common causes of pathological tremor include Parkinson's disease or cerebellar dysfunctions (e.g. multiple sclerosis, stroke, etc.). Not only does this involuntary movement impair the activities of daily living of many patients, it also often leads to social embarrassment and even isolation. The lifetime economical and social cost as a result of a reduction in independence is



an enormous burden to an individual, as well as the society.

The main objective of the project is then to propose an alternate solution to actual pharmacological or surgical therapies that may have limited results. This alternate solution is based on the active tremor compensation of the upper limbs via functional electrical stimulation.

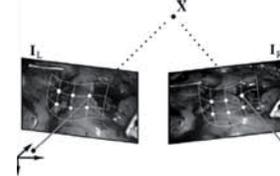
The project is composed of 4 subsections (two scientific, one technological and one clinical) which are successively



see over

AccuRobAs continuation

In beating heart surgery, cardiac and respiratory motions are important sources of disturbance, hindering the surgeon's gestures and limiting the types of procedures that can be performed in a minimally invasive fashion.



In this context, computer vision techniques can be used for retrieving the heart motion for active motion stabilization, which improves the precision and repeatability of the surgical gestures. However, efficient tracking of the heart surface is a challenging problem due to the heart surface characteristics, large deformations and the complex illumination conditions. Therefore we work on an efficient active method for active cancellation of cardiac motion.

TREMOR continuation

i) modelling of pathological tremor, ii) synthesis of algorithms for active tremor compensation, iii) design of a prototype for a wearable orthosis and iv) clinical evaluation.

It involves a research laboratory (LIRMM), a company (MXM) expert in functional electrical stimulation and two clinical partners (CHU of Montpellier, Neurology Department, and Propara Rehabilitation Center).

The project, supported by the French National Agency for Research, will be run with the scientific collaboration of the Biomedical Research and Engineering Center of the Nanyang Technological University in Singapore.

FUNCTIONAL ELECTRICAL STIMULATION



Functional Electrical Stimulation (FES) has been used for about 30 years in order to restore movements.

It is the main field of research of the DEMAR team at LIRMM.

Even if the FES technique has proved to be useable, it still needs enhancements that will be addressed by DEMAR. In particular, complex electrode geometries associated with complex stimulus waveforms provide

TIME continuation

The application of Micro/nano technologies with functional electrical micro stimulation can not only pave the road towards a treatment, but also provide amputees a means to sense virtual environments directly.

The ultimate aim of this project is to develop this novel Human Machine Interface (HMI). A novel microfabricated neural interface, the Thin-film Intrafascicular Multichannel Electrode array, and implantable multichannel stimulator system will form the key core technological developments in the project.

The work is structured in 10 work packages in three phases.

- The technological development phase will model, design, manufacture and characterize the multi-channel electrode (TIME) and design, manufacture and test an implantable, multi-channel stimulator.
- In vivo characterization phase will evaluate the TIME electrodes for biocompatibility, stability and chronic safety in animals and

develop a psychophysical test platform for system integration.

- Finally, pre-clinical evaluation will test the system in short-term implants in amputee subjects.

The work, developed in the frame of a European Program on Nano/Micro priority, will provide direct contribution to the next-generation smart systems, strengthen Europe's leading position in advanced electronic systems/biomedical applications, and improve the quality of life for amputees with phantom limb pain.



ARAKNES continuation



The worldwide number of bypass surgeries for obesity is predicted to rise up to 1.3 million by 2015, hence the social and industrial impact of ARAKNES is considerable.

Through S&T excellence in micro-robotics and micro-system technologies, ARAKNES will facilitate the combination of current state-of-the-art and breakthrough innovations focusing on integrated micro-nano-bio-info devices. Specifically ARAKNES exploits the convergence of:

- established laparoscopic techniques;
- over 20 years of clinical experience with

robotic and computer assisted surgery;
- the maturity of micro-, nano- and bio-technologies;

- the trend towards wireless, wearable and swallowable devices.

This combination enables the conception of a comprehensive micro-robotic based smart operating system for advanced endoluminal surgery, which will reform established endoluminal techniques.

The objectives and impact of ARAKNES are broad and ambitious. The ARAKNES Consortium is a unique blend of European pioneers in all the involved disciplines (surgery, robotics, information technologies, micro- and nanotechnologies) which have the vision, the commitment and the capabilities to make ARAKNES successful in terms of scientific innovation, industrial demonstrations and, ultimately, clinical application.

a way to perform fibre type selectivity and spatial localisation of the stimuli in the nerves. These features are not yet implemented and demand new hardware and software architectures. Some teams all around the world work on multi-polar neural stimulation but mainly on the electrode aspect.

