

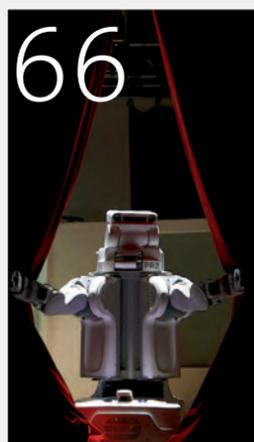
- 4 Dossier | Adream**
Sur la route des systèmes cyberphysiques
- 8 Dossier | Adream | Le bâtiment expérimental**
- 9 Adream ou le « living lab »**
- 11 Un bâtiment support d'expériences**
- 12 « Nous avons construit un outil de recherche évolutif »**
- 18 Dossier | Adream | Le programme de recherche**
Nouvelle génération de réseaux de capteurs sans fil
- 19 DES CONCEPTS AUX DÉPLOIEMENTS**
Les microsystèmes dans l'habitat
- 22 SYSTÈMES INFORMATIQUES**
Sûreté de fonctionnement et autonomie
COMMUNICATIONS ET APPLICATIONS
MACHINE-TO-MACHINE
- 23 ÉVOLUTION, ADAPTATION ET SÛRETÉ DE FONCTIONNEMENT**
- 24 Le robot, le réseau ... et l'homme**
- 26 Réseau de capteurs pour la perception d'activités humaines**
- 28 Sécurité et protection de la vie privée**
- 30 GESTION ET OPTIMISATION DE L'ÉNERGIE**
Vers des réseaux d'énergie réactifs et adaptatifs
- 32 Actualité scientifique**
INFORMATIQUE DIFFUSE
Covoiturage dynamique, calcul d'itinéraires et réseau social mobile
- 33 MATHIEU CLAEYS FINALISTE À L'ACC**
La théorie des mesures au service du rendez-vous en orbite
- 34 L'ADN : de la biologie aux technologies, un nouveau potentiel à explorer**
- 36 ANALYSE BIOLOGIQUE PAR VOIE OPTIQUE**
Nouvelles matrices de microlentilles actionnables en polymère
- 37 Des capteurs en réseaux comme anges gardiens**
- 38 EQUIPEMENT D'EXCELLENCE LEAF DE LITHOGRAPHIE LASER**
Ecriture laser pour l'électronique flexible multifonctionnelle
- 39 PLATEFORME DE MICRO ET NANOTECHNOLOGIES**
Nouveau microscope électronique à balayage couplé à un système de faisceau d'ions focalisé
- 40 Innovation**
ELECTRONIQUE DE PUISSANCE
Alliance européenne pour le développement des semi-conducteurs à grand gap
- 41 PROJET EUROPÉEN IMAGINE**
Pour une gestion informatique globale des usines virtuelles du futur
- 42 START-UP APRÈS LA THÈSE**
De la localisation de fantassins aux systèmes de transmission pour l'aéronautique
- 43 CLUB DES AFFILIÉS**
- 44 Expérience**
La robotique comme source de savoir
- 48 Vie scientifique**
LES PROJETS DE RECHERCHE DES PLUS RÉCENTES RECRUES DU LAAS
- 52 Ils ont choisi le CNRS**
LIBERTÉ DE PENSER ET DE TRAVAILLER
- 53 « LA YOURTE, MAIS C'EST JOLI »**
- 54 « J'AI L'IMPRESSIION DE REJOINDRE UNE GRANDE FAMILLE »**
- 57 HABILITATIONS À DIRIGER DES RECHERCHES**
- 57 THÈSES**
- 61 TALENTS**
- 65 CONGRÈS**
- 66 Culture scientifique**
Robots sur scène
ROBOSCOPIE
- 67 NANOTECHNOLOGIES AU COLLÈGE**
EN PARLER SOUS L'ANGLE INTERDISCIPLINAIRE ET CITOYEN



Adream ou le « living lab »



Vers des réseaux d'énergie réactifs et adaptatifs



Robots sur scène



Ce numéro fait une large part au programme Adream (Architectures dynamiques reconfigurables pour systèmes embarqués autonomes mobiles) et au bâtiment instrumenté et à énergie optimisée qui a été conçu pour accueillir des démonstrateurs de plusieurs des projets d'Adream, qui incluent un important volet sur la conversion d'énergie photovoltaïque. Le bâtiment Adream est véritablement un « living lab » évolutif. La réalisation d'un tel bâtiment a constitué un vrai défi et a aussi été une formidable aventure humaine associant les chercheurs, le service logistique et infrastructure du laboratoire, le service des affaires immobilières de la délégation régionale du CNRS et bien sûr le cabinet d'architecture responsable du projet.

Adream contribue à relever le défi posé par la diffusion massive de dispositifs numériques fortement interconnectés — ceci bien au-delà de ce qui est déjà permis par l'Internet et qui est rendu possible par les évolutions technologiques. Alliant les avancées de l'informatique et des technologies numériques et leur intégration de plus en plus poussée au sein d'objets multiples et leur vaste diffusion au niveau des individus, un nouveau paradigme de systèmes, souvent qualifiés de systèmes cyber-physiques, se développe. Par leur omniprésence, les systèmes cyber-physiques sont à même d'ouvrir la voie à un avenir plus avenant et durable, par une gestion plus efficace de notre environnement et la multiplication de services : domiciles, lieux de travail, espaces publics, véhicules, etc.

Les systèmes cyber-physiques s'appuient — entre autres — sur le déploiement massif de capteurs communicants, de robots mobiles et autonomes, de nouveaux protocoles de communication à faible consommation, de supports d'exécution reconfigurables, d'algorithmes innovants pour le traitement de grandes masses de données, de procédures d'optimisation et de commande robustes, de nouveaux dispositifs et procédés pour la production, la conversion, le stockage et la récupération de l'énergie électrique, autant de thématiques qui font l'objet de travaux de recherche au laboratoire. Comme on le verra, de nombreux verrous restent à lever notamment afin de maîtriser la dynamique qui caractérise l'environnement fortement évolutif dans lequel

évoluent les systèmes cyber-physiques. Le concept de résilience informatique — garantie de sûreté de fonctionnement en dépit des changements — qui a vu le jour au laboratoire, s'avère ainsi être une notion essentielle pour aborder les défis posés aux systèmes cyber-physiques. Notons également, en plus des défis concernant les différents aspects techniques, la nécessaire analyse de l'impact de la forte pénétration (pervasive) de ces systèmes et de leur exploitation au titre de leur acceptabilité, tant au niveau de l'usage (c'est en particulier le cas dans le cadre des interactions Homme-robot) que du respect de la vie privée. En ce qui concerne ce dernier aspect, les avantages de la géolocalisation ou de la reconnaissance d'activités humaines, pour l'élaboration de nombreux services pratiques et performants, ne doit pas se traduire par la mise en péril voire l'aliénation du droit à l'anonymat !

D'autres rubriques témoignent dans ce numéro de la richesse de la vie scientifique du laboratoire et de la variété des thématiques étudiées. D'autres ont trait aux nouveaux équipements qui viennent enrichir la plateforme de micro et nano technologies. L'accent est aussi mis sur deux projets européens : l'alliance établie par le laboratoire (en tant qu'institut Carnot LAAS CNRS) avec l'institut Fraunhofer IISB pour le développement de semi-conducteurs « à grand gap », et IMAGINE, qui concerne la gestion des réseaux de conception et de fabrication dynamiques. Les témoignages concernant un projet de création par un doctorant d'une jeune pousse, déjà lauréate de l'édition 2012 du Concours national d'aide à la création d'entreprises innovantes, et le bilan d'une année passée par un chercheur chevronné au collège de France en tant que titulaire de la chaire d'innovation technologique Liliane Bettencourt, fournissent deux belles illustrations du dynamisme et du rayonnement du laboratoire. La parole est aussi donnée aux recrues récentes qui viennent de rejoindre le laboratoire. Plusieurs talents, lauréats de prix prestigieux, l'annonce de la création d'un prix scientifique international Jean-Claude Laprie, les nouveaux habilités, les congrès organisés par des membres du laboratoire, complètent le regard porté par ce numéro sur l'actualité récente du laboratoire.

Je vous en souhaite une bonne lecture !

Sur la route des systèmes cyberphysiques

Le projet Adream, Architectures dynamiques pour systèmes embarqués autonomes mobiles, sous-titré Composants et systèmes embarqués, matériels et logiciels, pour réseaux de capteurs et d'actionneurs mobiles, sans fil, dans la conduite, la supervision et le diagnostic en aéronautique, espace, environnement et transports, soumis en 2006, est une des actions soutenues par le contrat de projets Etat-Région 2007-2013. Ce projet scientifique d'envergure, renforcé par des moyens technologiques novateurs, a pour objectif de développer, d'intégrer, et de valider de nombreux travaux de recherche et de développement dans plusieurs domaines récents, tels que les systèmes embarqués mobiles, les réseaux de capteurs, l'Internet des objets, les interconnexions de services, les robots compagnons et l'optimisation d'énergie.



La terrasse du bâtiment est pourvue de panneaux photovoltaïques et d'une station météo pour les recherches portant sur l'énergie.

L'objectif du projet Adream est de préparer la synergie de tous ces domaines, d'anticiper les outils nécessaires à leur conception et de proposer les premières expérimentations s'y rapportant. Ces recherches vont ainsi renforcer les compétences du LAAS et de ses partenaires sur les capteurs, les mesures, les systèmes de communication, la protection de la vie privée, les robots rendant de multiples services en interaction avec les humains, les systèmes énergétiques, et sur tous les nouveaux systèmes soumis à de fortes contraintes de performance, d'énergie, de résilience ou de sécurité.

Adream comporte un programme scientifique soutenu par un ensemble de plateformes et conforté par un bâtiment expérimental instrumenté. Le fort besoin de disposer d'un site expérimental adéquat, c'est-à-dire qui soit complexe pour être un démonstrateur significatif tout en restant maîtrisable, a conduit à la construction d'un nouveau bâtiment, conçu pour être lui-même le support des expérimentations.



© Patrick Dumas/look at science

Michel Diaz, directeur de recherche au CNRS, est le coordinateur du projet Adream.

Ce contexte expérimental préfigure un domaine d'application extrêmement important économiquement et socialement. Il devrait ainsi nous permettre, avec nos partenaires, de proposer, déployer et valider, par les utilisateurs occupant ce bâtiment, ce que pourrait être notre proche environnement de travail et par extension de vie dans les dix prochaines années.

La recherche, pour la conception interdisciplinaire de systèmes complexes autonomes

La vocation d'Adream étant de développer les recherches, de préparer les outils, et de définir les premières expérimentations, le projet doit, avec des collaborations, proposer, dans ces champs scientifiques et technologiques, de nouveaux développements et intégrations interdisciplinaires innovants. Il doit aussi pouvoir déployer et valider les résultats obtenus sur des systèmes réels complexes, mais complètement observables et commandables. Il s'agit de concevoir des hiérarchies de multiples réseaux de capteurs, d'actionneurs et de robots, mobiles et coopératifs, allant des micro-systèmes embarqués aux systèmes complets. Ce type de systèmes a été nommé aux Etats-Unis « systèmes cyberphysiques », qui associent le monde virtuel de l'informatique au monde réel de la physique. Tous les composants et sous-systèmes de tels *Systèmes Cyberphysiques* devront être d'un fonctionnement sûr vis-à-vis des fautes accidentelles et des malveillances, inter-opérables, et capables d'adaptation dans un large spectre

“Le fort besoin de disposer d'un site expérimental adéquat, c'est-à-dire qui soit complexe pour être un démonstrateur significatif tout en restant maîtrisable, a conduit à la construction d'un nouveau bâtiment, conçu pour être lui-même le support des expérimentations.”

de tâches et de fonctions, et devront, autant que possible, être autonomes sur les plans énergétique, fonctionnel, et décisionnel.

Les plateformes, supports de la conception et d'évaluation

Le deuxième objectif est d'étendre les trois plateformes ouvertes, la plateforme de conception, celle de caractérisation de micro-nano systèmes et celle de robotique déjà existantes au LAAS, et d'en créer deux nouvelles dans le bâtiment Adream, indispensables à la réalisation de ces systèmes : une plateforme de systèmes embarqués et une de production et gestion d'énergie.

Un bâtiment pour le déploiement et l'évaluation

Ce nouveau bâtiment, le troisième objectif du projet, intégrera des travaux multi-disciplinaires en électronique, énergie, informatique, et commande. Sa construction, unique en son genre, a été achevée et il est occupé par des chercheurs et techniciens depuis mars 2012. Il offrira un niveau de coopération multi-disciplinaire encore jamais atteint. Les architectures et solutions classiques des systèmes disciplinaires devront être étendues afin de permettre une conception unifiée de ce système de systèmes, creuset de nouvelles approches innovantes intrépidatrices.

Du point de vue électronique et énergétique, le bâtiment comporte un mur façade et deux toits entièrement équipés en panneaux photovoltaïques pour la production

d'énergie et la recherche s'y rapportant, combinés à trois pompes à chaleur géothermiques et à un puits canadien, pour l'étude et l'optimisation de systèmes innovants de conversion et d'optimisation d'énergie. Côté informatique et robotique, l'ensemble des équipements, des mesures, des données, des logiciels et des actions sera enrichi par les actions de robots autonomes et les interconnexions de réseaux à qualité de



© Jean-Benoît Meybeck pour le LAAS-CNRS

service garantie. Cet ensemble de solutions et services sera alors soumis à la satisfaction des besoins des occupants.

La genèse et la vision scientifique

La définition du projet a nécessité un long travail qui a débuté en 2006 afin de répondre à la nécessité d'interdisciplinarité, fortement encouragée par les directeurs successifs du LAAS, Malik Ghallab, Raja Chatila et Jean-Louis Sanchez. Partant d'une base scientifique de conception autour de réseaux tout IP, l'idée était de préfigurer la nouvelle génération des systèmes embarqués, c'est-à-dire en les dotant de comportements autonomes et en les intégrant dans une coopération distribuée reposant sur le modèle de l'Internet. La problématique devient plus générale et complexe mais constitue une avancée qui

“Côté informatique et robotique, l'ensemble des équipements, des mesures, des données, des logiciels et des actions sera enrichi par les actions de robots autonomes et les interconnexions de réseaux à qualité de service garantie.”

permet d'envisager des développements nombreux et innovants.

Ces propositions, débattues avec l'ensemble du laboratoire, ont fait l'objet d'une présentation et d'un appel à idées en 2009 à l'initiative de Raja Chatila. Parmi les propositions, une recherche sur la génération, la conversion et le stockage de l'énergie photovoltaïque, portant sur la problématique du développement durable, s'insé-

rait parfaitement dans le contexte de Adream et augmentait sensiblement la portée des recherches et des résultats attendus. Cette problématique de gestion et d'optimisation énergétiques a alors été intégrée au projet et au bâtiment expérimental déjà défini. Conforté par les directeurs suivants, Jean-Louis Sanchez et Jean Arlat, il est indéniable que l'ensemble des thèmes de recherche et de développement ainsi constitué, associant informatique, automatique et électronique, dans les domaines de la perception, de la communication, de la robotique, de la sûreté de fonctionnement, de l'énergie et de la commande, conduira au développement de travaux permettant d'anticiper et d'évaluer de nombreuses applications de notre environnement de vie dans les dix prochaines années.

Adream a été défini et proposé en 2006

dans une intention prospective. Une des conséquences de l'évolution technologique était déjà le développement de l'Internet, en tant que réseau de réseaux, acceptant les nouvelles technologies et les nouveaux services ; système d'accessibilité, en permettant des communications entre de plus en plus d'utilisateurs. Pour les réseaux, de nouvelles architectures sont proposées. Elles reposent sur des paradigmes novateurs, comme les interactions directes pair-à-pair, l'utilisation de la localisation réelle, et l'optimisation des relations entre données et utilisateurs. Conjointement, avec la mobilité, ils commencent à conduire à de nouveaux concepts et protocoles prometteurs, comme les réseaux tolérant les délais et les réseaux ad-hoc. De même, les processeurs embarqués commencent à être intégrés dans tous les objets et les environnements. Les capteurs deviennent smart, en intégrant des traitements et la communication. Les premiers réseaux de capteurs et d'actionneurs qui en résultent connaissent un énorme développement. Tout semble ainsi pouvoir être connecté, et les premiers travaux apparaissent sur l'Internet des objets, avec un premier rapport publié par l'ITU fin 2005. Il devient possible de connaître un état distribué, de l'interpréter et d'en déduire des décisions et actions, alors applicables à distance.

La robotique tire aussi profit de ces avancées. Ainsi, les perceptions, les communications et les commandes des robots peuvent être fortement étendues. Par exemple, les possibilités de cartographie et de localisation simultanée sont susceptibles d'être menées en temps réel, et les connaissances des robots augmentées par de nouveaux capteurs. De plus, ceux-ci conduisent à une interaction bien plus riche entre les robots et avec leurs environnements

intelligents, qui disposent de processeurs d'état. Enfin, tous leurs contextes, dynamiques et ou complexes, sont susceptibles d'être mieux reconnus et représentés par les robots, en incluant les humains, qui peuvent être mieux perçus et peut-être compris.

Apparaissent alors les travaux sur l'enrichissement des possibilités de perception et d'action pour la robotique d'intervention et sur les interactions inter-robots à plusieurs niveaux de décision.

Il s'ensuit que l'Internet peut être le cœur potentiel de tous les systèmes complexes, et cette forte hiérarchie, largement distribuée, atteindra une complexité jamais connue auparavant. Le besoin de sûreté de fonctionnement augmente grandement pour de tels systèmes, car tout comportement incorrect sera extrêmement difficile à diagnostiquer et à corriger. De plus, les capteurs vont fournir des informations très précises sur les états, et pour les humains se pose la question de la protection de la vie privée. Des solutions permettant de prévenir de tels traçages, par exemple avec des mesures d'anonymisation, doivent être proposées.

Au niveau des applications, les possibilités sont immenses, et ceci dans tous les domaines. La conception de ces composants et systèmes, matériels et logiciels, reposant sur des réseaux de capteurs et d'actionneurs mobiles sans fil, soulève des enjeux sociaux et économiques essentiels. C'est le cas en particulier pour des tâches de conduite, de supervision ou de diagnostic dans l'aéronautique, l'espace, les transports, et l'environnement. C'est le cas également dans les technologies médicales, avec des capteurs proches, voire portés par les humains. Par exemple, les systèmes embarqués peuvent devenir plus ou moins autonomes, et être architecturés en réseau, ayant alors la capacité de devenir globale-

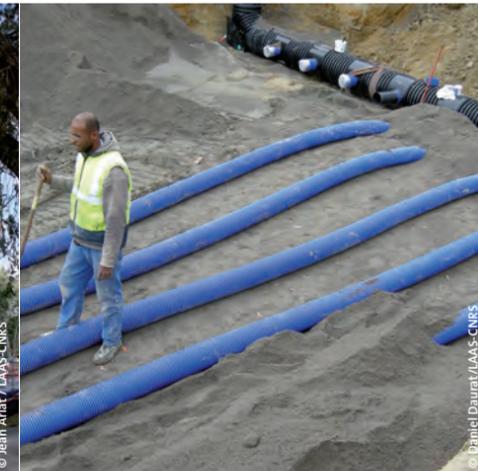
“C'est peut-être dans les domaines de l'environnement et de l'énergie que les conséquences du développement des systèmes cyber-physiques pourraient être les plus importantes.”

ment intelligents. C'est peut-être dans les domaines de l'environnement et de l'énergie que les conséquences du développement des systèmes cyber-physiques pourraient être les plus importantes. En effet, la présence et l'utilisation de nombreux capteurs, répartis, adaptés aux phénomènes à observer, devraient fournir les informations les plus pertinentes pour surveiller les systèmes, et donc en particulier d'éviter de dangereuses dérives et de nombreuses nuisances. De plus, toutes ces données, associées à une modélisation adéquate du problème, permettront un contrôle raisonné, par exemple une adaptation des actions appliquées aux besoins réels, ou de fournir des réactions et commandes appropriées aux vrais états des contextes environnants, et d'optimiser lorsque nécessaire le fonctionnement global du système, en maximisant ou minimisant selon les cas les impacts à maîtriser.

Soulignons qu'Adream porte un effort extrêmement important dans le domaine de la gestion de l'énergie, et que le bâtiment sera étudié comme un mini grid énergétique qui fournira de très nombreux enseignements, conceptuels et techniques, sur les solutions proposées, déployées et évaluées en son sein. Le projet est interdisciplinaire et difficile, mais la convergence entre les disciplines, qui nous a paru fondamentale, devient accessible. Prévoir l'avenir et ces systèmes, les étudier, les réaliser et surtout en évaluer leur complexité implicite et leur acceptabilité réelle nous a conduit à proposer le projet Adream.

Michel Diaz,
Coordinateur du projet
Adream
Michel.Diaz@laas.fr

Adream ou le « living lab »



Le projet Adream trouve ses racines dans la nature des recherches menées au LAAS sur les systèmes complexes, recherches interdisciplinaires depuis l'origine, abordant à la fois les aspects matériels et logiciels. Leur mise en synergie s'est formalisée dans le cadre des nouveaux systèmes dits cyberphysiques. Le programme scientifique Adream, comportant un volet recherche et un projet d'équipement, a été présenté en 2006 et accepté dans le cadre du contrat de projets Etat-Région 2007-2013. Il prend alors un tour très concret dont le point d'orgue est la construction d'un bâtiment expérimental, intelligent et instrumenté.

Ci-dessus, la construction a duré 15 mois. A droite, la cérémonie de pose de la première pierre le 15 juin 2010.

Page de gauche, la galerie offre un confort thermique en séparant la grande salle d'expérimentation de la façade photovoltaïque, tout en laissant passer la lumière.

Lors de sa première phase, Adream portait sur le développement de la recherche de base et sur le financement de deux actions, la construction d'un bâtiment intelligent et le développement de plateformes de support de conception, c'est-à-dire l'extension de deux plateformes existantes et la mise en place d'une nouvelle sur les systèmes embarqués. Une deuxième phase l'a enrichi d'un volet énergétique de recherches sur la gestion et l'optimisation d'énergie et a incorporé au bâtiment une plateforme de production électrique, comprenant une façade, une terrasse et un toit équipé de panneaux photovoltaïques, ainsi que des équipements de chauffage, ventilation et climatisation utilisant massivement des énergies renouvelables.

Adream a pour but de développer les recherches, de préparer les outils et de faire les premières expérimentations portant sur la conception des nouveaux « systèmes cyber-

physiques » qui associent le monde virtuel de l'informatique au monde réel de la physique. Il s'agit de concevoir de tels systèmes émergents ayant souvent de fortes caractéristiques de mobilité et d'autonomie. Ces systèmes intégreront dans une même approche conceptuelle les structures et les algorithmes informatiques à la perception et au contrôle des phénomènes physiques, y compris à grande échelle. Ces travaux devront fournir les solutions d'acquisition, de traitement et de commande nécessaires aux besoins des systèmes réels. Pour ce faire, ils devront proposer de nouvelles méthodologies et architectures puis les déployer et les évaluer sur des systèmes physiques complexes.

Conception et expérimentations intégrées

En s'appuyant sur ses points forts de recherche, le LAAS a donc décidé d'identifier l'axe transverse aux équipes et thèmes du laboratoire, Adream, et de le développer en particu-

lier dans le domaine de l'énergie. La recherche sera menée selon une approche à trois niveaux. Le premier consiste en une méthodologie de conception globale, comprenant la modélisation et la validation interdisciplinaire et multi-échelle, l'interopérabilité globale et l'adaptation aux variations d'énergie. Un deuxième niveau portera sur le fonctionnement du système : détection, perception, interprétation, contrôle, prise de décision, qualité de service et fiabilité et gestion de l'énergie. Vient enfin l'intégration d'expérimentations : capteurs et actionneurs, du point de vue de la micro-échelle (MEMS), systèmes de communication sans fil, antennes intelligentes, distribution et mise en réseau des capteurs coopératifs, robots autonomes et mobiles, appareils communicants, gestion et conversion de l'énergie électrique. Une exigence a été posée : pouvoir observer à tout moment que tous les systèmes sont imbriqués et s'influencent entre eux, et que leurs modes de fonctionnement font face à la dégradation de la communication et de l'énergie des sources primaires.

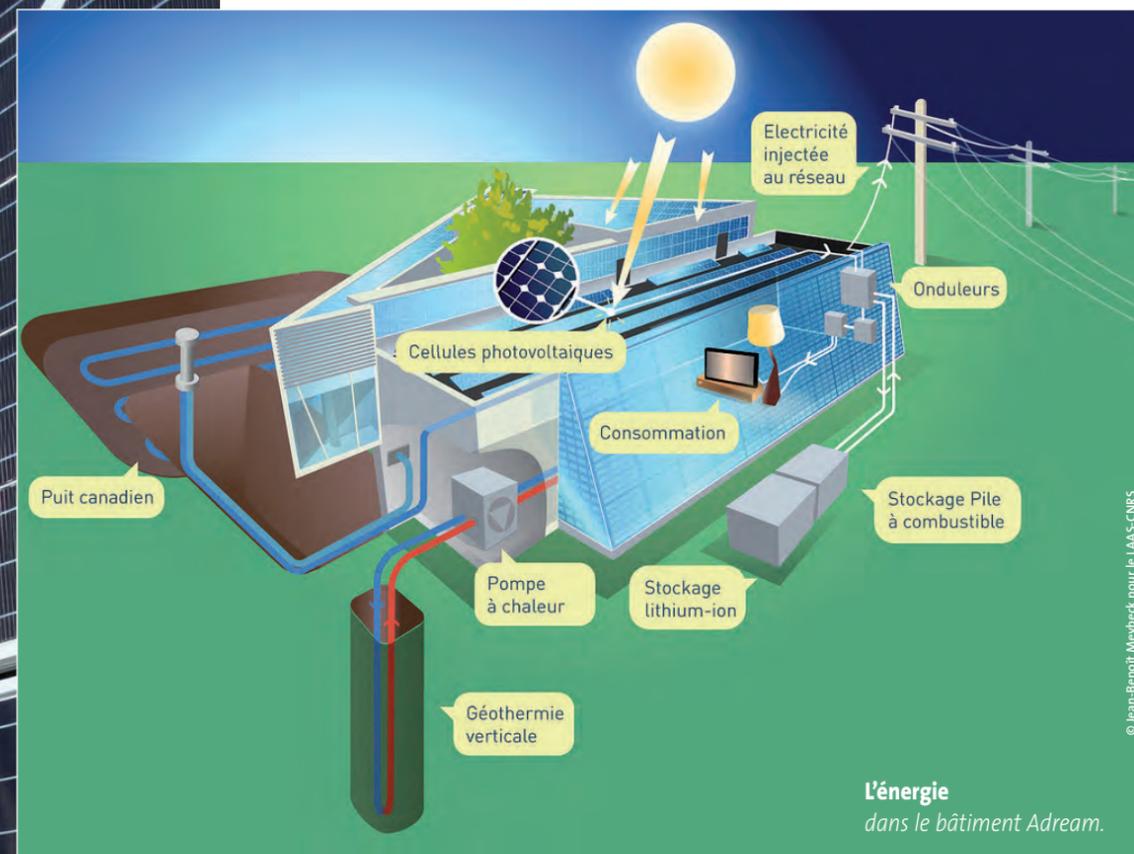
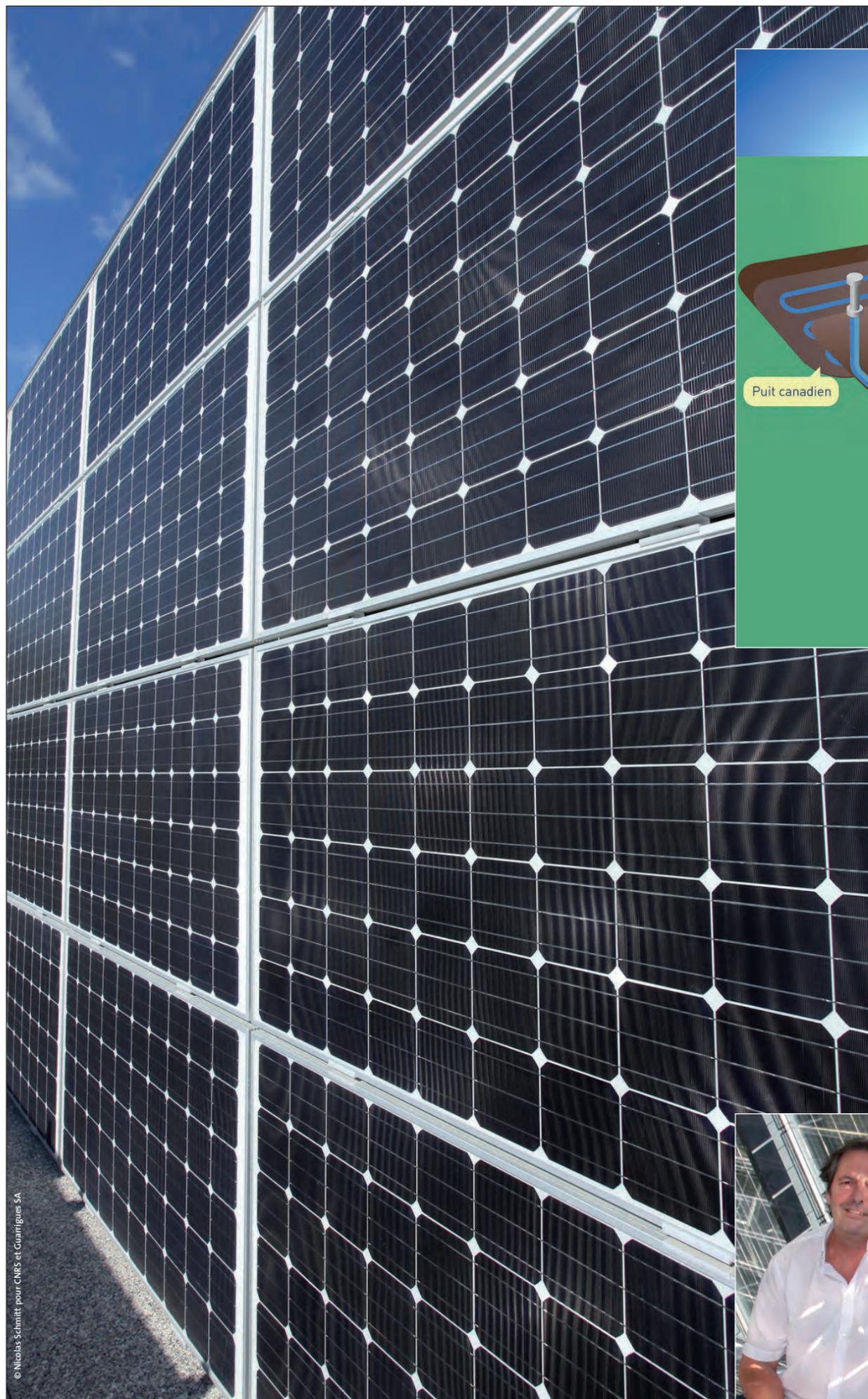
Nouveaux réseaux d'énergie

La gestion et l'optimisation de l'énergie deviennent des questions cruciales. L'enjeu est de concevoir des réseaux d'énergie (RE) de nouvelle génération, réactifs et adaptatifs, aux performances validées et sûres de fonctionnement en termes de production, de consommation et de commande. Ces nouveaux réseaux devront pouvoir accepter des sources multiples, de technologies, disponibilité et puissance hétérogènes, et répondre rapidement aux variations, même non anticipées, de l'ensemble des utilisateurs, cela de façon très sûre. Est ainsi apparu le concept de Smart Grid, réseau de distribution d'énergie incluant non seulement la fonction transport mais aussi des capacités de télécommunication, de mesure (capteurs) et de gestion avancée.

Energie optimisée

Un volet particulier est accordé aux transferts d'énergie dans le bâtiment Adream. Le bâtiment est relié au réseau de distribution électrique mais bénéficiera d'autres sources d'énergie pour un total de 100kWc : photovoltaïque essentiellement, géothermique peu profonde à basse température et géothermique de surface via un puits canadien, associées à une pompe à chaleur. La gestion raisonnée des transferts d'énergie, avec renvoi éventuel sur le réseau électrique des surplus non consommés, permettra d'expérimenter, à l'échelle d'un bâtiment complexe, la notion de Smart grid. En ce sens, il s'agira d'un bâtiment à énergie optimisée servant de « living lab ».

