

Laboratoire d'analyse et d'architecture des systèmes du CNRS

Sûreté de fonctionnement informatique

Entre fierté et défis

Bioplume, pour la détection biologique

Des puces à anticorps aux nanopuces

Interdisciplinarité pour la santé

Le LAAS et l'INSA premières équipes de recherche de l'ITAV

Brake-to-Vacate sur le premier vol de l'A380 d'Air France

Une histoire qui commence par une thèse au LAAS



sommaire

la lettre du LAAS n° 38

DOSSIER

SÛRETÉ DE FONCTIONNEMENT INFORMATIQUE Une moisson de résultats	4
FUTURS SYSTÈMES INFORMATIQUES UBIQUITAIRES De la tolérance aux fautes à la résilience	5
PROJET EUROPÉEN CRUTIAL Modélisation et protection d'infrastructures critiques interdépendantes	7
PROJET EUROPÉEN HIDENETS Des applications mobiles embarquées sûres de fonctionnement	8
JEAN-CLAUDE LAPRIE, GRAND PRIX 2009 DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES EN INFORMATIQUE Toute une vie de chercheur	10

ACTUALITÉ SCIENTIFIQUE

VERS DES CAPTEURS AUTONOMES POUR LA SURVEILLANCE D'AVIONS EN VOL Des microsystèmes de gestion de l'énergie	13
Microsillons en silicium pour l'imagerie 3D en biologie cellulaire	14
Des microplumes pour fabriquer des microlentilles en polymères	14
CANCÉROPOLE TOULOUSE CAMPUS CANCER Le LAAS, artisan du Centre Pierre-Potier ITAV	15

INNOVATION

SYSTÈMES D'ASSISTANCE À L'ATERRISSAGE SUR AIRBUS De la thèse au LAAS à la certification	16
GÉOLOCALISATION POUR LA NAVIGATION URBAINE Aider les malvoyants à se déplacer	17
DOMOTIQUE MÉDICALE Protéger les personnes âgées en zone rurale	18
START UP MICROBIOCHIPS Une nouvelle génération de biopuces à protéines	19

EXPÉRIENCE

ENTRETIEN : JEAN-BERNARD LASSERRE, CHERCHEUR EN AUTOMATIQUE "C'est une question de moments"	20
BIOPLUME Une pluridisciplinarité fertile	23
NICOLAS VAN WAMBEKE, 1400 ^e docteur du LAAS	24

VIE SCIENTIFIQUE

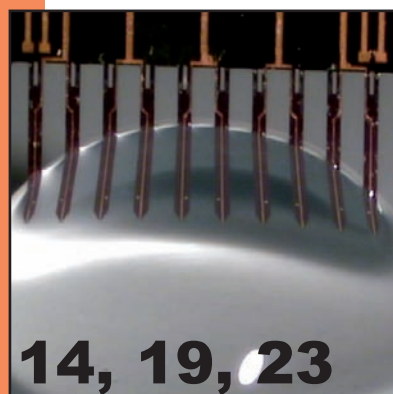
Nominations, talents	25 / 26 / 27
Distinctions régionales	27
Thèses	25 / 26 / 27 / 28 / 29
Habilitations à diriger des recherches	28 / 29
Parutions, congrès	30

IMAGE DU LAAS

Un laboratoire sur puce pour la visualisation 3D des mouvements de l'ADN	31
---	----

EXPOSITION AU LAAS

Réalisme et poésie de la vie scientifique	32
---	----



édito

PAR RAJA CHATILA
directeur du LAAS-CNRS



C'est à l'automne 2009 que le CNRS a mis en place sa nouvelle structure avec 10 instituts, le LAAS étant rattaché principalement à l'INSIS (Institut des sciences de l'Ingénierie et des Systèmes) et secondairement à l'INS2I (Institut des Sciences Informatiques et de leurs Interactions). Les recherches du laboratoire se situent au confluent des domaines de ces deux instituts, la problématique de l'intégration matériel-logiciel avec une approche système. Ce numéro illustre bien cette unité et cette démarche.

En 2009, Jean-Claude Laprie a reçu le grand Prix de l'Académie des sciences en informatique. Le LAAS saisit cette belle occasion de célébrer l'un de ses chercheurs talentueux à travers un événement scientifique les 15 et 16 avril 2010. Le dossier de ce numéro est consacré à la sûreté de fonctionnement informatique, discipline à laquelle Jean-Claude Laprie a apporté des contributions essentielles.

Toujours en 2009, l'Automatique a été à l'honneur avec le prix international Lagrange en optimisation décerné à Jean-Bernard Lasserre qui illustre l'originalité des travaux conduits au LAAS.

L'évolution vers des systèmes de plus en plus complexes intégrant des approches pluridisciplinaires a fait émerger dans la stratégie du LAAS deux axes de recherche transversaux au laboratoire. Le premier est celui des *interactions avec le vivant*, de l'échelle moléculaire à l'échelle de l'être humain, avec des ouvertures transdisciplinaires vers la biologie, la santé ou les neurosciences. Ce numéro rend compte de cette orientation à travers l'histoire de "Bioplume" depuis son invention jusqu'à la création d'une start-up, le projet Ourses de domotique médicale ou encore les promesses de la micro fluidique, discipline en pleine expansion. L'inauguration de la plateforme bionanotechnologies avec le Centre Pierre-Potier ITAV sur le site du Cancéropôle Toulouse cancer campus à l'automne 2009 pour lequel le LAAS et ses équipes ont beaucoup œuvré, renforce les infrastructures mutualisées régionales pour la recherche transdisciplinaire dans ce domaine.

En juin prochain, le LAAS posera la première pierre d'un nouveau bâtiment emblématique du deuxième axe transversal du laboratoire, autour des *systèmes cyber-physiques et de l'intelligence ambiante*, baptisé **Adream** (Architectures Dynamiques Reconfigurables pour Systèmes Embarqués Autonomes Mobiles), et qui intègre aussi un important volet sur la conversion d'énergie photovoltaïque. Nous aurons l'occasion d'évoquer largement ce sujet dans le prochain numéro.

Les évolutions structurelles de l'enseignement supérieur et de la recherche vont donner une importance croissante à la dynamique des sites régionaux dont le LAAS est un des maillons incontournables. Il participe activement au pôle mondial Aerospace Valley avec par exemple des systèmes de gestion d'énergie pour la surveillance d'avions en vol. La démarche du LAAS est illustrée par le parcours de deux jeunes docteurs, démontrant d'une part la diversité des parcours possibles de formation par la recherche et d'autre part les relations étroites du laboratoire avec l'industrie, dont les besoins sont souvent à la source de véritables sujets de recherche. Des arguments en faveur du futur campus d'innovation technologique dans le cadre de l'Emprunt National. Assurément, le LAAS a sa carte à jouer dans la future grande université du XXI^e siècle qui conjuguera recherche, formation et innovation.

Nous vous souhaitons une bonne lecture !



Image de couverture :
Cartographie partielle du réseau Internet en 2005.
Les liens, modélisés par des étoiles, composant la toile sont reliés par des nœuds (hubs) interconnectés.

Le LAAS

Laboratoire d'analyse et d'architecture des systèmes

est un laboratoire de recherche du CNRS. Ses domaines de recherche sont les micro et nanosystèmes, l'automatique et le traitement du signal, l'informatique et la robotique.

Le LAAS est associé, au sein du PRES Université de Toulouse, à trois établissements d'enseignement supérieur : l'Université Paul Sabatier, UPS, l'Institut national des sciences appliquées, INSA et l'Institut national polytechnique, INP.

649 personnes dont

- 209 chercheurs et enseignants-chercheurs
- 275 doctorants et 50 post-doctorants et chercheurs en poste d'accueil
- 115 ingénieurs et techniciens



Le LAAS a le label Carnot depuis 2006.

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, Fax : 05 61 55 35 77

Courriel : laas-contact@laas.fr, Web : www.laas.fr

Directeur de la publication

Raja Chatila, directeur du LAAS-CNRS

Responsable de la rédaction

Marie-Hélène Dervillers

Comité éditorial

Aurélien Bancaud, Lucie Baudouin, Sophie Bonnefont, Marie Breil, Pierre-François Calmon, Silvano Dal Zilio, Patrick Danès, Christian Ganibal, Jérémie Guiochet, Marie-José Huguet, Olivier Llopis, Anne Mauffret, Gérard Mouney.



Laboratoire d'Analyse
et d'Architecture des Systèmes



SÛRETÉ DE FONCTIONNEMENT INFORMATIQUE

Une moisson de résultats

L'informatique ubiquitaire, ce sont ces immenses systèmes, en continuelle évolution, de réseaux d'objets informatiques ; qu'il s'agisse des gigantesques fermes de serveurs et centres de données ou des minuscules dispositifs mobiles ; l'ensemble constituant l'infrastructure informationnelle. Cette problématique a été au centre de trois projets européens, de trois ans chacun, qui se sont déroulés en concomitance et viennent de s'achever.

Le réseau d'excellence ReSIST¹ a défini les approches nécessaires pour doter l'infrastructure informationnelle de la résilience à même de supporter l'intelligence ambiante. Le projet HIDENETS², s'est concentré sur la conception et la validation d'applications mobiles embarquées sûres de fonctionnement. Enfin, le projet CRUTIAL³ a étudié les interdépendances entre l'infrastructure informationnelle et l'infrastructure électrique. Ces trois projets avaient en commun la tolérance aux défauts de développement résiduels, aux défaillances et perturbations physiques, aux erreurs d'interaction et aux attaques malveillantes.

Le LAAS a coordonné ReSIST et a contribué significativement à HIDENETS et à CRUTIAL, dont il a été à l'origine. Cela n'est pas le fruit du hasard mais d'une véritable compétence, patiemment et durablement mûrie et enrichie au sein du laboratoire, qui a été précurseur contribuant très tôt à la notion de tolérance aux fautes puis en proposant aujourd'hui le concept de résilience informatique.

Cette compétence, qui a conduit une nouvelle fois la Commission européenne à accorder crédit scientifique et financier au LAAS au travers de ces trois projets, a été saluée également par l'Académie des sciences qui a décerné à Jean-Claude Laprie, fondateur au LAAS en 1975 du groupe de recherche Tolérance aux fautes et sûreté de fonctionnement informatique, son grand Prix en informatique.

Voici donc les fruits de ces trois angles de recherche, qui dessinent chacun leur avenir tout autant riche d'avancées substantielles que pavé de défis à relever à la mesure d'une évolution extrêmement rapide. Jean-Claude Laprie revient, au terme administratif d'une vie professionnelle entièrement vouée à la recherche, sur sa vie de chercheur.

Les projets européens et les partenaires



RESIST : Resilience for Survivability in Information Society Technologies

Réseau d'excellence européen du 6^e programme cadre communautaire IST-26764

• LAAS-CNRS (coordinateur), Toulouse, France, • Université de technologie et d'économie de Budapest (Hongrie), • City University, Londres, Royaume-Uni, • Technische Universität Darmstadt, Allemagne, • Deep Blue, Rome, Italie, • Institut Eurécom, Sophia-Antipolis, France, • France Telecom Recherche et Développement, Lannion et Caen, France, • IBM Research, Zürich, Suisse, • Université de Rennes 1 – IRISA, France, • Université de Toulouse III – IRT, France, • Universitė Vytautas Magnus, Kaunas, Lituanie, • Fundação da Faculdade de Ciencias da Universidade de Lisboa, Portugal, • University of Newcastle upon Tyne, Royaume-Uni, • Università di Pisa, Italie, • QinetiQ, Malvern, Royaume-Uni, • Università degli studi di Roma "La Sapienza", Italie, • Universität Ulm, Allemagne, • University of Southampton, Royaume-Uni.

Période : janvier 2006 – mars 2009



HIDENETS : Highly DEpendable ip-based NETworks and Services

Projet européen du 6^e programme cadre communautaire IST-26979

• Aalborg University (Danemark) (coordinateur), • Université de technologie et d'économie de Budapest (Hongrie), • Carmeq GmbH (Allemagne), • Fujitsu Siemens Computers (Allemagne), • LAAS-CNRS, • Telenor (Norvège), • Twente Institute for Wireless and Mobile Communications (Pays-Bas) • Università di Firenze (Italie) • Fundação da Faculdade de Ciencias da Universidade de Lisboa (Portugal)

Période : janvier 2006 – mars 2009



CRUTIAL : Critical Utility Infrastructure resilience

Projet européen du 6^e programme cadre communautaire IST-27513

• CESI-RICERCA (Centro Elettrotecnico Sperimentale Italiano Ciacinto Motta, Milan, Italie, coordinateur), • CNR-ISTI (Consiglio Nazionale delle Ricerche – Istituto di Scienza e Tecnologia dell'Informazione, Pise, Italie), • Consorzio Nazionale Interuniversitario per le Telecomunicazioni (Italie), • Faculdade de Ciencias da Universidade de Lisboa (Portugal), • Université catholique de Leuven (Belgique), • LAAS-CNRS

Période : janvier 2006 – mars 2009

FUTURS SYSTÈMES INFORMATIQUES UBIQUITAIRES

De la tolérance aux fautes à la résilience

Le réseau d'excellence européen ReSIST a rassemblé des chercheurs de premier plan dans les domaines multidisciplinaires de la sûreté de fonctionnement, de la sécurité informatique et des facteurs humains. Plus de cent chercheurs et à peine moins de doctorants de huit pays y ont pris part, avec l'objectif de doter l'Europe d'un ensemble cohérent de recherches sur la résilience des futurs systèmes informatiques ubiquitaires, en termes de concepts, de modèles, de politiques, d'algorithmes et de mécanismes. Pour ce faire, un état des connaissances, inexistant jusqu'alors, a été dressé. De là un programme de recherche, des actions ciblées, au sein de mini-projets, un programme d'enseignement et un support de cours associé ont été élaborés. Le tout porté par une nouvelle acception du concept de résilience informatique.

La résilience informatique est définie par ReSIST comme la persistance de la délivrance d'un service de confiance justifiée — donc la persistance de la sûreté de fonctionnement — face à des changements fonctionnels, environnementaux ou technologiques, ces derniers pouvant être matériels comme logiciels. Cette persistance dépasse la notion de tolérance aux fautes au profit de celle de résilience, qui prône l'adaptabilité à ces changements. Le réseau d'excellence ReSIST s'est donc fixé l'objectif d'organiser et de proposer en un ensemble cohérent la recherche sur la résilience des futurs systèmes informatiques ubiquitaires. La méthode choisie a été de :

- rassembler des équipes de chercheurs telles que les sujets fondamentaux relatifs aux systèmes ubiquitaires résilients puissent être abordés par une recherche coopérative et multidisciplinaire de grande ampleur,
- identifier, dans un contexte international, des axes-clefs de recherche (techniques et socio-techniques) induits sur les systèmes ubiquitaires support de l'intelligence ambiante,
- produire des résultats de recherche significatifs (concepts, modèles, politiques, algorithmes, mécanismes) qui pavent la voie vers les systèmes ubiquitaires résilients,
- promouvoir et diffuser une culture de la résilience dans les programmes d'enseignement supérieur et dans les meilleures pratiques de l'ingénierie.

L'état des connaissances a été rassemblé en 2006 par cinq groupes investis dans autant d'aspects des technologies de la résilience : architecture, algorithmes, systèmes socio-techniques, évaluation, vérification, puis synthétisé dans un document unique de 22 articles. On en vint alors en 2007 à la prospective. Chaque groupe de travail releva les axes



de recherche selon les quatre propriétés de la résilience : évolutivité, analysabilité (néologisme faute de traduction simple d'"assessability"), utilisabilité ("usability") et diversité. Ces vues ont conduit, après structuration, compléments et synthèse, au programme de recherche préconisé. Les deux documents, œuvre de 83 co-auteurs, ont été identifiés comme particulièrement pertinents par l'enquête internationale sur les défis de recherche en résilience informatique, conduite en 2008, qui a recueilli les avis et propositions de cinquante collègues académiques et industriels du monde entier.

Parallèlement, plusieurs actions de recherche coopératives bi- ou multi-latérales ont été entreprises, qui ont culminé durant la dernière année de ReSIST dans neuf mini-projets couvrant l'ensemble des propriétés de la résilience informatique. Ceux-ci sont nés d'un appel, basé sur le programme de recherche, auprès des jeunes chercheurs et des doctorants — les chercheurs confirmés de demain —, impliquant soixante dix d'entre eux (lire P. 6).

Une culture de la résilience

Afin d'offrir une représentation structurée des concepts sous-tendant le volumineux, et toujours croissant, ensemble de documents où réside la connaissance dans le domaine de la sûreté de fonctionnement et de la résilience, une ontologie et un thésaurus ont été construits. Une telle représentation permet d'utiliser les outils de traitement de la langue naturelle pour effectuer l'identification et la classification des documents traitant de la résilience.

ReSIST en quelques chiffres

Le réseau d'excellence européen ReSIST a mobilisé 105 chercheurs et 68 doctorants, de 14 institutions académiques et 4 sociétés industrielles, issus de 8 pays de la communauté.

La base des connaissances comporte 110 millions de faits de base. L'état des connaissances est structuré en 22 articles de synthèse. Le programme de recherche compte 41 textes focalisés introduits par 4 synthèses, l'ensemble rédigé par 83 co-auteurs. 9 mini-projets ciblés ont permis à 70 jeunes chercheurs et doctorants d'exercer leur talent, 32 publications co-signées en résultent. Le programme d'enseignement, couvrant les deux dernières années de maîtrise, est assorti d'un support de cours de 1590 planches. Au total, 485 articles ont été publiés, dont 60 co-signés par des chercheurs de 2 à 5 partenaires. L'effort, de façon comptable dans les coûts éligibles soumis à la Commission européenne, représente 672 personne.mois. L'effort réel peut être estimé au moins au double.