Such a complex system needs advanced control theory tools coupled with a deep understanding of the underlying neurophysiological processes. This major area of research will be also an important part of the DEMAR objectives.

DEMAR is a joint project between INRIA, CNRS, Universities of Montpellier 1 and 2. This team works in close relationship with rehabilitation centres among them the Centre Bouffard Vercelli in Cerbère and Propara in Montpellier. International collaborations exist since 2003 with the Sensory Motor Interaction Lab at the University of Aalborg in Denmark. DEMAR

research interests are centered on the human sensory motor system, including muscles, sensory feedbacks, and neural motor networks. Indeed, DEMAR focuses on two global axes of research:

- Modelling and controlling the human sensory motor system.
- Interfacing artificial and natural parts through implanted neuroprosthetic devices.

The main applied research fields are then:
- Quantitative characterization of the human sensory motor system firstly for motor disorders diagnosis and objective quantification, and secondly in order to help the design of neuroprosthetic devices.

- Restoring motor and sensitive functions through implanted functional electrical stimulation (FES) and neural signals sensing.

- Improving surface stimulation for therapy (verticalization).



PROJET STRATEGIQUE DU CAMPUS SAINT-PIERRE

Sur le Campus Saint Priest seront réunies les 3 UMR UM2-CNRS du secteur ST2I (**sciences et technologies de l'information et l'ingénierie**) et le CINES. Les 3 laboratoires (LIRMM, IES, LMGC) possèdent tous une renommée internationale (tous classés A ou A+ par le ministère) ; le CINES vient d'être confirmé centre national de calcul intensif et va bientôt acquérir le 5ème plus gros calculateur existant actuellement au monde. La qualité et la taille de cet ensemble (plus de 650 personnes) vont donner à l'Université de Montpellier et à sa région une attractivité considérable et une visibilité internationale dans les domaines suivants :

Synergie ST2I - Sciences du vivant unique en France :

- au plan de la recherche :

Les sciences du vivant représentent une force remarquable dans la région et bénéficient d'une reconnaissance internationale dans les domaines de la santé et de l'agronomie au sens large. Cependant leur évolution dans beaucoup de domaines intègre de plus en plus d'aspects virtuels ou technologiques et donc des outils développés dans la communauté ST2I. Ces outils sont génériques et il serait contre productif de développer l'ensemble des compétences dans chaque unité des sciences de la vie.

Cet aspect a entraîné le développement d'un grand nombre d'actions pluridisciplinaires. Une étude de 2003 faisait état de 57 actions entre les laboratoires SdV et STICS de la région dont 4 plates-formes. La communauté ST2I appuyée par le CNRS a donc structuré cette interface pour pouvoir la développer de la façon la plus efficace possible : appels d'offre, journées thématiques, allocations en co-tutelle ... Certaines actions menées dans ce cadre sont exemplaires comme l'appel d'offre financé par une ACI régionale CNRS et UM2 (**cas unique en France**).

De plus l'enquête de 2003 recensait plus de 250 chercheurs, nombre qui a sensiblement augmenté depuis, travaillant sur cette interface dont seul un quart dans des unités ST2I. Ces chercheurs disséminés dans la plupart des unités des sciences de la vie, ont besoin d'un centre de références pour communiquer et se former sur les avancées et sur les nouvelles technologies.

L'implantation dans le bâtiment 5 du Campus Saint Priest d'une antenne du Centre Sophia Antipolis de l'INRIA confortera encore cette synergie notamment avec le secteur agronomie-environnement-méditerranée.

- au plan de la formation :

L'impact est encore plus significatif sur les aspects "formation". Des concepts porteurs et sociétaux comme la protection de l'environnement, la génétique, ... ont attiré plus de la moitié des étudiants en sciences vers les filières de la discipline "biologie". Les problèmes de débouchés qui en ont découlé, ont poussé à la création de parcours permettant le développement d'une compétence complémentaire plus propice à l'insertion professionnelle. Ainsi à Montpellier, ces dernières années, des centaines d'étudiants ayant des masters ou des doctorats en sciences de la vie, ont pu obtenir des diplômes en informatique grâce à des filières adaptées. Lors de la nouvelle habilitation du LMD, des modules d'enseignement et des parcours pluridisciplinaires ont enrichi le dispositif.