Contact : Michel Diaz, Michel.Diaz@laas.fr



Un bâtiment support d'expériences

Oltre un projet scientifique, Adream est un bâtiment objet de recherche, à énergie positive. A ce dernier sont intégrés différents moyens et dispositifs permettant le contrôle et la gestion de l'énergie, autant pour produire de l'énergie électrique (100kW crête de panneaux PV de différentes natures, 24 onduleurs photovoltaïques) que pour contribuer au confort des habitants (trois pompes à chaleur, 18 sondes de géothermie, un puits canadien, 35 unités et 3 centrales de traitement d'air) mais aussi pour diminuer le bilan énergétique du bâtiment (éclairage intelligent).

Pour suivre la vie du bâtiment et contrôler les différentes consommations, 6 centrales de mesures électriques, permettent un suivi précis de la production photovoltaïque, le suivi de la consommation électrique du bâtiment par étages et par fonction, la gestion et contrôle de l'éclairage, de la ventilation et des équipements associés et la réalisation de corrélations avec la station météorologique. Ces équipements sont pilotés par des automates métiers (ex : Wago pour la partie éclairage, Schneider/TAC pour la partie adiabatique) et sont reliés à un seul outil de supervision/contrôle (logiciel PCVue) qui centralise l'ensemble des données et assure le suivi et contrôle du bâtiment.

Entre 5000 et 6000 mesures sont ainsi remontées du bâtiment à une fréquence de 1 à 5 minutes selon le type de données. Ces données sont enregistrées dans une base au

format ouvert et sont utilisables à la fois pour le contrôle et la supervision du bâtiment et pour les différents projets de recherche qui y sont menés sur l'environnement ambiant et la gestion de l'énergie.

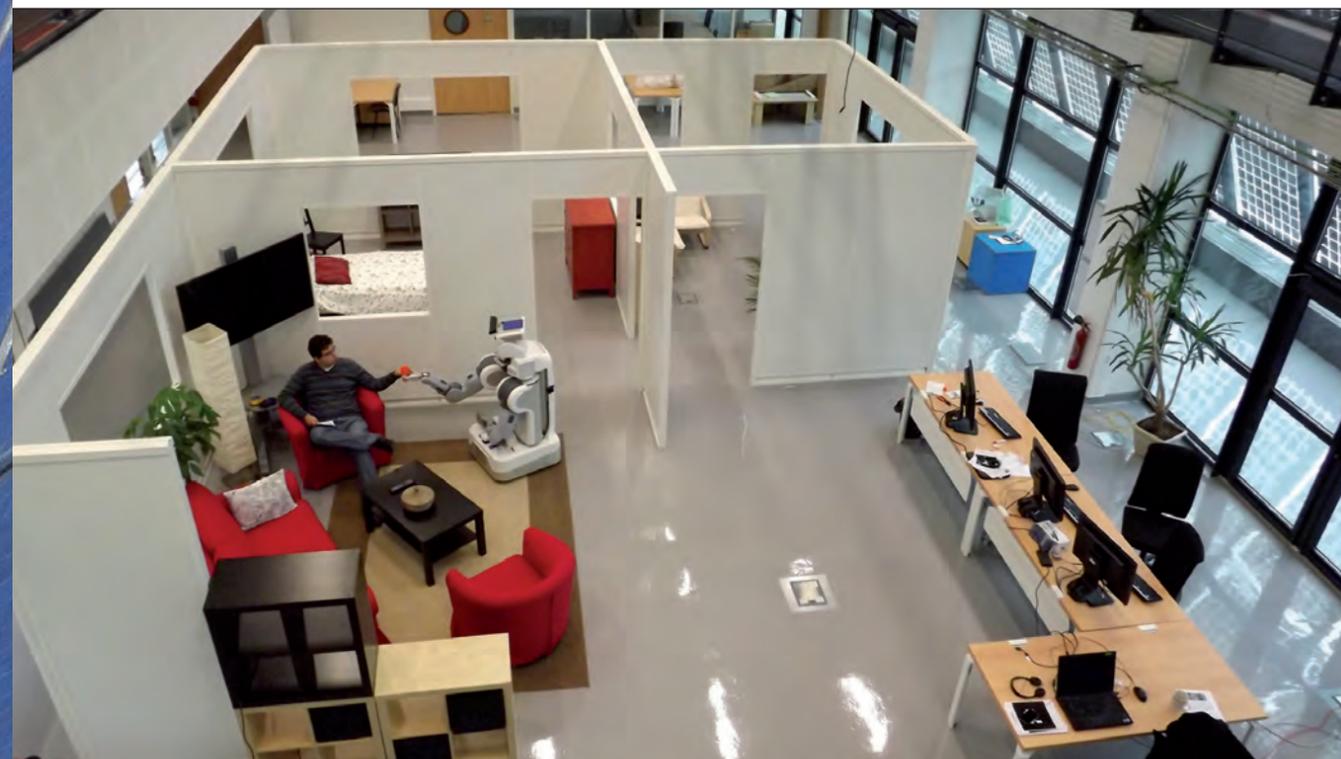
Eric Tasselli et Patrick Sourrouil, responsables Logistique et infrastructure au LAAS, dans "leur" bâtiment.



« Nous avons construit un outil de recherche évolutif »



© Anne Mauffret / LAAS-CNRS



© Anne Mauffret / LAAS-CNRS

La construction d'un bâtiment met habituellement en présence trois protagonistes, le maître d'œuvre, le maître d'ouvrage et l'utilisateur qui vont se mettre d'accord sur un projet et suivre sa réalisation. Rien que de très normal. Rien cependant en l'occurrence ne pouvait l'être pour la construction du bâtiment Adream tant ses spécificités de construction, d'instrumentation et d'occupation par des équipes –et des équipements– de recherche étaient inédites, amenant chacun aux confins de ses savoirs et compétences, l'obligeant à les confronter à ceux des autres, à les mettre parfois à distance au profit d'audacieux paris, quitte à frôler l'inconnu. Pour ce faire, entre contraintes techniques et exigences scientifiques, la complémentarité professionnelle a dû s'accompagner de compréhension intellectuelle et de confiance mutuelle. Parmi les personnes impliquées dans le chantier, trois ont dû particulièrement suivre son évolution, discuter, évaluer, négocier tout au long de son déroulement : l'architecte Alain Bayle, du cabinet Archea Architectes, Emmanuel Vialan, responsable des affaires immobilières de la délégation du CNRS en Midi-Pyrénées, et Bruno Estibals, chercheur au LAAS et initiateur du volet Energie du projet Adream. Chacun affirmait à la fin du chantier avoir enrichi son expérience professionnelle tout comme avoir partagé une expérience humaine, à l'image du bâtiment, originale. C'est en leur compagnie que nous visitons le bâtiment.

“Tout, en outre, devait être modulaire, en sorte que les chercheurs puissent intervenir eux-mêmes et modifier selon leurs projets la configuration de la pièce, les implantations, la luminosité ; « scénariser », le mot a été employé, en fonction de leurs expérimentations et des robots utilisés.”

De gauche à droite, Emmanuel Vialan, Bruno Estibals et Alain Bayle

Emmanuel Vialan : Nous sommes dans la grande salle dédiée principalement à la robotique. C'est la première contrainte que nous avons eue. Il fallait un grand volume en hauteur, et que toutes les connexions soient accessibles par le haut, par le bas et par les côtés.

Alain Bayle : Tout, en outre, devait être modulaire, en sorte que les chercheurs puissent intervenir eux-mêmes et modifier selon leurs projets la configuration de la pièce, les implantations, la luminosité ; « scénariser », le mot a été employé, en fonction de leurs expérimentations et des robots utilisés. Dans les métiers du bâtiment, en principe, on cons-



© Nicolas Schmitt pour CNRS et Guarrigues SA



© Nicolas Schmitt pour CNRS et Guarrigues SA



© Anne Mauffret / LAAS-CNRS

truit et on fige, tandis que là a dû commencer un travail en commun. Il a fallu chercher des réponses possibles pour offrir le maximum de modularité, dire « voilà ce que nous savons faire à ce jour », chercher d'autres solutions quand on nous disait « ça ne va pas », trouver au moins des débuts de réponse à des demandes inhabituelles. Par exemple, tous ces chemins de câbles accrochés en haut du mur sont là pour recevoir des câblages à la demande pour alimenter de nouveaux endroits. De même que ce grill au plafond qui permettra notamment de positionner des caméras.

EV : Il fallait de plus cacher ces câbles modulaires, c'est ce qui est fait en haut avec le grill et au sol par ces 21 boîtes réparties sur le sol. La technique des caniveaux n'était pas envisageable à cause des robots amenés à se déplacer, il a fallu de même

cache-tous les éléments techniques.

AB : C'est ce qui nous a conduits à construire un vide sanitaire en dessous. Ce vide, qui contient aussi tout un réseau de chemins de câbles, est accessible par les utilisateurs et réorganisable à l'envi. Il n'était pas dans le projet initial, c'est une réponse que nous avons apportée à la demande de modularité. Autre demande des roboticiens, cette pièce devait être fonctionnelle et adaptée à la présence de robots, mais aussi permettre que des visiteurs voient ce qui s'y passe sans gêner ceux qui y évoluent. D'où cette passerelle qui en fait le tour et la surplombe, également dotée d'équipements techniques. Autour de cette pièce, qui est grande, 225 m², il y a de nombreux enjeux dont certains ont été clairement exprimés et intégrés au programme, d'autres moins

La façade du bâtiment, orientée plein sud, est entièrement composée de panneaux photovoltaïques.

La salle d'expérimentation, de 225 m², est adaptée à la présence de robots. Une passerelle en fait le tour en hauteur. (Page de droite).

définis car liés par essence à l'évolution des travaux et expérimentations.

EV : Certaines solutions ne sont pas apparues d'emblée et nous nous sommes parfois inspirés d'autres réalisations. Au théâtre du Capitole de Toulouse par exemple, nous avons trouvé des informations intéressantes et c'est là que nous est venue l'idée du grill.

AB : Tout le projet est bâti autour de cette pièce.

EV : Mais cela était en inadéquation totale avec le volet photovoltaïque. Une façade vitrée pose des problèmes d'ombrage, de chaleur, donc de traitement thermique incompatible avec l'exigence d'une salle d'expérimentation qui soit confortable.

AB : Ces deux questions

“Au théâtre du Capitole de Toulouse par exemple, nous avons trouvé des informations intéressantes et c'est là que nous est venue l'idée du grill. Tout le projet est bâti autour de cette pièce.”

presque antinomiques étaient juxtaposées et nous n'avions pas de réponse architecturale classique. Il y avait une contradiction entre ces deux demandes et tout le travail en commun a consisté à les rendre compatibles et leur apporter une réponse unique. Cela a pris beaucoup plus de temps que de décider de l'emplacement d'une salle de réunion ou de trois bureaux à droite, à gauche. La façade photovoltaïque devait être intégrée au bâtiment. Par principe, elle devait être orientée plein sud, par principe aussi, selon nos lois architecturales classiques, on n'oriente pas une construction plein sud dans nos régions. Là donc, nous devons mettre LA pièce importante du bâtiment plein sud et garder à l'esprit que nous voulions un bâtiment à énergie positive.

EV : Nous parlions plutôt au départ d'énergie « optimisée » mais on peut dire qu'on arrive à un bâtiment à énergie positive.

Bruno Estibals : Nous n'avons pas encore vérifié ! J'ai pris part au projet dès lors qu'il a été décidé d'une installation photovoltaïque, intégrée au bâtiment. Un cahier des charges, scientifique et technique, a été conçu pour la

partie solaire et refroidissement. C'est la direction du LAAS qui a fait le choix d'ajouter un volet photovoltaïque, à la fois pour l'optimisation énergétique et pour la recherche. Adream est un programme de recherche, le bâtiment est un support d'expérience. La partie énergie, qui est un axe de recherche du laboratoire, serait de ce fait illustrée par les installations du bâtiment.

EV : Il y a eu plusieurs phases. La première ne prévoyait qu'une salle d'expérimentation. L'ajout de la partie énergie a été demandé par le LAAS au CNRS, avec trois contraintes : panneaux photovoltaïques intégrés au bâtiment, 100 kW et énergie optimisée, pompe à chaleur et puits canadien. Le CNRS a fait un choix courageux en l'acceptant car il remettait en cause le financement et le calendrier.

AB : La partie photovoltaïque a été la plus difficile. Notre réponse était expérimentale car l'intégration totale au bâtiment, avec des pièces d'activité derrière de surcroît, est très rare. Il me semble, au moins en France, que c'est unique.

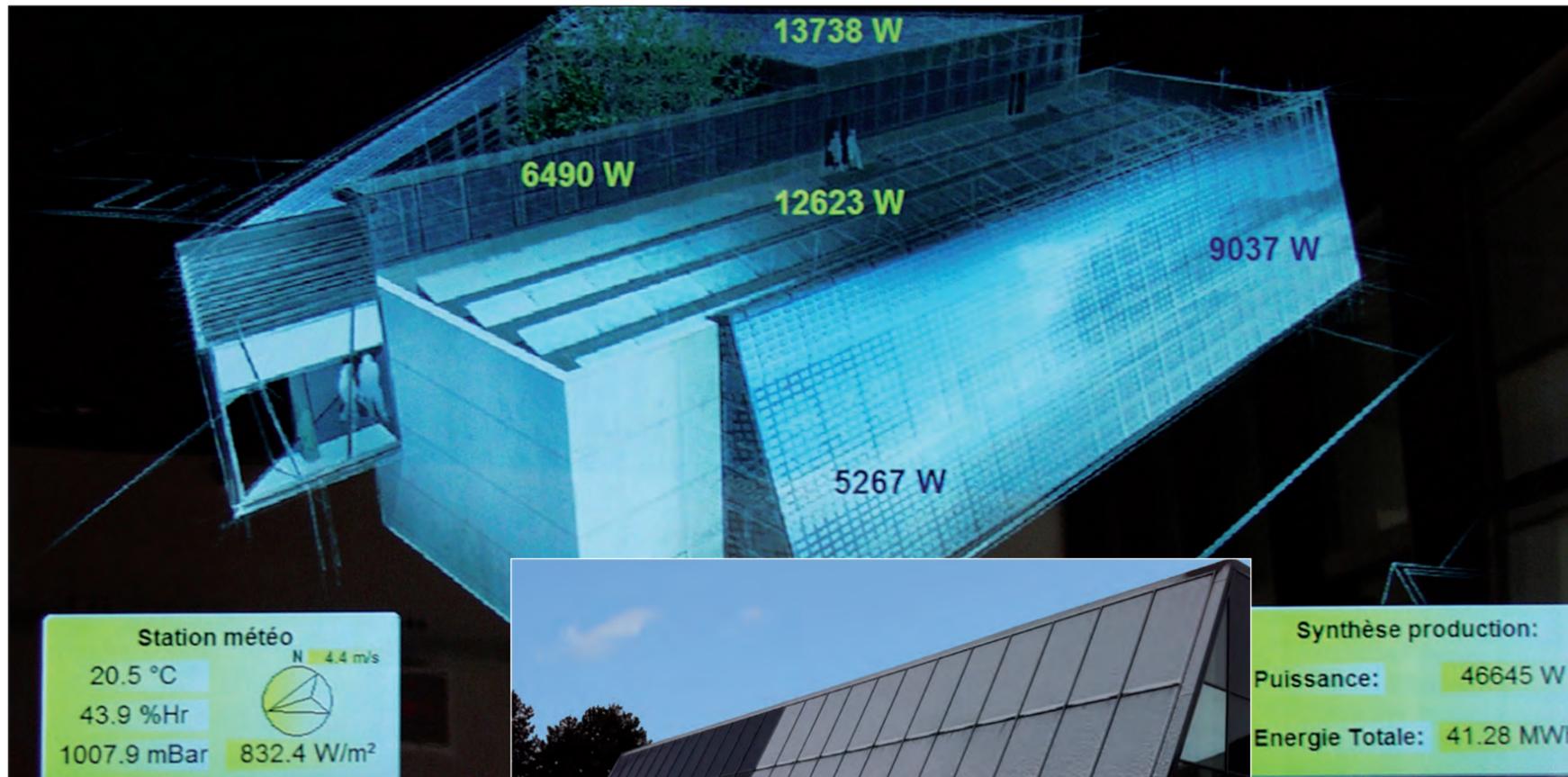
BE : Nous voulions donc une façade productrice d'énergie et transparente pour que la lumière parvienne à la grande salle. Il y a toujours un compromis à faire entre le rende-

ment des cellules photovoltaïques et la vie à l'intérieur de la façade. Plus il fait chaud, plus le rendement est dégradé. Il faut donc refroidir la cellule en l'emprisonnant entre deux couches de verre. Si l'on fait cela, on a en revanche un fort rayonnement lumineux et donc une atmosphère qui peut devenir très chaude. Nous avons fait un pari en divisant la façade en deux. Une moitié privilégie le rendement de la cellule entre deux feuilles de verre, l'autre, pourvue en plus d'un vitrage isolant, privilégie au contraire le confort à l'intérieur du bâtiment au détriment du rendement. Nous avons ensuite décidé de monitorer le rendement de chacune des surfaces pour évaluer le bilan d'énergie de chacune des solutions.

EV : Nous avons longtemps cherché à connaître auprès des fournisseurs les différences de rendement entre les solutions bi-verre et tri-verre, en vain. Nous avons vu de belles réalisations mais aucune donnée technique sur la production in situ.

BE : Nous avons aussi une installation photovoltaïque sur toit-terrasse. C'est une terrasse technique sur laquelle ont été posés une isolation thermique, une protection contre les infiltrations, les câbles d'acheminement de l'énergie produite par les panneaux, des câbles réseau pour le déploiement de capteurs ; c'est un outil d'étude pour les chercheurs. L'idée est d'avoir une plateforme de tests de production qui comprend les panneaux solaires et les systèmes onduleurs pour la conversion de l'énergie.

Contrairement à la façade, on peut ici modifier l'inclinaison des panneaux, les remplacer, en choisir de différentes technologies et les qualifier en conditions réelles de fonctionnement. La station météo précise encore ces conditions par des indications d'orientation du vent, de température extérieure, de spectre solaire et de pluviométrie. Si l'on ajoute les panneaux fixes du haut, qui



eux sont inclinés à 10°, nous avons donc en termes d'outils de recherche trois types d'installation. A court terme, nous pouvons vérifier que nous sommes bien à énergie positive sur les quatre saisons, à plus long terme, le retour d'expérimentation nous renseignera sur le bien fondé des méthodes choisies, à la fois pour la production électrique et pour la gestion de cette énergie au sein du bâtiment. Nous allons créer des bases de données associant production, gestion et vie dans le bâtiment qui seront à la disposition des chercheurs pour ouvrir la voie à des systèmes novateurs de conception de systèmes de gestion de l'énergie.

EV : Les onduleurs sont installés dans cette petite pièce. Une armoire de brassage renvoie l'électricité soit sur les bancs d'expérimentation, soit vers les onduleurs qui réinjectent le courant alternatif sur le bâtiment.

BE : Dans cette salle de recherche photovoltaïque, nous allons utiliser l'énergie produite. Sur chacun de ces bancs sont

Production et consommation énergétiques sont suivies en temps réel et affichées sur un tableau dans le bâtiment. (Photo du haut).

Une moitié de la façade privilégie le rendement de la cellule entre deux feuilles de verre, l'autre, pourvue en plus d'un vitrage isolant, privilégie au contraire le confort à l'intérieur du bâtiment. (Photo prise en décembre 2011 un jour de neige).

(Photo du bas).



raccordés des panneaux de la façade et du toit pour tester les équipements électriques, onduleurs et convertisseurs. Une plateforme de recherche aussi aboutie, de cet ordre et de cette ampleur est unique en Europe.

AB : Nous avons été dans l'inconnu du début à la fin. Certes, nous savions lors de la réponse au concours que cela ne serait pas facile mais la suite s'est révélée être proche d'un travail de recherche. Ce projet n'a abouti que grâce à une parfaite collaboration entre nous. C'était aussi un rapprochement de deux mondes qui ne se connaissent pas et ont des habitudes et des repères presque opposés.

EV : Tout le bâtiment est reconfigurable. La structure de la façade permet de passer complètement au bi-verre ou tri-verre. Pour préserver le confort thermique de la salle d'expérimentation, nous avons

pensé faire une double paroi. Cette galerie a aussi l'avantage de traiter l'occultation. Autre point, pour que le rendement des panneaux soit optimal, il faut maintenir une température de 25° à l'arrière de la cellule. Nous avons fait un circuit, qui peut être ouvert selon les saisons, à l'arrière des panneaux où circule de l'air depuis le sol jusqu'en haut.

AB : En France, nous sommes soumis à une normalisation très forte et nous ne pouvons prendre aucun pari sur la solidité d'un ouvrage. En revanche, le mur de façade ne correspond à aucune norme actuelle.

EV : Nous avons mesuré et pris des risques sur la partie traitement d'air. Nous risquons de voir la température de la salle monter à 30° l'été, nous avons résolu le problème par la redondance et plusieurs équipements permettent de pallier les

problèmes : 4 free-cooling adiabatiques utilisant l'air extérieur pour le refroidissement, 3 pompes à chaleur couplées à 18 sondes géothermiques de 100 mètres de profondeur et un échangeur sur puits canadien, chacun contribuant selon les conditions et besoins. Le traitement d'air de la galerie pour maintenir les cellules à 25° est récupéré en haut et sert à la climatisation du bâtiment. Son comportement est différent selon les saisons. Nous n'aurons de retour d'expérience réel qu'après un cycle complet.

AB : Ce que vient de dire Emmanuel, le « on verra » faisant partie du concept est assez rare sur du bâtiment neuf ! En fait, nous n'avons pas construit un bâtiment, nous avons construit un outil de recherche. Une crèche, une école, une mairie sont figées ; nous avons construit là, au milieu des contraintes normatives, un outil de recherche évolutif.

Propos recueillis par Marie Dervillers

REPÈRES

DATES CLÉS :

Début du chantier • juin 2010
Livraison du bâtiment • décembre 2011
Occupation par les chercheurs, ingénieurs et techniciens • mars 2012

SUPERFICIE • 1 700 m²

Salle expérimentale modulaire évolutive • 225 m²
Plateau technique • 500 m² • Bureaux • 700 m²
Panneaux photovoltaïques • 720 m²

FINANCEMENT

Contrat de projets Etat-Région 2007-2010
Union européenne (45%) • 3 200 000 €
Région Midi-Pyrénées (35%) • 2 500 000 €
Communauté urbaine du Grand Toulouse (14%) • 1 000 000 €
CNRS (7%) • 500 000 €
Coût total • 7 200 000 €

EQUIPEMENTS

- Plateforme de conception micro et nano systèmes MEMS (mesh et ad-hoc) Conception assistée par ordinateur (CAO) et caractérisation de microsystèmes. Logiciels microsystèmes
- Plateforme systèmes embarqués - Bâtiment Adream Robots (3-5) Stations et terminaux. Capteurs de vision (caméras). Capteurs à traitement intégrés dans le bâtiment. Logiciels de conception. Infrastructure d'accueil pour robots compagnons (décor, appartement modulaire)
- Plateforme Réseaux Routeurs, commutateurs. Sondes. Serveurs stockage mesures. Ferme stations d'expérimentation
- Plateforme photovoltaïque - Bâtiment Adream (unique en Europe). Onduleurs Bancs d'expérimentations raccordés aux panneaux de la façade et des toits. Capteurs avec possibilités d'adressage physique (lieux, objets) et de mobilité avancée : traitement thermique, éclairage, production d'électricité photovoltaïque, consommation d'électricité par système, environnement (météo, températures...). Production d'énergie. Stockage d'énergie. Gestion optimisée intégrée
- Bâtiment intelligent. Câblage accessible et modulaire (à la demande). Support de modifications des décors d'expérimentations : grill mobile pour fixation caméras, luminaires... Infrastructure réseaux et métrologie (filaire et sans fil). Centrale de supervision de l'état des plateformes. Grand écrans pour le suivi des expérimentations

INSTALLATIONS LIÉES À L'ÉNERGIE

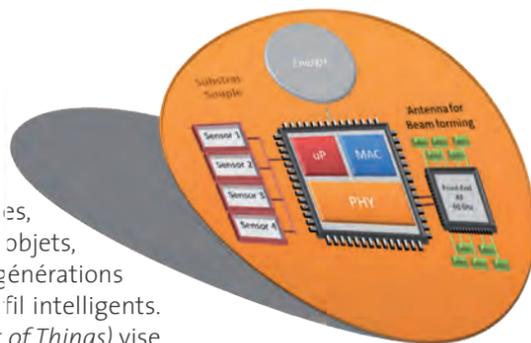
- Toiture et façade photovoltaïques : 100 kWc
- Panneaux photovoltaïques intégrés au bâtiment (unique en France). Toit terrasse équipé de panneaux solaires inclinables. Toit terrasse équipé de panneaux solaires fixes inclinés de 10° et d'une station météo. Mur façade orienté sud divisé en bi-verre et tri-verre
- Galerie tampon avec circuit d'air maintenant la température des cellules PV à 25°C avec 1 free-cooling adiabatique
- 3 pompes à chaleur géothermique, 18 sondes géothermiques de 100 m de profondeur
- Echangeur sur puits canadiens

Nouvelle génération de réseaux de capteurs sans fil

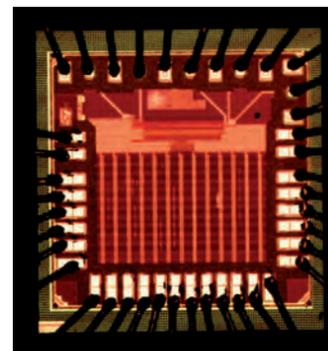
Plus petits, plus fiables et reconfigurables en fonction des applications, adaptables en fonction des types de capteurs et intégrés sur substrat souple, une nouvelle génération de réseaux de capteurs sans fil développés au LAAS représente un apport déterminant à l'avènement des systèmes cyberphysiques.

La dernière décennie a vu l'émergence d'une nouvelle thématique de recherche autour des systèmes cyberphysiques, aussi appelés l'Internet des objets, se basant sur de nouvelles générations de réseaux de capteurs sans fil intelligents. L'Internet des objets (*Internet of Things*) vise à déployer des réseaux de capteurs ultra miniaturisés présentant des consommations les plus faibles possibles afin de garantir des durées de vie les plus longues possibles. Il s'agit d'un domaine en pleine effervescence de par sa transversalité et la multiplicité des applications qui sont envisagées et de par les nouvelles approches qu'il autorise en ce qui concerne l'instrumentation avancée et distribuée et l'échange de données diverses à des débits variables. Ces réseaux de capteurs de nouvelle génération auront des applications pour l'instrumentation et le test, la surveillance des environnements industriels, l'amélioration de l'environnement des villes, la prévention des accidents et la santé.

Plusieurs défis technologiques sont relevés sur chaque élément du système, le développement de capteurs innovants très basse consommation utilisant les nanotechnologies, par exemple ; la récupération, le stockage et la gestion de l'énergie, tout en miniaturisant les circuits concernés ; le développement d'architectures de communication sans fils reconfigurables à faible consommation et forte immunité contre les interférences ; le développement de couches MAC (Media Accès Control) déterministes et de faible consommation ; l'inclusion de nouveaux services dans les réseaux tels que la synchronisation des horloges ou la localisation.



Nœud capteur communicant
intégré sur substrat souple.



Prototype d'architecture de communication
(couche MAC and PHY) avec haute précision de synchronisation d'horloge.

Un autre grand défi technologique se pose pour l'intégration système sur substrat souple du nœud capteur communicant contenant le capteur lui-même, les circuits de communication sans fil et la partie récupération, stockage et gestion d'énergie. L'intégration sur substrat souple permettra de positionner ce réseau de capteurs même dans les endroits les plus difficiles d'accès tout comme sous forme de patch non invasif sur la peau pour des applications médicales.

L'apport majeur des travaux de recherche porte sur la couche physique en utilisant une nouvelle technologie de type UWB (Ultra Wide Band) complètement reconfigurable en fonction des demandes de l'application, toute en restant de très faible consommation, critère essentiel pour les réseaux des capteurs. Des circuits de très faible consommation et très performants, en technologie CMOS avancée, pour les communications à 60GHz ont également été conçus et implémentés. Un nouveau protocole de communication de niveau MAC avec une synchronisation d'horloge qui permettra entre autre une encore plus faible consommation a été conçu, développé et implémenté. Un procédé technologique novateur d'intégration substrat souple a été développé dans la centrale de technologie du LAAS pour l'intégration système du nœud communicant. La plateforme de communication sans fil ainsi intégrée sur substrat souple est complètement modulable en fonction du type de capteur. L'architecture de communication étant reconfigurable, ce type de nœud communicant peut répondre à des applications très diverses du monde industriel, des communications dites *Machine to Machine* et contribuer à l'avènement des systèmes cyberphysiques.

Contact : Daniela Dragomirescu, daniela@laas.fr

DES CONCEPTS AUX DÉPLOIEMENTS

Les microsystemes dans l'habitat

Les progrès des microtechnologies et de la miniaturisation des systèmes, la réduction des consommations énergétiques et la multiplication des modes de communication sans fil invitent au développement d'une « intelligence ambiante » où non seulement les machines, les systèmes et les acteurs présents mais encore les objets seront en mesure de participer à une modélisation spontanée de l'environnement. Il y a dans le développement de cette « intelligence ambiante » plusieurs niveaux d'interventions : matériaux, dispositifs élémentaires, microsystemes, mises en réseaux, applications qui s'associent pour ouvrir de nouvelles étapes d'innovations.

Nous nous intéressons ici à l'Habitat comme lieu de vie, sur lequel nous voulons concevoir et déployer des équipements de confort, de sécurisation des biens et des personnes et de communication selon des options technologiques économes en énergie et respectueuses de l'environnement. Nos travaux dans ce domaine s'appuient sur les

technologies de la micro-électronique et des microsystemes : nous y étudions de nouveaux principes de dispositifs et de nouveaux procédés d'assemblage pour aboutir à des ensembles opérationnels de systèmes de surveillance.

De manière générique, le système de surveillance est vu comme une architecture de collecte des données multicapteurs associée à un poste infor-

La sécurité des personnes âgées
est une des applications des travaux de recherche sur les microsystemes dans l'habitat.

matique central qui traite ces données et délivre des alertes et des alarmes. Une originalité fondamentale de ces systèmes est d'appliquer des techniques de diagnostic par apprentissage des habitudes et des comportements des usagers. Cette approche a été appliquée dans la surveillance automatique du conducteur automobile, dans la surveillance des structures puis celle des



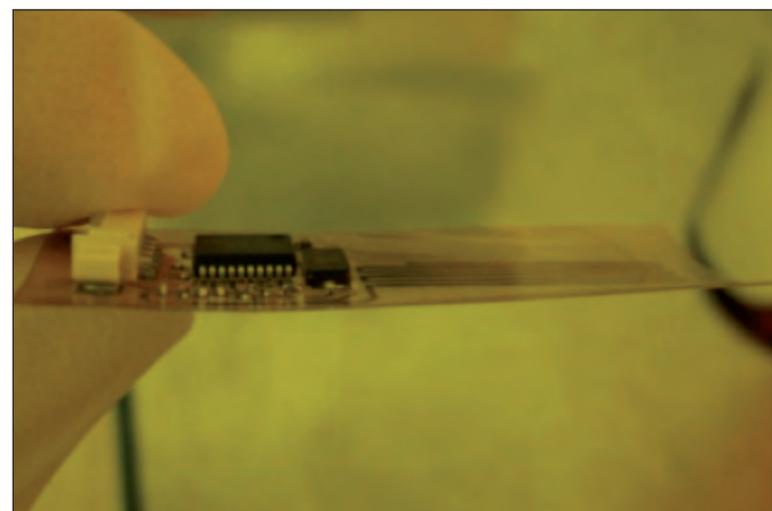
personnes. Les activités relatives à l'habitat peuvent se décliner en trois objectifs applicatifs principaux : le confort, la sécurisation des biens et la sécurisation des personnes, notamment des personnes âgées maintenues à domicile.