Un programme d'enseignement en résilience informatique a été établi, qui couvre sur quatre semestres les deux dernières années de maîtrise ès-sciences, pour un total de 120 ECTS (European Credit Transfer and Accumulation System), partagé également entre les deux années. Le premier semestre porte sur les bases et les fondements, le deuxième sur les méthodes, techniques et outils, le troisième sur des projets en coopération avec l'industrie sur des domaines d'application spécifiques, et le quatrième est consacré au mémoire de maître ès-sciences. Ce programme et le support de cours associé — planches et exercices — sont, par leur

dimension coopérative internationale, uniques en leur genre. Ils sont à la libre disposition des enseignants en sûreté de fonctionnement, en sécurité et en résilience informatiques.

L'ensemble des résultats de ReSIST est accessible sur son site web, et, sous la forme du web sémantique, dans la base de connaissances RKB (Resilience Knowledge Base). Cette base, au-delà des résultats du réseau, fournit un accès intégré à des informations approfondies en provenance de toute l'Europe, à propos des personnes, projets, institutions et publications concernant les chercheurs en résilience informatique, ainsi que sur les organisations qui leur dispensent des fonds. La base de connaissances comporte approximativement 110 millions de faits de base, auxquels il peut être fait accès par une variété d'outils et d'interfaces, y compris l'application RKB Explorer.

Nombre d'événements ont été organisés dans le but de familiariser la communauté concernée

L'activité au sein de ReSIST a conduit à 485 publications. Au delà de cette concrétion du concept de résilience informatique, nombre d'événements ont été organisés dans le but de familiariser la communauté concernée et d'installer une véritable culture de la résilience. Ainsi un séminaire des doctorants en Italie en 2006, une école d'été en France en 2007, plusieurs journées d'étude ouvertes à l'ensemble de la communauté et des présentations, tables rondes, tutoriels lors de conférences internationales. Quant aux résultats, qui dépassent les objectifs originaux, ils ouvrent la voie, tracée et large, aux recherches sur les systèmes ubiquitaires actuels et surtout en devenir. ■



Contact

Jean-Claude Laprie, Jean-Claude.Laprie@laas.fr
Karama Kanoun, Karama.Kanoun@laas.fr



ReSIST a rassemblé des chercheurs d'horizons divers pour une recherche coopérative et multidisciplinaire

Les mini-projets de

PARTENAIRES

Le partenaire leader est en italique

1. City U., IRIT, U. Newcastle
2. City U., U. Kaunas, *LAAS*
3. IRISA, *LAAS*, U. Rome
4. IRIT, U. Newcastle, *U. Pise*
5. *U. Lisbonne*, U. Pise, City U.
6. City U., U. Darmstadt, *Eurecom*, FranceTelecom, IBM
7. Deep Blue, *U. Lisbonne*, U. Pise
8. *U. Budapest*, *LAAS*
9. U. Pise, Qinetiq, *U. Ulm*



TITRES

1. Assessing the resilience of open verifiable e-voting systems
2. Assesment-based adaptable software architecture for dependability
3. Formalisms and algorithms for resilient services design in ambient systems
4. Formal analysis of evolving resilient usable systems
5. Fault/intrusion removal through evolution and recovery
6. Malicious fault characterization exploiting honeypot data
7. Multi-agent systems with fault-tolerant agreement protocols for conflict resolution in air traffic control
8. Testing in mobile settings
9. Formal modelling and analysis methods for wireless sensor network algorithms

Adaptation en opération de logiciels de tolérance aux fautes

L'adaptation en opération des logiciels peut être due à de nombreuses raisons liées à l'environnement du système, à l'évolution des logiciels au travers de versions successives, à des actions de reconfiguration du système global, à la consommation des ressources, mais aussi à l'occurrence de fautes, voire à de nouveaux types de fautes observés en opération. Cette tendance est très actuelle dans le monde du génie logiciel pour les systèmes d'information en général et concernera dans un futur proche les systèmes critiques. C'est cette problématique qui a fait l'objet du projet ASAP (*Assesment-based AdaPtable Software Architecture for Dependability*, voir encadré mini-projets) dont l'objectif était de montrer que les nouvelles techniques de développement logiciel à base de composants ainsi que les approches réflexives de la conception des systèmes permettaient d'aborder le problème de l'adaptation en opération des mécanismes de tolérance aux fautes. Ces approches permettent de structurer le logiciel en composant indépendants dont on peut observer la structure interne ainsi que manipuler les liaisons inter composants. L'adaptation en opération demande aussi une modélisation comportementale plus fine (par exemple, à base de Réseaux de Petri) pour déterminer les états adaptables permettant la substitution d'un composant par un autre en opération. Ces états ont été déterminés de façon précise pour garantir des propriétés de sécurité et de vivacité lors de l'adaptation du logiciel de tolérance aux fautes.

Les expérimentations réalisées ont montré l'intérêt et la faisabilité de l'adaptation en opération grâce aux nouvelles technologies de développement logiciel mentionnées précédemment. Le cœur de ces travaux est consigné dans une thèse de doctorat¹ soutenue le 27 Janvier 2009 au LAAS. Ces travaux ont ouvert la voie à des études plus approfondies portant sur l'évolution en opération de mécanismes de tolérance aux fautes par une approche proactive, mais aussi sur la vérification par test des logiciels produits selon ces techniques émergentes de génie logiciel.



Contact : Jean-Charles Fabre, fabre@laas.fr

¹ Thomas Pareaud, *Adaptation en ligne de mécanismes de tolérance aux fautes par une approche à composants ouverts*, Doctorat de l'Institut national polytechnique de Toulouse, 27 Janvier 2009, 166p.

PROJET EUROPÉEN CRUTIAL

Modélisation et protection d'infrastructures critiques interdépendantes

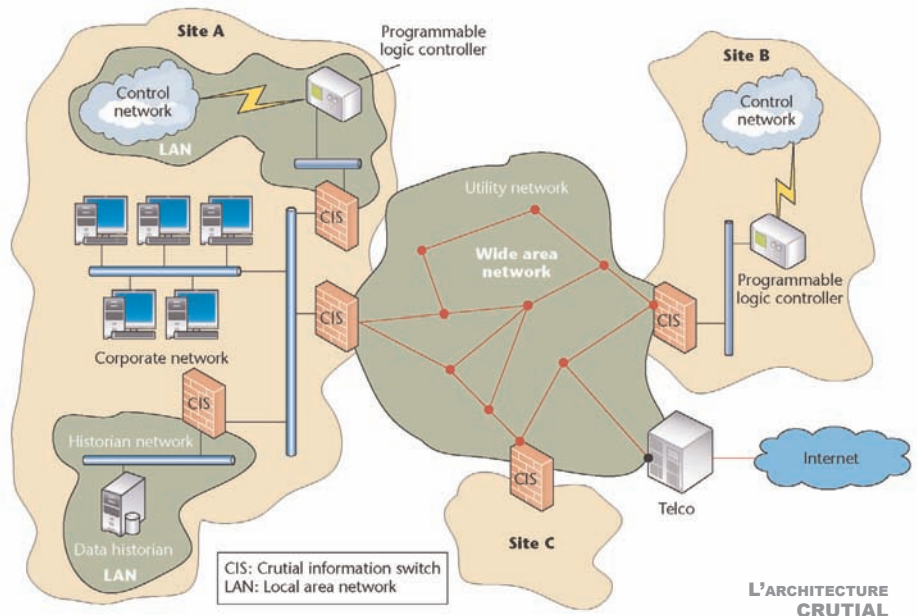
L'exploitation et le contrôle des réseaux électriques ont longtemps été centralisés. L'ouverture des marchés et l'émergence de nouvelles formes de production de l'énergie électrique amène des modes d'exploitation décentralisés, faisant intervenir des organisations multiples avec des systèmes d'information interconnectés, dont certains pourraient être ouverts sur le réseau Internet.

Ces évolutions et ces interdépendances engendrent des vulnérabilités qui peuvent conduire, par accident ou par malveillance, à des défaillances dites en cascade ou en escalade qu'il est nécessaire de modéliser, comprendre et analyser pour pouvoir développer des mécanismes de protection efficaces.

Les résultats de CRUTIAL sont relatifs d'une part à la modélisation des défaillances consécutives aux interdépendances et l'évaluation de leurs conséquences, et d'autre part, au développement d'une architecture intégrant des mécanismes de contrôle d'accès et de tolérance aux fautes et aux intrusions, prenant en compte les interdépendances.

Concernant la modélisation, le LAAS a contribué essentiellement par l'établissement d'un modèle original permettant de représenter de façon unifiée l'influence des fautes accidentelles (défaillances du matériel, défauts résiduels du logiciel, interactions inappropriées) et des malveillances (attaques externes ou malversations internes) de l'infrastructure informationnelle, ainsi que les défaillances de l'infrastructure électrique. Ce modèle est basé sur l'hypothèse que les défaillances en cascade ayant pour origine des dysfonctionnements dans une infrastructure donnée, induisent des contraintes sur le fonctionnement de l'autre infrastructure (se traduisant par exemple par des dégradations des performances ou des interventions inappropriées), entraînant ainsi des défaillances dites en escalade. Le modèle est constitué d'une machine à états décrivant de façon compacte le comportement des infrastructures et leurs interdépendances, machine à états explicitée par un réseau de Petri stochastique qui permet de mettre en évidence l'enchaînement des phénomènes conduisant à des défaillances en cascade et en escalade. Ce modèle unifié, qui est le premier à avoir été publié, a servi de base aux autres activités d'évaluation du projet. Il s'est avéré très utile pour une bonne compréhension des défaillances liées aux interdépendances, et il a aussi servi de base à la formalisation des interdépendances ainsi qu'à l'élaboration de modèles détaillés tenant compte des architectures internes des infrastructures.

Dans l'architecture CRUTIAL, l'infrastructure informationnelle est vue comme un réseau



Des politiques de sécurité adaptées au contexte ouvert, hétérogène et multi-organisationnel

informatique étendu (Wide Area Network, ou WAN) interconnectant plusieurs réseaux locaux (Local Area Network, ou LAN) par des CIS (CRUTIAL Information Switch) intégrés à des équipements physiques comme des routeurs, passerelles ou pare-feux, situés à la frontière entre le réseau local d'une organisation et le reste du monde. Ils intègrent deux mécanismes de protection principaux offrant : 1) la vérification des interactions entre organisations selon des contrats préétablis, et 2) la sécurité des communications entre CIS. Plusieurs versions

du CIS ont été développées, correspondant à différents niveaux de tolérance aux intrusions, sélectionnés en fonction du niveau d'acceptabilité des risques et du coût dans l'environnement considéré.

Les principales contributions du LAAS à l'architecture CRUTIAL ont concerné la formulation et la mise en œuvre de politiques de sécurité adaptées au contexte ouvert, hétérogène et

multi-organisationnel, qui caractérise les infrastructures étudiées. Dans l'approche proposée, PolyOrBAC, (une extension de OrBAC, Organization Based Access Control), chaque organisation protège en toute indépendance ses propres biens, tout en étant tenue responsable de ses interactions avec les autres organisations participant à l'infrastructure. Pour cela, chaque organisation définit sa propre politique de sécurité, et les interactions entre organisations utilisent des services Web, en conformité avec des contrats signés entre fournisseur et client de chaque service Web. Cette conformité est vérifiée en temps réel par des automates temporisés mis en œuvre au sein des CIS. Un prototype a été développé pour valider ces principes sur un scénario applicatif mettant en jeu les opérateurs des centres de contrôle d'un réseau de transport d'électricité et de réseaux de distribution d'électricité dans un contexte critique nécessitant un délestage en urgence. ■



Contact

Mohamed Kaâniche, kaaniche@laas.fr

PROJET EUROPÉEN HIDENETS

Des applications mobiles embarquées sûres de fonctionnement



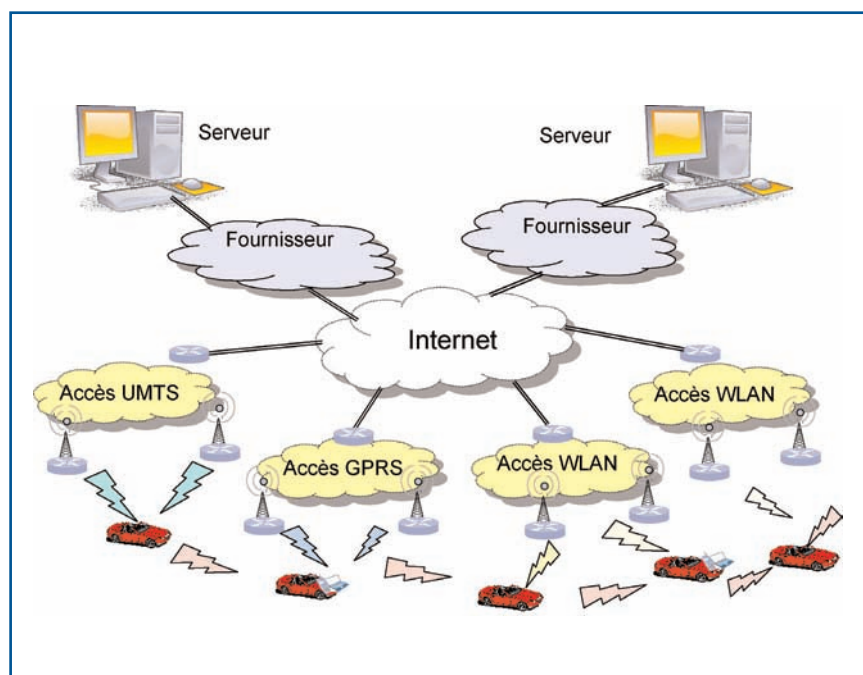
L'évolution des technologies de communication sans fil a engendré de nouvelles applications dans l'informatique mobile, qu'il s'agisse par exemple de la domotique, la santé, la protection de l'environnement ou encore de l'automobile ou des transports en général. Ces applications sont basées sur la présence de processeurs embarqués dans des objets physiques : téléphones, ordinateurs, appareils photo..., pouvant dialoguer entre eux via des réseaux sans fil ou accéder à des services via des infrastructures fixes. Pour que les services fournis par ces applications soient adoptés par le grand public, la question de leur sûreté de fonctionnement, et donc de la confiance qu'on peut leur porter, est essentielle. Pour y répondre, plusieurs aspects sont à prendre en compte dans la conception et la validation de ces applications : mobilité des objets et des utilisateurs, défaillances d'origine accidentelle ou malveillante, déconnexions fréquentes, autonomie limitée, restrictions de bande passante et de traitement.

Le projet HIDENETS, associant neuf partenaires académiques et industriels, s'est concrétisé par le développement de solutions innovantes pour la conception, le développement et l'analyse d'applications mobiles embarquées sûres de fonctionnement, particulièrement dans le domaine de l'automobile. Cette industrie porte en effet un intérêt croissant à l'utilisation des communications sans-fil et des réseaux spontanés, cherchant à améliorer la sécurité et la fluidité du trafic et à offrir de nouveaux services de confort et de loisirs aux passagers.

Les recherches menées dans le cadre de HIDENETS ont abouti à des solutions architecturales offrant aux applications des services support pour la sûreté de fonctionnement, permettant de prendre en compte les contraintes liées à la mobilité, ainsi qu'à l'élaboration de méthodes efficaces pour leur développement, leur test et leur évaluation. Des prototypes expérimentaux ont été mis en œuvre pour éprouver la faisabilité des solutions proposées selon des scénarios applicatifs issus de l'automobile.

Les services support pour la sûreté de fonctionnement visent à assurer la protection des applications face à des fautes accidentelles ou à des malveillances risquant d'affecter les plates-formes d'exécution et de communication et d'altérer les données et caractéristiques temporelles. Ces services sont mis en œuvre par des intergiciels s'interposant entre le logiciel applicatif et les couches de communication de niveaux liaison et réseau du protocole ISO. Ils permettent par exemple la détection et la tolérance aux erreurs temporelles, la réplication de processus logiciels ou des liens et interfaces de communication. Les contributions du LAAS ont porté sur le développement de mécanismes de sauvegarde coopérative de données, tirant profit des ressources mises à disposition par les dispositifs mobiles à proximité. L'exemple applicatif utilisé a été celui d'une boîte noire virtuelle distribuée (au sens aéronautique du terme, voir encadré).

Outre le développement de solutions architecturales, un effort important a été consacré à l'élaboration d'une approche d'évaluation holistique permettant de quantifier les caractéris-



LE CONTEXTE ET LES SCÉNARIOS DE MOBILITÉ HIDENETS

Une boîte noire virtuelle distribuée pour l'automobile

LA PLATEFORME EXPÉRIMENTALE ARUM, CONSTITUÉE D'ORDINATEURS PORTÉS PAR DES ROBOTS MOBILES



tiques de sûreté de fonctionnement des applications à différents niveaux d'abstraction. Une telle approche a été conçue pour maîtriser la complexité en proposant une décomposition multi-couches du système et une évaluation par composition de résultats issus de modèles analytiques, de simulations ou d'évaluations expérimentales. Une attention particulière a été consacrée à la prise en compte de façon combinée des caractéristiques de l'environnement et des scénarios de mobilité en plus des conséquences des défaillances des systèmes mis en jeu. Les travaux du LAAS ont concerné la définition conceptuelle de cette approche et son application à plusieurs cas d'études parmi lesquels un système d'autoroute automatisée, une boîte noire virtuelle distribuée.