Les acteurs du Campus Saint Priest entendent structurer ces synergies avec les Sciences de la Vie et devenir une référence sur le plan international, en donnant une nouvelle dimension aux actions suivantes : organisation des journées thématiques, aide aux projets émergents pour les aider à devenir de nouvelles équipes (en collaboration avec l'INRIA ou d'autres organismes de recherche), à répondre aux appels d'offre et à participer aux programmes (ANR, PCRD ...), développement des plateformes existantes (robotique, logique (projet INTS : Intelligence Artificielle et Technologies Sensibles), projet Euromouv ...). La politique de l'école doctorale privilégiant les allocations en co-tutelles sera poursuivie. Les besoins pour la formation des chercheurs dans le domaine des TIC seront étudiés dans le but de créer un centre permettant aux nombreux chercheurs travaillant dans les laboratoires de sciences du vivant à l'interface entre la biologie et nos disciplines de développer ou d'entretenir leurs compétences.

Synergie interne et attractivité ST2I unique en France :

- au plan de la recherche

Nulle part en France ne s'est constitué un pôle aussi puissant associant électronique-informatique-mécanique-microélectronique-nanosciences-robotique au travers de trois laboratoires ayant vocation à se constituer en fédération.

L'attractivité de cet ensemble se traduit par l'implantation de l'INRIA sur le campus Saint Priest ayant vocation à tendre vers la construction d'un laboratoire INRIA de plein exercice, ce qui s'est déjà traduit par le plan stratégique de l'INRIA 2008-2012, la création de 3 équipes-projets (dont une au LIRMM et une en cours de constitution), la signature d'une convention cadre entre l'UM2 et l'INRIA, la participation au CPER en cours (participation qui devrait être renforcée lors du prochain CPER). Le pôle ST2I, où le CNRS est très largement représenté, fait partie du pôle MIPS avec l'Institut de physique (IPM) et l'Institut de Mathématiques et Modélisation (I3M) pour lequel les relations avec les sciences du vivant se matérialisent par le soutien à l'appel d'offre d'Agropolis Fondation sur le thème de la collaboration RTRA-MIPS (Mathématiques, Informatique, Physique, Structures et Systèmes).

L'apport que représente la communauté ST2I dans le domaine du développement durable et donc dans le domaine des énergies renouvelables sera primordial. La participation active de nos laboratoires au pôle de compétitivité DERBI et au comité de pilotage de la conférence ENERGAIA en est une illustration.

- au plan de la formation : une offre variée, dynamique et ouverte :

L'école doctorale I2S est déjà implantée sur le Campus Saint Priest, elle couvre les disciplines du pôle MIPS et permet un débouché de haut niveau pour les étudiants en masters. La centaine de doctorants diplômés chaque année trouvent facilement un emploi (la moitié dans le secteur privé).

Le projet ROBUSTA est une bonne démonstration de cette volonté de promouvoir un enseignement original, vivant, ouvert vers l'extérieur, pluridisciplinaire et fortement couplé à la recherche : il s'agit de la réalisation d'un satellite cubesat ayant pour objectif l'étude de l'effet des radiations ionisantes sur les circuits et composants de la microélectronique. Mobilisant 150 étudiants de licence, maîtrise, IUT, Polytech appréhendant l'ensemble des disciplines ST2I (EEA, Informatique et Mécanique). Seul satellite français inscrit au concours européen organisé par ESA, il vient d'être sélectionné pour prendre place sur le nouveau lanceur VEGA en 2009.

L'attractivité du ST2I du Campus Saint Priest se manifeste d'autre part dans le projet d'implantation sur ce Campus d'une école de l'Institut des TELECOM en partenariat avec Polytech Montpellier et les masters d'EEA et d'Informatique, avec des spécialisations dans le domaine de la bio-santé, dont les recherches seront pour l'essentiel développées au LIRMM et à l'IES.

Les acteurs du Pole Saint Priest se sont fixés l'objectif de conforter leur positionnement national et international dans le domaine ST2I :

- en favorisant une approche intégrée devenue incontournable pour répondre aux grands défis scientifiques et technologiques et assurer la formation pour des métiers de nouvelle génération liés à l'implication des TIC dans la surveillance et la gestion des systèmes complexes (environnement, milieu hospitalier, ...) et dans le développement durable,
- en renforçant les partenariats existants avec l'Institut de Physique (IPM), l'Institut de Mathématiques et Modélisation (I3M) et le CINES.

En particulier, l'ensemble UM2 (ST2I) CINES ambitionne de développer à terme un Institut de Simulation Intensive et de Modélisation en grande partie orienté vers les Sciences du Vivant, qui bénéficiera notamment de la puissance de calcul installée au CINES, et qui travaillera en forte synergie avec l'INRIA et les laboratoires CNRS de ce secteur : LIRMM, IES, I3M, IPM.