Confort et sécurité de l'habitat

L'applicatif est ici d'apporter à l'habitat le confort thermique (été/hiver) en s'appuyant sur l'énergie électrique, activité soutenue par EDF R&D qui a donné lieu au dépôt de brevets. Le système ERGDOM qui a découlé de ces travaux s'appuie sur la mise en œuvre dans toutes les pièces de l'habitation de capteurs de présence dont les données recueillies permettent de gérer de manière très économe l'énergie nécessaire au confort en réduisant provisoirement les consommations dans les zones inoccupées. L'ambition du système est d'être entièrement automatique grâce à des techniques d'apprentissage des habitudes et des exigences pour prédire le besoin usager dans les conditions de temps réel et commander directement les appareils de chauffage et de climatisation. La sécurisation des biens peut être traitée par un réseau de capteurs semblable à celui utilisé pour détecter la présence mais avec des traitements qui seraient axés sur la détection d'intrusions. L'accéléromètre embarqué est très intensément utilisé dans deux grands axes d'applications : la surveillance des biens et le suivi des personnes. Dans le cas de la surveillance des biens, l'accéléromètre est attaché à l'objet que l'on surveille



Tag avec technologie Zigbee.



Patch avec accéléromètre pour analyse actimétrie.

et détecte tout déplacement anormal de cet objet. L'idée a été exploitée par le projet industriel Domotag sous la forme d'un système de surveillance multi-objets dans un réseau de communication local. La capsule Domotag intègre un transceiver RF, un accéléromètre MEMS trois axes et un processeur faible énergie embarquant un

traitement du signal, breveté, pour garantir une durée de vie de plusieurs années sur pile.

Sécurisation de personnes vulnérables

L'accélérométrie est une composante de la sécurisation des personnes notamment dans le suivi physiologique et la détection de chute. Plusieurs questions ont été étudiées : l'analyse de la qualité et la reproductibilité de la marche ; l'analyse de l'activité physique corrélée avec le rythme cardiaque... Le maintien à domicile des personnes atteintes de maladies chroniques ou des personnes

âgées est un objectif socialement bien identifié qui a fait l'objet de nombreux travaux : des solutions de première génération sont en cours de test et d'évaluation (projets : PROSAFE, HOMECARE, BéA, SACHA). L'analyse des trajectoires de déambulation des patients, notamment pendant la nuit, a permis de proposer un nouveau mode de détection des chutes en détectant l'immobilité du patient. HOMECARE est un programme en cours plus ambitieux dans la mesure où il vise une surveillance de jour et de nuit, dans la chambre et dans son environnement immédiat : autres pièces de l'habitat et jardin, en faisant en sorte que le patient porte une « étiquette » pour l'identifier tout au long de ses déplacements. BéA propose une géolocalisation des patients *indoor et outdoor*, par la conception d'un bracelet et d'un terminal porté et de logiciels de « géofencing ». Plusieurs technologies de localisation ont été couplées à cette occasion : balises IR, Zigbee, WiFi, GPS. SACHA développe en partenariat avec la société SIGFOX un patch et un nouveau système de communication radio de très faible consommation à destination des personnes atteintes de maladies chroniques.

L'axe d'expérimentation Adream : la localisation et l'assistance aux personnes âgées

Ces trois objectifs de recherche : Confort, sécurisation des biens et des personnes vont bénéficier des installations du bâtiment expérimental Adream. Les points forts de ces démonstrations sont notamment le badge porté et l'assistance robotisée. Le développement du concept de vêtements intelligents à usage médical est fondamen-

talement motivé par la prévention : on envisage de l'équiper de capteurs de sécurisation et de mesures physiologiques (température, rythme cardiaque...) et d'un système de communication en lien avec l'infrastructure du bâtiment à intelligence ambiante. La vision extrême du vêtement intelligent est le badge porté à même la peau. Le LAAS développe un badge miniaturisé multifonctionnel comportant un accéléromètre et une interface de communication ZigBee. Cette option de badge porté à même la peau est incontournable pour les patients atteints par la maladie d'Alzheimer qui rejettent tous les systèmes habituels tels que colliers ou bracelets. Le placement dans le dos semble une bonne voie de développement qui pourra être largement exploitée par toutes les mesures physiologiques dans le cadre Adream.

Assistance robotisée

L'idée de base de l'assistance robotisée est la sécurisation ultime des systèmes complexes pouvant connaître des défaillances catastrophiques, où il faut préserver des vies humaines et sauvegarder certaines fonctionnalités vitales. La finalité ne se limite donc pas à surveiller, diagnostiquer et alerter d'un risque identifié, de défaillance grave, elle veut aller jusqu'à la sécurisation d'urgence automatique. Adream considère en priorité deux cas d'application : la sécurisation personnalisée de personnes âgées à domicile et la sécurisation de fonctions vitales ou de personnes en cas d'alerte, un incendie, par exemple.

On connaît l'importance des exercices de sécurité pour anticiper les gestes à effectuer en cas d'alerte réelle : il faut être en mesure de décider d'actions rapides pour sauvegarder tout ce qui doit ou peut l'être : fonctions énergétiques, guidage des personnes par exemple où des fonctions d'assistance robotisées et de sécurisations ultimes doivent être imagi-

nées ! Dans ce cadre, Adream sera utilisé pour explorer en particulier deux scénarii, les personnes âgées et l'évacuation de personnes.

Prenons le scénario 1, les personnes âgées. Une personne est censée vivre seule à domicile. Elle est handicapée, âgée ou atteinte d'une maladie chronique grave. Elle est surveillée par un système de capteurs distribués caractérisant son environnement et son état physiologique. Les données courantes la concernant sont collectées et disponibles et son dossier historique est accessible localement ou à l'hôpital. Le système de surveillance de base peut diagnostiquer des alertes et mettre en route un système robotique de sauvegarde avec trois objectifs : valider et caractériser l'alerte, alerter les bons intervenants et pratiquer les premiers soins.

Second scénario, l'évacuation des personnes. Une alerte incendie est déclenchée. Les personnes évacuent. Une personne, pour diverses raisons, manque à l'appel. Il faut la localiser, protéger son environnement par des actions ad hoc, lui porter secours et lui prodiguer les premiers soins.

Déployés et distribués en réseau dans l'habitat, ces "smart objets" associant micro-systèmes et capacité à analyser, apprendre, communiquer offrent de nouvelles perspectives au « smart home control » dédié aussi bien aux objets qu'aux occupants de la maison rendue intelligente.

Cette « intelligence ambiante » source d'innovations se décline au travers de nouveaux « systèmes de surveillances connectés », autonomes en analyse, en diagnostic et de plus en plus en énergie ; où les acteurs présents mais aussi les objets participent activement à une modélisation spontanée et évolutive de l'environnement.

Eric Campo, Jean-Yves Fourniols et Daniel Estève
Contact : Eric Campo, Eric.Campo@laas.fr

Systèmes embarqués autonomes mobiles (sans fil) : conduite, supervision et diagnostic dans les domaines de l'aéronautique, de l'espace, des transports, de l'environnement

Santé

- Domotique médicale : assistance aux personnes âgées ou handicapées, maintien à domicile (détection de chutes, analyse d'activités)
- Prévention des accidents
- Vêtements intelligents à usage médical
- Réalité augmentée (enrichissement action, perception)
- Gestion sécurisée des données médicales (dossier médical) et génétiques (épidémiologie)

Habitat, maison intelligente

- Confort thermique
- Sécurisation des biens et des personnes
- Economie d'énergie

Lieux de vie et de travail intelligents

- Robots compagnons de l'homme
- Robots équipiers de l'homme en milieu industriel
- Vidéo-surveillance pour la détection et la reconnaissance d'activités humaines

Environnement, énergies renouvelables

- Réseaux électriques du futur (smart grid)
- Compteurs électriques intelligents
- Industrie photovoltaïque (systèmes d'intégration intelligent, du panneau solaire au système local en passant par l'intégration dans le bâtiment et le stockage de l'électricité)
- Gestion et conversion de l'énergie

Internet des objets (objets communicants intelligents, communication nomade)

- Télécommunication mobile
- Déploiement de services interactifs sur des appareils mobiles portés par l'homme (smartphone) : réseaux de capteurs dans des lieux publics (centre commercial, rue, hôpital...).
- Aide à la navigation, localisation, diffusion d'informations géolocalisées...

- Gestion sécurisée des données personnelles ou partagées : sécurité des interactions dans le cyberspace, protection des données de localisation des personnes (géolocalisation)

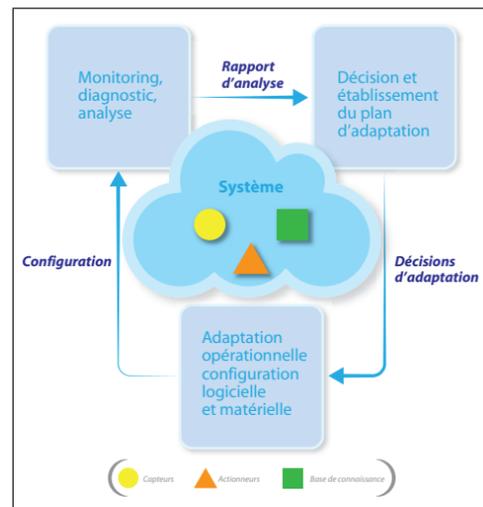
Milieu industriel, sites sensibles

- Vidéo-surveillance pour la sécurisation de sites sensibles
- Robotique d'intervention en milieu hostile : exploration, recherche et sauvetage (search and rescue)
- Sécurité civile : instrumentation, test, surveillance en environnement industriel
- Aide à l'évacuation des personnes
- Usine virtuelle du futur

Transports

- Surveillance des systèmes de transport (prévention des dangers, gestion du trafic)
- Contexte mobilité ubiquitaire (mobiquire) : co-voiturage dynamique, calcul d'itinéraires multimodaux en temps réel et réseau social mobile dans le respect de la vie privée

SYSTÈMES INFORMATIQUES



Boucle de contrôle
d'un système informatique

COMMUNICATIONS ET APPLICATIONS MACHINE-TO-MACHINE

Mettre en place un système complet dans le monde du machine-to-machine (M2M) implique une coopération de trois niveaux. Le système physique constitué de capteurs et d'actionneurs qui interagissent avec le monde réel ; ces derniers font appel à un système de communication permettant de collecter les événements et d'agir sur les équipements ; enfin, un ensemble de services informatiques gère ce système et offre les fonctionnalités désirées. Le M2M pose des problèmes de complexité, d'explosion du nombre d'équipements, de mobilité et de manière générale de contraintes fonctionnelles et non fonctionnelles. La boucle autonome est une des solutions.

Une équipe du LAAS propose un intergiciel générique et extensible, *Frameself*, pour piloter de manière autonome des systèmes. Il s'appuie sur une approche composant afin de construire à la demande une boucle autonome en fonction du niveau que l'on cherche à piloter. On va ensuite créer des modèles variés à y insérer en fonction des contraintes à satisfaire. Prenons l'exemple d'un nouveau terminal mobile arrivant sur une zone et nécessitant de faire appel à un service de déploiement/configuration. Un événement (identification) est envoyé vers *Frameself* qui l'analyse en utilisant un modèle à base d'ontologie pour classifier le nouveau terminal (terminal de type X avec version Y du logiciel Z). Ce dernier va générer un symptôme qui sera ensuite traité par des règles SWRL permettant de créer une requête qui, dans un module de planification bâtie sur les grammaires de graphe et des règles de réécriture, générera un ensemble d'actions élémentaires à réaliser sur le système physique (création d'un service en charge de mettre à jour ce terminal de type X suivant tel séquençement sur la machine M). La contribution du LAAS concerne la mise en place de méthodologie pour coupler différents modèles et un travail particulier sur l'utilisation des grammaires de graphe dans ce domaine qui permet d'avoir des systèmes corrects par construction.

Ces travaux trouvent un terrain d'expérimentation dans le cadre du projet A2Nets qui vise à mettre en place des outils et méthodologies génériques dans le monde du M2M avec une application pour le LAAS au cas du « *smart metering* » dans le bâtiment du projet Adream.

Contact : Khalil Drira,
Khalil.Drira@laas.fr

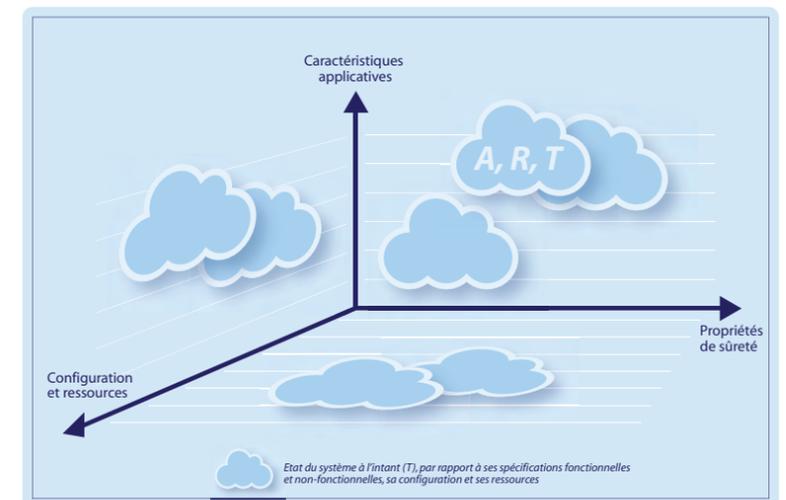
Sûreté de fonctionnement et autonomie

ÉVOLUTION, ADAPTATION ET SÛRETÉ DE FONCTIONNEMENT

L'évolution des systèmes est aujourd'hui un impératif à considérer dès leur conception. Les systèmes peuvent évoluer selon différentes dimensions, les ressources bien sûr, mais aussi les menaces auxquelles ils sont confrontés. Les applications elles-mêmes changent en vie opérationnelle par la succession de nouvelles versions. Ces systèmes informatiques doivent donc s'intégrer dans un environnement qui est dynamique. Face à ce dynamisme, il est nécessaire de permettre au système de s'adapter tout en conservant la sûreté de son fonctionnement.

La propriété de résilience de ces systèmes évolutifs vise à garantir la « persistance de la sûreté de fonctionnement en dépit des changements ». Pour obtenir la résilience, il faut concevoir des mécanismes de sûreté adaptables, et définir les bonnes abstractions pour modéliser l'évolution de ces systèmes tout en garantissant la sûreté. Pour obtenir des mécanismes de sûreté adaptables, plusieurs approches existent. Une approche consiste à adapter les mécanismes eux-mêmes. L'approche développée au LAAS consiste à concevoir des mécanismes de sûreté spécialisés et composables et à s'adapter aux évolutions du contexte. L'originalité de ces travaux est de combiner la modification en ligne des mécanismes eux-mêmes avec la façon dont ils sont composés entre eux. La conception de ces systèmes se fait à l'aide de deux outils : les patrons de conception UML et les architectures à composants. En particulier, une implémentation dans le cadre du middleware FraSCAti a été développée au moyen de composants réflexifs, et une étude de cas sur un réseau de capteurs est envisagée dans le cadre de l'ANR Murphy en collaboration avec l'Inria. L'adaptation repose sur l'exécution d'algorithmes de transition d'une configuration logicielle à une autre.

Concevoir des mécanismes de sûreté adaptables n'est pas tout, encore faut-il savoir quand déclencher ces adaptations et comment assurer le monitoring au cours de celles-ci. En effet, le monitoring a pour tâche de vérifier que le système assure les propriétés de sûreté comportementales et temporelles requises, c'est à dire vérifier que le système reste sûr et sans danger. Le risque est que ce système, au cours d'une reconfiguration, viole certaines de



Modèle de référence d'un système résilient

ces propriétés et devienne ainsi dangereux. Il faut donc concevoir un mécanisme de supervision du système qui surveille (ou "monitore") les propriétés de sûreté à tout instant, même au cours des reconfigurations. Pour cela est proposée une approche basée sur les réseaux de Pétri (RdP) temporisés. Sur le plan théorique sera introduite une extension aux RdP temporisés, afin de les adapter à une exécution dans un environnement perturbé tel que celui d'un système en reconfiguration. Ainsi sont ajoutés aux RdP des jetons négatifs. Ils marquent le franchissement d'une transition uniquement sur réception d'un événement temporisé. C'est ainsi un franchissement spéculatif : le jeton négatif attend, pendant la fenêtre de validité de cet événement temporisé, l'arrivée du jeton positif correspondant. Si celui-ci arrive hors de la fenêtre de validité, le signalement d'une erreur est déclenché. Grâce à cette approche formelle sont dérivés des algorithmes permettant de mettre place un système de moniteurs réparti. On peut ainsi distribuer les moniteurs à travers un réseau et optimiser leur placement par rapport aux événements qu'ils ont la tâche de surveiller. Pour obtenir des systèmes informatiques résilients, ce sont donc à la fois les méthodes d'adaptation en ligne des mécanismes de sûreté et les méthodes de vérification associées à ces adaptations qui sont développées.

Contact : Jean-Charles Fabre
jean-charles.fabre@laas.fr

Le robot, le réseau ... et l'homme

On nous annonce, depuis un moment déjà, l'avènement des systèmes ambiants. On se doute un peu de ce que cela peut-être. On craint aussi un peu ce que cela peut devenir. Le défi est là, justement.

Les systèmes ambiants qui nous intéressent ici, portent principalement sur l'intégration de plus en plus grande de la robotique et de ses applications. La robotique, en effet, permet notamment d'envisager des services "mobiles" qu'il est nécessaire d'apporter "physiquement" et/ou de "réaliser" en un endroit précis - déterminé en

De plus la robotique porte, notamment au LAAS, le défi de l'autonomie décisionnelle. La machine sera mobile, autonome et communicante. Les contextes envisagés sont principalement des lieux de vie, de travail ou de loisir:

- le domicile, notamment celui de personnes âgées ou dépendantes
- les lieux de séjours: maisons

Une autre classe de contextes, que nous traitons également et que nous comptons enrichir, peut être illustré aujourd'hui par le projet ROSACE soutenu par le RTRA STAE: un ensemble d'engins autonomes hétérogènes communicants qui déploient le réseau tout en réalisant une mission (par exemple, une opération de sauvetage après catastrophe) et qui agissent en interaction avec d'autres acteurs (sauveteurs humains, engins opérés par des hommes ...).

Interaction robot(s)/environnement ambiant

L'interaction robotique/environnement ambiant vient du fait que le robot communique avec l'environnement ambiant: les réseaux "informatiques" (Internet ou services spécialisés disponibles), les capteurs distribués dans l'environnement (caméras, ..), les objets "intelligents" (du RFID, smartphones, tablettes, interfaces..). L'interaction vient aussi du fait que le robot se déplace et agit "physiquement" dans l'environnement.

Le robot "utilise" et "est utilisé" par le Réseau-Système. Le robot, en fonction de la tâche, accède aux ressources locales ou distantes. Et à l'inverse, on accède au robot depuis des ressources locales mais aussi distantes.

Les robots, comme illustrés précédemment peuvent éventuellement servir à "déployer"

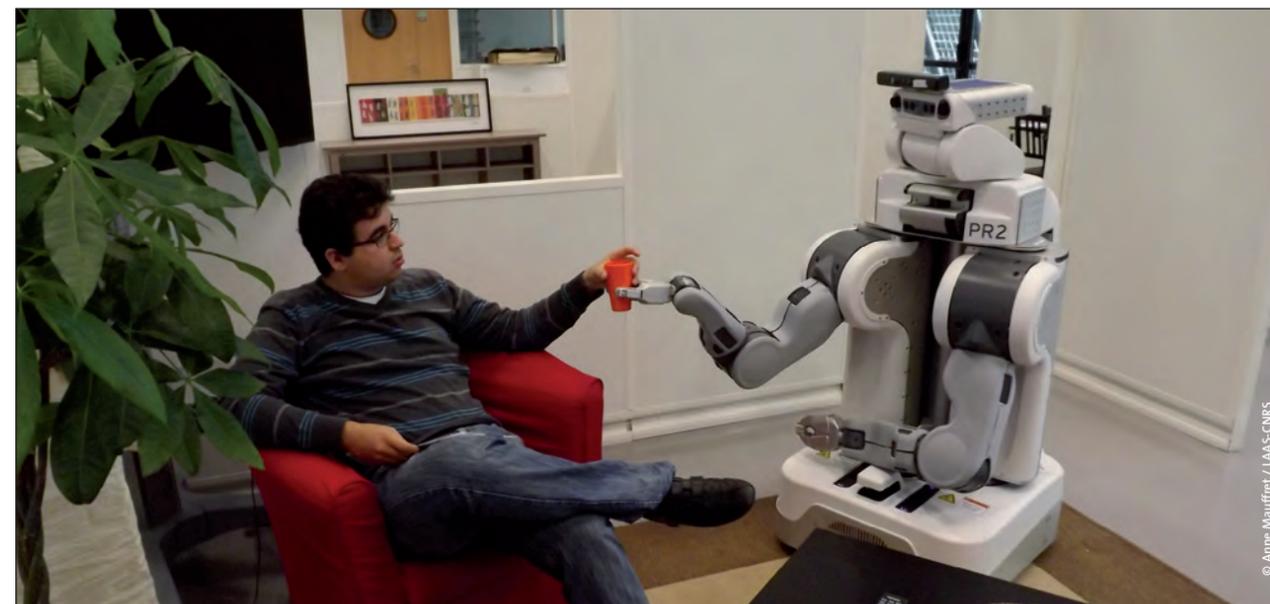


Le robot terrestre Mana (du LAAS) et le drone Ressac (de l'Onera), prêts à effectuer une mission de surveillance d'environnement.

ligne - de l'environnement. Ceci marque une différence essentielle par rapport aux usages actuels. En effet, aujourd'hui, aussi bien dans les lieux publics que dans les ateliers, quand il a besoin d'un service fourni par une machine, c'est l'homme qui va se placer devant ladite machine pour l'opérer.

de retraites, ou les centres de réhabilitation.

- les lieux publics dans lesquels des services personnalisés sont fournis aux usagers
- les lieux de travail, par exemple les ateliers dans lesquels des employés et des robots mobiles autonomes dotés de capacités de manipulation, travaillent ensemble



© Anne Mauffret / LAAS-CNRS

ou maintenir le réseau et même l'environnement ambiant.

L'homme dans l'environnement ambiant

Un autre aspect, connexe, mais qui est central, porte sur la présence de l'homme, usager du service fourni par le robot ou simplement présent sur le lieu.

La prise en compte explicite des hommes, à tous les niveaux, y compris celui du comportement du robot et des fonctions qui lui sont associées : dialogue, assistance, travail en synergie, perception de l'homme et de ses activités, proactivité, prises en compte des besoins et préférences.

Enfin, en plus de l'exigence d'efficacité et de pertinence des actions du robot, nous nous devons d'intégrer les notions de sécurité, d'acceptabilité et de lisibilité (au sens de l'intention) du comportement du robot.

Ceci nous conduit à travailler dans un cadre multidisciplinaire avec nos collègues des sciences sociales et cognitives pour élaborer des modèles de l'homme afin de mieux le servir.

Le projet Adream pour les roboticiens du LAAS

Si sur tous ces aspects nous avons commencé à travailler depuis déjà plusieurs années et avons des contributions reconnues, nous souhaitons faire du projet Adream un contexte mobilisateur de poursuite et d'extension de ces problématiques, dans le cadre d'un travail collaboratif intégré et long terme avec les autres équipes du LAAS : réseau, systèmes critiques, objets communicants autonomes en énergie, protection de la vie privée,

Nous comptons également faire de la salle d'expérimentation Adream, de l'équipement qui y a été déployé ainsi que celui en cours d'acquisition, notamment dans le

Dialogue, assistance, travail en synergie, perception de l'homme et de ses activités. Ici le robot du LAAS PR2 avec un doctorant du LAAS.

“ Nous souhaitons faire du projet Adream un contexte mobilisateur de poursuite et d'extension de ces problématiques, dans le cadre d'un travail collaboratif intégré et long terme avec les autres équipes du LAAS.”

cadre de Robotex, un lieu central dans le cadre de projets coopératifs nationaux ou européens ou internationaux.

Nous mentionnons ci-dessous les projets qui nous ont permis de développer la recherche que nous comptons étendre dans le cadre de l'initiative Adream.

Le projet FP6-URUS (Ubiquitous networking robotics in urban settings) portait sur le développement d'un environnement ambiant intégrant des ressources réseau, des capteurs fixes (caméras) et une flotte de robots mobiles hétérogènes pour des applications de robot-guides et de robots transportant de petits colis ou des personnes dans un environnement de rues piétonnes.

Le PEA (Programme d'Etudes Amont) Action, porté par des équipes de l'ONERA et du LAAS, traite également d'un ensemble d'aspects en cohérence avec Adream. Il s'agit du développement des briques d'une architecture décisionnelle multidrone (drones aériens de type hélicoptère, drones terrestres, drone maritime de surface et drone sous-marin) communicants pour la réalisation des fonctions de fusion de données et de décision (planification et supervision) de missions de localisation de véhicules et de cibles.

Un autre exemple de projet collaboratif couvrant ces problématiques est le projet ROSACE (RObots et Systèmes Auto-adaptatifs Communicants Embarqués), soutenu par le RTRA, et impliquant des équipes du LAAS, de l'IRIT et de l'ONERA.

L'objectif est de concevoir une plateforme de recherche et de développements expérimentaux comportant des systèmes (robots aériens ou terrestres et agents logiciels) autonomes communicants, auto-adaptatifs, et coopérants. Les propriétés recherchées sont non seulement l'autonomie mais également l'auto-adaptation, la reconfiguration,

la robustesse à différents niveaux tels que dans les couches basses de transport d'information, au niveau middleware (composants), au niveau du comportement des robots.

Les aspects cognitifs et interactifs ont eux aussi bénéficié de plusieurs projets.

Le projet **COGNIRON** (www.cogniron.org), coordonné par le LAAS dans le cas de l'initiative "Beyond Robotics" de FET, a permis d'identifier les défis scientifiques du robot compagnon et de jeter les bases de la problématique de la robotique cognitive et interactive.

Plusieurs projets ANR, en cours ou en démarrage, apportent également une problématique, un contexte et un champ collaboratif nouveau. Ainsi le projet ANS ASSIST qui porte sur l'étude et le développement d'un manipulateur mobile à deux bras pour l'assistance aux personnes handicapées. Le projet ANR ICARO concerne un robot coopératif assistant de l'ouvrier en milieu industriel. Le projet ANR MARDI porte sur le dialogué situé homme-robot. Enfin, le projet AMORCES (Algorithmes et MOdèles pour un Robot Collaboratif Eloquent et Social) a traité des problèmes de perception de l'homme et synthèse de comportements interactifs acceptables par l'homme.

Les projets FP7 CHRIS (Cooperative Human Robot Interaction Systems www.chrisfp7.eu) et DEXMART (www.dexmart.eu, DEXterous and autonomous dual-arm/hand robotic manipulation with sSMART sensory-motor skills: A bridge from natural to artificial cognition) ont permis également d'avancer sur les aspects décisionnels de la collaboration homme-robot.

Enfin, nous contribuons depuis fin 2011 à deux projets européens qui participent pleinement de cette approche intégrée, machines et hommes travaillant ensemble dans un environnement instrumenté. Le projet SAPHARI (Safe and Autonomous Physical Human-Aware Robot Interaction, www.saphari.eu) traite du robot collaboratif qui partage l'espace et la tâche avec l'homme.

Le projet **ARCAS** (Aerial Robotics Cooperative Assembly System, www.arcas-project.eu) porte sur un ensemble d'engins volants équipés de bras manipulateurs et de capteurs pour réaliser des tâches de montage de structures en hauteur.

Contact : **Rachid Alami**,
Rachid.Aлами@laas.fr

Le bâtiment Adream sera un lieu de recherche pour concevoir, développer et évaluer des méthodes innovantes de perception par un réseau de capteurs intégrés dans l'environnement.



© Frédéric Lerafle/LAAS-CNRS

Au delà des applications de vidéo-surveillance pour la sécurisation de sites sensibles, ces méthodes répondent aussi à des besoins socio-économiques importants concernant la surveillance de personnes fragiles à domicile (détection de chutes, analyse des activités), la sécurité civile (intervention dans des lieux instrumentés), la production industrielle (prévention des accidents, travail collaboratif Homme-Robot) ou la surveillance des systèmes de transport (prévention des dangers, gestion du trafic). Par ailleurs un réseau de capteurs dans un lieu public (centre commercial, hôpital) peut être exploité pour le déploiement de services interactifs sur les appareils portés par l'Homme (smart phones...) : aide à la navigation, localisation, diffusion d'informations situées...

Les méthodes que nous allons développer dans le bâtiment Adream, traitent de plusieurs défis scientifiques posés par ces applications. L'objectif de ces travaux consiste à connaître à tout instant, l'état d'un lieu « intelligent », principalement les positions et les activités de tous les agents qui l'occupent. Nous continuerons nos travaux sur la détection, le suivi, et l'identification de personnes ou d'objets mobiles (véhicules, robots) depuis des données acquises sur un réseau de capteurs. Un défi sera de tirer parti de la perception multi-caméras multi-modalités pour améliorer les techniques actuelles : caméras dans diverses longueurs d'onde, lecteurs RFID, caméras site/azimut/zoom, caméras 3D telles que la Kinect... La reconnaissance des postures de l'homme, mais aussi l'identification

Réseau de capteurs pour la perception d'activités humaines

Hommes (opérateurs, mais aussi, usagers du lieu) ?

Le thème Robotique du LAAS mène déjà des recherches sur l'interaction de capteurs fixes avec des capteurs embarqués sur des robots mobiles. Une démonstration existante illustre la navigation coordonnée entre un homme et notre robot Rackham, en exploitant plusieurs modalités sensorielles : caméra, télémétrie laser et lecteurs RFID associés à des antennes directionnelles pour détecter un badge porté par l'homme. Le robot reçoit aussi la position des personnes détectées par deux caméras enfouies dans l'environnement. Ces informations sont fusionnées dans une carte du sol, exploitée par le robot pour s'asservir sur les mouvements de l'homme, tout en évitant les obstacles.

Au delà du lien avec la Robotique, cette thématique peut bénéficier de nombreuses synergies avec les autres domaines traités dans l'axe thématique ADREAM : réseau et communication (adaptation des protocoles de communication pour garantir la qualité de service), intégration (architecture des systèmes embarqués pour la perception, méthodologie de conception, co-design...), protection de la vie privée, diagnostic...

Ces thématiques ont été déjà traitées dans plusieurs projets collaboratifs pour différents contextes applicatifs. Le projet ANR FIL (Information Fusion for Localization) visait à suivre précisément les trajets en intérieur de personnes équipées d'un PDA en faisant collaborer un ensemble de capteurs communicants sans fil, et en combinant deux technologies, la télémétrie ultrasons et l'échange de signaux RF 802.15.4. Dans le projet FP6 CommRob nous avons traité de la navigation coordonnée homme-robot dans un lieu public. Plusieurs projets (ANR HomeCare, ANR ASSIST, ANR RIDDLE) traitent de la surveillance et de l'assistance à domicile de personnes âgées ou handicapées.

Contact : **Michel Devy**,
michel.devy@laas.fr

des objets qu'il manipule, permettent ensuite de reconnaître les gestes, les actions, les activités de chaque Homme, puis d'analyser des situations d'interaction. Vis-à-vis des techniques actuelles, généralement centralisées, nous proposerons des méthodes d'estimation décentralisée avec des observations incomplètes (couverture incomplète par des caméras à champs disjoints) et acquises de manière asynchrone.

D'autres défis concernent l'intégration de chaque capteur, en traitant de l'adéquation entre algorithmes et architecture, pour satisfaire des contraintes sévères de performances temps réel, de robustesse, de capacité et d'économie énergétique. Le déploiement même d'un tel réseau pose de nombreux problèmes : comment calibrer ces capteurs ? Comment adapter le réseau en fonction du contexte, ajouter ou supprimer des capteurs de manière transparente ? Comment garantir une couverture optimale d'un système de surveillance (problème classique du gardien de musée) ? Comment interagir avec les

Navigation coordonnée homme-robot :

(haut gauche) vue d'ensemble (haut droite) : résultat du suivi de l'homme dans l'image acquise à bord du robot ; (bas gauche et droite) images des caméras fixes ; (bas centre) carte du sol, avec les trajectoires des trois personnes détectées et suivies à partir de toutes les informations disponibles.

Sécurité et protection de la vie privée

Dans un monde d'objets « intelligents » et interconnectés

Smart office où circulent des données industrielles ou commerciales, smart home où transitent toutes sortes de données relevant de la vie privée et même de l'intimité, qu'elles résultent d'une hospitalisation à domicile, de l'appartenance à des communautés virtuelles familiales, ludiques, politiques ou religieuses ou bientôt même du compteur électrique dit « intelligent », gestion de l'espace public, des transports, de la sécurité civile... Les systèmes embarqués autonomes mobiles ont envahi l'espace public, professionnel, domestique et personnel. Ils peuvent rendre des services essentiels mais traitent des données sensibles et en menacent la sécurité et la vie privée, en particulier par la collecte de données de localisation de personnes.