Concernant le test, les travaux ont conduit à la définition d'une méthode de test guidée par des scénarios. Pour décrire les interactions dans un contexte mobile, des extensions ont été apportées aux langages de scénarios classiques, notamment l'adjonction d'une vue spatiale sous forme de graphes étiquetés. De la sorte, on représente explicitement non seulement les communications entre nœuds, mais aussi l'évolution des configurations spatiales du système due à la mobilité. Un algorithme a également été développé pour permettre l'analyse automatique des traces d'exécution des tests. Ces travaux ont été menés en particulier par le LAAS en collaboration avec l'université de Budapest dans le cadre d'une thèse en co-tutelle. ■



Contact

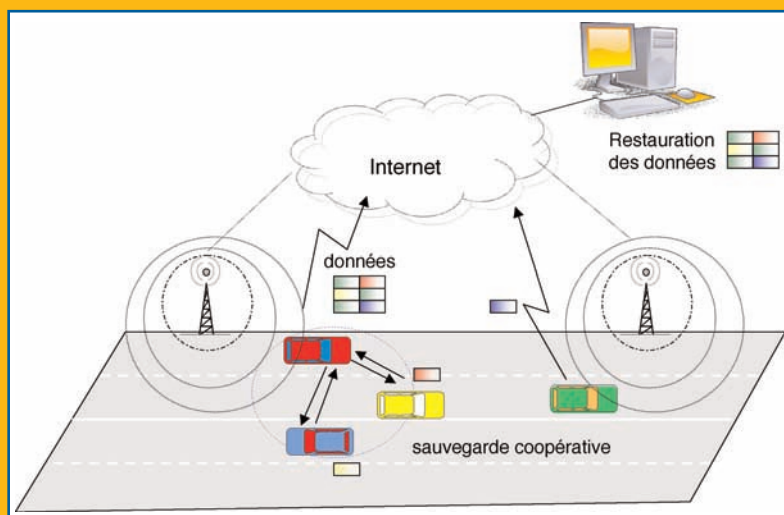
Mohamed Kaâniche, kaaniche@laas.fr

A la manière des boîtes noires utilisées dans l'aéronautique, l'objectif est d'enregistrer de façon continue des informations sur l'état d'un véhicule et de son environnement : la vitesse du moteur ou du véhicule, l'état des freins, la position du volant, la ceinture de sécurité du conducteur. En plus de ces informations classiques, la boîte noire distribuée ici proposée est capable d'enregistrer des informations sur le voisinage des véhicules, comme par exemple la position des véhicules environnants. Ces informations sont utiles pour analyser les causes et responsabilités dans un accident. Cependant, au lieu d'utiliser un matériel coûteux pour sauvegarder les données sur le véhicule (qui risque d'être lui-même endommagé en cas d'accident), l'idée promue par le LAAS consiste à transférer les données collectées sur un serveur de l'infrastructure fixe, en utilisant les véhicules se trouvant à proximité pour une sauvegarde temporaire permettant ainsi de préserver la disponibilité des données. Cette

solution permet d'éviter la perte des données qui pourrait résulter de défaillances accidentelles ou de malveillances avant leur sauvegarde permanente.

La conception de cette application s'appuie sur trois services de base. L'un d'eux permettant l'identification des véhicules se trouvant à proximité en réalisant une cartographie en temps réel du voisinage ; le deuxième l'authentification et l'évaluation du niveau de confiance des véhicules participant au service de sauvegarde ; et le troisième la sauvegarde coopérative des données recueillies par le véhicule source en utilisant des codes d'effacement d'erreurs qui sont bien adaptés pour préserver la disponibilité et la confidentialité des données. Un prototype expérimental a été développé pour valider ces principes dans un laboratoire qui est instrumenté pour reproduire les caractéristiques d'un environnement réel, à échelle réduite. Le prototype est constitué d'ordinateurs portés par des robots mobiles, qui sont équipés d'un système de localisation et de cartes WIFI 802.11 avec des atténuateurs de signal. La salle d'expérimentation est équipée d'un système de localisation en temps réel basé sur un système de capture de mouvement à partir de caméras infrarouge. Une vidéo illustrant cette expérimentation est disponible sur <http://theresumeeexperience.blogspot.com/>.

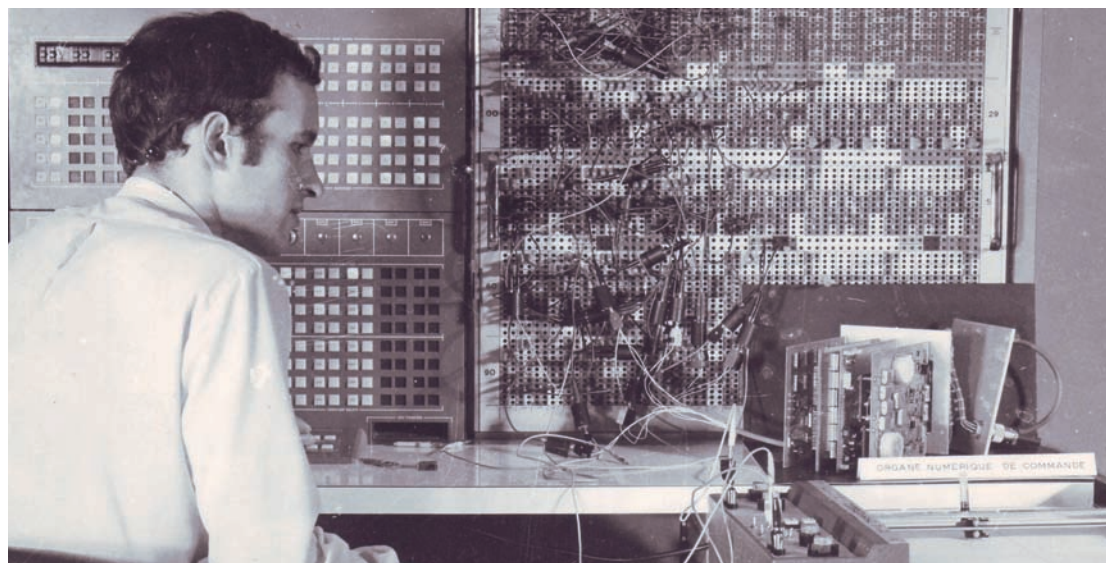
@ Marc-Olivier Killijian, marco.killijian@laas.fr



LE FONCTIONNEMENT D'UNE BOÎTE NOIRE DISTRIBUÉE BASÉE SUR UNE SAUVEGARDE COOPÉRATIVE DES DONNÉES

JEAN-CLAUDE LAPRIE, GRAND PRIX 2009 DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES EN INFORMATIQUE

Toute une vie de chercheur



MA THÈSE DE DOCTEUR INGÉNIEUR ÉTAIT POUR MOI L'OCCASION DE GOÛTER UN PEU À LA RECHERCHE, MAIS J'AI ATTRAPÉ LE VIRUS

L'annonce du grand Prix de l'Académie des sciences en Informatique m'a fait extrêmement plaisir. D'abord du fait de l'énoncé du Prix qui récompense l'ensemble des travaux d'une personnalité scientifique dans un laboratoire français, qui a contribué de manière exceptionnelle au dynamisme et au rayonnement de la recherche en informatique tout en établissant une coopération remarquable avec l'industrie. Ensuite, le moment de ma vie où ce Prix vient : je suis à quelques mois de la fin officielle de mon activité professionnelle, même si dans les faits elle se prolongera par un éméritat.

Ce prix salue donc l'ensemble de la vie professionnelle d'un chercheur. La Lettre du LAAS m'ayant ouvert ses colonnes, je saisis cette occasion pour revenir sur ma vie de chercheur. Après un bref résumé, j'aborde successivement contributions scientifiques, relations industrielles, tâches de direction, projets européens, place dans la communauté internationale, tâches d'enseignement, et bien sûr le CNRS qui m'a permis de vivre cette vie passionnante. Plutôt qu'une relation factuelle, j'ai choisi de mettre l'accent sur les principes qui m'ont guidé et les enseignements que j'ai tirés, et donc de dégager, ce faisant, ma vision du métier de chercheur.

Tout commence lorsque, en troisième année de l'ENSICA, je réponds à une offre, par deux de mes professeurs, Alain Costes et Christian Durante, de thèse de docteur-ingénieur au LAAS sur la commande d'attitude de satellites géostationnaires par propulsion ionique. C'est pour moi l'occasion de goûter un peu à la recherche, avant d'aller dans l'industrie. Mais j'attrape le virus de la recherche : le LAAS est alors récemment créé, et son fondateur Jean Lagasse sait insuffler de l'enthousiasme ! Une fois ma thèse soutenue, et le service militaire accompli comme Appelé scientifique du contin-

gent, je réussis le concours d'entrée au CNRS. Je m'oriente alors vers la sûreté de fonctionnement informatique qui sera l'objet de ma thèse d'État, soutenue en 1975, et vers lequel j'entraîne des chercheurs qui m'entourent. Je deviens, fin 1975, responsable de ce qui sera le groupe de recherche *Tolérance aux fautes et sûreté de fonctionnement informatique* (TSF) du LAAS. En 1992, la pratique depuis 1971 des relations industrielles me permet de fonder le LIS, Laboratoire d'ingénierie de la sûreté de fonctionnement, laboratoire commun réunissant le LAAS, Matra Marconi Space (devenu depuis Astrium) et Technicatome (devenu depuis Areva-TA), auxquels se joignent, en 1996, l'Aérospatiale (aujourd'hui EADS Airbus), EDF et Thomson-CSF (aujourd'hui Thales). Je conduis le LIS, et toujours le groupe TSF, jusqu'à fin 1996 et ma nomination de directeur du LAAS, fonction que j'exercerai durant six ans. Après ce mandat, les années 2003 et 2004 ont été dominées par l'organisation du Congrès mondial de l'informatique, qui s'est tenu à Toulouse en Août 2004, et qui a rassemblé 1200 participants. J'ai ensuite constitué le Réseau d'excellence européen ReSIST (*Resilience for Survivability in Information Society Technologies*), que j'ai coordonné de janvier 2006 à mars 2009.

L'intérêt et l'importance de la sûreté de fonctionnement informatique n'ont fait que se renforcer au fil du temps, même si l'évolution scientifique et technologique a naturellement influencé le cours des travaux. Les sources de défaillance prédominantes ont évolué des pannes matérielles aux défauts logiciels,

complétés depuis l'ouverture des systèmes informatiques par les attaques malveillantes et, en raison de la complexité des systèmes actuels, par les erreurs de configuration. La sûreté de fonctionnement informatique est donc un domaine aussi durable que l'informatique elle-même, et offre des opportunités sans borne temporelle pour qui sait évoluer.

Les contributions scientifiques

La source majeure de la notoriété qui m'est accordée réside dans la structuration et la formulation des concepts de base de la sûreté de fonctionnement et de la terminologie associée. La sûreté de fonctionnement, définie comme la délivrance d'un service de confiance justifiée, est vue comme un concept intégrateur,

structuré en attributs (fiabilité, disponibilité, sécurité, confidentialité, intégrité, maintenabilité), en moyens (prévention, tolérance, élimination, prévision des fautes), et en entraves (fautes, erreurs, défaillances). Cette vue est maintenant la référence, en France et dans la communauté internationale. Les nombreuses références aux articles et communica-

tions que j'ai produits à ce propos depuis 1982, et l'ouvrage en cinq langues (anglais, français, allemand, italien et japonais) intitulé *Dependability : Basic Concepts and Terminology*, que j'ai publié chez Springer-Verlag en 1992 en sont le signe. Et de façon encore plus significative, le changement de nom des principales conférences du domaine, qui ont substitué *dependability* (sûreté de fonctionnement en anglais) à *fault tolerance*, qu'il s'agisse de la conférence phare (*Fault-Tolerant Computing Symposium*, devenue *Conference*

“
Même s'il n'en fournit pas toutes les conditions matérielles souhaitables, le CNRS permet de tracer une route scientifique, en toute liberté académique
”

on Dependable Systems and Networks), ou des conférences régionales (Europe, zone Pacifique, Amérique du Sud). Enfin, le caractère intégrateur de cette vue a beaucoup contribué à la structuration des activités de la communauté, et à son rapprochement avec d'autres, en particulier celles des méthodes formelles et de la sécurité informatique. Je poursuis cette activité, en collaboration avec des collègues et amis américains et britanniques, Al Avizienis de UCLA et Brian Randell de l'Université de Newcastle upon Tyne.

Mes autres contributions ont porté sur l'évaluation probabiliste de la sûreté de fonctionnement des systèmes, avec un fort accent sur la fiabilité du logiciel, et sur la tolérance aux fautes logicielles. J'ai développé ces travaux en collaboration avec d'autres chercheurs du groupe TSF, tout en maintenant une production scientifique personnelle. J'ai toujours considéré qu'autant il est naturel que nombre de publications soient co-signées, sous réserve bien sûr que tous les co-auteurs aient contribué de façon effective aux résultats présentés (ne pas confondre co-signature et remerciements !), autant il est essentiel que tout chercheur publie sous son seul nom. Je suis ainsi seul auteur d'un bon quart de mes 172 articles dans des revues scientifiques, communications dans des actes de congrès, chapitres d'ouvrages, ouvrages (la production totale du groupe lorsque j'en étais responsable a été de 309 articles de revues et communications dans des actes). De même, en tant que responsable de groupe, j'ai naturellement insufflé des thèmes de recherche aux quinze chercheurs concernés, tout en leur ménageant la possibilité de tracer leur propre route scientifique, ce que plusieurs d'entre eux ont fait avec succès, et je me suis toujours refusé à établir une structure hiérarchique entre les chercheurs. Le groupe TSF s'est, au fil du temps, affirmé comme un acteur de tout premier rang au sein de la communauté nationale et internationale de la recherche en sûreté de fonctionnement des systèmes informatiques. Je ne résiste pas au plaisir de citer le

jugement porté par le Comité scientifique du LAAS en octobre 1996, alors que j'allais quitter la responsabilité du groupe pour prendre la direction du laboratoire :

"L'avis du Comité sur la présentation du groupe Tolérance aux Fautes et Sûreté de Fonctionnement Informatique est assez facile à formuler, car ce qui nous a été présenté a reçu l'adhésion de tout un chacun sur le niveau et la qualité de ce groupe qui est le premier européen et peut-être mondial dans son domaine [...] Le groupe est un point extrêmement fort du LAAS et tout le monde se félicite de l'action qui est menée tant au niveau du groupe qu'au niveau du laboratoire commun LIS".

Ce qui précède ne signifie nullement que je n'ai pas de regrets, celui en particulier de ne pas

avoir su dégager le temps nécessaire à l'approfondissement de certains de mes résultats de nature théorique sur l'évaluation probabiliste de la fiabilité et de la disponibilité des logiciels. L'éméritat m'en fournira peut-être l'occasion.

Je salue les chercheurs du groupe TSF avec qui j'ai vécu ces années, en particulier ceux avec qui j'ai rédigé des publications scientifiques : Jean Arlat, Christian Beounes, prématurément disparu en 1993, Alain Costes, Yves Crouzet, Yves Deswarte, Jean-Charles Fabre, Mohamed Kaâniche, Karama Kanoun et David Powell.

Une activité importante d'un chercheur est l'encadrement de doctorants, par la démultiplication des idées qu'ils apportent. Comme toute relation scientifique et humaine, elle s'accompagne de variété. Je continue à entretenir des relations, scientifiques et amicales, avec plusieurs de mes anciens doctorants, tels Jean-

Paul Blanquart d'Astrium ou Pascal Traverse d'Airbus.

Les collaborations industrielles

Allier spéculations scientifiques au meilleur niveau international et concrétisations technologiques par des relations industrielles a été le style du LAAS depuis sa fondation. Ainsi, les recherches conduites au LAAS dépassent la scission schématique entre recherche fondamentale et recherche appliquée, étant les deux à la fois. Elles allient, selon le modèle du Quadrant de Pasteur, quête de compréhension fondamentale et souci d'utilisation, et contribuent de ce fait tant à la science qu'à la technologie.

J'ai conduit des travaux coopératifs avec l'industrie dès 1971, et de façon continue depuis lors, les partenaires industriels couvrant de nombreux secteurs d'activité. J'ai également eu une importante activité d'ingénieur-conseil, en France et à l'étranger, pour la NASA par exemple. Ces relations recherche-industrie ont culminé avec la création du LIS. Le LIS a constitué une expérience

hautement enrichissante, du point de vue organisationnel, par l'accueil dans un environnement académique d'ingénieurs de l'industrie pour des activités de recherche, mais aussi d'un point de vue scientifique, par l'enjeu que constitue l'ingénierie de la sûreté de fonctionnement informatique. En particulier, l'action pluridisciplinaire entreprise avec des ergonomes cognitivistes pour la tolérance aux fautes d'interaction homme-système a largement contribué à cet enrichissement, une fois surmontées les difficultés inhérentes à la pluridisciplinarité lors-

“ Allier spéculations scientifiques au meilleur niveau international et concrétisations technologiques par des relations industrielles a été le style du LAAS depuis sa fondation ”



qu'elle associe des parcours et des cultures fort différents. Le travail en commun commence par des échanges verbaux, nécessaires pour la compréhension mutuelle. Cette compréhension verbale apparemment acquise, l'étape suivante, c'est-à-dire l'écriture conjointe, révèle en fait que la moitié du chemin seulement a été parcourue !