Le pilotage par appels d'offre et par l'organisation de journées thématiques sera intensifié pour inciter les chercheurs à se lancer dans ces voies prometteuses dont les enjeux économiques et sociétaux sont clairement affichés.

Impact sur l'économie régionale unique en France :

Le secteur ST2I apporte un lien important avec le secteur socio-économique. Nos laboratoires n'ont pas d'équivalent au niveau national dans la création d'entreprises : une partie significative des entreprises créées dans le secteur des TIC par les pépinières Montpelliéraines primées à Seattle a pour origine le LIRMM et l'IES. Deux chercheurs de notre communauté sont président des conseils scientifiques de transfert LR, une cinquantaine d'entreprises signent chaque année des contrats industriels. Remarquons que certains

produits à la base des créations d'entreprises concernent le secteur de l'environnement, de la santé et de l'agronomie. Réciproquement l'activité innovante dans le secteur des sciences en agronomie, environnement, eau, santé, ne peut-être totalement séparée de la bonne santé de la communauté ST2I.

La communauté scientifique s'est aussi mobilisée pour développer des Plates-formes technologiques de pointe, ouvertes aux PME régionales qui composent en grande majorité le tissu économique local : elles ont ainsi accès à des équipements de haute technologie et à des compétences de très grande spécificité, que souvent elles ne peuvent acquérir en interne (plates-formes robotiques (santé et handicap), halle de mécatronique, plate-forme de conception de tests CNFM...,), centrale de technologie pour les aspects salle blanche et microscopie en champ proche, ...

Le Pole saint Priest entend s'impliquer encore plus dans le développement économique et l'innovation :

- En accentuant ses efforts pour développer des plates-formes autour de ses laboratoires, ouvertes et accessibles
- En poursuivant son action dans le domaine de la création d'entreprises.
- En renforçant les partenariats avec les entreprises (en particulier IBM Montpellier), en impliquant les PME régionales dans des projets majeurs (Notre implication dans l'INTS, secteur où se sont développées plus de 2000 petites et toutes petites entreprises en région prend ici tout son sens).

Le regroupement de notre communauté sur le campus permettra de donner des moyens à notre ambition :

- augmentation des surfaces des salles blanches et leur mise à niveau,
- création d'une plate-forme HERMES (hyperfréquence, communication sans fil, ...),
- création de locaux d'incubation
- amélioration de l'efficacité de l'ensemble du dispositif en rationalisant les ressources humaines dans le cadre du regroupement sur le site de Saint-Priest.

La venue de l'INRIA, dont les recherches sont traditionnellement en prise avec le secteur socio-économique, renforcera encore plus le transfert technologique.

Conclusion

Les synergies internes au ST2I, entre ST2I et sciences du vivant, entre ST2I et le milieu socio économique, s'articulent dans ces trois domaines autour de la forte synergie entre enseignement et recherche. Au delà de ces trois objectifs majeurs, le regroupement de la communauté permet de mutualiser et de rationaliser nos ressources (gestion des contrats et des plateformes, moyens informatiques, ...) et de libérer ainsi des moyens.

Les récentes études menées par l'Etat (PASER, fiche 19 et 20) coordonnées dans leur élaboration par des chercheurs du département STICS et la région (SRADDT) ont clairement fait ressortir le rôle essentiel que seraient appelées à jouer les TIC, et donc la communauté ST2I, dans ces deux projets d'aménagement du territoire fortement orientés par l'effet structurant du développement durable. En effet la bonne santé de notre communauté a un impact primordial sur l'activité innovante des autres communautés et du monde économique.

Le regroupement de la communauté sur le campus Saint-Priest nous permettra d'accélérer la réalisation de nos objectifs et rendra le site de Montpellier plus attractif pour de nombreux partenaires potentiels (INRIA, IBM et Institut TELECOM par exemple). Il permettra aussi, par la libération de locaux du campus Triolet, la restructuration de la physique et de la biodiversité, prévues dans le cadre du "plan campus". Le Campus Saint Priest constituant un ensemble de haute technologie associant étroitement recherche d'excellence, formations de haut niveau, transfert vers le monde économique et création d'entreprises, associé à un cadre de vie étudiante attractif et fonctionnel, renforcera la lisibilité nationale et internationale de l'Université Montpellier Sud de France, son attractivité pour les étudiants, et par conséquent le rayonnement national et international de notre région.