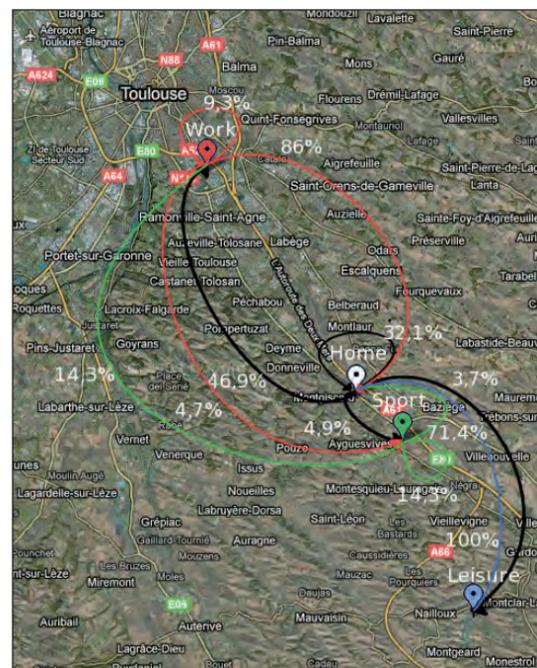
Sur le marché en plein boom d'applications apparemment attractives, il est souvent fait peu de cas de la sécurité, de la protection de la vie privée et de risques liés à d'éventuelles attaques ou malveillances. La sensibilité des données traitées fait pourtant de ces systèmes des cibles attrayantes pour l'espionnage industriel, la fraude ou l'extorsion de fonds, la collecte et l'utilisation abusive de données personnelles (marketing agressif, chantage, diffamation ou médiosance, etc.), voire des actes criminels ou terroristes. Le problème de ces systèmes bon marché pour les traitements et les communications vient aussi bien d'une protection insuffisante que du nombre d'attaquants potentiels, souvent peu qualifiés, jouant des « exploits » disponibles sur Internet.

De nombreux projets scientifiques traitent déjà de ces problèmes et couvrent un large spectre allant de l'Internet mondial aux réseaux de capteurs, sans toutefois traiter d'une classe d'application particulière. On cherche par exem-

ple à protéger les infrastructures de communication et les systèmes d'information contre les cyber-attaques ; à mettre en place une infrastructure mobile de secours en cas de mauvais fonctionnement d'un réseau, quel que soit son type et sa portée ; on cible la sécurité des réseaux de capteurs et radios ; on propose un mode de gestion sécurisé de données personnelles ou partagées ou on se focalise sur la protection des données médicales et génétiques dans le contexte de la protection des dossiers médicaux et de l'anonymat des données épidémiologiques. Il existe cependant peu de projets portant sur la sécurité et la protection de la vie privée dans des réseaux aux usages spécifiques et géographiquement réduits. C'est dans cet esprit que vont être conduites deux premières expérimentations dans le cadre du projet Adream.

Vulnérabilités d'équipements grand public

Nombre d'équipements grand public sont connectés au réseau Internet : modems, « Box », lecteurs DVD, nouveaux



Les traces GPS issues d'un smartphone peuvent être utilisées pour produire un modèle de mobilité sémantique et géographique, à bon ou à mauvais escient.

téléviseurs, systèmes d'alarme, de chauffage. Ils n'ont généralement pas été conçus dans un souci de sécurité ni du respect de la vie privée. Il est facile d'y trouver des vulnérabilités à divers types d'attaque. Si les possesseurs de téléviseurs peuvent tenter d'accéder gratuitement à des programmes payants, ils risquent aussi d'être la cible d'attaques de leurs équipements et de vol d'informations privées. C'est ce

type de vulnérabilité des matériels interconnectant le domicile au réseau Internet qui va être analysé par une première expérimentation dans le cadre du projet Adream. Toutes les sources de risques seront analysées. Côté logiciel, les programmes binaires ou le code source s'il est disponible. Viendra l'analyse des composants matériels et des couches logicielles les plus basses qui les pilotent, puis celle des communications entrantes et sortantes pour identifier les vulnérabilités dans les protocoles de communication. Enfin, des tests de pénétration seront réalisés.

Une seconde expérimentation devrait porter sur d'autres types de matériel à l'impact crucial sur la sécurité et la protection de la vie privée. L'hospitalisation à domicile, qui se développe, est en effet assortie de dispositifs, notamment des capteurs, destinés à informer, par le biais de l'Internet, le personnel médical de l'état de son patient. L'étude des vulnérabilités de ce type d'équipements adoptera la même démarche que dans la première expérimentation. Elle se fera grâce à une plateforme constituée d'un réseau local interconnectant les équipements grand public analysés et de machines simulant des serveurs en interaction avec eux. La plateforme permettra d'identifier des vulnérabilités dans l'équipement et lors des échanges de données. On pourra aussi voir si les vulnérabilités de l'équipement rendent possibles l'attaque des serveurs par des opérations *a priori* interdites, déguisements ou abus de privilèges. Pour se rapprocher d'une situation typique et de ces vulnérabilités particulières, les tests utiliseront une connexion de type ADSL.

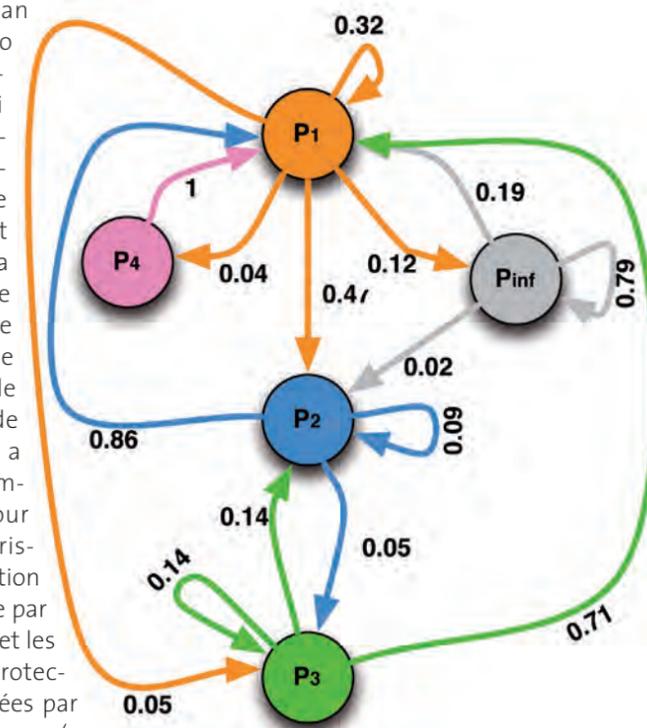
« Geo-Privacy »

Les objets communicants prenant part au projet Adream vont, dans leur grande majorité, être capables de se géolocaliser, en intérieur comme en extérieur, par le biais de diverses technologies : GPS, WiFi, caméras infrarouge. Ces informations sont certes utiles à l'émergence de services géolocalisés mais peuvent aussi être la cible de différents types d'attaques contre la vie privée : identification de points d'intérêts, lieux associés au domicile, au travail, aux loisirs..., prédiction des déplacements, association de pseudonymes dans différentes bases de données et désanonymisation, découverte des relations sociales, etc.

Le LAAS a déjà mené des expérimentations dans ce contexte. La première, dans le cadre du projet LAAS ARUM, consistait à collecter des traces de mobilité et de connectivité WiFi et Bluetooth, associées à des smartphones distribués à différents utilisateurs du laboratoire. Ces traces ont été, dans

un premier temps, collectées et stockées localement sur le téléphone avant d'être transférées sur une base de données multi-sources. L'accès à des données issues d'autres expérimentations du même type : le suivi de déplacements de taxis de San Francisco (source CRAW-DAD), le suivi de déplacements d'employés de Microsoft Research China (source GeoLife), et le suivi d'une population de Suisses (étude Nokia-EPFL) a offert un complément pour étudier les risques de violation de la vie privée par la localisation et les moyens de protection des données par « sanitization » (ou assainissement). Également financée dans le cadre du projet ARUM, une thèse étudie les différents aspects de la protection de la *geo-privacy*. Un des premiers travaux menés a conduit au développement de GEPETO (GEOPrivacy Evaluation Toolkit), un outil qui permet de visualiser, d'enrichir ou d'assainir les données, mesurer l'utilité (la quantité d'information « utile ») d'un ensemble de données géolocalisées plus ou moins assainies, etc. Ces travaux sont poursuivis dans le cadre du projet AMORES, lire page 32.

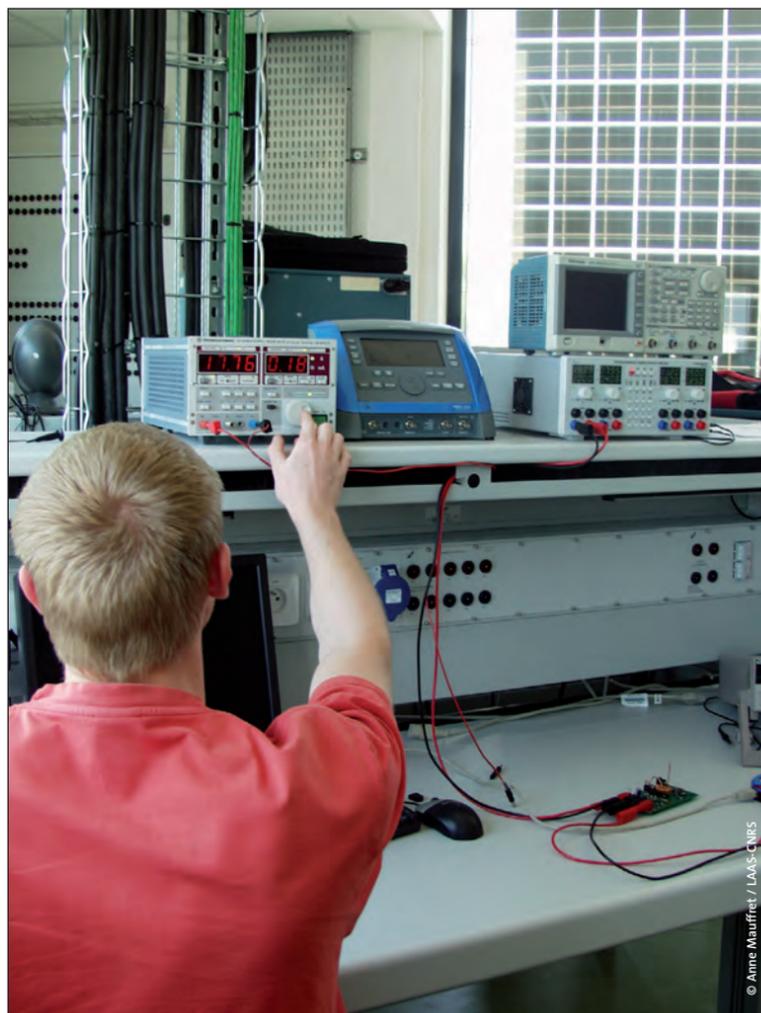
Dans le cadre d'Adream, la capture de traces de mobilité sera étendue aux objets et utilisateurs du bâtiment dédié. Ils seront équipés de systèmes leur permettant de se localiser indoor/outdoor et de communiquer entre eux, ainsi que de moyens de stockage et de traitement des données. Ceci permettra d'étudier la mobilité de ces objets, afin de conduire à l'émergence de géo-primitives de communications respectueuses de la vie privée, qui elles-mêmes permettront la mise en place de géo-services (LBS) coopératifs qui protègent la vie privée par une approche architecturale, algorithmique et cryptologique.



Apprentissage d'un modèle de mobilité probabiliste à partir de données issues de GeoLife.

« Les objets communicants vont, dans leur grande majorité, être capables de se géolocaliser, en intérieur comme en extérieur. Ces informations sont certes utiles mais peuvent aussi être la cible de différents types d'attaques contre la vie privée. »

Contact : Yves Deswarte, Yves.Deswarte@laas.fr



© Anne Mauffret / LAAS-CNRS

GESTION ET OPTIMISATION DE L'ÉNERGIE

Vers des réseaux d'énergie réactifs et adaptatifs

La prise de conscience des limites des énergies fossiles et l'exploitation de nouvelles sources d'énergie renouvelables commandent que l'on repense totalement le cycle production-consommation au moyen de réseaux sophistiqués et « intelligents » qui sont à concevoir. C'est l'objectif du volet « Energie » du programme Adream.

Les panneaux photovoltaïques du toit terrasse sont testés sur ces bancs d'expérimentation.



Bruno Estibals, l'un des initiateurs du volet Énergie d'Adream.

La gestion et l'optimisation de l'énergie sont devenues une préoccupation majeure. La solution viendra de réseaux d'énergie de nouvelle génération, qui devront être réactifs et adaptatifs, et posséder à la fois des propriétés validées de performance et de sûreté de fonctionnement, en termes de production, de consommation et de commande. Ces nouveaux réseaux devront ainsi, de façon concomitante, accepter des sources multiples, très hétérogènes en termes de technologies, de disponibilité et de puissance, et répondre de façon adéquate et rapide aux variations, de l'ensemble des utilisateurs, et ceci de façon très sûre. Est ainsi apparu le concept de *Smart Grid*, réseau d'énergie incluant non seulement la fonction « transport d'énergie » mais également des capacités de télécommunication, de mesure, au moyen de capteurs, et de gestion avancée.

Ajustement production-consommation

L'objectif à terme du volet « Energie » du programme Adream est le déploiement d'un cycle *production-consommation* incluant l'exploitation en temps réel les informations issues des utilisateurs. Il deviendrait ainsi possible d'adapter la production aux besoins des utilisateurs et inversement. On peut par exemple simplement envisager l'arrêt de certaines consommations pouvant être différées, ou, plus sophistiqué, modifier la topologie ou la tension du réseau. Ces nouvelles possibilités d'ajustement dynamique se heurtent à de nombreux problèmes comme celui de la prise en compte des éléments terminaux, ou encore celui de l'optimisation globale avec des garanties de performance et de



© Anne Mauffret / LAAS-CNRS

sécurité. Les travaux de recherche devront associer dans une architecture très sophistiquée et innovante de nombreuses techniques de pointe déjà disponibles tout en les développant dans ce nouveau cadre, les objectifs scientifiques et techniques étant la conception et l'évaluation de réseaux d'énergie de nouvelle génération.

Comportant de nombreuses contraintes multi-technologiques, ils seront abordés par plusieurs équipes de recherche du LAAS dont les domaines de compétence incluent l'électronique de puissance, l'informatique, la sûreté de fonctionnement et l'automatique.

Capteurs intelligents

La résolution des problèmes posés nécessitera la compréhension des différents comportements des entités connectées au réseau électrique, à savoir les sources, en particulier photovoltaïques. Cela passera par l'élaboration de modèles aussi complets que possible, en prenant connaissance des besoins des différents utilisateurs, et plus précisément des consommations et de leurs variations. A partir de ces modèles, il faudra proposer des approches de gestion et d'optimisation de l'ensemble

du système, en intégrant les comportements possibles de toutes les entités de production et de consommation du réseau électrique, y compris du point de vue sociologique, par un déploiement massif de réseaux de capteurs intelligents et autonomes en énergie.

Il faudra encore concevoir le système informatique distribué complexe nécessaire à la commande globale et la garantie des qualités de performances et de sûreté de fonctionnement. Enfin, le comportement global du réseau d'énergie devra être évalué puis validé, en particulier pour tous les aspects difficiles liés au passage à l'échelle sur une infrastructure réelle.

La question énergétique est cruciale à l'échelle mondiale. Diverses prévisions montrent que les énergies fossiles assurant aujourd'hui plus de 80% des besoins mondiaux vont être épuisées rapidement. Tous les pays sont concernés et la recherche de nouvelles solutions se généralise. Ainsi, l'Europe a lancé la politique des trois vingt (20% de réduction de consommation énergétique, 20% de réduction de gaz à effet de serre, 20% d'insertion d'énergies renouvelables) à l'horizon 2020. Pour la France,

“La solution à terme tient dans une refonte globale du cycle production-consommation et la coordination en réseaux de nouvelle génération de l'offre énergétique et des besoins des utilisateurs.”

le ministère de l'Écologie, du développement durable, des transports et du logement, avec les directives du Grenelle de l'environnement, initie diverses actions pour rejoindre les autres pays européens qui ont pris de l'avance. Une des actions les plus visibles vient des producteurs d'énergie, EDF en tête en France, qui déploie des infrastructures de compteurs électriques intelligents dont seront équipés tous les foyers de consommateurs en 2015. Les producteurs disposeront ainsi d'une information précise sur leurs comportements et consommation, le but poursuivi étant d'adapter la production lorsque cela est possible et de leur fournir des informations afin qu'ils adaptent leur comportement en retour. Si ces initiatives sont révélatrices d'une prise de conscience et constituent un bon début, la solution à terme tient cependant dans une refonte globale du cycle production-consommation et la coordination en réseaux de nouvelle génération de l'ensemble de l'offre énergétique et des besoins des utilisateurs.

Contact : Bruno Estibals,
Bruno.Estibals@laas.fr

INFORMATIQUE DIFFUSE

Covoiturage dynamique, calcul d'itinéraires et réseau social mobile

Le monde ubiquitaire où nous vivons est caractérisé à la fois par une mobilité forte des individus et par le fait que ces individus sont souvent porteurs d'appareils capables de se géolocaliser (smartphone ou voiture équipée d'un GPS). La somme des informations captées par ces appareils, ou entités, au niveau d'une ville contient une mine d'informations pour qui souhaite se déplacer efficacement dans cette ville.

La plupart des systèmes de transport actuels utilisent très peu les possibilités offertes par ces dispositifs pour améliorer la mobilité des usagers ou pour fournir de nouveaux modes de transport. Dans ce contexte « mobiquitaire », le projet Amores est construit autour de trois applications ayant trait à la mobilité : covoiturage dynamique, calcul d'itinéraires multimodaux en temps réel et réseau social mobile. Dans le contexte de ces applications, utiliser les capacités de géolocalisation des appareils est tentant. Cela pose cependant des problèmes quant à la protection de la vie privée des utilisateurs. Par exemple, il ne faut pas qu'une utilisation détournée de l'application de covoiturage permette à des individus mal intentionnés de savoir quand les maisons sont vides de leurs occupants.

Malheureusement, il est difficile pour le programmeur d'anticiper et de prévenir toutes les fuites d'informations privées générées par son application géolocalisée. La solution pourrait venir dans la définition de briques de base robustes et sûres que le programmeur utiliserait sans exposer les utilisateurs à ces dangers. L'objectif principal du projet est de définir ces briques sous la forme de géo-primitives de communication au niveau intergiciel. Celles-ci fourniront les services géolocalisés requis tout en assurant le respect de la vie privée, en particulier au niveau de la localisation. Par exemple, afin d'offrir des garanties de protection de la vie privée, un concept d'anonymisation des données de localisation peut être proposé, des « locanymes ». Ces géo-primitives fourniront des services de base, tels que le routage, la cryptographie ou encore la géolocalisation extérieure ou intérieure. L'utilisation de ces composants peut laisser des traces numériques révélant des informations sur l'utilisateur. Ainsi, le routage des messages à travers le réseau permet de suivre les déplacements d'un dispositif, et donc de son porteur. Dans le cadre d'Amores est étudié le problème du routage



anonyme : permettre à des entités mobiles de communiquer sans divulguer d'information sur leur identité ou sur leur localisation. En d'autres termes, comment concevoir un service de poste efficace dans un univers où les adresses changent tous les jours ?

Ces primitives doivent aussi être robustes au sens traditionnel de la sécurité. Ainsi, pour garantir l'authenticité des informations de localisation, doivent aussi être étudiées les techniques permettant de vérifier la position géographique des entités.

Pour chacune des trois applications mentionnées est prévu le développement d'un prototype construit à partir des géo-primitives développées. En ce qui concerne l'application de covoiturage dynamique, elle sera intégrée par un des partenaires dans ses propres produits. L'intergiciel développé sera, par ailleurs, distribué en open-source. Enfin, la généralisation des résultats attendus sur le transport toulousain, en coopération avec la compagnie de transports en commun toulousains Tisséo, nourrira les réflexions sur le devenir des systèmes de transport urbains et l'applicabilité réelle de l'ap-

Imaginons un utilisateur (en orange) conduisant de Toulouse à Albi. L'idée du covoiturage dynamique est d'établir un système prévenant automatiquement les utilisateurs dans la zone grisée souhaitant se rendre aussi à Albi qu'un covoiturage est possible. Il s'agit ensuite de mettre ces utilisateurs en relation et de définir un point de rendez-vous (en bleu), de manière automatique et dynamique.

Contact : Marc-Olivier Killijian
Marco.Killijian@laas.fr

MATHIEU CLAEYS FINALISTE À L'ACC

La théorie des mesures au service du rendez-vous en orbite

Mathieu Claeys, doctorant au LAAS dans le domaine de l'Automatique, est finaliste du prix du meilleur article d'étudiant qui sera décerné cet été lors de l'American Control Conference. Ce travail, dans la continuité de ceux de ses directeurs de thèse au LAAS, propose une solution alternative au problème de contrôle optimal du rendez-vous spatial où un vaisseau doit en rejoindre un autre en orbite, en temps donné, sans le percuter et en minimisant la commande réalisée par de brefs jets de gaz.



MATHIEU CLAEYS

Le rendez-vous spatial : l'ATV en approche de l'ISS. Au terme du phasing, le cargo européen va se trouver derrière la Station spatiale internationale.

Le sujet de l'article remarqué par l'American Control Conference porte sur l'application de l'optimisation polynomiale pour la commande optimale impulsionnelle. Pour ce type de problème, on s'autorise à représenter le système par un modèle mathématique approchant. Un des débouchés typique de ce genre de formulation est la commande de satellites pour les rendez-vous orbitaux, où les trajectoires sont décrites par des équations polynomiales et où l'application de poussées intenses sur de brèves périodes (impulsions) se prête bien à cette approximation. Malheureusement, ce que l'on gagne en facilité de modélisation pose certaines difficultés quant à la résolution du problème de commande et sont à l'origine de nombreux cas pathologiques. Plutôt que

de vouloir résoudre directement ce problème, l'article propose une méthode dans la lignée du travail des directeurs de thèse du doctorant, Didier Henrion et Jean-Bernard Lasserre, tous deux chercheurs au LAAS. Elle consiste à relâcher la formulation initiale en un problème sur les mesures, qui peut être lui-même approché par un problème d'optimisation bien connu des automaticiens : un système d'inégalités matricielles linéaires, ou LMI.

La force de l'approche réside dans les garanties théoriques qu'elle offre. Ainsi, les solutions obtenues par l'algorithme sont globalement optimales en termes de coût, à l'inverse de celles générées par d'autres méthodes numériques à caractère local. L'autre aspect essentiel de l'algorithme est sa capacité à intégrer des contraintes sur l'état, ce qui est souvent délicat avec d'autres méthodes.

Ingénieur Supaéro 2007, Mathieu Claeys a travaillé pendant trois ans comme ingénieur à la SABCA et à l'ESA où il a participé à élaborer des lois de commande pour l'industrie spatiale. En 2010, il a rejoint le LAAS et commencé un travail de thèse sur l'application de l'optimisation polynomiale aux problèmes de commande optimale. Ses résultats théoriques ont des applications directes pour des problèmes industriels.

Contact : Mathieu Claeys,
Mathieu.Claeys@laas.fr



L'ADN : de la biologie aux technologies, un nouveau potentiel à explorer

Depuis la découverte de sa structure il y a près de 60 ans, les méthodes pour manipuler et analyser l'ADN n'ont cessé de progresser, ce qui a permis d'aboutir au séquençage complet du génome humain au début des années 2000, et de voir émerger des outils de séquençage haut débit à partir de 2005. Ce dernier exemple de convergence technologique entre la biologie moléculaire et la technologie pour produire des machines d'analyse génomique démontre la vitalité de ce domaine de recherche, et est porteur des plus grandes promesses aux yeux des chercheurs et du grand public.

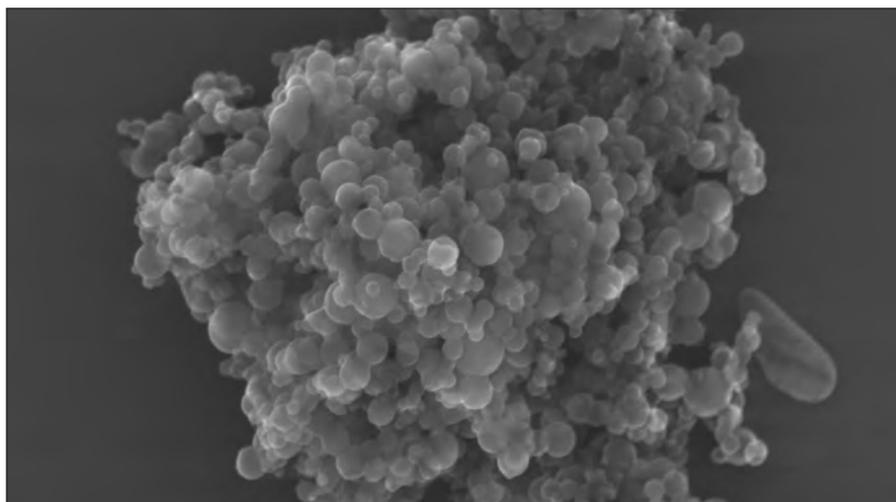
En dépit de ces succès, il n'est pas évident que l'avenir des biotechnologies passe exclusivement par l'industrie du séquençage, en particulier dans son format actuel, comme le démontrent les efforts pour séquencer l'ADN à travers un nanopore ou, plus récemment, par manipulation mécanique. Si l'avenir détient la clé industrielle du séquençage, les travaux de biologie moléculaire des 50 dernières années ont permis de mettre au point une filière industrielle de synthèse d'ADN, des méthodes de modification chimique de l'ADN, et des outils d'amplification et de purification. Ces avancées ouvrent de nouvelles pistes de recherche et développements tout à fait uniques vers une nouvelle ingénierie de technologies ADN dérivées, y compris dans des domaines applicatifs des nanotechnologies non relatifs à la biologie. Une équipe du LAAS s'est pleinement investie de cette problématique et propose quatre axes de contribution.

Ciment programmable pour la nanoconstruction de matériaux avancés

L'idée de détourner la fonction

biologique de l'ADN et de l'appréhender comme un matériau pour les nanotechnologies a fait son chemin depuis les années 80, marquées par les travaux exploratoires de Nadrian Seeman sur l'assemblage de structures d'ADN artificielles, et les années 90, où le mariage entre les nanoparticules et l'ADN a été célébré par les équipes de C. Mirkin et P. Alivisatos. L'ADN permet en effet, au travers du jeu de complémentarité des bases le constituant, de programmer et de diriger l'assemblage de structures 1D, 2D ou 3D d'ADN ou bien de nano-objets de nature chimique et de formes

Image par microscopie électronique à balayage (MEB) d'un agrégat auto-assemblé via des brins ADN.



variées. Le repliement spécifique de courtes séquences permet de réaliser des édifices de plusieurs centaines de nanomètres (tuiles de Seeman ou Origami ADN), dans lesquels l'organisation est contrôlée depuis l'échelle du nanomètre. L'assemblage de nanoparticules en utilisant l'ADN comme ciment de construction permet aujourd'hui d'assembler des cristaux de nanoparticules aux géométries complexes. Ce travail ouvre la voie à la synthèse de nouveaux matériaux à base de nanoparticules aux propriétés optimisées, comme l'a récemment démontré un travail sur la synthèse de

matériaux énergétiques à base de nanoparticules d'aluminium et d'oxyde de cuivre dont la réaction peut être déclenchée à une température de 400°C encore jamais atteinte ou encore la réactivité réglée précisément.

Un matériau malléable pour la reconnaissance moléculaire

L'existence des aptamères révèle une autre facette de l'ADN, mais aussi son potentiel en ingénierie. Grâce aux techniques d'évolution dirigée, fondées sur des cycles de sélection/amplification de l'ADN, il est possible de sélectionner dans une banque d'ADN comprenant ~10¹⁵ molécules de séquences distinctes la molécule la plus affine – l'aptamère – pour une cible choisie. En complément du grand nombre de modifications chimiques ou biochimiques accessibles sur les molécules d'ADN, les aptamères offrent des perspectives intéressantes comme couche de détection à adosser à des technologies microsysteme pour la fabrication des capteurs du futur. Les travaux actuels de l'équipe portent sur deux axes applicatifs. Le premier concerne la détection de la thrombine comme facteur de surveillance de patients atteints de pathologies liées à la coagulation sanguine. Le deuxième est relatif à des problématiques environnementales liées à la détection de polluants chimiques dans les eaux où il s'agit plus précisément de détecter un pesticide organochloré, le métolachlore.

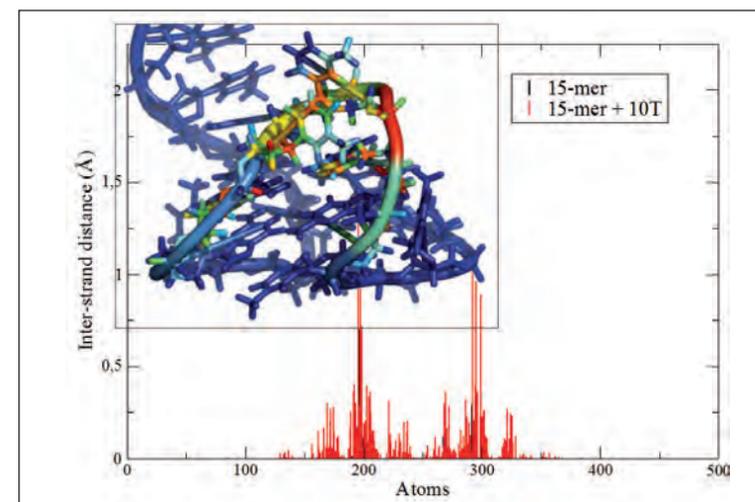
Super-structure reprogrammable pour assurer les fonctions cellulaires

L'ADN génomique est un long fil de 3 milliards de bases replié dans un noyau de quelques dizaines de microns sous la forme de chromosomes. Loin d'être désordonnés, les chromosomes occupent des territoires discrets, et la position des gènes est orchestrée pour faciliter leur expression. Cette super-structure commence tout juste à révé-

“La double contribution du LAAS consiste là à développer de nouveaux outils de manipulation de chromosomes entiers pour étudier les mécanismes de dégradation et de réplication des chromosomes ainsi que des outils d'analyse haut débit du mouvement des chromosomes pour sonder la mécanique des chromosomes dans les cellules vivantes.”

Altération de la flexibilité

d'un aptamère comportant un espaceur moléculaire composé de Thymines.



ler ses secrets et sa dérégulation apparaît comme un élément clé de nombreuses pathologies, en particulier les cancers. De fait, cette organisation « au-dessus » de l'information génétique, dite épigénétique, fait l'objet d'intenses recherches dont les clés offriront de nouvelles méthodes de diagnostic. Ces recherches sont multi-échelles, puisqu'elles peuvent être menées à l'échelle moléculaire (la paire de base) de la paire de bases ou de la protéine, mais aussi à l'échelle macromoléculaire, en élucidant les lois de repliement dans l'espace des chromosomes, ou encore cellulaire, à travers les motifs d'organisation des chromosomes dans les noyaux. La double contribution du LAAS consiste là à développer de nouveaux outils de manipulation de chromosomes entiers pour étudier les mécanismes de dégradation et de réplication des chromosomes ainsi que des outils d'analyse haut débit du mouvement des chromosomes pour sonder la mécanique des chromosomes dans les cellules vivantes.