La direction du LAAS

La direction d'un laboratoire de la taille du LAAS (180 chercheurs et enseignants-chercheurs, 170 doctorants, 25 post-doctorants, 95 ITA, lors de mon mandat) fut une activité fort prenante. En termes d'actions d'ensemble, j'ai conduit la production d'un plan de développement à cinq ans, ainsi que l'analyse des forces, faiblesses, opportunités et menaces, analyse rendue publique. J'ai rassemblé les compétences du laboratoire dans deux domaines jusque-là disjoints, la communication multi-média et les microsystèmes, pour aboutir à la définition d'une plate-forme de télé-ingénierie coopérative en développement de microsystèmes, projet retenu dans le cadre du Contrat de Plan État-Région 2000-2006, et qui a permis la rénovation et l'extension de la salle blanche, poursuivies par la suite. Afin de favoriser les dialogues scientifiques au sein du LAAS, les activités du laboratoire ont été décrites selon trois axes transdisciplinaires, Communication, Protection, Intégration, axes orthogonaux aux trois domaines disciplinaires traditionnels du laboratoire, l'Automatique, l'Informatique, la Microélectronique.

En termes d'organisation, j'ai bien sûr conservé ma conviction des méfaits des structures inutilement hiérarchisées, conviction renforcée par les résultats de la sociologie des organisations. Je ne résiste pas, à ce propos, à citer un précédent directeur du département des Sciences pour l'ingénieur du CNRS, Michel Combarous, qui, en assemblée générale du LAAS, rappela que "dans la recherche, contrairement à l'armée ou à la SNCF, on peut parler à plus de quatre ou cinq personnes" ! En tant que directeur, je me suis considéré comme le "primus inter pares" des chercheurs, tout en accordant une attention soutenue aux ITA qui, du fait de l'attachement de leurs postes au laboratoire, dépendent eux hiérarchiquement du directeur, ce dernier ayant alors une influence sur leur déroulement de carrière.

J'espère qu'avec Augustin Martinez, directeur-adjoint avec qui l'entente fut parfaite, nous avons perpétué la fierté des personnels du LAAS de faire partie d'un laboratoire d'exception.

Les projets européens

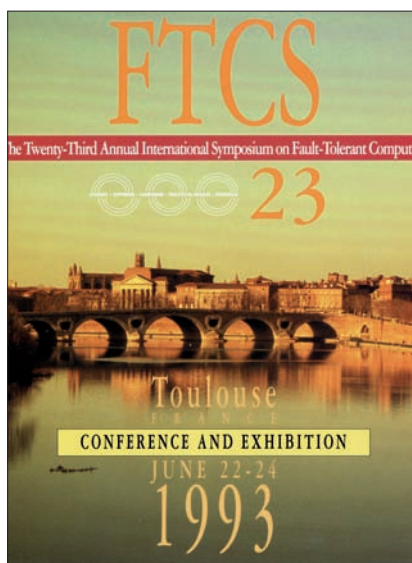
La coordination de ReSIST fut une autre grande expérience, extrêmement prenante et variée, comportant des volets scientifiques, de direction d'un ensemble composite de chercheurs et d'administration de la recherche. Je ne m'attarde pas sur ReSIST, qui fait l'objet d'un autre article de cette Lettre, mais j'aimerais mentionner l'aide précieuse que m'a apportée Karama Kanoun dans sa conduite.

Je saisis cependant l'occasion pour aborder les projets européens dans leur ensemble. J'ai participé dès le premier programme-cadre à nombre d'entre eux, et en ai co-dirigé, ou dirigé

comme ReSIST, plusieurs. Malgré la lourdeur administrative qu'ils entraînent, ils offrent un champ de collaboration nettement plus vaste et plus stimulant que les projets purement nationaux. Ils sont de plus devenus une des rares sources de financement appréciable. Les projets nationaux, tels que ceux financés par l'ANR, n'accordent qu'un soutien financier limité aux coûts marginaux induits, faisant l'hypothèse que l'environnement scientifique et technique des chercheurs participants est couvert par leurs institutions-mères, pour nous le CNRS, ce qui est loin de correspondre à la réalité.

La communauté internationale

L'implication dans la communauté internationale fait partie intégrante de la vie d'un chercheur. Voyager donc également, que ce soit pour présenter et soumettre à la critique ses résultats, échanger avec des collègues lors de congrès, gagner l'organisation d'autres congrès, ou pour l'exercice de responsabilités internationales. Certains collègues deviennent au fil du temps de réels amis, comme, outre Al Avizienis et Brian Randell déjà mentionnés, Bill Carter d'IBM Research, qui nous a malheureusement quittés en 1995, Marie-Claude Gaudel du LRI, Hermann Kopetz de l'Université de Vienne, ou John Meyer de l'Université du Michigan à Ann Arbor.



L'IMPLICATION DANS LA COMMUNAUTÉ INTERNATIONALE FAIT PARTIE INTÉGRANTE DE LA VIE D'UN CHERCHEUR

J'ai organisé plusieurs congrès internationaux. Le premier, en 1978, 7^e *Fault-Tolerant Computing International Symposium*, témoigne de notre visibilité précoce. Je l'ai organisé de nouveau à Toulouse en 1993. Faire partie d'un comité des programmes d'une conférence internationale ou, *a fortiori*, le présider, est à la fois gratifiant par la reconnaissance qui y est associée, et exigeant par le volume de travail que cela implique pour l'expertise des soumissions. Ce travail a cependant une récompense difficilement égalable : la connaissance acquise grâce aux discussions pour la sélection des soumissions lors des réunions des comités. Ces discussions participent aussi à constituer et à souder les communautés. Je ne peux de ce point de vue que regretter la

tendance actuelle, du fait de la pression financière, à substituer aux réunions physiques des réunions virtuelles, électroniques, aux discussions et aux relations sociales nettement moins riches.

Les voyages ne se limitent pas, ou ne devraient pas se limiter, à des courtes durées, et donner lieu également à des séjours prolongés dans des institutions étrangères afin de se confronter de façon approfondie à d'autres expériences, à d'autres cultures. J'ai fait de tels séjours au Brésil, à Singapour, et à plusieurs reprises aux États-Unis, qui se sont toujours avérés fructueux, par la confrontation approfondie avec d'autres expériences, d'autres cultures. J'ai de ce point de vue fortement apprécié l'expérience d'enseignement à UCLA, où j'ai séjourné neuf mois comme *Invited Visiting Professor*.

J'ai eu assez tôt des responsabilités internationales. Président en 1984-1985 du comité technique *Fault-Tolerant Computing* de l'*IEEE Computer Society*, j'ai été le premier président non nord-américain d'un comité technique de l'IEEE. L'essentiel de ces responsabilités s'est cependant exercé au sein de l'IFIP (*International Federation for Information Processing*) ; présidence du groupe de travail 10.4 *Dependable Computing and Fault Tolerance* de 1986 à 1995 puis du comité technique 10 *Computer System Technology* de 1996 à 2002 ; vice-présidence de la fédération de 2002 à 2008. Les réunions informelles semestrielles du groupe de travail 10.4, dont je suis membre fondateur, sont toujours source de discussions approfondies, et parfois passionnées. Des invités occasionnels les ont souvent déclarées vivifiantes. Je crois y avoir éprouvé certaines de mes plus grandes joies intellectuelles.

L'enseignement

Autre volet de la palette des divers aspects de la vie d'un chercheur, l'enseignement. Il permet bien sûr de transmettre des connaissances, nécessite de les synthétiser et offre la possibilité de recruter des doctorants. J'ai ainsi enseigné dans les universités de Toulouse et de Compiègne et encore aujourd'hui dans des écoles d'ingénieurs, notamment Sup'Aéro, l'ENSICA, l'école de mes débuts, et l'ENSEIRB à Bordeaux. Bien que le CNRS n'y oblige nullement, un chercheur qui n'enseignerait pas est pour moi un mystère !

A propos du CNRS

J'en viens au CNRS justement. Il m'a permis de vivre une vie passionnante. Même s'il ne fournit pas toutes les conditions matérielles souhaitables, il permet, à qui veut s'en donner la peine, de tracer une route scientifique, en toute liberté académique. Personne ne m'a enjoint d'entreprendre des recherches en sûreté de fonctionnement informatique ! Le CNRS a su reconnaître mes résultats, dans le déroulement de ma carrière comme en me décernant la Médaille d'argent de la Recherche scientifique, distinction qui m'est la plus chère de celles que j'ai reçues, avec bien sûr le Prix de l'Académie des sciences. ■

JEAN-CLAUDE LAPRIE

@ Jean-Claude.Laprie@laas.fr

VERS DES CAPTEURS AUTONOMES POUR LA SURVEILLANCE D'AVIONS EN VOL

Des microsystèmes de gestion de l'énergie

Grâce aux avancées des techniques d'intégration et des technologies de communication sans fil, le concept de réseau de capteurs autonomes communicants sans fil ou d'objets intelligents distribués est en pleine émergence et suscite des espoirs importants pour grand nombre d'applications. Encore faut-il les pourvoir, pour garantir leur autonomie sur de longues durées, de micro sources d'énergie

Ces capteurs distribués laissent entrevoir l'espoir d'acquies des mesures en grand nombre, en continu et de façon peu invasive, voire invisible, et de communiquer en temps réel les informations recueillies en vue d'assurer une fiabilité accrue sur l'état d'un système, et d'intégrer sécurité et intelligence dans les équipements. Les domaines d'applications sont multiples, les mieux identifiés étant la santé, le génie civil, le suivi industriel, l'aéronautique, la défense et la sécurité.

La perspective de développer une intelligence ambiante requiert d'importantes innovations dans la conception et l'intégration technologique de micro sources d'énergie afin d'assurer une autonomie énergétique aux capteurs sur de longues durées. Les efforts de recherche sont effectués à plusieurs niveaux. La réalisation de dispositifs élémentaires de récupération de l'énergie à partir



UN RÉSEAU DE CAPTEURS POUR LE CONTRÔLE D'UN AVION

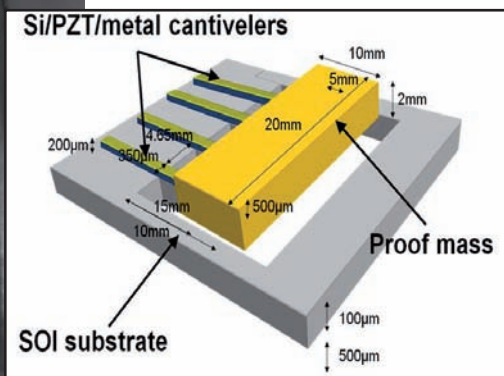
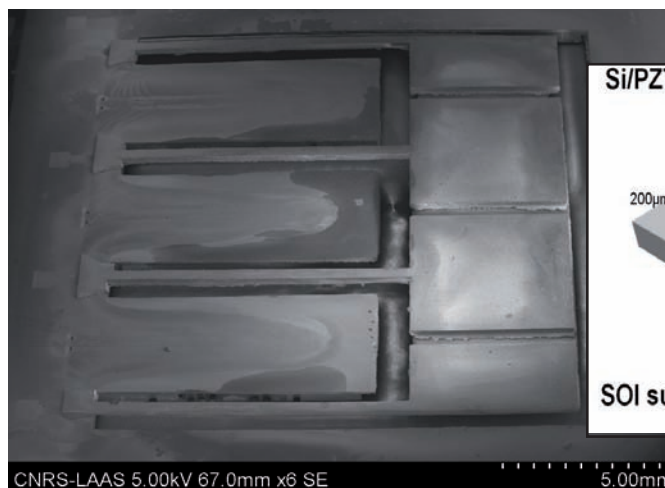
de rayonnement solaire, de vibrations, de différence de température... ; puis la conception de dispositifs de stockage énergétique tels que des super-capacités, des batteries ou des piles à combustibles miniaturisées. Il faut ensuite concevoir des architectures pour la gestion de l'énergie embarquée et procéder à la miniaturisation ultime de ces systèmes embarqués autonomes.

Le LAAS est impliqué dans cet axe de recherche dans le cadre d'un projet financé par la Fondation Recherche Aéronautique et Espace, AUTOSENS. L'objectif est de concevoir et d'intégrer un micro système de gestion de l'énergie basé sur la récupération d'énergie ambiante pour alimenter un capteur sans fil destiné à la surveillance d'une structure aéronautique. L'ambition est de remplacer les liaisons filaires actuellement déployées dans les avions, qui représentent plusieurs centaines de km dans les gros porteurs tel l'A380. Or, ces équipements ont des inconvénients majeurs en termes de flexibilité, de coût important lors de la mise en œuvre, et de difficulté de mise en place.

Le défi pour ces réseaux de capteurs est associé à leur longévité énergétique dans la mesure où l'on vise une autonomie de 40 ans, inaccessible avec les batteries actuelles. L'option technologique proposée par le LAAS est d'exploiter l'énergie disponible dans l'environnement proche du capteur, thermique et vibratoire, et de gérer au mieux, par la conception d'une électronique spécialisée, son utilisation et son stockage, principalement capacitif et électrochimique. L'énergie provenant des vibrations mécaniques de la structure de l'avion sera récupérée grâce à un transducteur piézoélectrique, et les gradients de température lors des phases d'ascension et de descente de l'avion seront exploités grâce à des thermo éléments. En parallèle et dans une démarche de conception de systèmes fonctionnels, des circuits de traitement et de gestion de l'énergie spécialisés sont conçus en utilisant composants commerciaux très basse consommation et en minimisant le volume de l'électronique. ■

@ Contact

Carole Rossi, rossi@laas.fr



LE SCHÉMA ET LA PHOTO PAR MICROSCOPIE ÉLECTRONIQUE REPRÉSENTENT LE SYSTÈME DE RÉCUPÉRATION D'ÉNERGIE À PARTIR DE VIBRATIONS MÉCANIQUES

Microsillons en silicium pour l'imagerie 3D en biologie cellulaire

La vidéo-microscopie est un domaine très actif en biologie, car il permet d'observer en temps réel les processus du vivant avec une excellente résolution spatiale et temporelle. Les images actuellement capturées sont des vues projetées en 2D. Développer des méthodes d'imagerie rapides et adaptées à la reconstruction en 3D est le défi relevé.

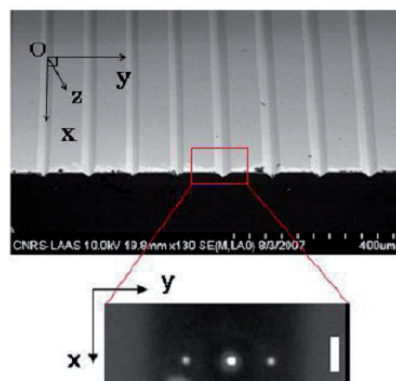
Le LAAS a proposé une méthode optique originale s'appuyant sur les technologies de microfabrication de la microélectronique. Sur des surfaces de silicium, nous avons gravé des sillons en forme de V dont la base mesure 10 à 50 μm . Ces microsillons sont recouverts de métal afin d'obtenir des miroirs à facettes, qui, à la manière de kaléidoscopes, permettent de voir simultanément un objet sous plusieurs angles. En plaçant ces miroirs au contact de cellules vivantes, nous sommes parvenus à observer simultanément la cellule elle-même, mais aussi deux réflexions à travers chacun des miroirs, puis, en recombinaison ces trois vues par traitement du signal, nous avons pu reconstruire l'objet correspondant en 3D. Cette méthode présente l'avantage d'être peu coûteuse en lumière et très rapide en vitesse d'acquisition.

Nous avons en particulier pu décortiquer le mouvement de l'ADN dans une cellule vivante avec une grande sensibilité temporelle. Nous espérons exploiter ce dispositif pour d'autres applications en biologie en utilisant d'autres types de cellules, plus petites comme les bactéries ou plus grandes comme les cellules de mammifères dans le cadre de la recherche médicale par exemple. Ce projet combinant des savoir-faire en microélectronique, en optique et en biologie, montre que les biotechnologies, qui ont déjà connu de nombreux succès avec les biopuces, trouvent encore des débouchés originaux, ici en imagerie cellulaire 3D. ■



Contact

Aurélien Bancaud, bancaud@laas.fr



MICROSILLONS GRAVÉS DANS DU SILICIUM (MICROSCOPIE ÉLECTRONIQUE) UTILISÉS COMME MICROMIROIRS À 2 FACETTES. DES CELLULES VIVANTES RENDUES FLUORESCENTES CIRCULENT DANS CES TRANCHÉES. ON OBTIENT (VUE DU BAS) 3 POINTS FLUORESCENTS DONT LES 2 IMAGES RÉFLÉCHIES DE PART ET D'AUTRE DE LA CELLULE CENTRALE. ON RECONSTRUIT AINSI UNE SCÈNE EN 3D AVEC UNE SEULE CAMÉRA D'ACQUISITION (ÉCHELLE 20 μm).

(lire aussi p. 31)

Des microplumes pour fabriquer des microlentilles en polymères

Une méthode originale de dépôt localisé de polymère liquide thermodurcissable a été récemment développée au laboratoire à partir de Bioplume (voir p. 19 et 23) pour fabriquer des matrices de microlentilles. La taille des lentilles peut être ajustée avec le temps de contact de la plume sur la surface (image 1). Les lentilles réalisées présentent des formes hémisphériques ainsi que des rugosités extrêmement faibles ($R_a < 0.3 \text{ nm}$), ce qui permet le dépôt unique sur l'équilibre des tensions de surface. Par ailleurs, les focales accessibles se situent dans la gamme [40-160 μm] et les aberrations optiques mesurées par interférométrie Mach-Zehnder s'avèrent très faibles (aberrations $\text{RMS} < \lambda/14$), ce qui les place au meilleur niveau international. En effet, ces propriétés sont comparables à celles obtenues avec les technologies de dépôts par jets d'encre. Cette nouvelle technique est actuellement appliquée à la mise en forme des faisceaux lasers des lasers à cavité verticale à émission par la surface (VCSELs) en exploitant en particulier les propriétés d'auto-alignement de ces lentilles sur des motifs cylindriques de résine SU-8 pré-définis par photolithographie sur la surface des composants (image 2).

ratons optiques mesurées par interférométrie Mach-Zehnder s'avèrent très faibles (aberrations $\text{RMS} < \lambda/14$), ce qui les place au meilleur niveau international. En effet, ces propriétés sont comparables à celles obtenues avec les technologies de dépôts par jets d'encre.