31 Octobre 2008

Danièle HERIN

Présidente
de l'Université Montpellier 2



Bernard JOLLANS

Délégué Régional
13ème circonscription

Gérard KERLIDOU
Adjoint au Délégué Régional

Gérard GIRAUD

Directeur du Centre INRIA Sophia
Antipolis



Quelques acronymes utilisés dans ce rapport :

ACI - Action concertée incitative
ACMO - agent chargé de la mise en oeuvre des règles d'hygiène et de sécurité
ADM - service Administratif du LIRMM
AMN - Bourse de thèse accordée aux élèves normaliens
ANR - Agence nationale de la recherche
ATER - Attaché temporaire d'enseignement et de recherche
BDI - Bourse de docteur-ingénieur
BFC - Budget, finance et comptabilité
BIATOSS - Bibliothécaires, ingénieurs, administratifs, techniciens, ouvriers de service et de santé
CAO - Conception assistée par ordinateur
CDD - Contrat à durée déterminée
CEA/LETi - Commissariat à l'énergie atomique - Laboratoire d'électronique et de technologies de l'information
CEEI - Centre européen d'entreprises et d'innovation
CHU- Centre hospitalier régional
CIFRE - Convention industrielle de formation par la recherche
CINES - Centre informatique national de l'enseignement supérieur
CIRAD - Centre de coopération internationale en recherche agronomique pour le développement
CNFM - Coordination Nationale pour Formation en Micro et Nano Technologies
CNU - Conseil national des universités
CODI - service Communication et documentation du LIRMM
CPER - Contrat de Plan Etat-Région
CPL - Comité des Projets Lirmm
CR - Chargé de recherche
CREA - Centre de recherche en épistémologie appliquée de l'école polytechnique
CST - Comités de Suivi de Thèse
CURI - Commission des utilisateurs des ressources informatiques
DCSSI - Direction centrale de la sécurité des systèmes d'information
DR - Directeur de recherche
ED - Ecole doctorale
EMA - Ecole des mines d'Alès
GIP - Groupement d'intérêt public
HDR - Habilitation à diriger des recherches
I3M - Institut de mathématiques et de modélisation de Montpellier
IEEE - Institute of electrical and electronics engineers
IES - Institut d'électronique du sud
IN2P3 - Institut national de physique nucléaire et de physique des particules
INPI - Institut National de la Propriété Industrielle

INRIA - Institut National de Recherche en Informatique et Automatique
INTS - Intelligence Numérique et Technologies Sensibles
IRIT - Institut de recherche en informatique de Toulouse
ISIR - Institut des systèmes intelligents et de robotique
ITA - Ingénieur, technicien, administratif
JRL - Joint robotics laboratory
LE2I - Laboratoire électronique, informatique et image
LGI2P - Laboratoire d'informatique et d'ingénierie de production de l'école des mines d'Alès
LIA - Laboratoire d'informatique d'Avignon
LIF - Laboratoire d'informatique fondamentale de Marseille
LMD - Licence, master, doctorat
LMGC - Laboratoire de mécanique et de génie civil de Montpellier
LRI - Languedoc-Roussillon Incubation
MCF - Maître de conférences
NBIA - National Business Incubation Association
PEPS - Projets exploratoires pluridisciplinaires
PFR MIPS - Pôle formation recherche mathématique, informatique, physique, structures et systèmes
PFU - Plan de formation d'unité
PME/PMI - Petites et moyennes entreprises, industries
Pôle SCS - Solutions communicantes sécurisées
PPF - Programme prévisionnel de formation
PR - Professeur des Universités
R2LR - Robotique Lirmm Languedoc-Roussillon
RX - service Réseaux du LIRMM
SI2 - service Système d'information et services informatiques du LIRMM
SPI - Sciences pour l'ingénieur
STI - Service technique et informatique du LIRMM
STICS - Sciences et technologies de l'information, de la communication et des systèmes
STREP - Specific targeted research project
SWOT - Strengths, weaknesses, opportunities, threats
SyAM - Systèmes automatiques et microélectroniques
TETIS - Territoires, Environnement, Télédétection et Information Spatiale
TGE - Très grand équipement
TIC - Technologies de l'information et de la communication
UMSF - Université Montpellier Sud de France

Maquette et réalisation : LIRMM-CODI et L-103 Communication
Crédit Photos : LIRMM et FOTOLIA
Imprimé en octobre 2009 par l'imprimerie Jasson-Taboureau

Laboratoire d'Informatique, de Robotique et de Microélectronique de Montpellier
161, rue ada - 34392 Montpellier cedex 5
tél : 04 67 41 85 85 - fax : 04 67 41 85 00

www.lirmm.fr