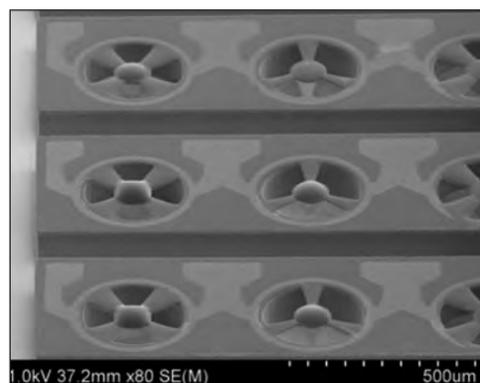
Modéliser l'ADN et ses interactions

Les technologies ADN représentent un défi méthodologique sans précédent pour la simulation prédictive des procédés d'élaboration et de leurs mécanismes microscopiques associés, au carrefour des technologies bio-hybrides. L'ADN est une structure multi-échelle (de l'ADN au chromosome) qui présente plusieurs niveaux spécifiques de difficulté pour la modélisation : types et nature des interactions intra ou intermoléculaires, flexibilité, nombre d'atomes, espace conformationnel... A cette complexité s'ajoutent les problèmes relatifs à la modélisation des interactions de l'ADN avec des matériaux organiques ou inorganiques non biologiques. Pour répondre à ces exigences de complexité sont mises en œuvre des stratégies de calcul multi-niveaux, c'est-à-dire en combinant plusieurs niveaux de modèles à plusieurs échelles spatiales et temporelles (ab initio, Dynamique Moléculaire...). Une technique originale de calcul est en particulier développée, les Modes Statiques, permettant la prédiction de la flexibilité moléculaire. Ces travaux ont permis d'évaluer et d'optimiser le choix d'espaceurs chimiques nécessaires au greffage de séquences d'ADN sur des substrats organiques ou inorganiques. Ces résultats montrent que nombre de techniques traditionnellement utilisées dans la communauté ne permettent pas de maintenir un repliement optimal de l'ADN ce qui a pour effet d'altérer sa fonction de reconnaissance moléculaire.

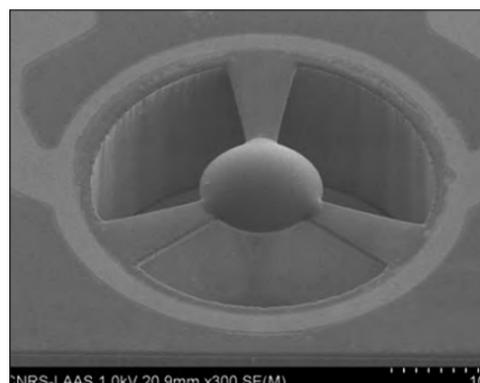
**Contact : Alain Estève,
Alain.Esteve@laas.fr**

ANALYSE BIOLOGIQUE PAR VOIE OPTIQUE

Nouvelles matrices de microlentilles actionnables en polymère



Matrices de MOEMS (Micro-Opto-Electrical-MicroSystem) en polymère incluant une lentille réfractive pour la focalisation dynamique du faisceau de VCSELs.



Le LAAS explore une nouvelle voie pour l'analyse, l'imagerie et la manipulation de cellules biologiques par voie optique grâce à la mise au point de sources à faisceau ajustable dans l'espace. Le principe est de concevoir et réaliser des réseaux de MOEMS (Micro-OptoElectrical-Mechanical-System) à base de polymères. Directement intégrables sur des matrices de diodes laser verticales (VCSELs), ces polymères ne mettent en jeu que des procédés collectifs et à basse température. Il s'agit de membranes suspendues en résine épaisse (SU-8), réalisées à l'aide d'une technique originale de double insolation, actionnables électrothermiquement sur lesquelles sont greffées par dépôt localisé des microlentilles réfractives également en polymère. Les premiers résultats obtenus sur des dispositifs fabriqués sur verre démontrent qu'il est possible de déplacer le plan de la microlentille sur $8\mu\text{m}$ avec seulement 3 volts appliqués, ce qui correspond, selon les simulations à une plage potentielle de focalisation active du faisceau VCSEL supérieure à $100\mu\text{m}$. De plus, les distances de travail accessibles sont de l'ordre du millimètre et sont compatibles avec l'analyse par voie optique dans des canaux microfluidiques.

Ces dernières années, on constate un recours croissant à l'optique pour l'instrumentation biologique. Ces applications émergentes nécessitent l'exploitation de

“Les distances de travail accessibles sont de l'ordre du millimètre et sont donc compatibles avec l'analyse par voie optique dans des canaux microfluidiques.”

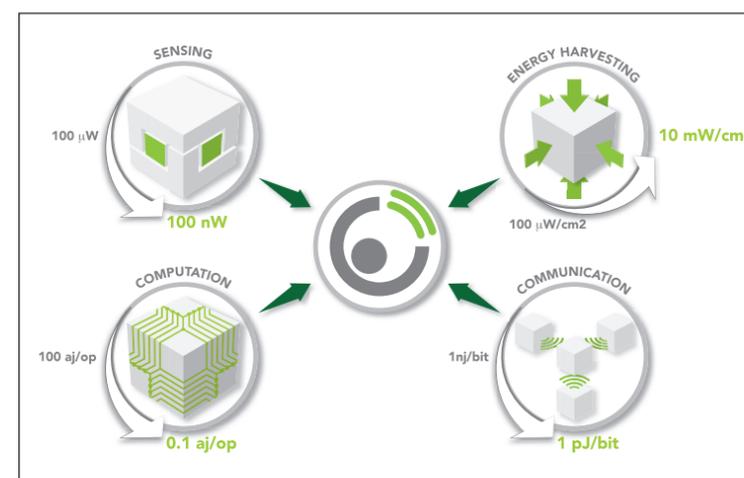
sources optiques compactes, telles que les VCSELs, et la conception de microsystèmes adaptés les intégrant. Le contrôle de la position et de la taille du faisceau émis par la source s'avère crucial. La plupart des besoins concernent la réduction de la divergence et la focalisation du faisceau à des tailles de l'ordre du micron, ainsi que le balayage en temps réel de la zone d'analyse (sur une plage de $100\mu\text{m}$ pour une canalisation microfluidique). Les seules réalisations reportées dans la littérature pour le contrôle dynamique du faisceau de diode lasers verticales sont basées sur des MOEMS en silicium, hybridés par *flip chip* ou par collage. Ces systèmes sont cependant relativement volumineux et leur hybridation est complexe.

Les résultats obtenus sur ces matrices de microlentilles en polymère et actionnables sont très prometteurs. Ils confirment la pertinence de cette approche intégrée, qui pourrait à plus long terme être également exploitée pour la réalisation de sources laser accordables en longueur d'onde. Ils viennent d'être sélectionnés comme article marquant par la revue *Journal of Micromechanics and Microengineering* et illustreront la couverture du prochain numéro de la revue.

Contact : Véronique Bardinal,
Veronique.Bardinal@laas.fr

Des capteurs en réseaux comme anges gardiens

Les projets FET Flagship lancés par la commission européenne sont des projets de recherche avancés à grande échelle pour accomplir un objectif visionnaire et amener des nouveaux bénéfices pour notre société. Le projet FET Flagship Guardian Angels for a Smarter Life se propose de développer un réseau de capteurs sans fil, très faible consommation, qui pourraient être glissés dans nos vêtements ou nos objets de la vie quotidienne afin de surveiller notre état de santé, prévenir les accidents et assurer notre sécurité. Le LAAS a été sollicité pour apporter son expertise sur les communications sans fil.



Objectifs scientifiques et technologiques à accomplir à horizon de 10 ans.

En 2011, l'Union européenne a mis en place un appel à des projets de recherche visionnaires, pour les dix prochaines années, dans le domaine des technologies de l'information et de la communication. L'avancée scientifique obtenue doit fournir une large base pour l'innovation technologique et l'exploitation économique dans une grande variété de domaines et amener des nouveaux bénéfices pour notre société. Six projets seulement ont été retenus parmi lesquels « Guardian Angels for a Smarter Life » où le LAAS s'est impliqué. Deux d'entre eux seront sélectionnés au début de l'année 2013, et bénéficieront alors d'un financement de 1 milliard d'euros, répartis sur dix ans. Le projet FET Flagship Guardian Angels, coordonné par l'École Polytechnique fédérale de Lausanne, EPFL, se propose de développer un réseau de capteurs miniaturisés sans fil de très faible consommation qui pourraient être glissés dans nos vêtements ou nos objets quotidiens afin de

surveiller notre état de santé, prévenir les accidents et assurer notre sécurité.

Trois générations successives de Guardian Angels seront développées. La première va enregistrer chez les personnes les caractéristiques physiques liées à la santé, comme le rythme cardiaque ou le taux de sucre dans le sang. Le public cible sont les personnes âgées ou souffrant de maladies chroniques, comme le diabète, ainsi que les bébés. Ces capteurs sans fil non-invasifs seraient placés au contact de la peau. A partir de certains seuils, ils inviteraient la personne qui les porte à consulter un médecin ou alerteraient directement le médecin en cas de malaise. La deuxième génération de Guardian Angels servirait à mesurer des données issues de l'environnement : le taux de pollen dans l'air ou le niveau de pollution par exemple. A l'issue du projet, ce sont des Guardian Angels « émotionnels » qui devraient voir le jour. Cette dernière génération permettrait par exemple aux personnes paraplégiques de communiquer par l'intermédiaire de leurs mouvements oculaires ou d'ondes cérébrales.

Des équipes de chercheurs parmi lesquels des sociologues travaillent ensemble dans le cadre du projet afin d'étudier le plus finement possible l'impact sociétal du projet à long terme et l'acceptabilité sociale. Les utilisateurs de ces réseaux de capteurs pourraient redouter de voir leurs données personnelles diffusées en dehors de leur sphère privée. Afin d'anticiper ces problèmes, un comité d'éthique international a été mis en place et plusieurs solutions sont déjà envisagées pour protéger la vie privée des usagers.

Pour concevoir ces différents Guardian

Angels, les 28 partenaires du projet devront relever beaucoup de défis scientifiques et technologiques. L'un d'entre eux consistera à combiner dans un même dispositif miniaturisé plusieurs composants : le capteur lui-même mais aussi un processeur pour traiter les données recueillies, une mémoire pour les enregistrer, une technologie de communication sans fil et une source d'énergie pour alimenter le tout. Pour relever ces défis, la consommation des composants électroniques devra être réduite d'un facteur 1000 et les performances de ces différents récupérateurs d'énergie devront être améliorées d'un facteur 100, au cours du projet.

“L'avancée scientifique obtenue doit fournir une large base pour l'innovation technologique et l'exploitation économique dans une grande variété de domaines et amener des nouveaux bénéfices pour notre société.”

Le LAAS fait partie des 28 partenaires initiateurs du projet Guardian Angels et apporte son expertise sur les communications sans fils. Les activités seront focalisées sur les communications de type IR-UWB et sur des propositions innovantes des couches MAC très faible consommation. La reconfigurabilité de la couche physique et de la couche MAC et la synchronisation d'horloges seront d'importants défis pour répondre à la diversité d'applications Guardian Angels. Les techniques de type « dark silicon » seront explorées afin d'obtenir des architectures de faible consommation. Le LAAS va apporter également ses compétences sur l'intégration substrat souple des nœuds capteurs communicants.

Contact : Daniela Dragomirescu,
daniela@laas.fr

EQUIPEMENT D'EXCELLENCE LEAF DE LITHOGRAPHIE LASER

Écriture laser pour l'électronique flexible multifonctionnelle

Le projet d'équipement d'excellence LEAF coordonné par l'IEMN-CNRS de Lille et le LAAS vise au développement des activités de traitement laser pour l'électronique flexible multifonctionnelle. L'objectif est de mettre en place une plateforme de fabrication de composants et circuits électroniques sur substrat flexible composée d'un système d'usinage laser de haute résolution et d'un système d'écriture laser pour la réalisation d'objets 3D. Ce nouveau système d'écriture laser pour le LAAS permettra le traitement de surface, la photo-polymérisation et le traitement thermique localisés par laser avec une grande profondeur de champs et une résolution submicronique.

Le projet permettra des avancées des connaissances dans le domaine des propriétés physiques, mécaniques et électroniques de matériaux sur des substrats plastiques, ce qui aura un impact sur les futures architectures de composants, circuits et systèmes. Dans le domaine de la biologie et de la santé, il permettra la réalisation de biopuces ou de dispositifs implantables pour le diagnostic ou le contrôle de la santé de personnes convalescentes ou présentant des risques de pathologies. Dans le domaine des technologies de l'information et de la communication, il consistera à réaliser des systèmes RFID miniaturisés et aux fonctionnalités augmentées.

Le choix de l'équipement de lithographie laser installé au LAAS est un équipement français : KLOE Dilase 750, équipé de 4 sources lasers et 4 tubes optiques pour combiner les longueurs d'onde (405, 375, 325 et 193 nm) et les tailles (10 µm, 1 µm et 500 nm) du faisceau pendant les phases séquentielles d'écriture. En phase d'écriture le mouvement du substrat sera continu pour permettre une écriture vectorielle et le traitement rapide de surfaces de grandes dimensions. Pendant l'écriture, le faisceau modifiera les propriétés des films minces constitués de matériaux inorganiques ou organiques. Grâce à la grande profondeur de champ du système optique, les résines de lithographie de types SU-8, AZ et Shipley pourront être traitées dans le cas d'épaisseurs supérieures à 50 µm avec de forts rapports de forme. En perspective, un procédé d'écriture multi-photons autorisera la lithographie 3D et un procédé de traitement de surface avec la source laser 193 nm permettra la photo-greffage.

Le LAAS enrichit ainsi sa longue expertise dans la fabrication de micro et nano systèmes. En 2004, sa plateforme technologique a été la 1^{ère} centrale en France à démarrer un équipement d'écriture laser automatisé pour la fabrication de masques optiques de photolithographie UV dédiés à la réalisation de micro et nano dispositifs. Cet équipement a depuis permis la création de plusieurs dizaines de milliers de dispositifs en salle blanche.

Contact : Pierre-François Calmon,
calmon@laas.fr

PLATEFORME DE MICRO ET NANOTECHNOLOGIES

Nouveau microscope électronique à balayage couplé à un système de faisceau d'ions focalisé

“ L'observation « non destructive simultanée » est réalisée à l'aide d'un faisceau d'électrons et permet le repérage, l'alignement et l'imagerie haute résolution des échantillons.”

La plateforme de micro et nanotechnologies du LAAS vient de s'enrichir d'un nouvel équipement, un microscope électronique à balayage couplé à un système de faisceau d'ions focalisé. Dans cet équipement de dernière génération, un faisceau d'ions Gallium est utilisé pour usiner la matière directement par impact, pour déposer localement des matériaux (métaux ou isolants) ou pour l'observation « destructive ». L'observation « non destructive simultanée » est réalisée à l'aide d'un faisceau d'électrons et permet le repérage, l'alignement et l'imagerie haute résolution des échantillons.

L'automatisation des procédures et la stabilité de la machine sont les principaux

atouts de cet équipement. Il est destiné à la caractérisation d'échantillons au cours de leur fabrication, *cross-section*, lamelles pour la microscopie en transmission par exemple, pour l'étude des résultats ou l'analyse de défaillance. Des outils complémentaires étendent ses capacités vers l'analyse élémentaire (EDX), l'imagerie en transmission et à très basse tension (50V) ainsi que vers la lithographie électronique ou ionique.

Cet appareil va permettre à la plateforme de micro et nanotechnologies du LAAS d'étendre ses capacités en caractérisation et en imagerie à haute résolution. Son aptitude à graver et déposer localement des métaux ou des isolants, couplée à de l'imagerie et à l'alignement, lui confère la possibilité de prototypage rapide de nouveaux projets : connexion de nano-objets, fabrication de moules pour la nano-impression,... ainsi que la modification ou la réparation localisée en cours de fabrication : court-circuit ou absence de continuité, masques optiques par exemple.

La plateforme de micro et nanotechnologies du LAAS fait partie du réseau national des 7 plateformes RTB (recherche technologique de base) Renatech. Depuis avril 2007, elle bénéficie d'une salle blanche de 1500 m² de classes 10.000 et 100, grâce au financement de la Région Midi-Pyrénées, du CNRS, de l'ANR propre au réseau RTB et du Club des affiliés du LAAS. Ces moyens mutualisés permettent l'intégration de nouveaux composants pour la gestion de l'énergie, les télécommunications, la chimie et la biologie, le développement de technologie spécifique jusqu'à la réalisation de démonstrateurs sur la base de filières flexibles.

Contact : Franck Carcenac,
Franck.Carcenac@laas.fr



ELECTRONIQUE DE PUISSANCE

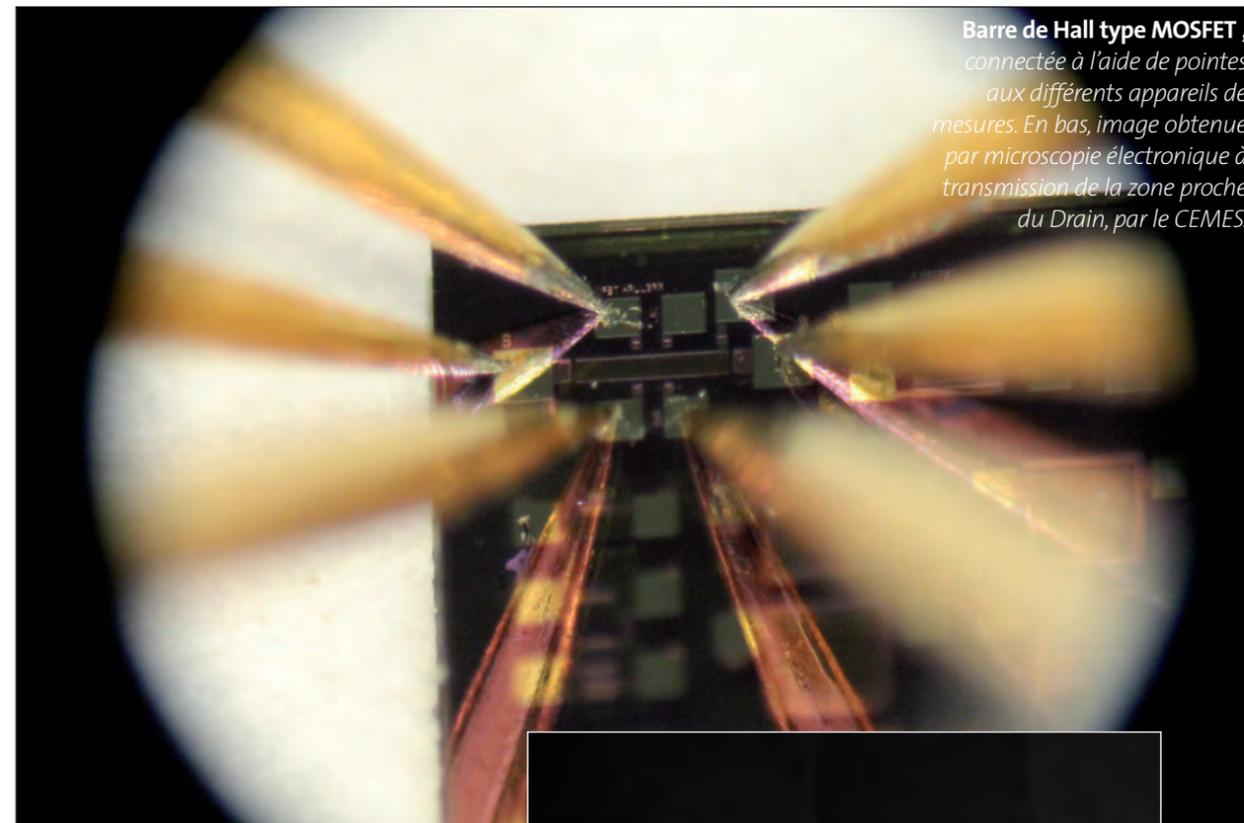
Alliance européenne pour le développement des semi-conducteurs à grand gap

La croissance démographique et économique mondiale pose un quadruple défi : énergétique, climatique, de gestion économe des matières premières et environnementales. Les besoins énergétiques croissants doivent être satisfaits tout en limitant l'impact de l'activité industrielle en termes d'exploitation des ressources, d'émissions de gaz à effet de serre et de déchets. Pour rendre ce défi possible, les énergies carbonées doivent céder la place aux nouvelles voies de production d'énergie à faible niveau d'émissions de CO₂ pour réduire l'impact des énergies fossiles dont la place et l'usage resteront majeurs pendant encore de nombreuses années.

Pour toutes les applications liées à l'énergie nécessitant son transport depuis les centrales électriques jusqu'à l'utilisateur, sa gestion dans les voitures et sa conversion, les dispositifs électroniques de puissance sont incontournables. Les composants de puissance à base de matériaux à grand gap, tels le carbure de silicium et le nitrure de gallium, permettront de surmonter les limites des composants actuels en silicium en diminuant les pertes de puissance. La fiabilité et la robustesse de ces composants de nouvelle génération est la condition de leur déploiement à l'échelle industrielle. Leur maîtrise, de la matière première à la conception, la mise en œuvre, la caractérisation jusqu'à leur intégration dans le système final est essentielle.

L'institut Carnot LAAS CNRS et l'Institut Fraunhofer IISB pour les systèmes intégrés et la technologie des dispositifs, et leurs associés - l'Université d'Erlangen- Nuremberg (Chair of Electron Devices, LEB) en Allemagne et le CEMES-CNRS à Toulouse ont créé en avril 2012 l'alliance des semi-conducteurs à grand gap, WISEA. L'objectif est de former une chaîne complète de compétences dans le traitement des semi-conducteurs à grands gaps, allant de la croissance et des procédés « front-end » jusqu'au packaging en incluant les caractérisations et les méthodes de simulation.

Dans le cadre de cette alliance, le LAAS a développé un banc de mesure dédié à la caractérisation avancée de MOSFETs (Metal Oxide Semiconductor Field Effect Transistor). Les paramètres essentiels permettant de qualifier les propriétés de transport dans le canal du transistor, résistivité, mobilité et nombre de porteurs, sont étudiés dans une large gamme de tempé-



Barre de Hall type MOSFET, connectée à l'aide de pointes aux différents appareils de mesures. En bas, image obtenue par microscopie électronique à transmission de la zone proche du Drain, par le CEMES.

ratures et à des tensions de grille adaptées afin de suivre le comportement du composant dans les conditions d'utilisation. L'étroite collaboration avec les partenaires allemands permet de confronter expérience et modélisation physique afin d'optimiser le procédé conduisant au transistor qui se substituera progressivement à certains des composants actuels à base de silicium.

Contact : Fuccio Cristiano, fuccio@laas.fr

WISEA bénéficie du soutien initial de l'Agence nationale de la recherche (ANR) et du ministère fédéral de l'Education et la recherche d'Allemagne au sein de l'Institut Fraunhofer Programme InterCarnot (PICF 2010) via le projet MobiSiC (Mobility Engineering forSiC Devices).

Les instituts Carnot et Fraunhofer sont des organismes de recherche et de technologie dédiés au développement et au transfert de sciences et technologies.

PROJET EUROPÉEN IMAGINE

Pour une gestion informatique globale des usines virtuelles du futur

La gestion des réseaux informatiques dynamiques d'un bout à l'autre de la chaîne de fabrication est une priorité pour les entreprises manufacturières quant à l'efficacité, l'adaptabilité et la durabilité de leurs systèmes de production. Cette gestion favorisera l'émergence de puissants modèles de production basés sur la mutualisation, la collaboration, l'auto-organisation et l'ouverture plutôt que sur la hiérarchie et le contrôle centralisé. Le projet Imagine va installer une plateforme de collaboration multipartite pour la conception et la fabrication entre des partenaires répartis géographiquement, les fournisseurs, les prestataires de service ou les installations de production qui réalisent ensemble une conception et une fabrication. Participent au projet 14 organisations de 10 pays, leaders de l'industrie informatique, manufacturière, PME et laboratoires académiques dont le LAAS.

Le projet mettra en œuvre une nouvelle méthodologie complète pour la gestion des réseaux de conception et de fabrication dynamiques qui offrent une vision consolidée et coordonnée des informations provenant de sources de conception et de fabrication et des systèmes divers afin d'offrir un service amélioré du produit, la réduction significative du temps de cycle d'introduction de nouveaux produits passant une meilleure maîtrise des processus de conception et de fabrication dans toute la chaîne d'approvisionnement. Le modèle de fabrication Imagine met en œuvre une solution de fabrication interopérable de bout en bout. La solution met l'accent sur la rationalisation de la chaîne d'approvisionnement et l'émergence de nouveaux modèles

d'affaires, de conception et de fabrication.

Cinq Living Labs dans les grands secteurs industriels (défense et aérospatiale, automobile, usine, ingénierie, mobilier) piloteront la mise en œuvre, les tests, l'évaluation et la diffusion de la méthodologie. Le projet promet d'avoir un impact profond et durable sur les entreprises de l'UE pour qu'elles s'adaptent à la concurrence internationale en fournissant la base technologique qui contribue à réduire les temps de cycle de conception et de fabrication, à augmenter la production et améliorer les taux de livraison à temps, tout en permettant aux PME de participer à la conception et la production d'applications de nouvelle génération.

5 Living Labs

- Aérospatial et défense (EADS France)
- Contexte d'usine multi-site (Fraunhofer IPA)
- Fabricant de meubles (Aidima)
- Automobile (Fiat)
- Ingénierie (Université de Warwick / WMCCM)

Contact : Ernesto Exposito, ernesto.exposito@laas.fr

START-UP APRÈS LA THÈSE

De la localisation de fantassins aux systèmes de transmission pour l'aéronautique

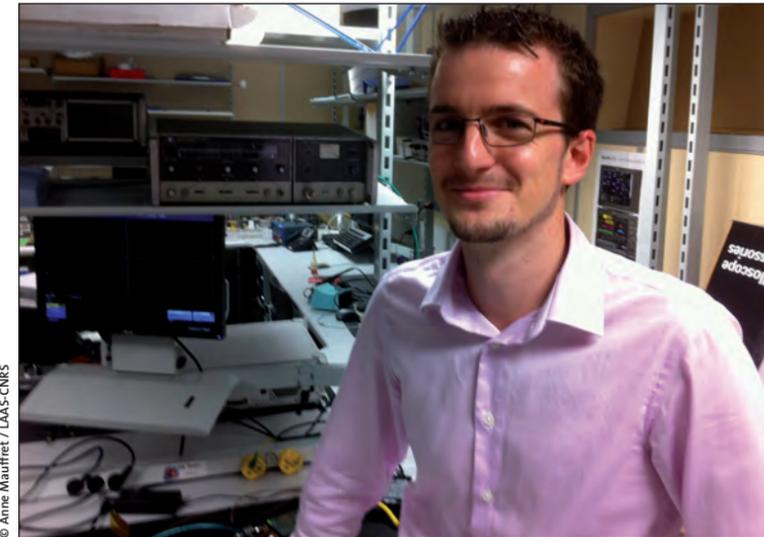
WideSens, start-up en cours de création, est lauréate de l'édition 2012 du Concours national d'aide à la création d'entreprises de technologies innovantes, dans la catégorie « Emergence ». Thomas Belluch, son inspirateur et co-créateur, doctorant au LAAS, soutiendra sa thèse à l'été 2012. Son projet trouve sa source dans une conjonction entre des résultats partiels de son travail de thèse et des besoins exprimés par des partenaires industriels du LAAS. Il est aussi le fruit de son intuition personnelle associée à une chaîne de soutiens internes et externes au LAAS dont chacun sera déterminant.

L'activité de WideSens sera articulée autour d'un système innovant de transmission sans fil de données. Sa particularité est qu'il répond à des exigences spécifiques au domaine aéronautique tout en proposant des performances élevées en comparaison avec les produits existants. Nous sommes deux associés, Florian Perget, qui est aussi doctorant au LAAS, et moi. Nos parcours sont très similaires. Nous sommes tous deux ingénieurs de l'INSA, Florian y a suivi un cursus de réseaux et télécommunications et moi un cursus orienté électronique et systèmes embarqués. Nous sommes aujourd'hui en thèse au LAAS avec le même financement de la DGA et nous avons la même directrice de thèse, Daniela Dragomirescu. Nos aspirations cependant vont dans des directions différentes. Florian préfère rester au contact de la technique alors que je m'oriente plus vers des missions de type stratégie, management, et administratives, dans lesquelles mon bagage technique pourra m'aider à éviter les écueils. Un troisième doctorant de notre équipe au LAAS envisage de se lancer avec nous mais n'a pas encore pris sa décision.

Nous avons été accompagnés par la Chambre de commerce et d'industrie de Toulouse dès les premiers pas. Cela nous a aidés à formaliser le projet et à poser par écrit les bases d'un Business Plan. Ce premier jet nous a alors permis d'aborder des partenaires potentiels et de juger de leur intérêt pour les produits que nous prévoyons de vendre. Le marché existe déjà mais il est habitué à des

procédures complexes et lourdes que nous comptons bien simplifier. Depuis avril, nous sommes également accompagnés par l'incubateur Midi Pyrénées qui nous suit et nous conseille sur les questions stratégiques ou l'accès au marché. Le réseau d'entrepreneurs incubés est aussi une source intarissable d'informations sur la vie d'une entreprise et tout particulièrement sur les problèmes des start-ups et leurs solutions possibles. Notre directrice de thèse, qui nous a soutenus dès les premiers balbutiements, a été la première d'une longue liste au LAAS, à la CCI de Toulouse et à l'incubateur.

L'idée est venue chemin faisant lors de nos thèses au LAAS. Nous avons eu la chance de rencontrer beaucoup de personnes du monde industriel dans le cadre de présentations de résultats de recherches ou lors de réunion de projets, comme le projet ANR NanoComm ou le projet européen QStream. Plusieurs d'entre elles faisaient état lors des discussions de problèmes récurrents liés à l'utilisation de câbles et d'appareils volumineux dans les applications de tests et mesures industrielles. Mes travaux portaient alors sur la communication entre fantassins et la localisation relative de ces fantassins en espaces clos. En regardant les résultats partiels de mes travaux sur la localisation des fantassins, j'ai découvert une utilité secondaire à ces travaux et j'y ai vu un intérêt commercial plus évident que l'application militaire. Le projet est donc issu de la rencontre entre des résultats partiels sur mon sujet de thèse tel qu'il était à l'origine et d'un



© Anne Mauffret / LAAS-CNRS

Thomas Belluch,
doctorant au LAAS et co-créateur
de la start-up WideSens.

“Le projet est donc issu de la rencontre entre des résultats partiels sur mon sujet de thèse tel qu'il était à l'origine et d'un besoin exprimé par des partenaires industriels du LAAS.”

besoin exprimé par des partenaires industriels du LAAS.

Cette idée, en cours de concrétisation, provient aussi d'une aspiration personnelle à exercer ma créativité. J'avais trouvé beaucoup d'intérêt à une matière enseignée à l'INSA par M^{me} Dragomirescu et quand elle m'a proposé de venir en thèse sous sa direction et de fabriquer des puces électroniques dans les technologies les plus avancées du mo-

ment, j'ai sauté sur l'occasion. Pendant ma thèse, j'ai eu l'impression d'avoir résolu des problèmes et l'idée et l'envie me sont venues d'en faire profiter et de pouvoir en vivre. J'ai toujours eu envie de faire des choses innovantes, la création est un moyen. Il est vrai qu'en ce moment, mon activité principale tourne autour de la recherche d'information sur les clients potentiels et sur celle de partenaires financiers, techniques et commerciaux. WideSens sera à moyen terme un fournisseur de solutions de communications sans fil pour de nombreux domaines, allant de la communication entre drones pour l'ex-

ploration collaborative à la surveillance de la santé des structures (SHM) grâce aux technologies prometteuses développées au LAAS.

Aujourd'hui, même si un projet comporte toujours une part d'aventure, le cap est fixé, je sais où je vais. Il faut savoir s'entourer et faire confiance aux bonnes personnes. Le caractère très innovant des technologies en jeu dans le projet WideSens est en soi un risque mais surtout une opportunité à exploiter. Le goût du défi est un bon facteur de motivation dans de tels projets.

Contact : Thomas Belluch,
Thomas.Belluch@laas.fr

CLUB DES AFFILIÉS

Journée robotique de service en Midi-Pyrénées

Organisée par le LAAS et son club des Affiliés, une journée d'échanges et de débats a rassemblé le 25 novembre 2011 près de 130 participants, acteurs régionaux, décideurs, laboratoires de recherche, universités et entreprises du secteur. L'objectif était de faire connaître les ressources régionales en recherche et en formation face aux besoins des industriels et de les fédérer autour d'un cluster robotique de service en Midi-Pyrénées. Le LAAS participe depuis plusieurs années à irriguer les entreprises par ses recherches en robotique, la création de start-up (Kinéo Cam) et des thèses co-encadrées avec plusieurs PME de la région. Midi-Pyrénées est la 1^{ère} région à créer une antenne régionale du syndicat de la robotique Syrobo dont l'une des actions est la participation sous une bannière unifiée au salon Innorobo d'une dizaine d'entreprises (Syrobo Midi-Pyrénées), du LAAS et des structures de formation (UPS/Université de Toulouse, Icam) en mars 2012.