Cette nouvelle technique est actuellement appliquée à la mise en forme des faisceaux lasers des lasers à cavité verticale à émission par la surface (VCSELs) en exploitant en particulier les propriétés d'auto-alignement de ces lentilles sur des motifs cylindriques de résine SU-8 pré-définis par photolithographie sur la surface des composants (image 2).

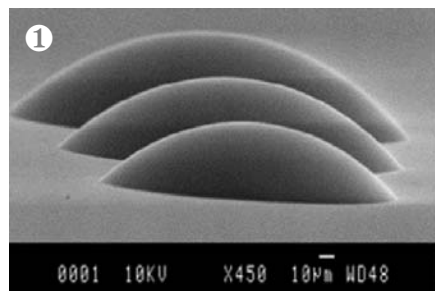
D'autre part, il est tout à fait possible d'étendre le champ d'application et les performances de cette technique en utilisant des plumes de plus grande taille ainsi que des systèmes de positionnement plus performants de type Hexapode (Image 3). ■



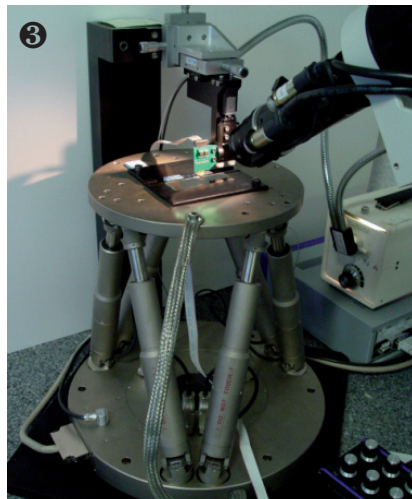
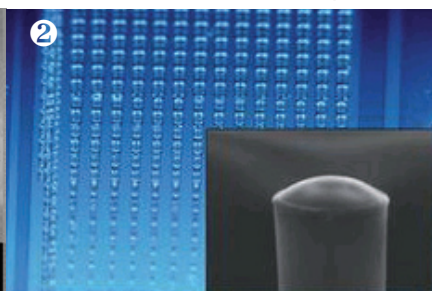
Contact

Véronique Bardinal, bardinal@laas.fr
Jean-Bernard Pourciel, pourciel@laas.fr

IMAGE DE MICROSCOPIE ÉLECTRONIQUE À BALAYAGE (MEB) DE MICROLENTILLES DÉPOSÉES SUR UNE SURFACE DE RÉSINE PHOTOSENSIBLE SU-8 POUR TROIS DE TEMPS DE CONTACT CROISSANTS



MATRICES DE MICROLENTILLES AUTO-CENTRÉES SUR DES MICROPILIERES DE SU-8 (INSERT : IMAGE MEB D'UNE LENTILLE SUR MICROPILIER DE 30 μm)



SYSTÈME DE DÉPÔT MATRICIEL BASÉ SUR L'UTILISATION D'UN HEXAPODE (PI)

CANCÉROPOLE-TOULOUSE CAMPUS CANCER

Le LAAS, artisan du Centre Pierre-Potier ITAV

LE BÂTIMENT DE 5000 m² QUI ABRITE LE CENTRE PIERRE-POTIER ITAV
EST LE PREMIER À ÊTRE INAUGURÉ SUR LE NOUVEAU SITE DU CANCÉROPOLE TOULOUSE CAMPUS CANCER



Le Centre Pierre-Potier ITAV¹ a été inauguré le 18 novembre dernier par Pierre Cohen, député-maire et président du Grand Toulouse, sur le site du Cancéropôle Toulouse Campus Cancer qu'il préside également. Ce premier bâtiment public, sur ce site de 70 hectares dans le quartier de Langlade à Toulouse, réunit en un même lieu un institut de recherche, l'ITAV, doté de trois plateformes de haute technologie, et une pépinière d'entreprises. Initiée et coordonnée par Alain-Michel Boudet, professeur à l'Université Paul Sabatier, l'idée est née de deux volontés complémentaires : promouvoir l'interdisciplinarité de la recherche en sciences du vivant et décroiser les recherches publiques et privées afin de faciliter le transfert des technologies. Le concept est celui d'un hôtel à projets interdisciplinaires. Il a reçu le soutien de l'Europe, de l'Etat et des collectivités territoriales ainsi que de l'université Paul Sabatier, de l'INSA de Toulouse et du CNRS.

Dirigée par Martine Knibiehler, ingénieure de recherche au CNRS, la partie recherche de l'ITAV, ITAV-recherche, est entièrement concentrée sur la mise en œuvre de recherches interdisciplinaires dans le domaine de la santé. Plusieurs équipes du LAAS, naturellement parties prenantes dès la genèse du projet, se sont présentées au premier appel à projets scientifiques en 2007. Quatre ont été retenus sur les six proposés :

- Alma sur l'algorithmique du mouvement et des interactions macromoléculaires ;
- Nutripuce sur un microsystème de mesure pour le diagnostic biochimique des maladies métaboliques ;
- Hit-Chip sur des biopuces diffractantes pour le criblage pharmacologique à haut débit ;
- Nanomultiplex sur des études systématiques de biomolécules uniques organisées en



LORS DE L'INAUGURATION DU CENTRE PIERRE-POTIER ITAV, ALAIN-MICHEL BOUDET, L'INITIATEUR DU PROJET (AU CENTRE) ET MARTIN MALVY, PRÉSIDENT DU CONSEIL RÉGIONAL DE MIDI-PYRÉNÉES (À DROITE) PRÈS DE LA PLATEFORME BIONANOTECHNOLOGIES PRÉSENTÉE PAR CHILDERICK SÉVERAC, INGÉNIEUR DE RECHERCHE AU LAAS

réseaux ordonnées par nanolithographie douce.

Pour mener à bien les projets retenus, les équipes de recherche jouissent de trois plateformes technologiques aux équipements très performants. L'une, consacrée à l'imagerie, dispose d'un système confocal multiphotons permettant l'observation en 3D, *in vitro* ou *in vivo* sur petit animal, des mécanismes cellulaires. La plateforme de chimie de synthèse est dotée d'un automate de synthèse parallèle pour le criblage à haut débit de molécules organiques, d'un synthétiseur d'oligonucléotides et d'une HPLC (Chromatographie en phase liquide à haute-performance) couplée à un spectromètre de masse Q-ToF. Enfin, La plateforme de bionanotechnologies, que le LAAS a hébergée deux ans jusqu'à son transfert en juillet dernier à l'ITAV, est équipée de deux microscopes à force atomique AFM-bio, d'une microbalance à quartz multicanaux et d'un système d'analyse sans marquage SPRI (Imagerie de résonance plasmodique de surface).

Le LAAS apporte donc sa connaissance scientifique et technologique au centre Pierre-Potier

ITAV, mais aussi la formation, au sein de l'équipe antenne pluridisciplinaire Bionano regroupant ses équipes impliquées et l'INSA à travers la plateforme Biopuces (Génopole Toulouse Midi-Pyrénées). Les projets à fort potentiel de valorisation en bionanotechnologies vont ainsi pouvoir bénéficier de l'ensemble des moyens mis à disposition par l'ITAV. Un second appel d'offre est prévu dans les mois qui viennent.

Côté pépinière, les startups Ederna, et Dendris qui développe des biopuces pour le diagnostic de maladies, ont déjà investi les lieux. D'autres entreprises aimeraient profiter de cet environnement en grande proximité avec le milieu de la recherche, environnement qu'investiront dans les prochains mois les laboratoires Sanofi-Aventis et Pierre-Fabre, puis la clinique universitaire du cancer. Le prochain tour de sélection est prévu mi-décembre. L'ambitieux projet du centre Pierre-Potier ITAV confirme là tout son sens et trouve sa réalité. ■

 **Contact**

Christel Martin-Cerclier, cmartin@laas.fr

¹ Institut des technologies avancées en sciences du vivant

SYSTÈMES D'ASSISTANCE À L'ATERRISSAGE SUR AIRBUS

De la thèse au LAAS à la certification



UN AIRBUS A380 D'AIR FRANCE LORS DE SA PHASE D'ATERRISSAGE. LE SYSTÈME BTV, QUI CALCULE LE TEMPS D'OCCUPATION DES PISTES ET ÉCLAIRE LES CHOIX DU PILOTE DÈS LA PHASE D'APPROCHE, PRÉSENTE ÉGALEMENT L'AVANTAGE DE MODULER LA DÉCÉLÉRATION DE L'AVION ET DE DIMINUER L'ÉNERGIE UTILISÉE POUR LE FREINAGE



Le parcours de Fabrice Villaumé, ingénieur de l'ENAC¹ et ancien doctorant au LAAS, a déjà été évoqué dans la lettre du LAAS². La certification toute récente par l'EASA³ des systèmes Brake-to-vacate, BTV, et Runway Overrun Prevention System, ROPS, équipant désormais, en option, l'Airbus A380, mérite un retour sur une histoire remarquable, depuis le sujet de recherche appliquée de sa thèse jusqu'à la certification de ces dispositifs.

personnel de la thèse a laissé la place à une phase de travail en équipe intégrée, passage obligé de la théorie à la phase opérationnelle. Les systèmes BTV et ROPS ont été conçus par une équipe internationale à Toulouse et Filton, au Royaume-Uni. En exploitant le système de positionnement GPS installé sur l'A380 et les bases de données aéroportuaires contenues dans le "On-Board Airport Navigation System" (OANS), combinés avec le pilote automatique et le système de freinage automatique classique, appelé "Auto-Brake", le système BTV donne aux pilotes une visibilité en temps réel sur les distances opérationnelles réalistes de freinage. Il rend alors possible la sélection d'une bretelle de sortie atteignable sur la piste. Il permet aussi l'évaluation opérationnelle en vol des distances d'atterrissage au cours de la phase d'approche. Dès lors que le pilote a choisi une bretelle de sortie, le système indique le temps estimé d'occupation des pistes et les délais minimums avant d'entreprendre le vol suivant. Au cours de la phase d'atterrissage ultérieure, et selon les conditions potentielles d'adhérence de la piste (piste humide ou sèche), la décélération de l'appareil est automatiquement régulée de telle manière qu'il atteigne la sortie choisie à la vitesse appropriée.

Décélération de l'avion modulée, confort des passagers

Le système BTV a été installé sur un A340-600 pour une campagne d'essais qui a débuté en 2004, à Toulouse puis, après affinage du prototype, à l'aéroport de Roissy Charles-de-Gaulle en

2005. L'immersion dans le trafic, répétée au cours de plusieurs essais, a été un succès. Le système étant suffisamment avancé, le début de l'industrialisation a commencé sur l'A380 en octobre 2006. Les premiers essais du système BTV sur l'A380 ont ainsi été menés en mai 2008. La certification par l'EASA, obtenue le 15 octobre dernier, ouvre la voie à son introduction sur l'A380 avec les clients de lancement Air France et Lufthansa. Les systèmes BTV et ROPS seront aussi dans la définition standard de l'avion A350 XWB à venir.

Le système BTV, qui calcule le temps d'occupation des pistes selon différents paramètres et éclaire les choix du pilote dès la phase d'approche, présente également l'avantage de moduler la décélération de l'avion et de diminuer l'énergie utilisée pour le freinage, tout en respectant le confort des passagers. Il réduit aussi le bruit, la consommation de carburant et l'émission de CO₂ et limite l'utilisation de la poussée maximale des inverseurs sur des pistes sèches. Enfin, si on considère un nombre significatif d'avions équipés du système BTV, il pourra permettre d'augmenter la capacité des pistes en heures de pointe de l'ordre de 5 à 15 % en fonction des configurations, et minimisant le temps d'occupation des pistes, il permettra aux compagnies de maximiser le nombre de rotations des avions et la réduction du temps d'exposition à un risque d'incursion sur piste.

L'entrée en service a eu lieu lors du premier vol commercial de l'A380 aux couleurs d'Air France, le 20 novembre 2009 entre Paris et New-York. ■

Après une thèse au LAAS, cofinancée par Airbus dans le cadre d'une convention CIFRE, commencée en 1998 autour de l'automatique non linéaire, et appliquée à un schéma de contrôle pour l'avion au sol, Fabrice Villaumé a proposé en 2002 ce schéma avec de nouvelles fonctions qui semblaient prometteuses. L'une d'entre elles a suscité l'intérêt car elle était susceptible de désengorger les aéroports en réduisant le temps d'occupation de la piste des avions lors de l'atterrissage : le système Brake-to-Vacate. Ce dispositif d'aide au pilote régule de manière optimale le freinage de l'avion en fonction de la bretelle de sortie de piste qu'il empruntera. La fonction ROPS a également retenu l'attention car elle concerne la prévention du risque de sortie de piste. En effet, elle évalue en temps réel ce risque lors de la phase finale de l'atterrissage et lors de la phase de freinage grâce à l'alerte de l'équipage si nécessaire, capable dès lors de prendre rapidement les décisions appropriées. Les sorties de pistes représentent aujourd'hui le premier risque d'accidents aériens, soit 20 % des accidents constatés en 2008 avec une tendance croissante confirmée lors des dix dernières années.

En prévision d'une démonstration concrète et avec l'accord des dirigeants d'Airbus, le travail très

¹ Ecole nationale d'aviation civile.

² Lettre du LAAS n° 37, novembre 2008.

³ European Aviation Safety Agency.

GÉOLOCALISATION POUR LA NAVIGATION URBAINE

Aider les malvoyants à se déplacer

Le projet Binaur, auquel le LAAS a collaboré, a permis le développement d'un service d'aide au déplacement pour malvoyants et aveugles circulant en zones urbaines et interurbaines.

Le produit qui en est issu est aujourd'hui commercialisé par la société Angeo Technology.

Le nombre de malvoyants (ou "amblyopes") était estimé¹ à 770 000, soit 1 français sur 100, en janvier 2000 par la Fédération des aveugles et handicapés de France, dont plus de 150 000 en Ile de France. Parmi ces personnes, la population en âge de travailler, environ 100 000, comprenait 85 000 malvoyants et 15 000 aveugles. Les jeunes aveugles et malvoyants ont le désir d'une vie normale et revendiquent une insertion sociale et professionnelle tout aussi normale. En 2002, les trois quarts des personnes malvoyantes en France étaient cependant victimes du chômage, taux extrême d'inactivité lié à leur manque d'autonomie. D'où l'idée de favoriser l'intégration sociale de la personne handicapée en la rendant plus autonome dans ses déplacements.

Le projet Binaur a eu pour objectif de concevoir un système de navigation urbain pour malvoyants disposant d'une précision en localisation de 5 m sur 98 % du temps et répondant aux critères d'acceptabilité de sécurité, fiabilité, confort, esthétique, indépendance et prix.

Binaur a été conçu comme une aide à la locomotion incitant le malvoyant à développer ses capacités visuelles résiduelles pour détecter les dangers de proximité. Le système peut également être utilisé par des aveugles car l'interface humain-machine libère les mains de l'utilisateur et lui permet donc d'utiliser des aides conventionnelles (cannes, chiens,...)

Géolocalisation : la fusion entre GPS et MEMS compense les manques en milieu urbain

Le système de géolocalisation proposé par le LAAS fusionne les informations issues d'un capteur GPS standard et des MEMS² disposés



UN SYSTÈME DE NAVIGATION URBAIN POUR MALVOYANTS RÉPONDANT AUX CRITÈRES D'ACCEPTABILITÉ DE SÉCURITÉ, FIABILITÉ, CONFORT, ESTHÉTIQUE, INDÉPENDANCE ET PRIX

LE SYSTÈME DE GÉOLOCALISATION DÉVELOPPÉ PAR LE LAAS FUSIONNE LES INFORMATIONS ISSUES D'UN CAPTEUR GPS STANDARD ET DES MEMS¹ DISPOSÉS DANS UN BOÎTIER FIXÉ À LA TAILLE DU SUJET



dans un boîtier fixé à la taille du sujet (accéléromètre, gyromètre, magnétomètre). Le prototype, développé au LAAS sur une base PC portable, a permis de valider les algorithmes de fusion sous différentes versions évaluant le meilleur compromis coût précision.

Cette fusion permet de pallier les manques du récepteur GPS en environnement urbain (masquage des satellites, multi trajets). En outre, un modèle dynamique de locomotion humaine a été identifié hors ligne grâce à l'utilisation de la capture de mouvement. Il est ajusté en ligne pendant les phases de bonne réception GPS afin de s'adapter à la morphologie de l'individu. Il en résulte un accroissement considérable de la précision et de l'intégrité du système de localisation. La précision de positionnement atteint 5 m sur 95 % du temps, ce qui est très supérieur aux performances d'un GPS seul en ville, où les erreurs dépassent fréquemment la centaine de mètres.

Le projet a été mené par la PME toulousaine Navocap en collaboration avec le LAAS, Rockwell Collins, le Medes³ et la PME Eurisco, en partie financé par la DGE (appel à projets Uliss)⁴ sur une durée de trois ans, de 2007 à 2009.

Ces recherches ont abouti à la création d'Angeo Technology, courant 2009, filiale de Navocap. Angeo Technology distribue le produit et fournit le service d'assistance en ligne aux utilisateurs par liaison GSM⁵. Dans sa version finale, l'itinéraire peut être pré-enregistré soit par reconnaissance préalable avec l'aide d'un accompagnant, soit à partir d'un logiciel de calcul d'itinéraire disponible sur PC ou PDA. Un moteur de calcul d'itinéraires est également implanté dans le calculateur embarqué afin de permettre des modifications d'itinéraire en temps réel. Un dépôt de demande de brevet a été réalisé en copropriété entre le CNRS et la société Navocap. ■

@ Contact

André Monin, monin@laas.fr

¹ Sur la base d'informations croisées, issues des services de santé, des CDES (Commissions départementales de l'éducation spéciale), des COTOREP (Commission technique d'orientation et de reclassement professionnel) et du ministère des Finances.

² Micro-Electro-Mechanical Systems ou Microsystème électromécanique.

³ Institut de médecine et de physiologies spatiales.

⁴ Direction générale des entreprises (rattachée au Ministère de l'économie, de l'industrie et de l'emploi) qui a lancé le 2^e appel à projets Uliss (Utilisation comme levier d'innovation des signaux satellites) en 2007.

⁵ Global System for Mobile Communications, norme numérique de seconde génération pour la téléphonie mobile.

DOMOTIQUE MÉDICALE

Protéger les personnes âgées en zone rurale



LE VILLAGE DE TIBIRAN-JAUNAC,
DANS LES HAUTES-PYRÉNÉES,
ET SA MAISON DE RETRAITE,
SITE D'EXPÉRIMENTATION



Le projet Ourse (offre d'usage rural de service par satellite) a développé et testé des solutions de télésanté pour les zones rurales. Il a ainsi rendu des services d'assistance médicale à distance pour les personnes âgées ou à risque en situation isolée. Une analyse de besoins, des études techniques et des développements permettant d'intégrer ces services avec des plateformes de communication par satellite ont été menés. Labellisé par le pôle de compétitivité mondial Aerospace Valley, il a reçu le soutien de la DGE¹ via un financement FUI². EADS Astrium a assuré la coordination pendant la durée du projet de 2007 à 2009. Le projet OURSES a reçu le grand prix du jury du Trophée e-santé décerné par l'association La Mêlée numérique en partenariat avec la Technopole de Castres-Mazamet le 2 juillet dernier.

Une surveillance de la personne non intrusive et innovante

Fort de ses acquis antérieurs dans le domaine de la domotique médicale via Prosafe³, le LAAS a développé et déployé un service d'assistance à distance pour la surveillance comportementale et la détection de situations anormales (chutes, malaises, fugues, agitation nocturne...). La maison de retraite de type EHPAD⁴ de Tibiran-Jaunac (Hautes-Pyrénées) fut le site d'expérimentation. Equipée d'un lien satellite à haut débit, l'une des chambres a été dotée d'un réseau de capteurs de présence sans fil. Ceci a permis d'analyser le comporte-

ment de la personne âgée et de renseigner sur une situation inhabituelle. Les techniques s'inspirent de l'intelligence artificielle comme par exemple la reconnaissance des formes par le calcul de probabilités couplées à des techniques de classification. Elles étaient destinées à anticiper les dangers en donnant l'alarme en cas de besoin sans action directe de la personne. Cette surveillance non intrusive basée sur la seule détection de présence est très originale.

Homecare, la suite d'Ourse

Le système complet a été testé et validé de bout en bout de la chaîne fonctionnelle médicale. Il intègre une fonction de communication vidéo entre les infirmières et le médecin référent distant, le transfert de fichiers automatisés, une base de données ainsi qu'une interface de contrôle et de commande. L'expérimentation a requis la participation du personnel médical pour valider les différentes fonctions et recueillir le degré de satisfaction des utilisateurs.

Aujourd'hui, le LAAS coordonne le projet ANR TecSan⁵ 2009 "Homecare" qui vise à expérimenter et à qualifier, au niveau opérationnel, un système complet de surveillance 24h sur 24 en environnement intérieur pour des personnes atteintes de la maladie d'Alzheimer. Ce projet évaluera les perspectives industrielles. ■

EN SAVOIR PLUS

www.ourses-project.fr



RÉSEAU DE CAPTEURS DE PRÉSENCE SANS FIL
NON INTRUSIF ET INTERFACE DE CONTRÔLE
ET DE COMMANDE SUR ORDINATEUR
POUR LE PERSONNEL MÉDICAL



Contact

Eric Campo, campo@laas.fr

¹ Direction générale des entreprises, rattachée au Ministère de l'économie, de l'industrie et de l'emploi.

² Fond unique interministériel.

³ Voir la Lettre du Laas, juin 2002.

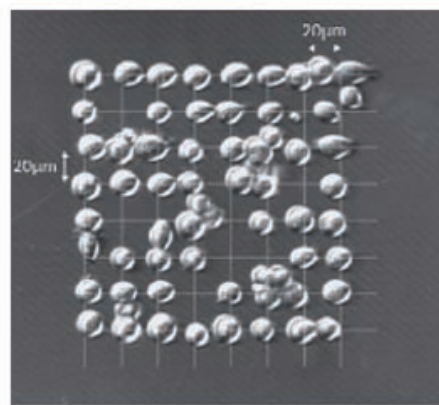
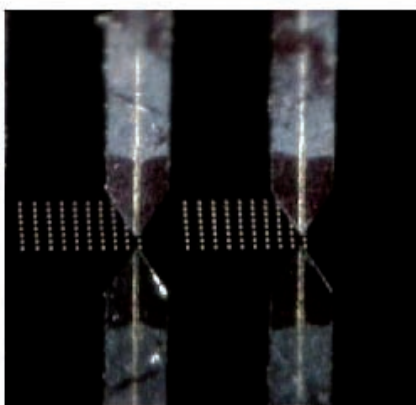
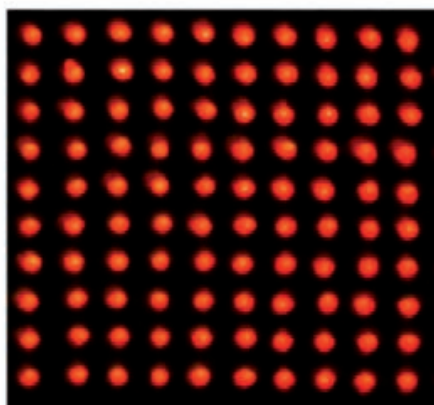
⁴ Etablissement d'hébergement pour personnes âgées dépendantes.

⁵ Appel à projets orientés vers l'innovation pour les recherches partenariales en technologies pour la santé et l'autonomie.

START-UP MICROBIOCHIPS

Une nouvelle génération de biopuces à protéines

Grâce à l'innovation technologique Bioplume¹ conçue au LAAS, la start-up MicroBioChips développe une nouvelle génération de puces à protéines, les nanopuces. Ces nouveaux outils vont accélérer la recherche pharmaceutique et diagnostique, réduire les coûts et les délais. À terme, ils favoriseront une médecine personnalisée.



BIOPLUME, UN OUTIL INNOVANT POUR LE DÉPÔT MINIATURISÉ DE SOLUTION BIOLOGIQUES.
DE GAUCHE À DROITE : PUCE À ANTICORPS (SPOTS DE DIAMÈTRE 15µm) ;
PLUMES UTILISÉES POUR LE DÉPÔT (FABRIQUÉES DANS LA CENTRALE RTB DU LAAS) ; PUCE À CELLULES UNIQUES

MicroBioChips (MBC), créée en 2006, propose une activité de service spécialisée dans les biopuces à protéines et à anticorps. Elle s'adresse aux sociétés pharmaceutiques telles que GlaxoSmithKline ou Pierre Fabre, comme à l'Inserm ou à l'Institut Pasteur. Les partenariats internationaux signés avec les leaders Sigma Aldrich, Abcam, CapitalBio et VigeneTech révèlent que la société possède déjà une compétence recherchée dans le milieu des biopuces.

MBC, certifiée ISO 9001², exerce également une activité de R&D centrée sur Bioplume, un procédé de dépôt de solutions biologiques développé et breveté par le LAAS. La start-up dispose de la licence exclusive et mondiale de cette technologie qui apporte une nouvelle échelle de miniaturisation et permet la conception de biopuces à protéines de nouvelle génération, les nanopuces. Celles-ci permettent d'identifier plus rapidement et plus efficacement des voies de signalisation impliquées dans certaines pathologies, le cancer par exemple, et des biomarqueurs. Ces derniers servent au diagnostic, au pronostic grâce à la prévision de l'évolution d'une maladie, et au choix thérapeutique pour établir un traitement adapté au malade. De nouvelles stratégies thérapeutiques se profilent alors, et à plus long terme la perspective d'une médecine personnalisée.

Bioplume permet d'augmenter la densité de

dépôt avec un facteur de 10 à 100 fois supérieur aux autres systèmes de dépôt de molécules biologiques. Les quantités protéiques nécessaires sont beaucoup plus faibles que les techniques actuelles, de l'ordre du picogramme et femtolitre par rapport au nanogramme et picolitre. D'où une économie de coûts considérable.

Miniaturisation des analyses biologiques

Avec une densité de dépôt d'anticorps 40 fois supérieure aux autres systèmes, Bioplume est bien positionné sur le marché des puces à anticorps. Une première collaboration avec un laboratoire suédois expert l'a récemment confirmé. La sensibilité de détection des interactions biologiques anticorps antigènes est aussi élevée qu'en utilisant des systèmes de dépôt traditionnels.

De tels outils miniaturisés apportent une somme d'informations biologiques plus riche (multiplexe) tout en économisant les précieux échantillons. Ils ouvrent des voies prometteuses pour accélérer la mise au point de méthodes de diagnostic et de thérapies efficaces pour des pathologies comme les cancers et les maladies neurodégénératives, notamment les maladies d'Alzheimer ou de Parkinson.

Bioplume présente également des avantages pour la miniaturisation des analyses biologiques³ : dépôt de molécules sur fibre optique

pour suivre les modifications physiopathologiques à travers des analyses multiplexées, puces à cellules, électrodéposition de métaux et polymères...

Industrialisation de Bioplume pour 2010

Les puces à protéines constituent un puissant outil d'identification de biomarqueurs pour le diagnostic et les études d'interactions protéiques dans la recherche thérapeutique. Prévoyant une commercialisation de ses premières nanopuces en 2010, MBC envisage un positionnement sur le marché des biomarqueurs d'ici à cinq ans grâce à sa technologie de nanopuces couplée à une activité de service.

Bioplume a été incorporé au sein d'une plateforme automatisée et robuste en partenariat avec un cabinet d'ingénierie et les conseils du LAAS. Ce projet d'industrialisation a pour but initial d'optimiser la technologie en augmentant le débit de dépôt. Il devrait voir le jour début 2010. Dans un second temps, il sera intégré au sein d'une plateforme complètement automatisée permettant de l'adapter aux contraintes de l'industrie : produire à grande échelle des puces à très haute densité, les nanopuces. ■

EN SAVOIR PLUS
www.microbiochips.com

¹ Marque déposée

² Version 2000 depuis juillet 2008.

³ Leichlé, et al, 2005. Nanotechnology 16, 525-531 ; Leichlé, et al, 2006 Appl. Phys. Lett. 88, 254108 ; Duroure et al, 2008 Biomed Microdevices 10:479-487 ; Roupiez et al 2009, Small.

ENTRETIEN AVEC JEAN-BERNARD LASSERRE, CHERCHEUR EN AUTOMATIQUE

“C'est une question de moments”

Jean-Bernard Lasserre, directeur de recherche au CNRS, mène ses recherches au LAAS, dans le domaine de l'automatique, depuis 1980. Ses travaux, intégrant des outils de géométrie algébrique pour résoudre des problèmes d'optimisation, viennent d'être récompensés par le prix Lagrange. Dans un entretien avec une collègue chercheuse de son groupe au LAAS, il évoque sa vie scientifique, ponctuée de séjours dans des universités étrangères, livre sa vision sur sa discipline, sur la nécessité des voyages et de l'échange, sur le CNRS et sa place dans l'organisation de la recherche en France.



Un post-doctorat aux Etats-unis en 1979, de nombreuses missions à l'étranger depuis, que représentent les voyages dans votre travail ?

Voyager, c'est pour moi plusieurs choses. D'abord se confronter et communiquer avec d'autres chercheurs du domaine et éventuellement collaborer avec eux. En France, à cette période, il n'y avait pas vraiment de chercheurs sur le sujet des processus de décision Markoviens et donc voyager était très important, d'autant plus qu'Internet n'était qu'à son tout début. J'ai toujours tâché de faire des séjours dans les équipes qui m'intéressaient à l'occasion de déplacements à des conférences, ou en montant une collaboration dans le cadre des accords qu'a le CNRS avec certains pays.

C'est par ailleurs toujours agréable de donner des séminaires pour faire connaître son travail dans des endroits d'excellence et trouver des interlocuteurs scientifiques spécialistes dans son domaine. On trouve cependant rarement une personne travaillant exactement sur le même sujet et l'on est obligé de regarder des choses un peu différentes. C'est ce qui est motivant et qui fait progresser.

Finalement tout cela a beaucoup influencé mon travail. Par exemple, j'ai collaboré pendant plus de 15 ans, depuis 1985, avec un chercheur mexicain, O. Hernández-Lerma, sur

les processus de décision Markoviens. Lui était très théoricien et cela m'a fait regarder des choses que je ne connaissais pas très bien, par exemple en analyse fonctionnelle et théorie de la mesure, ce que je n'aurais pas fait si j'étais resté sur des sujets plus appliqués. C'était très motivant, et le côté humain de cette collaboration était également très agréable et enrichissant. Ainsi, suite à ma thèse d'Etat soutenue en 1984 sur les horizons de planification, mon travail s'est naturellement orienté vers des sujets plus mathématiques tels que les probabilités et processus de décision Markoviens, les chaînes de Markov sur des espaces de Borel.

Je me sens très globe-trotter, mais surtout, personne au LAAS ne travaillait vraiment sur certains sujets qui m'intéressaient, et j'étais donc de fait assez isolé sur une partie de mes thématiques. Sur la partie “gestion de production”, j'ai tout de même gardé assez longtemps une activité en collaboration avec des chercheurs du LAAS. Quand j'ai commencé à m'intéresser à la géométrie algébrique réelle et la théorie des moments pour l'optimisation polynomiale en 1999, Didier Henrion, chercheur au LAAS, est venu me voir car il voulait développer un algorithme utilisant cette méthodologie. Cela a marqué le début d'une collaboration fructueuse, qui continue encore cette année par l'encadrement de deux doctorants.

Vous avez fait vos études supérieures à l'ENSIMAG¹ à Grenoble, comment êtes-vous venu à la recherche ?

Pour mon stage de 3^e année de l'ENSIMAG, j'ai été encadré par J.-P. Gauthier et ce stage m'a donné envie de continuer la recherche. Je suis ensuite venu à Toulouse pour des raisons personnelles et j'ai démarré une thèse au LAAS, encadrée par F. Roubellat, puis un Post-doc au département *Electrical Engineering and Computer Science, EECS*, de l'Université de Californie à Berkeley. Ce stage était initialement prévu avec E. Polak mais pour des raisons scientifiques, j'ai finalement travaillé avec P. Varaiya. L'envie de faire une thèse m'est venue lors mon stage de 3^e année. C'était devenu une évidence et l'ENSIMAG était l'endroit parfait pour avoir des sujets dans le domaine des mathématiques appliquées. Mon sujet de stage concernait la boucle fermée pour le contrôle d'une colonne de distillation dans l'industrie chimique et mes sujets de thèse de doctorat et doctorat d'Etat étaient aussi plutôt appliqués, mais j'étais dès le début attiré par des approches plus théoriques.

¹ Ecole nationale supérieure d'informatique et de mathématiques appliquées.

Aviez-vous identifié l'article² qui a été récompensé par le prix Lagrange comme une contribution majeure de votre part dans le domaine ?

Quand cet article a été accepté pour publication dans SIAM, Journal of Control and Optimization, j'ai eu de très bonnes critiques de la part des rapporteurs. Oui, j'aime assez ce résultat bien que mon article le plus cité dans le domaine ne soit pas celui-là mais le précédent, publié en 2001, sur la théorie des moments et l'optimisation globale. Celui qui a été récompensé baigne aussi dans le domaine des moments. C'est une contribution théorique sur la représentation des polynômes positifs. J'étais content de la tournure technique et je trouve que c'est un résultat intéressant, mais ce n'est pas l'article qui a eu le plus d'impact. Peut-être parce que, même si c'est dit dans l'article, on ne voit pas tout de suite à quoi cela peut servir. D'ailleurs, dans la citation associée au prix, il est précisé que c'est aussi l'ensemble de ma contribution en optimisation polynomiale qui est saluée, cet article étant, selon moi, finalement plutôt un prétexte.

Pouvez-vous expliquer brièvement quelle avancée a été saluée ?

Cet article concerne les polynômes positifs et les polynômes qui sont sommes de carrés, ces derniers étant beaucoup moins nombreux. J'ai montré qu'on pouvait quand même approcher tous les polynômes positifs par des polynômes sommes de carrés. C'est donc un résultat de densité (au sens de la norme L^1). C'est un exemple de contribution plutôt théorique qui permet cependant des applications numériques concrètes. J'ai été en fait assez surpris par ce prix, connaissant le lobbying habituel autour des prix aux Etats-Unis et que l'on pratique peu en France. Je savais que quel qu'un m'avait nommé, mais on n'est jamais sûr que cela va marcher. Par ailleurs, cet article de 2006 a été réadapté pour être publié en 2007 dans la section SIGEST du journal SIAM

Review, vitrine de la société savante SIAM et des mathématiques appliquées. Cela a peut-être contribué à sa visibilité.

Etes-vous particulièrement fier de ce travail par rapport à d'autres ?

Je suis surtout content et conscient d'avoir travaillé au bon moment dans ce domaine-là. Il y a toujours un peu de chance dans tout cela.