En savoir plus : présentations en ligne <http://conf.laas.fr/Seminaire-Robotique/presentations>

• Séminaire partenariat industrie – recherche publique

Le LAAS et son club des Affiliés se sont associés au GIFI et à CAPTRONIC le 28 mars dernier pour promouvoir et mettre en cohérence les dispositifs Carnot 2 et Cifre et la nouvelle société

d'Accélération du transfert de technologies en Midi-Pyrénées, Toulouse Tech Transfer, à travers un séminaire « Des outils au service du transfert technologique pour les PME et les chercheurs, du TRL2 au TRL6 ».

Cette demi-journée a rassemblé près de 100 personnes issues d'entreprises et du monde académique. De nombreux exemples ont été fournis, suscitant des échanges autour des modalités d'ouverture des plateformes de micro et nanotechnologies du LAAS aux entreprises ou bien les processus de collaboration des entreprises innovantes avec le laboratoire comme Hémodia, Innopsys, Trad et Essilor, Naïo Technologies et Sterela au cours d'une table ronde animée par Gérald Balandrau (Datus Sud-Ouest) de Sensing Valley.

En savoir plus : présentations en ligne <http://conf.laas.fr/Seminaire-Outils-Transfert/>

La robotique comme source de savoir

Les 12 et 13 juin 2012 s'est tenu au Collège de France, à Paris, un colloque « Robotique, science et technologie » rassemblant pour la première fois sous cet angle un panel des plus grands roboticiens internationaux. Ainsi s'achevait l'année académique 2011-2012 de la chaire d'innovation technologique Liliane Bettencourt. Jean-Paul Laumond, directeur de recherche au CNRS et chercheur au LAAS, nommé professeur au Collège de France titulaire de cette chaire annuelle, est le roboticien par qui sa discipline est entrée dans cette institution vouée à la recherche fondamentale où les professeurs enseignent « le savoir en train de se faire ».



Jean-Paul Laumond, au LAAS en 2011.

© Patrick Dumas/lookat science

« Le moment fort a été la remarque que me fit Georges Giralt : « Jean-Paul, as-tu vu qu'Hilare a des roues ? ». En algorithmique de la planification de mouvement, nous avons l'habitude de travailler avec des bras manipulateurs qui avaient autant de moteurs que d'articulations à commander. Les bras manipulateurs peuvent bouger dans tous les sens. Ce n'est pas le cas d'un véhicule à roues ! »

Le robot Hilare 2 tractant sa remorque.



© LAAS/CNRS

- 1 - Co-fondateur et directeur adjoint du LAAS de 1967 à 1974, fondateur du groupe de robotique au LAAS.
- 2 - Directeur de recherche au CNRS, directeur du LAAS de 2003 à 2006.
- 3 - Le premier robot mobile du LAAS, maintenant au musée des Arts et Métiers à Paris.

Vous venez de clore par un congrès international votre année passée au Collège de France où vous étiez titulaire d'une chaire consacrée pour la première fois à la robotique. Quel chemin vous y a conduit ?

Voulez-vous qu'on commence à ma naissance en Corrèze ?

Disons à vos études supérieures.

Après des classes préparatoires au lycée Fermat à Toulouse, j'ai passé une licence et une maîtrise de mathématiques à l'université Paul Sabatier. En 1976, j'ai passé le CAPES et ai été affecté dans le Nord où j'enseignais à des jeunes filles à peine plus jeunes que moi. C'était assez troublant et j'en garde un très bon souvenir. Pourtant, après un trimestre d'enseignement, je me suis rendu compte que, pour passionnante qu'elle soit, l'activité ne me comblait pas, et je me suis débrouillé pour revenir dans le midi où j'effectuai alors mon service militaire ; je prospectai en parallèle un nouveau poste d'enseignement et je repris contact avec l'université. Je me souviens très bien d'une conversation au cours de laquelle une amie me dit « je fais de la robotique ». C'est la première fois que j'entendais ce mot. On était en 1978. Georges Giralt¹ achevait de mettre en place ce qui allait devenir le groupe Robotique et Intelligence Artificiel du LAAS. Le moment clé sera ma rencontre avec lui ; il accepte de me recevoir ; je lui explique que je suis professeur de mathématiques et que j'aimerais essayer autre chose. Tout est dans la réaction de cet homme qui va m'aider à donner corps à mon projet. « Vous allez passer un DEA, en deux ans puisque vous êtes enseignant à

temps plein » me dit-il, « si vous êtes reçu et si ça vous plaît, on verra à ce moment-là ». J'ai passé les épreuves théoriques puis pratiques avec en particulier l'analyse d'un article en anglais que me donnait mon jeune encadrant, Malik Ghallab². N'ayant jamais fait d'anglais – j'avais fait allemand première langue, latin et grec en deuxième langues – j'ai dû acheter un dictionnaire et traduire

l'article mot à mot. J'ai réussi malgré tout à rendre compte de l'article et l'aventure s'est poursuivie en thèse. Le sujet de thèse, posé par Malik Ghallab, portait sur des méthodes de structuration de l'espace d'évolution d'un robot mobile. Voici une anecdote qui situe bien le contexte d'un jeune enseignant formé en mathématiques dans les années soixante-dix et qui rencontre ce qui commençait à s'appeler les sciences pour l'ingénieur. Dans un des premiers articles que j'ai eu à étudier, les algorithmes étaient décrits dans un langage de programmation, l'Algol Libre ! Il y avait une instruction qui était « $i := i+1$ » ; mon réflexe a été de croire à l'erreur de typographie, d'enlever les : et j'avais ainsi « $i=i+1$ » ; je suis resté perplexe pendant des heures ! Nos formations en mathématiques à l'époque étaient de mathématiques pures, sans aucun sens de mathématiques constructives ou de l'algorithmique. La notion dynamique d'affectation m'était étrangère.

Etes-vous entré au CNRS juste après votre thèse ?

J'ai soutenu ma thèse en 1984. J'ai postulé au CNRS une première fois sans succès puis j'ai été admis en 1985 comme chargé de recherche. Au final ma formation mathématique m'a permis d'entrer en robotique par le biais de l'algorithmique. Georges Giralt tenait beaucoup à cette composante « *computer science* » de la robotique, composante au cœur des méthodes d'intelligence artificielle qui a donné l'identité du groupe RIA du LAAS, centrée sur l'autonomie des machines.

Votre domaine est la robotique, et maintenant la robotique humanoïde.

Comment s'est fait le basculement ? La robotique semble être venue par votre histoire plus que de rêves de science-fiction.

La science-fiction m'ennuie. Je n'ai pas continué les maths parce que je n'étais pas suffisamment bon. Avec la robotique, j'ai découvert un champ où je pouvais avoir ma place et creuser de très beaux problèmes dont la résolution ne nécessite pas qu'on ait la médaille Fields. Quant à l'étiquette « robot humanoïde », elle ne me convient pas très bien ; je préfère me définir plus simplement comme un roboticien. L'itinéraire qui m'a amené à la robotique humanoïde s'est fait en plusieurs étapes. Après ma thèse je vais faire partie d'un courant international portant sur l'algorithmique géométrique et les problèmes de planification de mouvement. Le moment fort a été la remarque que me fit Georges Giralt, encore lui : « Jean-Paul, as-tu vu qu'Hilare³ a des roues ? ». En algorithmique de la planification de mouvement, nous avons l'habitude de travailler avec des bras manipulateurs qui avaient autant de moteurs que d'articulation à commander.

“ Je suggère l'acquisition d'un robot humanoïde, soutenu par Malik Ghallab alors directeur du LAAS, et le robot HRP2 transforme le paysage robotique au LAAS.”

Etudes des systèmes anthropomorphes et ses applications au robot humanoïde HRP-2.

Les bras manipulateurs peuvent bouger dans tous les sens. Ce n'est pas le cas d'un véhicule à roues ! Un véhicule à roues ne peut pas glisser. Il est soumis à ce que je ne savais pas alors être une équation différentielle non intégrable. L'algorithmique géométrique ne suffisait plus. Il fallait en passer par des maths pures. Le problème était très riche. Il a nourri près de vingt de travaux en robotique. J'ai été le premier à garer une voiture en simulation en collant laborieusement des morceaux de trajectoire. Présenté en 1986 à un congrès à Amsterdam, mon article est une référence souvent citée. Ce mélange de maths et d'algorithmique a donné la coloration de ma carrière. J'ai évoqué Georges Giral et Malik Ghallab ; une autre personne a compté, un ingénieur de recherche, Gérard Bauzil, qui m'a proposé de construire à Hilare une remorque instrumentée. Cette remorque a fait l'objet de plusieurs thèses. Pendant ce temps, Thierry Siméon⁴ travaillait sur le côté géométrie algorithmique de la planification de mouvement ; il commençait à mettre en place une plateforme logicielle très générale. En 1992 je coordonnais le projet européen ProMotion sur le thème du mouvement avec la volonté de mêler des automatismes, des mathématiques, des géomètres de la géométrie algorithmique et nous, les roboticiens. Ce projet, qui a duré trois ans, a été un bonheur de productions et d'amitiés. J'avais notamment orga-

tion et deux ans de direction à temps plein. J'ai vécu dans cette période un changement complet de métier qui répondait de fait à l'absence de nouvelles idées en matière de recherche pure (le fameux syndrome de la page blanche). De retour au LAAS en 2003, il m'a fallu retrouver un sujet et je me suis lancé dans l'animation de mannequins dans les maquettes numériques. Une nouvelle ouverture vers l'animation graphique s'est profilée. Je vais présenter en 2004 dans un congrès de robotique une méthode permettant à un petit personnage de marcher tout en manipulant des objets encombrants et en évitant des obstacles. Ma présentation est programmée dans une session « robotique humanoïde » à l'issue de laquelle deux chercheurs japonais m'abordent, voyant dans le travail présenté une possible application à des robots humanoïdes. L'un d'eux était E. Yoshida. Quelques mois plus tard, il partageait mon bureau au LAAS dans le cadre du JRL. Le JRL⁵, créé en 2003 par l'AIST et le CNRS, est relocalisé en 2005 à Toulouse. Je suggère l'acquisition du robot humanoïde HRP2, soutenu en cela par Malik Ghallab alors directeur du LAAS et Robert Plana directeur intérimaire de département, et HRP2 arrive au LAAS au printemps 2006. **L'arrivée du robot a-t-elle eu un impact sur vos travaux de recherche ?** Bien sûr. Elle m'a ouvert en particulier aux sciences du vivant. Il reste que le cœur de

définir notre métier par un seul objectif, celui d'avoir un orgasme par an ! Pardonnez-moi l'expression mais elle a la justesse de la caricature. Il y en a eu quelques-uns. C'est, tout de suite après ma thèse, l'impression d'un graphe planaire par segments de droite à partir d'un algorithme que Marc Vaisset⁶ m'avait aidé à programmer. C'est le très beau résultat de Philippe Souères⁷ sur un problème mathématique très difficile, qui a permis la visualisation de structures mathématiques qu'on ne pensait pas pouvoir représenter aussi justement. C'est la première fois que Florent Lamiroux⁸ me montre Hilare faisant ses premiers tours de roues avec la remorque. Ce sont de très grands moments. Ce sont aussi les suites pour violoncelle de Bach qu'a jouées, dans l'abbaye de Conques, Jean-Jacques Risler, un mathématicien qui participait à ce workshop de Rodez. Le dernier grand moment en date, c'est bien sûr le 19 janvier, ma leçon inaugurale au Collège de France.

Comment s'est fait le choix d'une chaire dédiée à la robotique et qui vous soit confiée ?

Le Collège de France a un statut particulier où l'assemblée des professeurs est souveraine, décidant de la création des chaires et de la nomination de leurs titulaires. C'est cette assemblée qui a décidé que la chaire annuelle innovation technologique Liliane Bettencourt 2011-2012 serait consacrée à la robotique et que j'en serai le porteur. Cette décision a eu son avocat en la personne d'Alain Berthoz⁹ qui a toujours milité pour un rapprochement entre neurosciences et robotique, et avec qui je travaille depuis huit ans sur la thématique de la locomotion humaine et humanoïde.

Quelles sont les prérogatives d'une chaire de professeur au Collège de France, les conditions de travail, les obligations ?

Le Collège de France est un espace de liberté. Les obligations sont celles d'enseigner « le savoir en train de se faire » et de chercher. Un professeur au Collège de France fait une leçon inaugurale dans sa vie. Ensuite il doit des cours et des séminaires autour de sa thématique. Pour ma part j'ai assuré 10 cours, animé 9 séminaires et organisé deux colloques. Ils sont ouverts à tous sans inscription préalable, ni enjeu de diplôme. La transmission du savoir n'est pas de la vulgarisation, il s'agit de trouver un juste équilibre permettant la présentation de travaux de recherche récents.

La leçon inaugurale marque l'entrée d'un professeur. Dans une institution, originale par son statut comme par sa vocation et fondée au XVI^e siècle, y a-t-il des codes à respecter ?

Il y a un protocole mais la pression n'est pas

Jean-Paul Laumond est directeur de recherche de classe exceptionnelle au CNRS. Chercheur au LAAS depuis le début de sa carrière scientifique, il est à l'origine du groupe Gepetto dont les travaux portent sur les fondements calculatoires du mouvement anthropomorphe chez l'homme et pour les systèmes artificiels. Il enseigne la robotique à l'ENS. Professeur certifié de mathématiques au début de sa carrière, il se tourne vers la recherche et soutient une thèse en robotique puis intègre le CNRS en 1985. Dans les années 1990, il coordonne deux projets européens consacrés à l'algorithmique de la planification de mouvements et à ses applications. En 2000, il contribue à la création de la société Kineo Cam qu'il dirige pendant deux ans. L'entreprise développe des composants logiciels aujourd'hui bien implantés dans le secteur du prototypage virtuel pour l'industrie automobile et l'aéronautique. Il co-dirige de 2005 à 2008 le laboratoire franco-japonais AIST-CNRS JRL dédié à la robotique humanoïde. Il est IEEE Fellow. Il a été le titulaire 2011-2012 de la chaire innovation technologique Liliane Bettencourt du Collège de France.

lourde. Le problème qui s'est posé à moi était un problème de forme. Lirais-je ou non ? Dans notre communauté, on ne lit jamais. J'ai fait le choix de la lecture. Cette leçon représente un très gros travail d'écriture. Un autre choix se posait quant au contenu. L'honneur qui vous est fait se double d'une grande responsabilité vis à vis de la discipline. Qu'ai-je à dire et au nom de quoi c'est moi qui le dirais plutôt qu'un collègue ? Je ne voulais pas faire un catalogue qui embrasse toute la robotique. J'ai pris une posture personnelle sur ma vision de la discipline, telle que je la vis, avec ses enjeux et ses tensions. En revanche, mes deux premiers cours ont porté sur une présentation de la discipline que j'ai voulu la plus large possible. Il s'agissait de préciser les termes et les enjeux. Ils ont été les plus difficiles à mettre en place. Les autres ont porté sur des terrains familiers, tandis que les conférenciers que j'ai invités apportaient des éclairages complémentaires.

A la Renaissance, il n'y avait pas vraiment de « scientifiques » mais plutôt l'idéal d'un « savant » capable d'embrasser l'ensemble des sciences. La règle est-elle toujours de comprendre ou au moins de pouvoir discuter sur l'ensemble du champ scientifique ?

Oui, une chaire de linguistique est discutée aussi par des physiciens et des chimistes. Le champ du savoir est vaste et il est certes impossible à un seul homme de le couvrir. En revanche une assemblée le peut. L'idéal humaniste tient toujours.

Cette chaire permet d'affirmer la robotique en tant que telle. Comment envisagez-vous ses développements ?

Cette chaire a donné une grande visibilité à la robotique. C'est une discipline à part entière, loin de ces expositions qui la réduisent souvent à une technologie et à des marchés. J'ai été très sollicité par les journalistes et j'ai pris le parti de répondre à tous. J'avais un message à faire passer : la robotique est une discipline porteuse de savoir, ce n'est pas seulement une technologie. Les chercheurs en sont convaincus ; les pouvoirs publics, et la société en général, pas nécessairement. Je pense quant à moi que la robotique humanoïde est un formidable sujet de recherche fondamentale qui ouvre des perspectives dans les sciences de la vie, que ce soient les neurosciences, la biomécanique ou la psychophysique, et ce, indépendamment de futures applications.



nisé à Rodez un mini colloque gastronomique et scientifique de très haut niveau dont on me parle encore. Ce projet très théorique à l'origine pouvait avoir des applications. En lien avec la plateforme que construisait Thierry Siméon, nous nous sommes engagés dans un deuxième projet, plus applicatif, avec EDF comme partenaire. Comment appliquer les techniques algorithmiques que nous développons à de la maintenance de centrales nucléaires ? Et nous avons poursuivi sur la lancée : pourquoi ne pas monter une société ? Ce sont les débuts de Kineo. J'ai consacré deux ans de prépara-

mes travaux est toujours centré sur des fondements mathématiques et algorithmiques.

Dans votre vie scientifique, y a-t-il des événements marquants dont vous êtes particulièrement fier ?

Si je raconte mon itinéraire de façon linéaire, c'est pour en souligner les moments critiques, comme ceux d'Alain Resnais dans « Smoking, no smoking ». Il y a des choix à faire et, toujours derrière cela, l'angoisse de la page blanche, la peur de ne pas réussir, une forme profonde de solitude qui caractérise le métier de chercheur. J'ai l'habitude de

4 - Directeur de Recherche au LAAS-CNRS.

5 - Joint Robotics Laboratory (JRL).

6 - Ingénieur de Recherche au LAAS-CNRS.

7 - Directeur de Recherche au LAAS-CNRS.

8 - Directeur de Recherche au LAAS-CNRS.

9 - Neurophysiologiste, Professeur honoraire au Collège de France, Membre de l'Académie des Sciences et de l'Académie des Technologies.

LES PROJETS DE RECHERCHE DES PLUS RÉCENTES RECRUES DU LAAS

Ils viennent de rejoindre le LAAS, en tant que chargé ou directeur de recherche au CNRS ou maître de conférences à l'Université de Toulouse. Ils viennent d'un autre laboratoire ou bien c'est leur premier poste de recherche. Leurs sujets de recherche dessinent les orientations scientifiques du laboratoire pour les années à venir.



MARIE BRUT

Maître de conférences à l'université Paul Sabatier

« Modélisation et simulation à l'échelle atomique des molécules biologiques pour une ingénierie in silico des matériaux bio-hybrides »

Marie Brut a rejoint l'équipe Nano ingénierie et intégration des systèmes. Physicienne de formation, elle s'est spécialisée dans la modélisation et la simulation à l'échelle atomique des biomolécules durant sa thèse au LAAS. Elle y a développé une nouvelle approche pour la prédiction de la flexibilité conformationnelle et l'a appliquée à divers bio-objets de type enzymes ou ADN. Durant son post-doctorat à l'Université de Stanford, elle a poursuivi les développements méthodologiques et a concentré sa recherche sur les moteurs moléculaires et les aptamères,

appelés à jouer un rôle-clé dans l'émergence des technologies bio-hybrides. Elle développe aujourd'hui des modèles physiques innovants permettant d'anticiper la structure et l'activité des molécules biologiques et bio-hybrides, dans un contexte où l'on cherche à les détourner pour concevoir de nouveaux dispositifs bio-hybrides tels que ceux développés au laboratoire.



EMELINE DESCAMPS

Chargée de recherche au CNRS

« Microsystèmes de biodétection relatifs aux interfaces cerveau-machine »

Emeline Descamps est intégrée dans l'équipe Nanobiosystèmes. Durant sa thèse au laboratoire CREAB Grenoble, elle s'est spécialisée dans la fonctionnalisation biologique de surface à l'aide d'outils électrochimiques. Au travers de ses deux post-doctorats, à l'ENSCPB Bordeaux et au LITEN Grenoble, et de son expérience dans le privé, bioMérieux Marcy L'Etoile, elle a mené en parallèle travaux de recherche, enseignement et encadrement de projet et d'équipe. De l'électrochimie à la microélectronique en passant par la microbiologie, le fil rouge de son parcours scientifique étant son goût pour les défis interdisciplinaires. Emeline Descamps

s'intéresse en particulier aux systèmes de bio détection tels que les électrodes neurales implantables ou encore les muscles artificiels.



ALEXANDRU TAKACS

Maître de conférences à l'université Paul Sabatier

« Ingénierie en onde électromagnétique : conception, simulation et optimisation »

Alexandru Takacs est intégré dans l'équipe Micro et nano circuits pour communications. Son activité de recherche est portée sur l'ingénierie en onde électromagnétique : conception et simulation de circuits RF et micro-ondes, circuits pour la transmission et la récupération d'énergie, circuits reconfigurables à MEMS, antennes petites devant la longueur d'onde. Pendant son parcours professionnel (doctorat à l'Institut national polytechnique de Toulouse, enseignant à l'Académie technique militaire de Bucarest, chercheur associé à l'Institut de microtechnologie de Bucarest, post-doctorat au LAAS et ingénieur R&D à Continental Automotive France) il a

publié une soixantaine de travaux scientifiques dont douze articles dans des revues internationales à comité de lecture. Il est co-auteur de deux brevets d'invention.



JONATHAN PIAT

Maître de conférences à l'université Paul Sabatier

« Conception de capteurs intelligents pour la vision/navigation en robotique »

Maître de conférences au département « génie électrique » de l'IUT A de l'université Paul Sabatier, Jonathan Piat est rattaché à l'équipe Robotique, action et perception. Il a obtenu son doctorat en électronique et traitement du signal de l'INSA de Rennes en 2010. Son travail de thèse portait sur le partitionnement des boucles dans les modèles flux de données pour l'intégration d'algorithmes de traitement du signal sur cibles multi-processeurs embarquées. Il travaille actuellement sur l'intégration d'algorithmes de perception pour la robotique sur des architectures dédiées. Ses thèmes de recherche incluent la modélisation flux de données, le

partitionnement matériel logiciel, la vision embarquée et la robotique.



ANNE HÉMERYCK

Chargée de recherche au CNRS

« Modélisation et simulations multi-échelles des matériaux énergétiques et réactifs »

Anne Hémercyck est intégrée dans l'équipe Nanoingénierie et intégration des systèmes. Elle s'est spécialisée dans la modélisation et la simulation multi-échelles pour les micro-nano-bio-technologies. Durant sa thèse réalisée dans le cadre d'une collaboration entre le CEA-DAM-DIF d'Arpajon et le LAAS, elle s'est confrontée à la problématique de l'oxydation du silicium en combinant des calculs quantiques de type DFT avec des méthodes de Monte Carlo Cinétique. Puis un post doctorat réalisé au Collaboratory for Advanced Computing and Simulations de l'University of Southern California à Los Angeles lui a permis d'élargir ses compétences à la

dynamique moléculaire. Au LAAS, elle mettra en œuvre l'ensemble de ses compétences pour développer de nouveaux outils de modélisation adaptés à la maîtrise des matériaux énergétiques et réactifs. (Lire aussi page 52).



STÉPHANE CALVEZ

Chargé de recherche au CNRS

Stéphane Calvez a rejoint l'équipe Photonique du LAAS.

Diplômé ingénieur de l'Ecole nationale supérieure de physique de Marseille (promo 98) et docteur ingénieur de l'université de Franche-Comté en 2002 pour ses travaux sur des lasers à fibre accordables continus et impulsions, il a passé 11 ans à Glasgow (Ecosse) à l'Institute of Photonics - University of Strathclyde. Son projet au LAAS est d'étudier des sources laser intégrées exploitant les phénomènes non linéaires pour étendre la gamme spectrale de l'émission des composants GaAs vers le milieu infrarouge (longueurs d'onde au delà de 2µm).



CAROLINA ALBEA-SANCHEZ

Maître de conférences à l'université Paul Sabatier

« Automatique pour la conception des systèmes en réseau énergétiquement performants »

Carolina Albea-Sanchez rejoint l'équipe Services et architectures pour les réseaux avancés. Pendant sa thèse au département d'Automatique de l'université de Séville, Espagne, et INRIA\GIPSA-Lab à Grenoble, elle a proposé des lois de commande pour convertisseurs électroniques de puissance dans le but de réduire l'énergie consommée. Un post doctorat au CEA-Leti à Grenoble lui a permis de poursuivre ses recherches dans le domaine de l'automatique appliquée aux systèmes nano-électroniques et aux systèmes en réseau énergétiquement performants. Elle s'intéresse à la conception de lois de commande pour les systèmes en réseau, pour obtenir une réduction de l'énergie consommée. Ces recherches de caractère pluridisciplinaire font appel à l'automatique pour le développement de lois de commande, à l'informatique et à l'électronique pour la modélisation de ces systèmes.



OLIVIER STASSE

Chargé de recherche au CNRS

« Mouvements réactifs référencés vision pour les robots humanoïdes »

Après une thèse de l'Université Paris VI Pierre et Marie Curie soutenue en 2000 mais effectuée à Tsukuba, Japon sur les problèmes d'attention visuelle et de modélisation d'applications temps réel distribuées pour la robotique humanoïde, il devient maître de conférences à Paris XIII. En 2003, il est détaché au Joint Robotics Laboratory, laboratoire joint du CNRS et de l'AIST localisé à Tsukuba jusqu'en 2011. Durant ces périodes, il travaille essentiellement sur des problèmes de génération de mouvements temps réel basé sur la vision pour le robot humanoïde HRP-2. Depuis le 1^{er} Septembre 2011, il a rejoint le groupe Gepetto pour poursuivre ses travaux.



LUCA ZACCARIAN

Directeur de recherche au CNRS

« Commande non-linéaire hybride: des fondements théoriques aux applications de pointe »

Luca Zaccarian est docteur en Sciences de l'information et ingénierie de la commande en 2000 de l'Université Tor Vergata. En 1998-2000 il séjourne au Center for Control Engineering and Computation de l'Université de Californie, Santa Barbara. Entre 2003 et 2007 il fait quatre séjours à l'Université de Melbourne, Australie. De 2000 à 2006 il est assistant professor en Automatique à l'Université de Rome, Tor Vergata, puis associate professor jusqu'en 2011. Ses sujets de recherche concernent l'analyse et la synthèse de systèmes de commande non-linéaires, la modélisation et la commande de robots, la commande d'un banc expérimental de fusion nucléaire et les systèmes de commande temps réel. Il a reçu en 2001 le prix O. Hugo Schuck du meilleur papier remis par le American Automatic Control Council. (Lire aussi page 54).



GILLES TREDAN

Chargé de recherche au CNRS

Gilles Tredan a rejoint l'équipe Tolérance aux fautes et sûreté de fonctionnement. Ingénieur de formation, il a fait sa thèse à l'Université de Rennes 1 dans le domaine des systèmes répartis. Ses travaux portaient sur la relation entre la structure de communication de ces systèmes et leur performance. Il a ensuite passé deux années de post-doctorat dans l'équipe réseau de T-labs, laboratoire réunissant Deutsche Telekom et l'Université Technique de Berlin. De la cartographie d'Internet à l'étude des mécanismes de formation des réseaux sociaux, Gilles Tredan s'intéresse à la caractérisation, l'exploration et l'exploitation des propriétés des grands réseaux d'interactions. (Lire aussi page 53).



PAULINE RIBOT

Maître de conférences à l'université Paul Sabatier

« Diagnostic et pronostic de systèmes à composants hétérogènes »

Pauline Ribot est intégrée dans l'équipe Diagnostic, supervision et conduite. Durant sa thèse au LAAS dans le cadre d'une collaboration avec Airbus, elle s'est spécialisée dans l'intégration du diagnostic et du pronostic pour l'aide à la maintenance de systèmes complexes. Un post-doctorat à l'ONERA lui a permis de poursuivre ses recherches sur le pronostic appliqué aux systèmes hélicoptères. Elle a continué ses développements méthodologiques et la spécification d'un outil générique de pronostic pour calculer la durée de vie résiduelle de systèmes composés hétérogènes. Elle travaille actuellement sur la modélisation et la supervision de l'état de santé de systèmes dynamiques hybrides par le couplage de méthodes de diagnostic et de pronostic adaptatif.



NAWAL GUERMOUCHE

Maître de conférences à l'INSA de Toulouse

« Composition et reconfiguration des Systèmes Autonomiques »

Nawal Guermouche rejoint l'équipe SARA, Service et architecture pour les réseaux avancés. Ses thématiques de recherche portent sur la composition et la reconfiguration des systèmes autonomiques, notamment les systèmes orientés services et M2M, Machine-to-Machine. Post-doctorante au LAAS en 2010, elle a travaillé sur la vérification formelle des systèmes matériels/logiciels « orientés services » dans le cadre du projet ANR ITEMIS et le projet européen CESAR. Elle a été amenée à proposer des modèles et des méthodologies formelles pour la vérification et la validation de ces systèmes. En 2010, elle a obtenu son doctorat en Informatique. Ses travaux de thèse, au laboratoire LORIA-INRIA, ont porté sur l'intégration d'applications à base de services. Elle a défini et implanté des modèles et des techniques pour résoudre les problèmes de compatibilité et de composition de services asynchrones en présence de fortes contraintes temporisées.

LAAS

CNRS

Ils ont choisi le CNRS

Le recrutement est signe de bonne santé d'un laboratoire. Le LAAS a accueilli en 2011 six nouveaux enseignants chercheurs et six chercheurs CNRS. Parmi ces derniers, deux jeunes chercheurs, Anne Hemeryck et Gilles Tredan sont au début de leur carrière, un

autre, Luca Zaccarian, a été recruté comme directeur de recherche au milieu d'une carrière commencée en Italie dont, préférant le système de recherche français, il s'est expatrié. Comment et pourquoi devient-on chercheur ? Pourquoi passe-t-on le difficile concours du CNRS ? Quelle vision de la recherche cela sert-il et comment y contribuer ? Les parcours sont différents, l'expression des motivations aussi, on retrouve pourtant dans leurs trois témoignages une constante dans les valeurs et aspirations.

PROPOS RECUEILLIS PAR MARIE DERVILLERS



ANNE HEMERYCK

31 ans
Chargée de recherche au CNRS dans l'équipe Nanoingénierie et intégration des systèmes

“Pouvoir guider ma vie sans être dans le répétitif, cette liberté et ce plaisir du travail de recherche m'ont orientée plus que mon profil.”

LIBERTÉ DE PENSER ET DE TRAVAILLER

J'ai fait une maîtrise de physique à l'Université de Rouen et, ayant choisi un DEA très théorique sur la modélisation et l'organisation de la matière qui requérait une compétence en chimie, j'ai préparé une autre maîtrise de chimie à l'Université de Rennes. Mon travail de thèse, en co-tutelle CEA-LAAS, a été pour moi un plaisir de la découverte et une familiarisation avec la recherche. Mon sujet, théorique aussi, risquait de restreindre mon profil, mais ma connaissance de plusieurs outils de modélisation que je développe et utilise, a permis au contraire de l'élargir. La voie de la recherche s'est ouverte naturellement avec le plaisir d'en faire et la liberté de penser et de travailler. Pouvoir guider ma vie sans être dans le répétitif, cette liberté et ce plaisir du travail de recherche m'ont orientée plus que mon profil. J'ai ensuite fait un stage post-doctoral au LAAS puis un autre à Los Angeles où j'ai acquis de nouvelles compétences ainsi que la maîtrise d'une méthodologie de dynamique moléculaire qui me manquait.

Grâce aux méthodes et aux outils acquis tout au long de mon parcours, j'aurais pu m'adresser à l'industrie, cependant mon profil correspond plus au monde de la recherche académique. C'est le LAAS qui m'a incitée à passer le concours à la fin de ma thèse. Après une première participation infructueuse au concours national, on m'a encouragée à persévérer et surtout à partir faire un post doctorat à l'étranger afin de renforcer mes compétences. Après près de deux années passées aux Etats-Unis, les conseils que l'on m'avait donnés quelques années plus tôt ont porté leurs fruits et j'ai

obtenu le concours et mon affiliation au LAAS. Faire ce qui me passionne est un grand privilège. Cependant, il y a des facettes de ce métier dont je ne soupçonnais pas l'importance, notamment la recherche de financements et l'encadrement d'étudiants. Ces activités occupent une grande partie de mon temps, c'est pourquoi je suis attentive à conserver mon temps de recherche que je veux protéger. Dans mon équipe, nous sommes un petit groupe de modélisateurs à l'échelle atomique, nous travaillons ensemble, sur des thématiques séparées, et sommes complémentaires.

Le métier change beaucoup, mais ce qui me plaît et ce à quoi je m'attendais existe bien, ce contact constant avec des personnes à l'esprit aiguisé. Si j'ai choisi le CNRS et le LAAS, c'est aussi parce que je connaissais ces gens au cerveau en effervescence qui n'hésitent pas à se remettre en question pour avancer. Aux Etats-Unis, le schéma de financement des laboratoires et de la recherche est complètement différent. La recherche de fonds est obligatoire pour la survie des équipes, c'est un cercle vicieux projet-argent-travail. Nous travaillons aussi sur projet, nous espérons démarrer deux ANR cette année, dont un couplant théorie et expérience. Pour l'instant, je n'observe pas de points négatifs, j'ai ce que je voulais et je vois mon avenir sous le plus bel angle.