On peut travailler sur certains sujets très intéressants et obtenir des résultats originaux, mais s'ils n'arrivent pas au bon moment, ils ne sont pas aussi bien reconnus. Dans ce cas, P. Parrilo, qui a fini son doctorat à Caltech en 2000, a fait un travail très semblable presque au même moment, lui en thèse et moi avec d'abord une note dans les comptes rendus de

l'Académie des sciences en 2000. Il est maintenant au MIT et c'est un vrai rouleau compresseur. Si j'étais arrivé sur ce sujet un tout petit peu plus tard, il aurait déjà "balayé le terrain" et je n'aurais pas eu la même reconnaissance. C'est quelqu'un avec qui j'ai des échanges. On est concurrents, mais on s'aime bien et c'est source d'émulation scientifique.

Ce résultat a été valorisé avec le concours d'un autre chercheur du LAAS. Pouvez-vous nous en dire plus ?

Effectivement, avec Didier Henrion, déjà mentionné, nous avons développé *GloptiPoly* à partir de ce travail et on peut dire que c'est le premier logiciel qui permet de résoudre ou d'approximer, pour des tailles encore modestes, le problème généralisé des moments. Les applications sont très nombreuses. Je viens d'ailleurs de publier un livre³ qui explique la théorie et décrit quelques exemples d'applications du problème généralisé des moments. Il s'agit d'un problème d'optimisation infini-dimensionnel dont les inconnues sont des mesures de probabilité et les contraintes sont décrites par des fonctionnelles linéaires. Le support des mesures, qui peut être très compliqué, permet de modéliser

un grand nombre de situations et donc, bien que l'énoncé du problème soit très simple (deux lignes !), il recouvre de nombreuses applications dans des domaines variés. Ce problème des moments, formulé il y a longtemps, servait essentiellement d'outil théorique de modélisation et d'existence de solution pour certains problèmes, mais on ne savait pas le résoudre numériquement sinon dans des cas très particuliers. La nouveauté de notre contribution est de pouvoir faire du calcul effectif si l'on se restreint au cadre semi-algébrique, c'est-à-dire quand le support de la (ou les) mesure(s) inconnue(s) est un ensemble semi-algébrique basique et les fonctions à intégrer sont des polynômes, ou à la rigueur parfois des polynômes par morceaux ou des fonctions rationnelles. On combine alors des résultats puissants, relativement récents, de géométrie algébrique réelle, avec l'outil d'optimisation convexe qu'est la programmation semi-définie.

Il y a une autre partie de mon activité scientifique que je trouve un peu "exotique" et sur laquelle je viens aussi d'écrire un livre⁴. J'espère qu'il suscitera quelque intérêt dans la communauté "recherche opérationnelle". Il concerne la programmation entière et le comptage de points entiers dans les polyèdres, et utilise les fonctions génératrices. La géométrie algébrique apparaît là aussi mais pas du tout comme avec les polynômes positifs !

Vous encadrez simultanément trois nouvelles thèses. Comment cela s'intègre-t-il dans vos activités ?

Deux sont co-encadrés avec Didier Henrion. Je n'avais pas eu de thésard depuis longtemps car je préfère n'avoir personne plutôt que des étudiants peu formés dans mon domaine. Le réservoir naturel du LAAS pour les futurs doctorants (formation EEA et informatique) n'est pas adapté à mes besoins plus orientés vers les mathématiques appliquées. J'avais donc peu de candidats intéressés par mes sujets. J'ai donné des cours à l'université Paris VI pour tenter d'en récupérer mais les élèves ont souvent déjà le stage, puis la thèse, prévus avec des chercheurs parisiens. Les trois doctorants qui commencent vont travailler sur des sujets connexes. L'un sur l'optimisation paramétrique, avec un point de vue plutôt théorique - il vient d'une formation de l'Institut de mathématiques d'Hanoi au Vietnam - et les deux autres avec des sujets plus appliqués (vision, problèmes de contrôle) utilisant l'approche des moments et des polynômes positifs. L'encadrement des doctorants, selon leur niveau, peut soit représenter un stimulus pour explorer d'autres voies, soit permettre d'approfondir sa connaissance d'un domaine et traiter ensuite des applications ou explorer des exemples, pour éventuellement retourner en amont.

Une part importante du travail d'un chercheur consiste désormais à rechercher des financements en répondant à des appels à projets. Quelle est votre expérience dans ce domaine ?

Je ne suis apparemment pas très doué pour décrocher des contrats, et pourtant j'ai essayé. J'en ai quand même obtenu quelques-uns, finalement peu pour mes efforts. Par exemple,



² Lasserre, B. A sum of squares approximation of nonnegative polynomials.

SIAM J. Optim. 16 (2006), no. 3, 751–765 et SIAM Review 49 (2007), no. 4, 651–669.

³ Moments, Positive Polynomials and Their Applications, Imperial College Press, 2009.

⁴ J.B. Lasserre Linear and Integer Programming vs Linear Integration and Counting, Springer-Verlag, 2009.

une visite de démarchage au laboratoire d'IBM de Yorktown Heights, suscitée par un ingénieur d'IBM-Toulouse à l'époque où je voulais vendre une idée de *planification et ordonnancement intégrés* en gestion de production, s'est soldée par un flop complet ! De même, un de mes anciens thésards, professeur et consultant pour EADS, a essayé de présenter et "vendre" mon travail en optimisation polynomiale à son sponsor chez EADS qui lui a répondu : *non, non, les polynômes, ça ne nous intéresse pas !* J'ai été responsable d'un contrat ANR blanc⁵, avec Didier Henrion, qui a été cité comme exemplaire et félicité à son terme. Beaucoup de publications, de résultats, en 2005 le prix D. Marr de Didier Henrion en vision assistée par ordinateur, un article nominé en Mathématiques financières en 2006, un article SIAM review. On m'a même demandé de le présenter aux journées bilan de l'ANR. Et pourtant, notre demande de renouvellement n'a pas abouti, avec comme critique l'absence de collaborations extérieures !

Comment vous sentez-vous touché par la réforme de la recherche, et celle du CNRS en particulier ?

Depuis mon entrée au CNRS en 1980, on nous annonce presque chaque année des nuages qui s'amoncellent au-dessus du CNRS et menacent son existence. Je suis donc devenu assez philosophe. Ceci dit, les transformations récentes sont assez profondes pour que l'on s'inquiète légitimement quant à l'existence et la pérennité du CNRS.



Je pense qu'en recherche, il faut accepter que l'essentiel du travail soit incrémental. De temps en temps, quelque chose sort de l'ordinaire, une brèche est mise en avant et éventuellement récompensée. Mais cette brèche a aussi bénéficié de l'accumulation de ce travail incrémental moins spectaculaire et plus anonyme, qu'il ne faut pas dénigrer. Évidemment on peut aussi être frustré de n'être pas celui qui apportera une des contributions marquantes dans le domaine.

Je suis très sceptique quant aux projets finalisés dans les labos, en tout cas dans mon domaine. Je ne pense pas que la mission du CNRS soit de sauver l'industrie française ! Aux Etas-Unis, le fameux transfert dans l'industrie dont on parle tant se fait essentiellement par les doctorants et les masters formés dans les universités de pointe, qui inondent l'industrie et les start-up. En France et malgré certains progrès, c'est loin d'être le cas car le doctorat n'est toujours pas bien reconnu dans l'industrie où la culture ingénieur prévaut. Par ailleurs, je remarque que mes collègues américains en génie n'ont pas besoin de monter des dossiers avec des dizaines de partenaires pour obtenir un financement, quasi récurrent, de la NSF ! Un professeur et quelques étudiants suffisent. Sur la base du travail projeté et des antécédents de l'équipe, ils sont financés sur des projets que l'on peut souvent qualifier de "blancs". Sans parler des moyens financiers, toujours fournis par la NSF, dont disposent les instituts de mathématiques américains qui peuvent inviter tous frais payés leurs collègues étrangers pour des conférences spécialisées ou des séjours.

La version française de ce type de financement par l'ANR pourrait être positive. Mais je ne sais pas comment cela va évoluer, l'attribution des fonds étant un peu opaque et sans pérennité assurée. Le principe n'est pas mauvais en soi, l'important réside dans la politique scientifique que l'ANR met en oeuvre. Il faut se souvenir qu'avant, il n'y avait pratiquement rien d'autre que des fonds symboliques pour financer des projets blancs. Le nouvel outil, qui permet en particulier de financer des projets ne faisant pas nécessairement appel à des collaborations avec l'industrie, est donc plutôt bon. Tout dépend de la volonté qui le sous-tend et de la transparence des procédures.

Avec le nouveau découpage du CNRS en 10 instituts, le LAAS est désormais affilié à l'INSIS⁶ et secondairement à l'INS2I⁷. Je suis pour ma part à la fois au LAAS et à l'Institut de mathématiques de Toulouse, IMT, et cette double affiliation me place déjà sur deux instituts du CNRS. Cette double affiliation avait pour but de me permettre de mettre plus en avant certaines de mes activités qui ne sont pas dans les thématiques principales de mon groupe, orienté commande, au LAAS. C'est donc pour moi une question de visibilité, mais je n'interagis pas autant que j'aurais imaginé avec les gens de l'IMT. Historiquement, les

processus de décision Markoviens étaient mon occupation principale au moment de ma candidature pour rejoindre l'IMT mais je travaille depuis plutôt en collaboration avec l'équipe d'optimisation avec laquelle j'ai quand même beaucoup de contacts.

Plusieurs belles motos sont visibles sur votre page personnelle sur le site web du LAAS. Qu'en faites-vous ? Avez-vous d'autres loisirs ?

Une seule des motos est en activité ! L'autre, la sportive jaune, a été accidentée. J'ai été un vrai motard mais maintenant, je suis plutôt un motard du dimanche, et même de l'été ! Je viens finalement souvent au LAAS en voiture mais je me sers beaucoup de la moto pour me balader, vers l'Espagne, dans les coins où il fait bon, et dès que l'été arrive.

Je trouve d'ailleurs que voyager devrait aller de soi dans notre métier. Je suis étonné qu'il n'y ait pas plus de chercheurs, surtout les jeunes, juste après leur thèse, qui aient envie de voyager. À mon époque, on se ruait sur les

bourses de l'IRIA, l'actuel INRIA ! Les missions de travail ne sont pas des voyages de loisir mais on peut parfois combiner les deux, et l'interaction avec des collègues du même domaine, qui sont parfois aussi des amis n'en est que plus plaisante.

Pour ma part, j'ai toujours essayé, quand je partais en déplacement

pour une conférence, de passer deux semaines en plus dans le pays, en contactant des collègues locaux pour faire un séminaire, maintenir des contacts et éventuellement des collaborations, à moindres frais finalement. C'est par exemple le cas de plusieurs de mes séjours à Berkeley, Stanford, ou au MIT, lieux d'excellence, très motivants dans mes domaines de travail et dans un environnement agréable.

J'écoute aussi du rock et je suis un fan mais je ne sais pas en jouer. Mes favoris sont par exemple Pink Floyd, Santana. Ce goût, je l'ai depuis que je suis adolescent. Je connaissais bien San Francisco et ses lieux les plus rock. Récemment un collègue m'a aussi rapporté de New-York un tee-shirt du CBGB, lieu de musique mythique des années 80 à New-York. Et je suis presque imbattable sur les Hard-Rock cafés de beaucoup de lieux !

Finalement, moto et Rock sont les complémentaires détente de mes activités scientifiques. Ça fait planer un peu aussi ! ■

@ Contact

Jean-Bernard Lasserre, lasserre@laas.fr

Propos recueillis par Lucie Baudouin

⁵ MOGA : Moments, Optimisation et Géométrie Algébrique.

⁶ Institut des sciences de l'ingénierie et des systèmes.

⁷ Institut des sciences informatiques et de leurs interactions.

BIOPLUME, UN OUTIL POUR LA DÉTECTION BIOLOGIQUE

Une pluridisciplinarité fertile

Bioplume est un outil de détection biologique. Initialement conçu au LAAS pour la réalisation de biopuces de haute densité, son principe, certes robotisé et miniaturisé, est proche de la combinaison encrier-porte plume-cahier d'autrefois, des microplumes de silicium déposant l'élément biologique sur un substrat solide, la biopuce. Bioplume s'est avéré capable au fil des évolutions qu'il a connues de déposer avec succès des molécules biologiques diverses comme l'ADN, des protéines et aujourd'hui des cellules, promettant potentiellement d'autres usages. Il a été breveté par le LAAS, continue de remplir sa mission de soutien à la recherche tout en permettant à une start-up qui l'utilise de développer une nouvelle génération de puces à protéines.

Liviu Nicu est chercheur au LAAS. Il était doctorant lors de la conception originelle de Bioplume à laquelle il a participé. Il revient sur le chemin parcouru en dix ans, dont il attribue particulièrement le succès à la pluridisciplinarité des équipes qui ont œuvré à l'évolution de Bioplume comme à l'entente intellectuelle et humaine entre chercheurs et ingénieurs d'horizons géographiques et scientifiques différents.

L'été dernier, en juillet, nous faisions la couverture de la revue *Small* grâce à des lymphocytes sagement rangés en réseaux périodiques sur un substrat solide. Le défi relevé consistait à fixer des cellules dites "circulantes" (se fixant donc difficilement) sur un substrat. C'est le résultat d'un travail commun avec des biologistes de l'Institut nanosciences et cryogénie (CEA) et des immunologistes de l'Institut Albert Bonniot (Inserm) de Grenoble. L'objectif était d'étudier le comportement de ces cellules face à certaines conditions de stress biologique ou chimique afin de mieux comprendre certaines pathologies comme l'hépatite C. La fixation avait été rendue possible par l'intermédiaire de l'outil Bioplume qui avait permis le dépôt régulier de "points de colle" micrométriques sur le substrat de fixation. Cette application exemplaire parachève une longue histoire commencée dix ans plus tôt.

Un chercheur du LAAS, Christian Bergaud, imaginait alors une façon de miniaturiser à l'extrême les robots de fabrication de biopuces en les transposant à la technologie silicium. Je finissais ma thèse sous sa direction et assistais à la montée en puissance de la Génopôle toulousaine et à la naissance d'un langage commun entre les micro-technologues, menés par Christian, et les biologistes, avec en tête de pont Jean-Marie François, professeur à l'INSA et responsable de la plateforme biopuce.

Le premier jalon de cette aventure humaine commune a été la toute première version de Bioplume, dont l'objectif affiché était de réaliser des biopuces de densité supérieure à ce qui existait alors, en utilisant en guise d'outils de dépôt (de sondes biologiques sur une surface) des microplumes en silicium se chargeant à la manière des

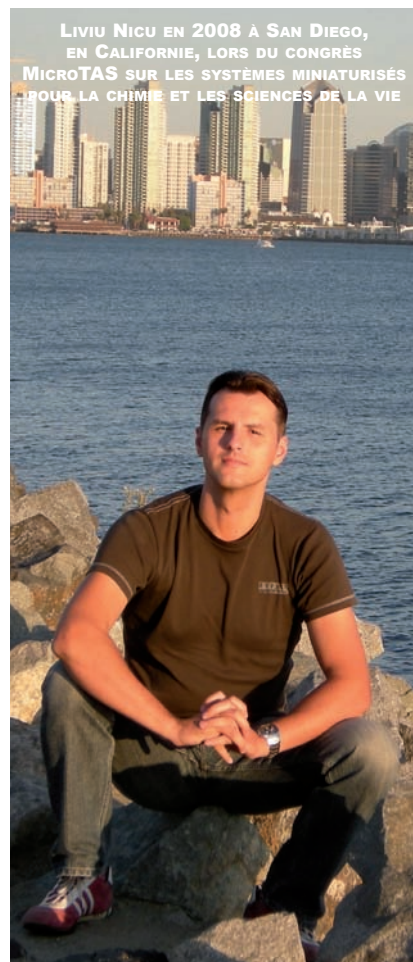


anciennes plumes à écrire, à partir d'un encrier déporté. Dans le cas présent, "l'encre" est biologique et permet "d'écrire" des motifs très petits sur un substrat solide appelé biopuce. Le premier prototype fonctionnel² a vu le jour au début des années 2000, fruit du travail technologique de Christian, de ses doctorants en salle blanche, au LAAS, et de Jean-Bernard Pourciel, ingénieur de recherche, dont le rôle a été d'apprendre "à marcher" (par la mise en place d'interfaces automatiques spécifiques) au Bioplume 1.0.

Les choses ont alors pris de la vitesse. Le projet européen NAPA, méthodes émergentes de nanofabrication, dont le LAAS était partenaire, a démarré en 2004 pour une durée de 4 ans. Cela nous a permis de créer Bioplume 2.0, plus compact, plus précis, puis le Bioplume 3.0, plus agile, plus complexe. Nous avons détourné la vocation première de Bioplume en le transformant tour à tour en robot de dépôt de nanoparticules, en robot de dépôt de polymères à empreinte moléculaire ou de polymères électro-polymérisables⁵, puis petit à petit de l'ADN⁶ nous sommes passés aux protéines et enfin, aux cellules, en juillet dernier.

Nous voulions au début un robot de fabrication de biopuces à ADN car nos collègues biologistes y voyaient un certain intérêt ! En chemin, nous avons rencontré les chimistes de Compiègne (Karsten Haupt), les biochimistes de Grenoble (Thierry Livache, Pascal Mailley et Yoann Roupioz), les immunologistes de Montpellier (Martine Pugnière) et de Grenoble (Patrice Marche).

Aujourd'hui, Bioplume marche. Grâce aux capteurs embarqués, pilotés par Fabrice Mathieu, il est sensible à son environnement et sait faire



plein de choses différentes grâce à tous ceux et celles qui ont passé leurs jours et leurs nuits à les lui apprendre (Thierry, Nathalie, Daisuke).