Contact : Anne Hemeryck,
Anne.Hemeryck@laas.fr



GILLES TREDAN

28 ans
Chargé de recherche au CNRS dans l'équipe Tolérance aux fautes et sûreté de fonctionnement informatique

Contact : Gilles Tredan,
Gilles.Tredan@laas.fr

« LA YOURTE, MAIS C'EST JOLI »

Après deux années de classe préparatoire à Saint-Brieuc, j'ai poursuivi mes études à l'Université de Rennes 1 où j'ai obtenu un diplôme d'ingénieur en Informatique et communications en même temps que le Master 2 Recherche en informatique. Je n'avais ni envie d'être ingénieur ni ne me sentais prêt à intégrer le monde de l'entreprise qui me faisait peur. J'avais fait deux stages à l'IRISA dont celui de fin d'études et j'y ai intégré l'équipe ASAP pour préparer ma thèse qui portait sur les structures de communication et leurs impacts sur les systèmes répartis. J'ai bénéficié d'un financement du ministère de l'Enseignement supérieur et de la recherche et d'un monitorat. Je voyais ce travail de thèse comme une aventure intellectuelle qui, de plus, me permettait de différer ma prise de décision. J'ai voulu ensuite faire un stage post-doctoral à l'étranger et ai opté pour l'Université technique de Berlin où j'ai passé presque deux ans à l'institut Deutsche Telekom. Même si nous y échangeons en anglais, je me suis mis à l'allemand car je voulais m'intégrer et échapper au syndrome du « post-doc en transit ».

Ma rencontre avec le LAAS s'est faite par l'un de ses chercheurs, avec qui j'avais déjà collaboré, qui m'a contacté pour me proposer de répondre à une offre de poste CNRS fléché sur le thème Réseaux sociaux et mobilité. J'ai fait un dossier de candidature au CNRS pour ce poste et un second pour le concours général. Bien que le résultat fût honorable pour une première candidature - j'ai été classé 21^e -, je n'ai pas passé le cap de l'admission au concours général. Quant au concours

fléché, je n'ai pas pu me présenter à l'audition en avril 2010 à cause de l'éruption du volcan islandais qui a bloqué les moyens de transport. L'équipe du LAAS qui m'avait contacté m'a incité à retenter le concours général l'année suivante. A la fin de la thèse, on se ressent toujours sur des rails. Il y a cependant des aiguillages et un sentiment de liberté presque inquiétant. Après Berlin, une partie de moi voulait faire un autre post-doc à Cambridge où une possibilité m'était offerte. Cela n'a pas pu se faire.

Mon choix du CNRS s'est fait parce qu'il y a un certain prestige – les directeurs de thèse sont toujours fiers que leurs étudiants soient recrutés au CNRS – mais surtout pour travailler avec les personnes qui m'avaient contacté. Le support humain est très important pour la recherche. Pourquoi pas maître de conférences ? me suis-je demandé. J'aime l'enseignement, j'ai beaucoup apprécié le monitorat pendant ma thèse et cela m'a manqué à Berlin. A l'université cependant, l'enseignement est obligatoire tandis que le statut de chercheur CNRS le permet sans l'exiger. Enfin, l'autre point très positif au CNRS c'est la mobilité. Cette liberté de se déplacer est une garantie pour une bonne recherche, elle change aussi le rapport à l'endroit où l'on est et rappelle qu'il n'y a pas qu'un seul chemin. Je suis plus boulevardier que chène et j'ai besoin de plasticité dans mes désirs. L'idéal du CNRS – la science comme bien social –, correspond à mon idée de la science, notamment dans son rapport à la connaissance, transdisciplinaire. Certes, l'âge d'or de cette vision est révolu mais la liberté et la mobilité demeurent et sont un confort qui compense la modicité des moyens. Le CNRS, c'est la yourte, mais c'est joli.

« J'AI L'IMPRESSION DE REJOINDRE UNE GRANDE FAMILLE »

Vous avez été recruté comme directeur de recherche au CNRS et affecté au LAAS en 2011, quel a été votre parcours ?

J'ai toujours été affilié à l'université de Rome, Tor Vergata, où j'ai fait mes études. Après ma thèse, j'ai obtenu un poste de technicien la première année puis je suis devenu chercheur, ricercatore, et enfin professeur en 2006. J'ai cependant déjà été exposé à l'environnement international au cours de ma carrière. J'ai vécu deux ans aux Etats-Unis à la fin de ma thèse et j'y ai gardé de nombreux contacts, en particulier à Santa Barbara avec Andy Teel avec qui je viens de terminer l'écriture d'un livre. J'ai voyagé en Australie et je continue à collaborer avec le professeur Dragan Netic à Melbourne. J'ai de nombreux contacts en Europe et j'ai fait récemment un séjour à l'Université de Linz en Autriche. Venir ici était tout de même quitter un environnement dans lequel j'ai étudié puis travaillé pendant plus de 20 ans.

Peut-on dire que vous êtes un pur produit de l'école Italienne ?

Je suis à la fois le produit du système éducatif italien et celui d'une école de pensée internationale qui doit beaucoup à Petar Kokotovic, un des chercheurs les plus importants de ces 50 dernières années en commande non-linéaire, avec qui j'ai travaillé deux ans à la fin de ma thèse. Cela n'est pas contradictoire car c'est grâce au système italien, qui incite et finance des séjours long à l'étranger, que j'ai acquis cette expérience internationale et c'est grâce aux contacts de mes professeurs à Rome que j'ai pu rejoindre l'équipe de Petar aux Etats-Unis. Je suis le produit d'un système Italien très ouvert sur l'international.

Quel est votre domaine de recherche ?

Le cadre est celui des systèmes de commande. Il s'agit de comprendre la meilleure façon d'interagir avec un dispositif pour qu'il ait le comportement souhaité. Un exemple typique est le système d'atterrissage automatique pour des avions. Celui-ci agit sur les gouvernes, les ailerons, c'est à dire les éléments modifiables de l'appareil pour son atterrissage en douceur : c'est le comportement souhaité. L'élément central est donc l'actionneur, une valve, un composant électronique, un injecteur de carburant. L'autre élément essentiel est de pouvoir faire des mesures sur la base desquelles on décide de ce qu'il faut faire : c'est le système de



LUCA ZACCARIAN

43 ans
directeur de recherche au CNRS dans l'équipe Méthodes et algorithmes en commande.

« Dès le premier jour, j'ai eu le sentiment que tout le monde était heureux de mon arrivée. J'ai connu des endroits où les gens étaient jaloux sans autre raison qu'un peu de crainte. Je suis fasciné ici par le système. »

commande. D'autres situations sont considérées dans le domaine de l'Automatique, mais cette configuration est le cadre standard. Personnellement, je travaille dans le sous-domaine de la commande non-linéaire, qui est aussi celui de mon équipe au LAAS. Mes contributions principales de ces dernières années, publiées récemment dans un livre, ont porté sur la commande saturée. Quand on commande un moteur électrique, on ne peut pas appliquer plus qu'une certaine différence de potentiel, 10 volts par exemple. Ce type de limitation produit parfois de mauvais comportements des systèmes commandés. Savoir comment traiter ces saturations permet d'améliorer la performance des systèmes de commande.

Pour construire nos résultats, nous utilisons beaucoup de mathématiques. Nos publications ressemblent à des assemblages de formules que l'on peut heureusement appliquer ensuite à beaucoup de situations pratiques dans des contextes très différents. Par exemple, j'ai travaillé sur la suppression active de vibrations pour des tables utilisées dans la fabrication de semi-conducteurs. L'objectif était de supprimer les vibrations résiduelles du sol au niveau de la surface de la table. Les résultats développés se sont révélés applicables pour la commande de portes d'écluses dans un contexte de systèmes d'irrigation en Australie. Les portes, situées tous les 2-3 kilomètres le long des fleuves, devaient assurer un débit constant en aval tout en évitant débordements et pertes en amont.

Vous parlez de commande non-linéaire en général, des saturations en particulier ; avez-vous un objectif global qui dirige vos recherches ?

Non, je ne le crois pas. Je ne cherche pas à travailler spécifiquement dans un domaine restreint. Je ne me donne pas l'objectif de résoudre tel problème en fin de carrière. Je regarde plutôt à l'entour à la recherche de nouvelles formulations de problèmes et j'y apporte mon point de vue personnel, un regard orienté. Il y a des problèmes que je n'aime pas. J'ai des sentiments sur les questions que je considère. Pour certaines, je deviens vraiment passionné. J'y vois comme un motif, non pas physique mais une structure mathématique. Quand j'aborde un problème, il m'arrive de ressentir qu'il doit y avoir une manière à la fois élégante et efficace de le résoudre. Qu'il y a une solution dont l'élégance est signe de sa qualité.

L'élégance et la simplicité d'une solution qui dans le même temps répond au nœud du problème est selon moi ce qu'il faut pour que ce soit une solution très efficace.

Les avancées dans votre domaine sont-elles le fruit de coopérations scientifiques ou bien d'avancées techniques et de réalisations ?

Le défi en recherche est de convaincre les autres de la pertinence de sa façon de voir, mais aussi d'apprendre de leur façon d'aborder les questions. Pour moi, l'ingrédient essentiel de la recherche, c'est la collaboration et l'interaction. Un collègue m'a fait remarquer que je n'avais presque pas de publications où j'étais seul auteur. J'ai bien alors publié seul quelques papiers sur un nouveau sujet mais ce n'était pas drôle. J'ai pris plus de plaisir par la suite en retravaillant ce même sujet avec des collègues. Quand j'ai préparé mon oral pour le concours du CNRS, j'avais un planisphère avec les noms de tous mes collègues à travers le monde. Une sorte de couverture maximale de la carte. C'était mon dernier transparent. Quant au premier, il résumait la philosophie de mon travail de recherche. J'avais placé les applications d'un côté et la théorie de l'autre. La recherche fonctionne en allant de l'un à l'autre. Mon sentiment est que les applications servent de guide. Elles peuvent être sources d'inspiration pour une théorie mais elles ne font in fine qu'illustrer, car pour comprendre une propriété fondamentale d'un système de commande on doit passer par les mathématiques. L'étude des réservoirs, des systèmes électriques, des masses en mouvement sont sources d'inspiration. C'est cependant la synthèse que l'on en a faite qui permet d'aboutir à une avancée majeure dans notre domaine, à un nouveau schéma de commande par exemple. Les éléments technologiques sont comme des éléments du puzzle que nous manipulons. La théorie est ce qui fait coller les pièces et le processus de son élaboration passe par l'échange entre chercheurs.

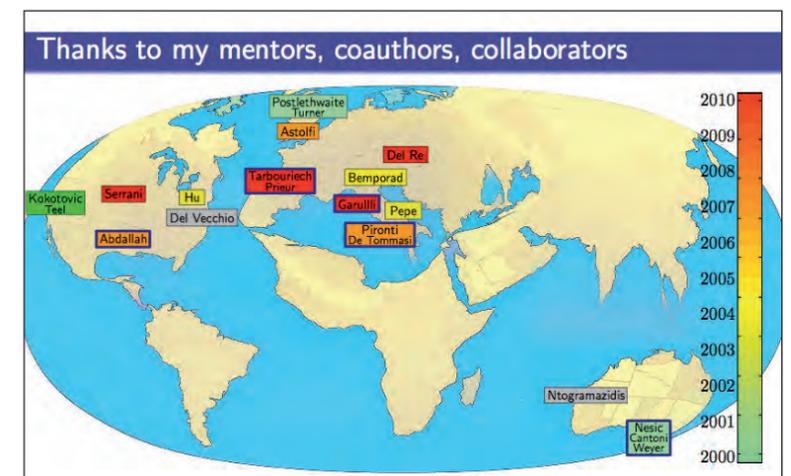
Vous collaborez avec de nombreux chercheurs, a priori très divers, comment ces relations de travail se mettent-elles en place ?

Mon expérience fondamentale de ce point de vue a été mon séjour à Santa Barbara. J'ai pu prendre contact avec les personnes issues de cette même école de pensée qui est loin d'être une école locale. L'avantage d'une école est son langage commun et une compréhension mutuelle qui facilitent les relations. Ensuite, ce qui a pour moi transformé des contacts en collaborations, c'est la passion. Je fais les choses par désir et non pour l'argent ou quelque objectif caché. Je travaille avec des personnes avec qui j'ai plaisir à travailler. L'appréciation mutuelle est fondamentale

pour une bonne coopération. Il m'est arrivé de commencer des interactions et de ne pas ressentir cette appréciation mutuelle, ce qui m'a bloqué au point de devoir les arrêter.

Vous parlez beaucoup de collaboration, jamais de compétition.

La compétition ne m'intéresse pas. Certains sont effectivement dans la compétition, on le constate lors de conférences où ils se prennent très au sérieux et ont des comportements agressifs. La recherche n'est pas que collaboration mais j'essaie de rester à l'écart de la compétition. Il m'est arrivé de délaissé certains travaux à mi-chemin, car du fait de la compétition, ils me rendaient plus mécontent qu'heureux. On peut se réjouir d'ailleurs de ne pas recevoir de primes en fonction du nombre de nos publications, ce système générateur de compétition n'est pas en vigueur en France, en Italie encore moins, mais il est malheureusement présent dans certains pays.



« Quand j'ai préparé mon oral pour le concours du CNRS, j'avais un planisphère avec les noms de tous mes collègues à travers le monde. »

Vous êtes impliqué dans de nombreuses activités éditoriales, le faites-vous par simple obligation envers la communauté ?

La première raison de mon engagement est que le travail éditorial permet d'entrer en contact avec des chercheurs de très haut niveau eux-mêmes impliqués dans ces comités éditoriaux. La deuxième raison, pour les conférences en particulier, c'est de ne pas refuser la sollicitation d'une personne que j'apprécie. Enfin, je dois convenir que le regard sur vos travaux est parfois plus attentif lorsque l'on sait que vous êtes impliqué dans le système éditorial. Le travail éditorial fait partie du travail de tout chercheur qui veut être connu. Il faut en quelque sorte entrer dans le système. On y apprend cependant beaucoup, notamment à repérer les points faibles d'un travail de recherche et à renforcer ce qui est de qualité.

Vous étiez professeur, maintenant vous n'avez plus d'obligation d'enseigner. Est-ce que les étudiants vous manquent ?

Globalement non. Certains oui. En Italie, on a

de très bons étudiants. On leur enseigne avec passion et on les forme mais dès lors qu'ils sont bien préparés pour la recherche, ils partent, par manque de moyens dans le pays où les bourses doctorales sont ridiculement faibles. Cette situation est frustrante. Il y a une autre raison, c'est qu'enseigner à des classes de deux à trois cents étudiants est un travail énorme, surtout au moment

mis entre le système Italien qui valorise mal l'activité de ses chercheurs et le système américain où la pression est énorme sur la recherche de financements et la course aux récompenses internationales. Ici, les chercheurs ont des personnalités fortes, font un travail plus que correct, mais sans stress particulier, sans que cela détruise leur vie personnelle.



© Anne Mauffret / LAAS-CNRS

des examens. Je ne souhaite pas pour autant abandonner l'enseignement. Je suis persuadé que j'aurai la possibilité de proposer des enseignements ici à Toulouse où la communauté de l'Automatique est si importante. Des enseignements qui pourraient être plus proches de l'actualité de mes recherches que ce que je faisais à Rome.

Quelles autres spécificités voyez-vous dans le statut de chercheur du CNRS ?

L'élément fondamental ici est l'absence de pression. Il y a une forte sélection lors du recrutement. Par la suite, le système s'intéresse à votre activité, avec les évaluations régulières ou par le fait que l'on doit déclarer chaque papier soumis. C'est fait dans l'esprit de complimenter et de voir si vous produisez des connaissances, quelles qu'elles soient. Personne ne vient vous voir en disant : tu dois travailler là-dessus. Je trouve le système très sain. C'est un bon compro-

Comment jugez-vous les conditions de travail ici au LAAS ?

Je dois dire que je ne m'attendais pas à aussi bien. Je trouve que les interactions de travail sont particulièrement simples et se sont faites très vite. Le fait d'aller à la cafet' ensemble et de discuter autour d'un café, les choses se sont faites simplement et avec la totalité des membres du groupe. Mais pas seulement. En décembre, j'ai croisé à une conférence mondiale des chercheurs d'autres labos français qui, travaillant déjà avec mon équipe au LAAS, m'ont félicité d'avoir rejoint le LAAS et se réjouissaient des perspectives qui s'ouvraient. J'ai l'impression de rejoindre une grande famille. Assez rapidement, l'équipe m'a proposé d'intervenir sur des contrats pour contribuer à la recherche de moyens pour le laboratoire, sans m'en faire l'obligation. J'ai pu dès le début utiliser les moyens existants, dans la mesure du raisonnable bien sûr, sans que se soit cloisonné par projets. C'est là aussi une façon saine de gérer les choses.

tants, dans la mesure du raisonnable bien sûr, sans que se soit cloisonné par projets. C'est là aussi une façon saine de gérer les choses.

Vous êtes maintenant fonctionnaire français, complètement immergé dans un système nouveau, quelles sont vos impressions ?

Les conditions de vie en France sont une des principales raisons qui m'ont attiré ici. Avec deux enfants, nous avons une vie difficile à Rome. Ici c'est très différent. Quand il fait beau, on saute sur les vélos, en dix minutes on est au parc où les enfants peuvent jouer et où les gens se retrouvent, font voler des maquettes d'avion... En dix minutes de voiture, on est au Museum où mon fils Lorenzo adore aller. On voit très vite ici tout le potentiel pour une vie quotidienne saine. Evidemment, nos familles et nos amis nous manquent, et nous leurs manquons. Nous sommes dans une phase d'adaptation, devons apprendre la langue et trouver de bons amis.

Qu'aimeriez-vous ajouter ?

J'aimerais partager mes bonnes impressions. Dès le premier jour, j'ai eu le sentiment que tout le monde était heureux de mon arrivée. J'ai connu des endroits où les gens étaient jaloux sans autre raison qu'un peu de crainte. Je suis fasciné ici par le système. Les nouveaux venus sont sélectionnés par un comité national qui a peu à voir avec le labo, si bien que quand une personne est recrutée, c'est vécu comme une sorte de cadeau qui offre de nouvelles compétences et de nouvelles possibilités d'interactions sans crainte de vol des ressources. C'est une particularité du système français dont on ne se rend peut-être pas assez compte quand on est dedans.

Propos recueillis par Dimitri Peaucelle

“Les interactions de travail sont simples et se sont faites très vite”. Ici, Luca Zaccarian et Sophie Tarbouriech, directrice de recherche au CNRS, chercheuse au LAAS dans l'équipe “Méthodes et algorithmes en commande”.

HABILITATIONS À DIRIGER DES RECHERCHES

25 janvier 2011 par Alain Estève

La modélisation à l'échelle atomique au service du développement des Nano et BioNanoTechnologies



Dès les années 1990-2000, la miniaturisation de la microélectronique vers une maîtrise des procédés à l'échelle atomique a posé le problème des outils de simulations dédiés à l'étalonnage des différents paramètres des procédés technologiques. Les moyens traditionnels sont devenu obsolètes. Nous avons bâti une nouvelle génération d'outils de simulation multi-niveaux (de l'échelle atomique à l'échelle mesoscopique) plus près des mécanismes microscopiques mis en jeu. Nos simulations ont porté essentiellement sur les oxydes ultra-minces de la microélectronique ultime. Les évolutions des nanotechnologies vers la biologie, les biotechnologies, les matériaux ou les technologies bio-inspirées ouvrent de nombreuses perspectives de renouvellement des technologies et dispositifs classiques. Pourtant, les outils et stratégies actuels de modélisation moléculaire apparaissent limités dans leur

pouvoir de prédiction. Dans cette perspective, nos approches de modélisation par Modes Statiques jettent les bases d'une prise en compte explicite de la flexibilité biomoléculaire. Elles ouvrent la voie de modélisations plus complexes de prédiction du comportement fonctionnel de biomolécules mises en contact avec des nano-objets et milieux non biologiques.

22 mars 2011

par Michel Taix
Contribution à la planification de mouvements en robotique



Nous nous intéressons aux calculs automatiques de trajectoires sans collision prenant en compte les contraintes du système pour effectuer une tâche. Pour un robot articulé en terrain accidenté, nous proposons une solution qui garantit les contraintes de validité de la trajectoire. Puis, nous montrons comment transformer une solution géométrique en une suite de tâches référencées capteurs (lien planification/localisation/contrôle). Enfin, nous abordons la résolution de problèmes de recouvrement de surface. Nous améliorons l'efficacité des méthodes probabilistes lors de la phase d'exploration et par interaction avec un opérateur humain avec un algorithme RRT-interactif. Afin de générer des mouvements réalistes

et de comprendre le mouvement humain, nous avons appliqué des principes moteurs neurobiologiques pour le contrôle du geste d'atteinte des robots humanoïdes, avec pour objectif de l'intégrer dans les méthodes de planification. La conclusion aborde plusieurs perspectives de recherche.

THÈSES

■ Fiabilité des dispositifs HEMT en technologie GaN

par **Guilhem ASTRE**
Doctorat de l'Université de Toulouse délivré par l'UPS, le 17 janvier 2012

■ Etude d'un filtre à double réseau résonnant pour spectroscopie Embarquée

par **Kristel CHAN SHIN YU**
Doctorat de l'Université de Toulouse délivré par l'UPS, le 17 janvier 2012

■ Navigation référencée multi capteurs d'un robot mobile dans un environnement encombré

par **Adrien Durand Petiteville**
Soutenance de Doctorat de l'Université de Toulouse délivré par l'UPS, le 20 janvier 2012 à 10h30

■ Conception de protections périphériques applicables aux diodes Schottky en diamant monocristallin

par **Fabien THION**
Doctorat de l'Université de Toulouse délivré le 20 janvier 2012

■ Fiabilité des diodes de protection ESD soumises à des décharges électrostatiques répétitives.

(Reliability of ESD Protection diodes submitted to repetitive electrostatic discharges)
par **Marianne DIATTA**
Doctorat de l'Université de Toulouse délivré par l'UPS, le 26 janvier 2012

■ Modélisation et Simulation de Réseaux Locaux et Personnels Sans fil : Intégration des Couches PHY et MAC

par **Abdoulaye BERTHE**
Doctorat de l'Université de Toulouse délivré par l'UPS, le 17 janvier 2012

■ Prise en compte de la valeur ajoutée client dans la spécification des Exigences

par **Xinwei Zhang**
Doctorat de l'Université de Toulouse délivré par l'INSA, le 30 janvier 2012

■ Contributions to the use of 3D lidars for autonomous navigation:

calibration and qualitative localization
par **Naveed Muhammad**
Doctorat de l'Université de Toulouse délivré par l'INSA, le 1^{er} février 2012

■ Une Architecture Multimédia Dirigée par les Ontologies pour la Gestion Autonome de la Qualité de Service dans les Réseaux Domestiques.

par **Jorge Ricardo GOMEZ MONTALVO**
Doctorat de l'Université de Toulouse délivré par l'INSA, le 16 février 2012

HABILITATIONS À DIRIGER DES RECHERCHES

6 avril 2011

par Olivier Gauthier-Lafaye

De l'ingénierie quantique du gain laser aux cavités photoniques

Les travaux qui seront présentés s'inscrivent dans le contexte très évolutif de la photonique, où la diode laser joue un rôle clé pour le développement de systèmes photoniques. Après près de 50 ans de travaux de recherche, la diode laser n'est pas encore arrivée à maturité. Au cœur des télécommunications optiques, son architecture a tout d'abord évolué pour faire face à la montée en débit et répondre aux exigences des réseaux multiplexés en longueur d'onde : à l'aube des années 2000, j'ai pu ainsi contribuer, en tant qu'ingénieur à Alcatel-Thales III-V Lab, aux recherches menées sur les diodes laser pour les futurs développements des réseaux d'accès. Dans la même période, les progrès des nanotechnologies et l'émergence de la nano photonique ont conduit à explorer de nouvelles architectures de lasers à semi-conducteurs, notamment au sein de laboratoires académiques. C'est ainsi que, pendant mon doctorat, j'ai participé aux



études pionnières sur les lasers à fontaine quantique, et que depuis mon entrée au CNRS en 2003, j'étudie de nouvelles architectures de lasers à base de cristaux photoniques, susceptibles non seulement de surpasser les performances des sources actuelles mais de répondre aussi aux défis de l'intégration sur puce de systèmes laser.

20 mai 2011

par Marie-José Huguet

Méthodes de recherche arborescente : Application à la résolution de problèmes d'ordonnancement et de transport

Ce mémoire traite de méthodes arborescentes pour la résolution de problèmes combinatoires d'optimisation ou de décision. Le premier chapitre présente les contributions apportées pour les méthodes à divergences : modes de comptage, heuristique dynamique à pondération de variables et utilisation de bornes ou de règles de sélection des divergences. Le deuxième chapitre traite de propagation de contraintes pour l'ordonnancement disjonctif avec contraintes temporelles généralisées. Des extensions de propagations efficaces pour ces contraintes sont proposées et des applications à la résolution de différents problèmes pratiques d'ordonnancement sont présentées. Le troisième chapitre s'intéresse à un problème de calcul



d'itinéraires en transport multimodal intégrant des contraintes de faisabilité des itinéraires. Le problème étudié (minimisation du temps de trajet et du nombre de transferts) est polynomial et différentes variantes basées sur l'algorithme de Dijkstra sont présentées et évaluées sur un cas réel.

THÈSES

■ Étude transitoire du déclenchement de protections haute tension contre les décharges électrostatiques

par **Antoine Delmas**

Doctorat de l'Université de Toulouse délivré par l'UPS, le 27 février 2012

■ Etude des propriétés biophysiques et mécano-sensorielles des Podosomes

par **Anna Labernadie**

Doctorat de l'Université de Toulouse délivré par l'UPS, le 30 mars 2012

■ Reasoning about Models: Detecting and Isolating Abnormalities in Diagnostic Systems

par **Nuno BELARD**

Doctorat de l'Université de Toulouse délivré par l'UPS, le 21 mai 2012

■ Structures MOS-IGBT sur technologie SOI en vue de l'amélioration des performances à haute température de composants de puissance et de protections ESD

par **Houssam ARBESS**

Doctorat de l'Université de Toulouse délivré par l'UPS, le 22 mai 2012

■ Contribution à la conception d'un indicateur de vieillissement lié à l'état mécanique de composants électroniques de puissance

par **Emmanuel Marcault**

Doctorat de l'Université de Toulouse délivré par l'INSA, le 25 mai 2012

■ Étude et réalisation d'un capteur de pression avec calibration in situ pour application biomédicale implantée : Application à la mesure de la pression intracrânienne.

par **Pierre YAMEOGO**

Doctorat de l'Université de Toulouse délivré par l'UPS, le 29 mai 2012

■ Approche de modélisation distribuée appliquée aux composants semi-conducteurs bipolaires de puissance en VHDL-AMS. Application à la diode PIN et à l'IGBT

Par **Adnan HNEINE**

Doctorat de l'Université de Toulouse délivré par l'UPS, le 17 juin 2012

HABILITATIONS À DIRIGER DES RECHERCHES

20 octobre 2011

par Emmanuel Lochin

Transport des données et gestion de la congestion dans l'Internet de demain : du contrôle à l'anarchie

Le monde du transport est en pleine révolution conceptuelle. Bien qu'ayant assisté, au cours de ces dernières années, à la naissance de nouveaux contrôles de congestion, dont certains ont été déployés de façon virale, l'universalité d'une solution protocolaire n'existe toujours pas. Plusieurs travaux s'accordent sur le fait que la couche transport a grandement besoin d'évoluer et les nouveaux défis engendrés par



© Nina Teiseler

l'évolution des réseaux et usages de l'Internet ont pris le pas sur le problème originel de l'effondrement des

ressources que devait prévenir le contrôle de congestion de la couche transport. Ces travaux explorent plusieurs solutions protocolaires pour la couche transport, principalement pour le monde du best-effort, en partant des réseaux à QoS jusqu'aux réseaux anarchiques. Le principal problème de la couche transport est de savoir comment la faire évoluer sans avoir à convaincre les concepteurs de systèmes d'exploitation. Nous étudions des approches qui éviteraient la tutelle de ces derniers et resteraient, autant que possible, indépendantes d'un déploiement de mécanisme collaboratif dans le cœur du réseau.

25 novembre 2011

par Philippe Menini

Du capteur de gaz à oxydes métalliques vers les nez électroniques sans fil

Du capteur de gaz à oxydes métalliques vers les nez électroniques sans fil. Développés depuis plus de 50 ans, les capteurs chimiques, de gaz plus particulièrement, sont toujours en plein développement. L'émergence des micro et nano systèmes a suscité le développement de dispositifs miniatures, portables, « intelligents », intégrant un ou plusieurs capteurs, l'alimentation et l'électronique de traitement du signal : les nez électroniques intégrés. Les capteurs de gaz à semi-



conducteurs, de faible coût, peuvent intégrer de nombreux matériaux tels que des oxydes métalliques ou des polymères à semi-conducteurs. Nous avons d'une part travaillé sur

l'optimisation de ces structures avec divers matériaux sensibles et d'autre part, développé un nouveau transducteur électromagnétique pour détecter des gaz à distance (sans fil), sans consommation d'énergie et par conséquent voué au déploiement de réseaux de capteurs communicants sans fil. Nos travaux actuels visent tout d'abord, à intégrer de nouveaux matériaux nano structurés vers une ultra sensibilité et sélectivité ; puis, à développer de nouveaux micro-systèmes de détection pour obtenir des nez électroniques intégrés capables de communiquer à distance, et s'intégrer dans des réseaux de capteurs pour l'environnement et la santé.

2 décembre 2011

par Viviane Cadenat

Contribution à la navigation d'un robot mobile par commande référencée multi-capteurs

Notre objectif est d'effectuer des tâches de navigation guidées par la vision dans des environnements d'intérieur structurés peu connus, évolutifs, où l'homme peut être présent. Les missions peuvent inclure de longs déplacements et consistent à positionner le robot vis-à-vis d'un amer ou d'une personne d'intérêt. Nous avons d'abord exploité l'asservissement visuel 2D



pour permettre au robot de converger vers le but. Ensuite, nous avons étendu cette loi de commande pour garantir la non collision. Puis, nous

avons développé des algorithmes de reconstruction des indices visuels pour gérer les occultations. Enfin, nous avons couplé une carte topologique de l'environnement à un algorithme de supervision gérant la stratégie de commande pour réaliser de longs déplacements. Ces travaux ont été validés en simulation et expérimentalement. Les résultats ont montré la pertinence de l'approche méthodologique retenue, ouvrant des perspectives riches dans et hors du contexte de la navigation.

HABILITATIONS À DIRIGER DES RECHERCHES

9 décembre 2011

par Hélène Waeselynck

Élimination des fautes : contribution au test du logiciel

Nos travaux ont pour cadre la sûreté de fonctionnement des systèmes informatiques. Ils portent sur l'élimination des fautes, et plus particulièrement au test du logiciel. Le premier chapitre rassemble des travaux pour adapter la conception du test aux technologies de développement logicielles. Deux technologies sont considérées : la technologie orientée-objet et la méthode formelle B. Le deuxième



chapitre porte sur des associations test et vérification formelle. Selon les cas, nous consolidons la vérification d'algorithmes

partiellement prouvés ou nous facilitons l'analyse de contre-exemples retournés par un model checker. Le troisième chapitre traite de la génération de test par des procédés méta-heuristiques, en prenant l'exemple du recuit simulé. Enfin, le quatrième chapitre aborde le test de systèmes mobiles. Les traces d'exécutions sont vérifiées par rapport à un ensemble de propriétés décrites par des scénarios graphiques, en combinant des algorithmes d'appariement de graphes et de calcul d'ordres partiels d'événements.

12 décembre 2011

par Ahmed Dkhissi

chercheur associé au LAAS 2007-2009, HDR dirigée par Mehdi Djafari-Rouani, professeur à l'université Paul Sabatier et chercheur au LAAS

Modélisation multi-échelle et ses applications en bio nanomatériaux

L'approche « bottom-up » des micro et nanotechnologies est basée sur la reconstitution de structures par auto-assemblage d'atomes et/ou de molécules. La grande diversité des interactions entre molécules et leur capacité à s'auto-

assembler en complexes et structures biologiques justifient leur utilisation dans plusieurs applications. L'assemblage de certains de ces complexes aboutit souvent à des systèmes encore plus complexes. Ces hybrides organiques/inorganiques rendent la détermination

encore plus difficile. L'idée est de coupler une recherche expérimentale et une modélisation théorique pour guider l'expérimentateur dans ses choix, et l'aider à comprendre les phénomènes à des échelles où les effets quantiques prennent le pas. Nos travaux concernent 1) le développement et l'application de la modélisation multi-échelle, sur la croissance des couches atomiques sur un substrat inorganique ; 2) l'organisation supramoléculaire dans les films minces de polymères conducteurs et aux interfaces ; 3) l'interactions moléculaires faibles et leurs applications en biologie.

6 février 2012

par Olivier Brun

Analyse et optimisation de performance des réseaux de communication

Les réseaux de communication jouant un rôle de plus en plus important dans nos activités quotidiennes, l'interruption des services qu'ils fournissent, ou même une dégradation significative de leur qualité, deviennent de moins en moins acceptables. La sécurisation des réseaux et le contrôle de qualité de service nécessitent de réelles avancées. Nos travaux d'évaluation de performance sont basés sur la théorie des files d'attente et sur la



théorie des jeux. Ils visent le développement de modèles stochastiques

analytiques ou de simulation permettant le passage à l'échelle pour l'évaluation, en régimes stationnaire et transitoires, des principales métriques de performance au niveau paquet et au niveau flot. Nos travaux en optimisation sont essentiellement consacrés aux méthodes pour la conception de réseaux résilients, leur dimensionnement et l'optimisation de leur routage. Les approches heuristiques sont privilégiées. D'autres travaux sont consacrés à l'ordonnancement de tâches strictement périodiques dans les systèmes embarqués avioniques.

HABILITATIONS À DIRIGER DES RECHERCHES

16 mars 2012

par Patrick Pons

Capteurs sans fils passifs à transduction électromagnétique : à la frontière entre le monde des capteurs et les MEMS RF

L'un des premiers domaines de la microélectronique concerne les capteurs de pression au silicium. Le domaine des MEMS (Micro-Electro-Mechanical Systems), les microsystèmes en Europe, couvre un large champ de recherche. Mes travaux concernent la conception, la technologie et la caractérisation et peuvent correspondre à plusieurs niveaux d'intégration (matériau,



composant, système). Ces recherches sont donc pluridisciplinaires et nécessitent de mettre en place des collaborations denses avec les meilleurs

spécialistes de chaque domaine. Comme un thème scientifique s'étend de la création de nouveaux concepts au transfert industriel, il est primordial de lancer régulièrement de nouvelles thématiques avant la fin de la phase de transfert industriel afin de profiter des opportunités et des financements. J'ai ainsi travaillé sur trois thématiques scientifiques : les capteurs de pression en phase de transfert industriel, les MEMS RF en phase d'étude de fiabilité et les capteurs sans fil passifs à transduction électromagnétique en phase de validation des concepts.

TALENTS

**Didier Henrion, prix Charles Broyden 2011 du meilleur article**

Didier Henrion, chercheur au LAAS et Jerome Malick, du LJK-CNRS et INRIA Grenoble, ont reçu le prix Charles Broyden 2011 du meilleur article paru dans la revue *Optimization Methods and Software*. Leur article « *Projection methods for conic feasibility problems, applications to polynomial sum-of-squares decompositions* » décrit de nouveaux algorithmes de projection et de régularisation pour résoudre des problèmes d'optimisation convexe particulièrement importants en automatique. Didier Henrion, médaille de bronze du CNRS en 2004, a par ailleurs reçu en 2011 avec ses collègues du LAAS une subvention de la Fondation Simone et Cino del Duca de l'Institut de France dans le domaine des mathématiques et leurs applications. Leurs travaux sur les méthodes et algorithmes de commande se situent dans la ligne historique du LAAS combinant les mathématiques appliquées avec l'optimisation, les sciences de l'ingénieur avec l'automatique et les applications aérospatiales, comme par exemple la commande de moteurs d'avion ou le problème du rendez-vous spatial.

**Création d'un prix scientifique international Jean-Claude Laprie**

L'IFIP, principale fédération internationale de sociétés savantes dans le domaine de l'informatique, a créé un prix *Jean-Claude Laprie* en sûreté de fonctionnement informatique. Ce prix rend hommage au chercheur et ancien directeur du LAAS Jean-Claude Laprie (1944-2010) dont les contributions à l'énoncé des concepts et méthodologies en sûreté de fonctionnement informatique et à la structuration de la communauté scientifique concernée ont été décisives. Le prix récompense des publications remarquables qui ont influencé les théories et pratiques du domaine, cela avec un recul d'au moins dix années. Il est décerné par le groupe de travail 10.4 de l'IFIP. Outre la reconnaissance des travaux des prochains lauréats, ce prix est aussi celle de Jean-Claude Laprie et de la place du LAAS, qu'il dirigea de 1997 à 2002, dans le domaine de la sûreté de fonctionnement. Jean-Claude Laprie a été vice-président de l'IFIP de 2002 à 2008, et le premier Français à en présider un groupe de travail (1986-1995). Lui ont succédé au même groupe de travail 10.4 Jean Arlat, directeur du LAAS, comme président de 1999 à 2005, et Karama Kanoun, directrice de recherche CNRS au LAAS, comme vice-présidente depuis 2006.

TALENTS



Yves Deswarte,
Lauréat du prix Kristian Beckman 2012 de l'IFIP

Le Comité technique « Sécurité et protection de la vie privée » de l'IFIP (lire page précédente) a attribué son prix Kristian Beckman 2012 à Yves Deswarte, directeur de recherche au CNRS, chercheur en informatique au LAAS spécialiste de la sécurité et de la protection de la vie privée. Ce prix, créé en 1992, récompense chaque année une personne, et non pas un groupe ou un organisme, pour ses contributions significatives aux avancées dans le domaine de la sécurité en informatique. L'énoncé des motifs de la désignation d'Yves Deswarte souligne ses compétences scientifiques et la constance de la qualité de ses travaux qui ont contribué aux évolutions de sa discipline, toujours avec « modestie et intégrité ». Yves Deswarte a été dans les années 80 un des pionniers de la tolérance aux intrusions, thème qui l'a fait connaître et reconnaître au niveau international, en particulier aux USA au niveau universitaire mais aussi par la DARPA. Ses idées originales et sa philosophie personnelle l'ont conduit à devenir un avocat de la protection de la vie privée, thème qui est devenu sa spécialité actuelle et pour laquelle il est une éminence au plan national et international.



Mark Hopkinson,
titulaire d'une Chaire d'excellence Pierre-de-Fermat 2011

Professeur de l'Université de Sheffield, Royaume-Uni, Mark Hopkinson a obtenu une chaire d'excellence Pierre-de-Fermat, financée par la Région Midi-Pyrénées, pour développer son projet PHONEME sur l'intégration photonique exploitant la nano-épitaxie. Il est accueilli par le LAAS. Mark Hopkinson est reconnu internationalement pour ses travaux sur les structures à boîtes quantiques pour leurs applications dans des diodes laser, émetteurs de lumière à boîtes uniques, diodes électroluminescentes et sources ultra-rapides, domaines dans lesquels il a obtenu des résultats de premier ordre. Il est aussi responsable de l'activité du centre en épitaxie par jets moléculaires du département d'ingénierie électrique et électronique de l'Université de Sheffield qui abrite le Centre National britannique de technologies III-V.

QoS Design, « success story à l'export »

La start up du LAAS QoS Design a reçu l'appellation "Success Story à l'export" par Ubifrance, l'agence française pour le développement international des entreprises. Les prestations proposées par Ubifrance lui ont permis de se positionner sur des appels d'offres internationaux dont l'un a été remporté au titre de l'opérateur fixe et mobile, Tunisie Telecom. Ce dernier va acquérir l'ensemble des outils logiciels pour la planification de ses infrastructures réseaux (Mobile 3G, ADSL, MPLS, fibre optique SDH). L'entreprise française a signé une convention au titre de la R&D et de la formation avec l'Ecole Supérieure de Télécommunication. QoS Design a trouvé un partenaire local "One Tech" afin de le représenter sur le marché tunisien.



Thierry Bosch reçoit le prix Jean Ebbeni 2011 du club CMOI

Ce chercheur au LAAS et professeur à l'INPT a été récompensé pour ses activités de transfert de technologie laser autour des capteurs embarqués de vibrations et de vitesse, ainsi que pour sa contribution à la création de la start-up Epsiline. Ce prix, sponsorisé par la société Quantel, a été décerné lors du colloque du club CMOI (contrôles et mesures optiques pour l'industrie).

TALENTS



Codé Diop,
doctorant au LAAS, prix du meilleur article

Pour sa publication "QoS-aware Multipath-TCP extensions for mobile and multimedia applications" Le prix lui a été remis lors de la 9^e conférence internationale sur les avancées informatiques des applications mobiles et multimédias (MoMM 2011/IIWAS 2011, Vietnam) pour ses travaux sur de nouveaux protocoles de transfert de données pour des applications en vidéo interactives réalisés lors de son projet de fin d'études à l'INSA. Fait exceptionnel, dès son 1^{er} article, Codé Diop a été primé à la fin de son stage. Aujourd'hui, il poursuit une thèse au LAAS-CNRS sur l'« architecture orientée services et évènements, guidée par les ontologies pour les bus de services autonomes. »



Amélie Bédier,
doctorante au LAAS, lauréate 2011 des bourses L'Oréal "Pour les femmes & la science"

C'est à un problème de santé publique, l'AVC (accident vasculaire cérébral) qu'Amélie Bédier consacre sa thèse. La jeune chercheuse travaille à mettre au point une bioprothèse cérébrale reposant sur l'implantation de nouveaux neurones dans la zone du cerveau détruite, grâce à l'utilisation d'éléments de micro- et de nanotechnologies. Afin de pouvoir saisir l'ampleur des potentialités offertes par l'étude de l'interaction entre des éléments artificiels et la matière vivante, cette ingénieure physicienne de formation a élargi son horizon scientifique initial à la biologie, au travail in vivo et à l'approche cellulaire.



Thomas Beluch et Florian Perget,
doctorants au LAAS,

ont lauréats avec **Julien Henaut** du concours Software Defined Radio Graduate Student Design, prix décerné à la conférence IEEE International Microwave Symposium (IMS 2011). Leur projet de création d'entreprise WideSens est par ailleurs lauréat du concours d'aide à la création d'entreprises innovantes organisé par Oséo et le ministère de l'Enseignement supérieur et de la recherche 2012.



Georgia Deaconu,
doctorante au LAAS,

est lauréate du Prix Amelia Earhart 2012 décerné chaque année par le club féminin Zonta International. Ce Prix récompense des jeunes femmes pour l'excellence de leurs travaux en sciences et ingénierie liés au domaine aéronautique et spatial. De nationalité roumaine, Georgia Deaconu prépare une thèse de doctorat à l'Université Paul Sabatier au sein du LAAS, cofinancée par le CNES et Astrium EADS. Ses travaux portent sur l'utilisation de la commande prédictive pour des algorithmes de guidage en rendez-vous orbital des satellites. L'objectif est de rendre ce type d'opération autonome afin de garantir le succès de la mission sans l'intervention d'opérateurs au sol.

TALENTS



Magali Brunet,
Lauréate de la médaille de bronze du CNRS

Magali Brunet, chargée de recherche au LAAS-CNRS, est la lauréate 2011 de la médaille de bronze de la recherche scientifique pour la 8^e section du comité national « *Micro et nanotechnologies, électronique, photonique, électromagnétisme, énergie électrique* ». La médaille de bronze, qui lui a été remise par le délégué régional du CNRS en Midi-Pyrénées le 18 juin dernier, « *récompense le premier travail d'un chercheur, qui fait de lui un spécialiste de talent dans son domaine. Cette récompense représente un encouragement du CNRS à poursuivre des recherches bien engagées et déjà fécondes* ». Aujourd'hui âgée de 35 ans, ingénieur de l'INSA de Lyon, Magali Brunet a fait sa thèse au NMRC, National Microelectronics Research Centre de l'University College Cork en Irlande, puis un stage post-doctoral au CEA-LETI à Grenoble avant d'être recrutée par concours comme chargée de recherche au CNRS en 2004 et de rejoindre le LAAS en 2005.

Ses travaux portent sur l'intégration sur silicium de composants passifs : bobines et condensateurs, pour les systèmes de gestion de l'énergie. Le contexte est celui de l'électronique nomade où la miniaturisation et l'accroissement des fonctionnalités

augmente les besoins en énergie électrique des équipements dans un espace de plus en plus limité. Chaque fonction requiert ainsi plusieurs convertisseurs de puissance. Dans ces convertisseurs, l'encombrement des éléments passifs représente aujourd'hui jusqu'à 50% de la taille totale. La chercheuse a axé son projet sur la conception de composants passifs intégrés sur silicium et le développement de filières technologiques relatives à ces micro-composants, en particulier condensateurs tridimensionnels et micro-bobines. Pour atteindre les performances souhaitées, l'enjeu concerne surtout la mise en œuvre optimale en couches minces sur substrat silicium de matériaux ferromagnétiques pour les micro-bobines et diélectriques à forte permittivité pour les condensateurs. Depuis 2007, elle y a ajouté une thématique adjacente, l'intégration de micro-supercondensateurs, composants de stockage qui trouvent leur intérêt dans les microsystèmes autonomes en énergie, comme le nœud d'un réseau de capteurs communiquant sans fil. Dans cet axe de recherche, porté par le projet AutoSens, l'objectif est de réaliser sur un même substrat le microsystème récupérateur d'énergie, les capteurs, l'élément de stockage et l'électronique associée.

Pour les années qui viennent, Magali Brunet compte poursuivre ses travaux dans ces deux domaines. Concernant les composants passifs intégrés, l'activité s'inscrit dans le cadre d'un projet de réalisation et d'innovation industrielle de microsystèmes hétérogènes.

Le second thème, récent, sur le stockage de l'énergie, qui mobilise autour d'elle un chercheur (auparavant post-doctorant et recruté au CNRS en 2010) et deux doctorants, a commencé à produire des résultats intéressants et innovants en termes de performances de densités d'énergie et de puissance. Ceci, grâce à des collaborations locales, le CIRIMAT à Toulouse, et internationales, l'Université de Drexel à Philadelphie, aux États-Unis. Collaborations désormais étendues à l'Institut National de la Recherche, à Varennes au Québec.

Pour mener à bien ses travaux, la jeune femme s'est beaucoup servie des équipements de la plateforme de micro et nanotechnologies du LAAS. « *L'environnement LAAS est très riche* » dit-elle. « *La nouvelle salle blanche est pleine de promesses. C'est une salle blanche de recherche où j'aime bien travailler. L'accès n'y est pas figé, ni hiérarchisé à l'excès. Faire un procédé prend du temps, les étapes sont soumises à des aléas mais nous travaillons dans de bonnes conditions et je ressens une vraie liberté d'action* ».

Choisir la recherche ? « *Au début, je n'avais pas vraiment de vision à long terme quant à mon avenir, mais je ne me voyais pas dans le monde de l'entreprise* » dit-elle. « *Au LAAS, je suis arrivée à faire ce que je voulais faire. J'ai eu de la chance de pouvoir mener les projets qui étaient au cœur de mes centres d'intérêt. Mes domaines de recherche sont ainsi assez resserrés : je préfère rester concentrée sur les deux axes choisis. Il ne faut pas chercher à tout faire ; il faut en revanche chercher les compétences là où elles sont. Je privilégie donc les collaborations avec les chimistes et les physiciens quand cela s'avère nécessaire* ».

La nouvelle organisation de la recherche, amorcée par l'avènement de l'ANR et qui s'intensifie, privilégie la notion de « projet » qui conditionne son financement. Magali Brunet a été dans ce cadre responsable scientifique et coordinatrice du projet ANR jeunes chercheurs CAMINO, Eléments capacitifs MIM à forte densité Intégrés sur Silicium pour la conversion de l'énergie, de 2006 à 2009. Comment voit-elle sa place dans les nouveaux dispositifs ? « *Certes, nous devons être présents mais c'est la science qui doit continuer de dicter nos choix. En répondant à trop de sollicitations, on court le risque intellectuel de se disperser et se perdre, c'est pourquoi je ferme parfois mes écouteilles et me dis « reste scientifique quoi qu'il arrive ! »* ».

Magali Brunet est la 4^e lauréate de la médaille de bronze au LAAS pour la section 8. Les précédents sont Daniel Estève, qui recevra plus tard la médaille d'argent, Françoise Lozes et Robert plana.

CONGRÈS

ICACCI (International Conference on Advances in Computing, Communications and Informatics)
3-5 août 2012, Chennai, Inde.

www.icacci-conference.org/ • Contact : Eric Campo

34th Annual International IEEE EMBS Conference
28 août – 1^{er} septembre 2012, San Diego, California, USA.

<http://embc2012.embs.org/> • Contact: Eric Campo

MNE2012 (38th International Conference on Micro and Nano Engineering)

16 - 20 septembre 2012, Toulouse

www.mne12.org/en/ • Contact : Christophe Vieu

Atelier de formation 218 Inserm - Biopuces à cellules pour des études fondamentales sur cellule unique jusqu'à l'ingénierie tissulaire

Phase I : 24 - 25 septembre 2012, Bordeaux

Phase II : Février/Mars 2013, Compiègne/Grenoble/Paris

Contact : Christian Bergaud

Conférence IEEE Topic Distributed and Parallel Algorithms

3-5 octobre 2012, Pafos, Chypre

www.cse2012.cs.ucy.ac.cy • Contact : Didier El Baz

CNSM'2012

22-26 octobre 2012, Las Vegas, USA

<http://cnsm-conf.org/2012/> • Contact : Philippe Owezarski

Workshop e-Wise (energy and Wireless Sensors) IEEE International Conference on Internet of Things (iThings)

20-23 novembre 2012, Besançon

<http://ithings.univ-fcomte.fr/> • Contact : Marise Bafleur

MRS Fall 2012 (Properties and Applications of Reactive Materials " at the Material Research Society meeting)

26-30 novembre 2012, Boston, USA

www.mrs.org/fall2012/ • Contact : Carole Rossi

ISSRE 2012

23rd IEEE International Symposium on Software Reliability Engineering

27-30 Novembre 2012, Dallas, TX USA

<http://2012.issre.net/> • Contact: Hélène Waeselynck

International Workshop on Micro and Nanotechnology for Power Generation and Energy Conversion Applications

2-5 décembre 2012, Atlanta, USA

www.powermems.org • Contact : Carole Rossi

Session Spéciale de la conférence internationale PDP 2013 :

27 février – 1^{er} mars 2013, Belfast, Irlande

<http://conf.laas.fr/GPU13/> • Contact : Didier El Baz

9^e Symposium IFAC NOLCOS (Nonlinear Control Systems)

4 - 6 septembre 2013, Toulouse

Contact : Isabelle Queinnec

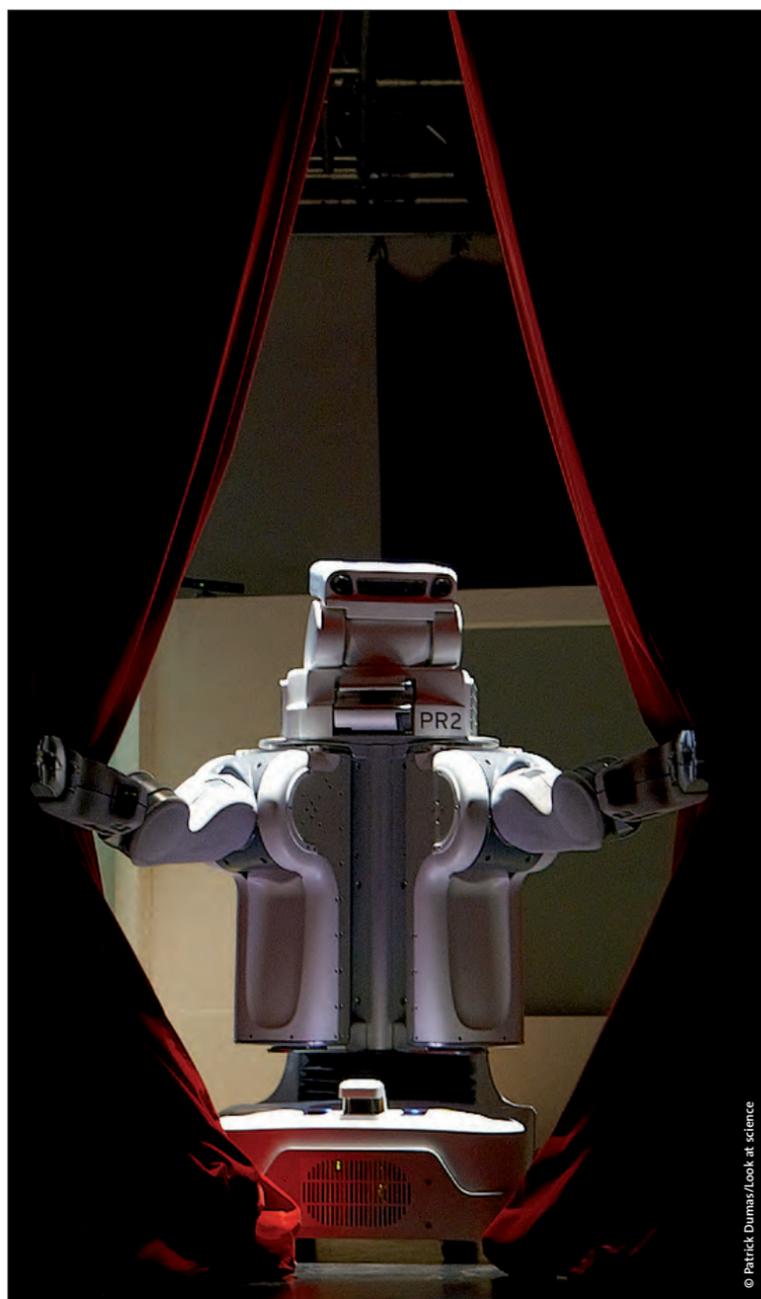
20^e Congrès mondial de l'automatique, IFAC 2017

10 - 14 juillet 2017, Toulouse

<http://spiderman-2.laas.fr/ifac2017/> • Contact : Dimitri Peaucelle

Robots sur scène

Des chercheurs, doctorants et ingénieurs en robotique du LAAS se sont associés à des artistes pour faire naître deux œuvres originales à l'issue de six mois d'échanges et de travail commun. Roboscopie, pièce de théâtre mettant en scène le robot personnel PR2, offre une perspective décalée de l'intégration des robots dans notre quotidien. Danse avec HRP2 est une performance sur le thème du mouvement anthropomorphe où se répondent les mouvements, étudiés et modélisés par les chercheurs, d'un danseur de hip hop et du robot humanoïde HRP2. Les deux spectacles, en vidéo sur Youtube, ont été présentés à la salle du Cap de l'université Paul Sabatier en octobre 2011 dans le cadre de la Novela, festival annuel des savoirs partagés organisé par la mairie de Toulouse.



© Patrick Dumas/look.at.science

Le robot PR2
entre en scène, (ci-contre).
(Page de droite), le robot HRP2
et le danseur de hip-hop.

ROBOSCOPIE

Xavier et PR2 se partagent une scène blanche et presque nue. L'un est un comédien de chair, l'autre est un robot. Dans cet espace commun, ils vont chercher à se comprendre et s'aider. La prise de contact est prudente mais cordiale. Pour être vu par PR2, Xavier doit continuellement se faire reconnaître, de même qu'il doit coller pour chaque objet de son environnement un tag équivalent sous forme de code barre 2D. A mesure que PR2 lit ces tags se reconstruit le monde 3D de Xavier. Ici un téléphone, là une lampe, plus loin un porte-manteau. Au début, nonobstant quelques erreurs d'appréciation, cela se passe bien. Le spectateur voit en effet sur un écran ce que perçoit le robot. Le téléphone et la lampe sont bien sur la table, le fauteuil a trouvé sa place. Xavier griffonne et griffonne ses tags, non sans agitation. Le débonnaire PR2 lui apporte de l'eau puis hélas un ventilateur qui disperse tous les codes. Irrité, Xavier s'en va. A son retour au matin, c'est un capharnaüm qu'il découvre où les modèles 3D sont devenus un éléphant, un bateau, un camion. Il faut remettre de l'ordre. Toujours avenant, PR2 participe et propose une poubelle- qu'il déplace toutefois avec facilité au moment où Xavier y jette ses tags- mais c'est un programme de gymnastique plutôt sportif qui se met en marche. Xavier s'exécute à l'injonction soudain impérieuse du robot : « Come on... come on... You can do it...



© Jacques-Olivier Baillat/Le clou dans la planche

Roboscopie, pièce de 18 minutes écrite et dirigée par le plasticien scénographe **Nicolas Darrot**, sur une idée originale de **Rachid Alami** responsable au LAAS du thème Robotique et **Nicolas Darrot**, interprétée par le comédien **Xavier Brossard** et le robot personnel PR2.
www.youtube.com/watch?v=V3RIEjLe4Tw

Danse avec HRP2, spectacle de danse chorégraphié par le danseur de hip hop **Tayeb Benamara** et les chercheurs du LAAS **Olivier Stasse** et **Nicolas Mansard**, avec la human juke box d'Ange B (**Fabulous Trobadors**), interprété par **Tayeb Benamara**, le robot humanoïde HRP2 et **Olivier Stasse** (portique). Expérience associée au projet de recherche ANR Rotic-blink sur la prise de décision rapide pour la génération des mouvements d'un robot humanoïde.
www.youtube.com/watch?v=QXgWvSAFQml

DO IT! », mais il crie bientôt « Stop ». La réconciliation viendra finalement car tout cela était « just an experience ».

S'appuyant sur les travaux de recherche menés au LAAS et utilisant les outils logiciels développés par ses chercheurs en robotique, le spectacle propose sur un mode allégorique une réflexion sur le thème des interactions humain-machine, avec ces difficiles questions : comment robots et humains peuvent-ils se comprendre, comment co-exister dans un espace de vie commun et comment se distribuent les rôles ?

NANOTECHNOLOGIES AU COLLÈGE

EN PARLER SOUS L'ANGLE INTERDISCIPLINAIRE ET CITOYEN

Une expérience éducative associant des chercheurs en nanobiotechnologies du LAAS et une classe de 3^e et leurs enseignants du collège Jean Jaurès de Castanet Tolosan, en banlieue toulousaine, a été mise en œuvre sur une année entière. Le principe est de faire travailler la classe sur les nanotechnologies en mobilisant toutes les disciplines : physique-chimie, mathématiques, sciences de la vie et de la terre, langues, français, technologie, arts plastiques et histoire-géographie. Au



menu, le lexique des nanos, la création de saynètes « nanos », des sculptures nanoparticulaires, une réflexion sur les échelles et les dimensions de la matière, des nano-calculs de proportionnalité, une vidéo, la conception 3D d'une molécule de C60, les applications des nanotechnologies pour la santé, l'environnement et les nanomatériaux, la lecture de dossiers anglais et espagnols, la fabrication de puces à l'AIME, l'observation au microscope électronique à balayage au LAAS, et un débat citoyen vif et argumenté.

Le projet Nanotechnologie du collège Jean Jaurès a reçu le 1^{er} prix de la finale académique du concours C.Génial, fondation pour la culture scientifique et technique œuvrant pour le programme national « sciences à l'école ». Il a été classé 6^e lors de la finale nationale le 12 mai dernier au Palais de la Découverte à Paris.

Contact : **Christophe Vieu**, cvieu@laas.fr



Le LAAS a apporté sa contribution aux quatre lycéens de terminale S du lycée Pierre de Fermat qui viennent de gagner les 3^e olympiades nationales des sciences de l'ingénieur pour leur projet A2S Autospot. Il s'agit d'un

système de détection et de suivi d'émetteurs d'ondes ultrasons pour projecteurs de lumière en salles de spectacle. Les Olympiades permettent à des équipes de lycéens de s'affronter lors d'un concours régional puis national. Il s'agit pour les élèves de mettre au point, guidés par leurs professeurs, un projet innovant et d'en faire la présentation devant un jury composé d'un chercheur, un industriel, un inspecteur de l'académie et un enseignant. L'aide ponctuelle qu'a apportée le LAAS pourrait s'étendre à plus long terme et s'ouvrir à d'autres lycées.

Energic nanocomposite

Représentation schématique d'un nanocomposite composé de nanoparticules d'aluminium (vert) et d'oxyde de cuivre (rouge) mises en contact avec des brins d'ADN (hélices). A partir de ce nanocomposite, des chercheurs du LAAS, en collaboration avec le CIRIMAT, ont élaboré un explosif à la densité d'énergie équivalente à la nitroglycérine. Les brins d'ADN permettent d'obtenir un matériau compact et solide s'enflammant spontanément une fois chauffé à 410 °C, température spontanée de combustion parmi les plus faibles connues à ce jour. Les brins jouent le rôle de « mécanos » qui assemblent entre elles les différentes variétés de nanoparticules utilisées. Le nouvel explosif possède une énergie dégagée et une température d'initiation thermique parmi les meilleures connues à ce jour dans la littérature. Il pourrait servir de source d'énergie pour alimenter, dans l'espace ou dans l'environnement, des microsystèmes embarqués. Cette innovation fait l'objet d'une publication qui vient d'être publiée en ligne sur le site de la revue *Advanced Functional Materials*.

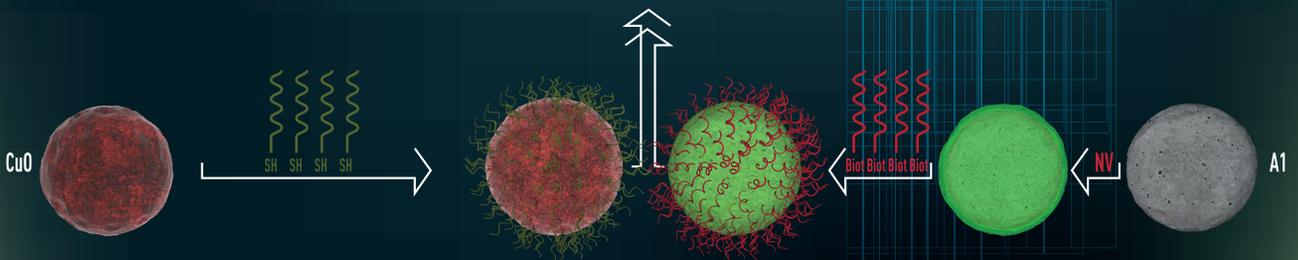


Schéma représentant les différentes étapes de fabrication des nanocomposites Al/CuO par assemblage ADN.

Les nanopoudres d'aluminium et d'oxyde de cuivre sont d'abord mises en suspension et stabilisées en solution aqueuse, ensuite fonctionnalisées avec des monobrins d'ADN et finalement assemblées grâce à l'hybridation des brins d'ADN complémentaires.

LE LAAS

Laboratoire d'analyse et d'architecture des systèmes, est un laboratoire de recherche du CNRS. Il compte 700 personnes et 22 équipes de recherche. En association avec l'Université de Toulouse, il mène des recherches en sciences et technologies de l'information, de la communication et des systèmes dans quatre grands domaines : les micro et nano systèmes ; l'automatique et le traitement du signal ; l'informatique ; la robotique et l'intelligence artificielle. Il développe deux axes transdisciplinaires : les interactions avec le vivant (biologie, santé) et l'intelligence ambiante avec le programme Adream. Le LAAS-CNRS est Institut Carnot, sa recherche étant en lien avec de nombreux secteurs industriels comme l'aéronautique, l'espace, les systèmes embarqués ou la santé.

La Lettre du LAAS

Publication du Laboratoire d'analyse et d'architecture des systèmes du CNRS
7, avenue du Colonel Roche, 31077 Toulouse Cedex 4, tél. : 05 61 33 62 74 • Courriel : laas-contact@laas.fr • Web : www.laas.fr

Directeur de la publication, Jean Arlat, directeur du LAAS-CNRS

Responsable de la rédaction, Marie-Hélène Dervillers

Comité éditorial : Jean-Baptiste Doucet, Marie Breil-Dupuy, Anne Hemeryck, Anne Mauffret, Thierry Monteil, Dimitri Peaucelle, Gilles Tredan.

Maquette & impression : Arts Graphiques & Publicité • 05 62 88 73 50 • Ramonville Saint-Agne