Aurions-nous réussi tout cela, seuls, dans notre coin, confinés dans nos disciplines respectives ? Certainement pas ! ■

Liviu Nicu

@ nicu@laas.fr

Nicolas Van Wambeke

1400^e docteur du LAAS

Depuis la création du LAAS en 1968, plus de 1400 doctorants ont été accueillis, autant de thèses soutenues, dirigées par des chercheurs du laboratoire. Ces derniers sont par ailleurs eux-mêmes 200 à avoir poursuivi leur carrière au LAAS après leur thèse. Nicolas Van Wambeke a soutenu sa thèse de doctorat, délivrée par l'INSA de Toulouse, en septembre 2009. Il est le 1400^e docteur du LAAS. Il a choisi d'offrir et développer ses compétences dans le secteur industriel et a rejoint Thales Alenia Space où il travaille à la définition de systèmes de communication par satellite. Itinéraire d'un jeune et brillant docteur.



“J’AI ENVIE DE TRAVAILLER À LA CONSTRUCTION DE SOLUTIONS INNOVANTES”

Nicolas Van Wambeke est ingénieur de conception pour les systèmes de communication par satellite au sein du groupe Thales Alenia Space. “L’intitulé de ma fonction n’est pas définitif, indique le jeune homme, j’aimerais à terme enlever le mot ingénieur”. Lui-même se présente sur le CV qu’il a soumis à son employeur comme Docteur en informatique et réseaux, avec comme slogan d’accroche *Construire des solutions innovantes, la clé du succès de nos projets*.

Le jeune docteur est de nationalité belge, mais, ayant vécu quelques années au El Salvador, c’est au lycée français de San Salvador qu’il a fait ses études secondaires, puis donc passé un baccalauréat français qui l’a naturellement conduit à poursuivre ses études supérieures en France. “Le système belge d’inscriptions et d’équivalence des diplômes alors en vigueur était un peu compliqué.

J’aurais pu faire de la biologie mais je voulais faire de la physique et des mathématiques. Toulouse était mon premier choix”. Après un DEUG Sciences et technologies à l’Université Paul Sabatier, notre pérégrin intègre l’INSA. Il en sort ingénieur Réseaux et télécommunications en 2006, major de sa promotion, comme il le sera de son master recherche Réseaux, télécommunications, systèmes et architectures. “J’ai fait un premier stage au LAAS en 2005. J’ai tout de suite accroché à la façon de travailler, à la philosophie”. Viennent alors les années de thèse, financées par une bourse du ministère de la Recherche, au cours desquelles Nicolas Van Wambeke sera également moniteur de l’enseignement supérieur à l’INSA. Le sujet de thèse porte sur *Une approche pour la composition autonome de services de communication*. Elle présente une architecture logicielle et des modèles algorithmiques pour la

construction de systèmes de communication auto-adaptatifs. Ce qu’il a pensé du LAAS ? “C’est une structure qui fonctionne bien, une fois qu’on s’est habitué à ses spécificités. On est dans la fonction publique. On voit parfois les extrêmes d’un système en évolution et quelques incohérences”.

Environ 35% des docteurs du LAAS ont poursuivi dans la recherche académique, la majorité dans l’industrie. “C’est vrai, il y a un moment où le cœur balance entre ces deux mondes, dit Nicolas, mais j’ai toujours été passionné par l’aéronautique et l’espace, et, après toutes ces années d’études, j’ai eu l’envie de changer d’environnement, de travailler de l’autre côté de la barrière”. ■

Propos recueillis par Marie-Hélène Dervillers

N O M I N A T I O N S

**Robert Plana,**

Directeur scientifique Maths-Physique-Nano-TIC
au ministère chargé de la Recherche

Robert Plana est nommé directeur scientifique du secteur Mathématiques-Physique-Nanosciences-STIC à la direction générale de la Recherche et de l'innovation au ministère de l'Enseignement supérieur et de la recherche. Chercheur au LAAS et professeur de l'Université Paul Sabatier de Toulouse, ce spécialiste de la conception, de la modélisation et de la simulation des composants et circuits micro-ondes est reconnu pour ses travaux dans le domaine du bruit basse fréquence des composants et circuits à semi-conducteurs. Ce qui lui a valu en 1999 la médaille de bronze du CNRS. C'est en 2005 qu'il devient directeur scientifique du département des Sciences et technologies de l'information et de la communication du CNRS, puis directeur du programme en nanosciences et nanotechnologies (PNANO) de l'ANR jusqu'en 2009. ■

**Christian Bergaud,**

Directeur du GDR national
Micro-Nano Systèmes

Christian Bergaud, directeur de recherche au LAAS et spécialiste des nanobiosystèmes, a été nommé directeur du Groupement de recherche national Micro-Nano Systèmes pour une durée de 4 ans. Ancien directeur du LIMMS (laboratoire des systèmes mécatroniques micro intégrés CNRS/Univ. de Tokyo), il remplace Lionel Buchailot (IEMN, Lille). Le GDR MNS initié en 2004 par le département STIC du CNRS a pour mission l'animation scientifique nationale de ce domaine. ■

T A L E N T S

**Jean-Claude Laprie,**

Lauréat du grand Prix de l'Académie des sciences
en informatique

Le grand Prix de l'Académie des sciences en informatique 2009 est décerné à Jean-Claude Laprie, chercheur au LAAS-CNRS, pour ses travaux dans le domaine de la sûreté de fonctionnement informatique. Ce prix annuel des sciences de l'informatique et de leurs applications, qui lui a été remis ce 24 novembre sous la coupole de l'Institut de France, a été créé en 2007 par la fondation d'entreprise EADS. Il récompense l'ensemble des travaux d'une personnalité scientifique dans un laboratoire français, qui a contribué de manière exceptionnelle au dynamisme et au rayonnement de la recherche en informatique tout en établissant une coopération remarquable avec l'industrie.

Ce Prix distingue une carrière entièrement vouée à la sûreté de fonctionnement informatique dans ses aspects fondamentaux. Jean-Claude Laprie, qui a fondé au LAAS et dirigé dès 1975 une équipe de recherche dans cette thématique, a contribué à en formuler de manière rigoureuse les concepts et les méthodologies, ainsi que la terminologie associée. La communauté scientifique internationale, qui les a adoptés, lui a rapidement reconnu un rôle de leader dans le domaine. Ses travaux ont essaimé et fait école.

Jean-Claude Laprie et son équipe ont établi très tôt, dès la fin des années 70, des liens étroits avec l'industrie. Nombre des collaborations résultantes ont influencé les approches industrielles de la sûreté de fonctionnement. Au premier chef, les systèmes critiques comme les transports aériens, notamment les systèmes avioniques, les transports ferroviaires ou la production et distribution d'énergie électrique.

L'avènement des systèmes informatiques ubiquitaires pose de nouveaux défis qui requièrent des concepts novateurs. Le concept de résilience informatique est au cœur des travaux du réseau d'excellence européen ReSIST (Resilience for Survivability in Information Society Technologies) qu'a initié et dirigé Jean-Claude Laprie de 2006 à 2009.

Ce grand Prix récompense la capacité d'abstraction et de formalisation particulière du lauréat, qui a jeté les bases d'une appréhension nouvelle de la sûreté de fonctionnement informatique et dessiné, par l'apport récent du concept de résilience, les orientations de son avenir.

Jean-Claude Laprie est directeur de recherche de classe exceptionnelle au CNRS. Il a reçu la médaille d'argent du CNRS en 1994. Il a dirigé le LAAS de 1997 à 2002. ■

Thèses

Micro et nano systèmes

Technologies PNIPAM pour les laboratoires sur puce,

PAR G. PAUMIER,

thèse de l'Université de Toulouse
délivrée par l'UPS, 6 novembre 2008.

Composants optoélectroniques à microcavités verticales sur GaAs : Technologies avancées pour de nouvelles fonctions ,

PAR M. CONDE,

thèse de l'Université de Toulouse
délivrée par l'UPS, 18 novembre 2008.

Biodétection optique sans marquage basée sur la diffraction de motifs moléculaires submicroniques,

PAR J.-C. CAU,

thèse de l'Université de Toulouse
délivrée par l'INSA, 21 novembre 2008.

Microsystème de propulsion à propergol solide sur silicium : application au contrôle d'assiette de microdrone,

PAR A. CHAALANE,

thèse de l'Université de Toulouse
délivrée par l'UPS, 21 novembre 2008.

Architectures de convertisseurs DC/DC à fort courant, basse tension avec commande numérique,

PAR A. SIMON,

thèse de l'Université de Toulouse
délivrée par l'UPS, 24 novembre 2008.

Nouvelle topologie d'antennes multi-bandes pour applications spatiales,

PAR S. HEBIB,

thèse de l'Université de Toulouse
délivrée par l'UPS, 24 novembre 2008.

Design, modelization and realization of integrated inductive components for low power supplies and microsystems,

PAR P. ARTILLAN,

thèse de l'Université de Toulouse
délivrée par l'INSA, 27 novembre 2008.

Optimisation énergétique de l'étage d'adaptation électronique dédié à la conversion photovoltaïque,

PAR C. CABAL,

thèse de l'Université de Toulouse
délivrée par l'UPS, 15 décembre 2008.

Etude de nano-systèmes électromécaniques (NEMS) à base de nanotubes de carbone pour applications hyperfréquences,

PAR T. RICART,

thèse de l'Université de Toulouse
délivrée par l'UPS, 18 décembre 2008.

Développement d'outils d'analyse des matériaux pour l'étude du chargement des diélectriques : application à la fiabilité des micro-commutateurs RF à actionnement électrostatique,

PAR M. LAMHAMDI

thèse de l'Université de Toulouse
délivrée par l'UPS, 19 décembre 2008.

TALENTS



Jean-Bernard Lasserre, Lauréat du Prix Lagrange en optimisation

Le prix Lagrange est décerné tous les trois ans par les sociétés savantes SIAM¹ et MPS². Il confirme et renforce la reconnaissance internationale d'un chercheur pour sa contribution originale en mathématiques appliquées dans le domaine de l'optimisation. L'article ou l'ouvrage mis en avant est l'une des contributions originales du chercheur.

Jean Bernard Lasserre, Directeur de recherche au CNRS, a été distingué pour l'originalité de ses travaux intégrant des outils de géométrie algébrique pour résoudre des problèmes d'optimisation où l'on cherche à minimiser un coût sous des contraintes. En effet, des propriétés algébriques remarquables des polynômes positifs, qui n'avaient pas été exploitées en optimisation jusque-là, s'avèrent extrêmement utiles et efficaces.

Ces travaux ont notamment conduit au LAAS au développement du logiciel GloptiPoly, pour l'optimisation du calibrage des caméras pour l'analyse de scènes dans lesquelles un robot se déplace. Ce dernier travail a été récompensé par le prestigieux Prix Marr en vision par ordinateur en 2005. Les recherches de Jean-Bernard Lasserre s'appliquent également au calcul d'options exotiques en finance utilisées par les traders. L'article "Pricing exotic options via moments and SDP relaxations" co-écrit avec T. Prieto-Rumeau et M. Zervos a fait partie des cinq nominés pour le meilleur article 2006 en Mathématiques financières attribué par l'Institut Europlace de Finance.

Jean-Bernard Lasserre est diplômé de l'Ecole nationale supérieure d'informatique et mathématiques appliquées de Grenoble. Il a obtenu sa thèse de docteur-ingénieur en 1978 et son doctorat d'Etat en 1984 à l'Université Paul Sabatier de Toulouse. Avec le soutien d'une bourse de l'INRIA en 1978 et de la National Science Foundation américaine en 1985, il a fait deux séjours d'un an au département de génie électrique de l'Université de Californie à Berkeley. Par la suite il effectue aussi des séjours plus courts dans d'autres universités et instituts : Université de Stanford, Institut Technologique du Massachusetts (MIT), Institut de recherche en sciences mathématiques de Berkeley, Fields Institute de Toronto, Institut pour les mathématiques et leurs applications de Minneapolis, Cinvestav-IPN de Mexico. Jean-Bernard Lasserre est membre de l'Institut de Mathématiques de Toulouse. ■



Jean-Jacques Quisquater, Docteur Honoris Causa de l'INP de Toulouse

Jean-Jacques Quisquater, professeur à l'Université catholique de Louvain, en Belgique, a reçu, sur proposition du LAAS, le diplôme de Docteur Honoris Causa de l'INP le 11 janvier dernier. Ingénieur civil en mathématiques appliquées, Docteur d'Etat en science informatique, professeur de cryptographie et de sécurité multimédia, Jean-Jacques

Quisquater s'intéresse particulièrement à l'implémentation de la cryptographie sur des cartes à puces, domaine où il a apporté une contribution importante. Ami de longue date de Toulouse et du LAAS, il a mené régulièrement des recherches en collaboration sur la sécurité informatique. De 2004 à 2006, il était titulaire d'une chaire d'excellence Pierre de Fermat de la Région Midi-Pyrénées, qui a permis de renforcer cette collaboration avec le LAAS. C'est Yves Deswarte, directeur de recherche au CNRS et chercheur au LAAS, qui a prononcé son éloge lors de la cérémonie de remise. ■



Etienne Dague, Prix de la Société des docteurs en pharmacie

Etienne Dague a reçu ce prix de l'Académie nationale de pharmacie pour l'année 2008 couronnant l'ensemble de ses travaux de recherche depuis 2003. Il a préparé sa thèse à Nancy au Laboratoire de Chimie Physique et Microbiologie pour l'Environnement (LCPME) puis a poursuivi ses travaux sur l'usage de la microscopie à force atomique en biologie à l'Université Catholique de Louvain (Unité de chimie des interfaces) avant de rejoindre le LAAS en octobre 2007. Au LAAS, il développe de nouvelles technologies à la frontière entre la physique et la biologie pour élucider les interactions

entre biomolécules ou entre cellules avec une précision moléculaire. Ce prix, doté par la société des Docteurs en Pharmacie d'expression française, est ouvert dans toutes les disciplines pour des travaux de doctorat d'université défendus en France ou dans un pays francophone par un pharmacien. ■

Thèses

Micro et nano systèmes (suite)

■ Etude des potentialités des nanotubes de carbone dans le domaine hyperfréquence : Application à l'élaboration de matériaux nanocomposites et contribution à la miniaturisation de composants électromécaniques (NEMS),

PAR S. PACCHINI,
thèse de l'Université de Toulouse
développée par l'UPS, 19 décembre 2008.

■ Nouvelles architectures distribuées de gestion et conversion de l'énergie pour les applications photovoltaïques,

PAR S. PETIBON,
thèse de l'Université de Toulouse
développée par l'UPS, 20 janvier 2009.

■ Assemblage dirigé d'objets à partir de solutions colloïdales,

PAR M. GENEVIEVE,
thèse de l'Université de Toulouse
développée par l'INSA, 4 février 2009.

■ Stratégies de modélisation et protection vis à vis des décharges électrostatiques (ESD) adaptées aux exigences de la norme du composant charge (CDM),

PAR Y. GAO,
thèse de l'Université de Toulouse
développée par l'INP, 13 février 2009.

■ Nouvelle approche méthodologique pour la prise en compte de la flexibilité dans les interactions entre molécules biologiques : les Modes Statiques,

PAR M. BRUT,
thèse de l'Université de Toulouse
développée par l'UPS, 5 mars 2009.

■ Actionnement électriques de fluides dédiés aux microsystèmes,

PAR L. TANGUY,
thèse de l'Université de Toulouse
développée par l'UPS, 9 mars 2009.

■ Réalisation d'une plateforme biopuce sans marquage basée sur la lithographie douce,

PAR H. LALO,
thèse de l'Université de Toulouse
développée par l'INSA, 16 mars 2009.

■ Elaboration de sources hyperfréquences à haute pureté spectrale à base de résonateurs optiques,

PAR P.H. MERRER,
thèse de l'Université de Toulouse
développée par l'UPS, 17 avril 2009.

■ Analyse de la fiabilité à long terme de transistors bipolaires soumis à de faibles contraintes,

PAR A. CROSSON,
thèse de l'Université de Toulouse
développée par l'UPS, 23 avril 2009.

■ Jonctions ultra-minces p+/n pour MOS "ultimes étude de l'impact des défauts sur la mobilité et l'activation du bore,

PAR F. SEVERAC,
thèse de l'Université de Toulouse
développée par l'UPS, 24 avril 2009.

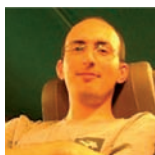
¹ Society for Industrial and Applied Mathematics, plus de 10.000 membres
² Mathematical Programming Society.

TALENTS

**Céline Casenave,**

Lauréate du prix international Amélia Earhart du Zonta

Céline Casenave, doctorante au LAAS, a été récompensée par ce prix qui distingue des jeunes femmes pour l'excellence de leurs travaux en sciences et ingénieries liées au domaine aéronautique et spatial. Ses travaux de thèse portent sur la "formulation diffusive d'équations opérationnelles et application à certains problèmes dynamiques non linéaires". Grâce à des résultats significatifs en regard du problème essentiel "d'inversion opératoire", elle a démarré une application en situation concrète pour la simulation et l'identification de certains modèles en aéroacoustique et combustion. ■

**Emrah Akin Sisbot,**1^{er} prix de thèse du GDR Robotique

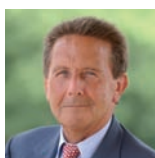
Le Groupement de recherche en robotique du CNRS a décerné le 1^{er} prix de thèse 2009 à un post doctorant du LAAS. Emrah Akin Sisbot mène des recherches sur le raisonnement géométrique et la planification du mouvement dans l'interaction homme-machine avec Rachid Alami. La cérémonie de remise du prix a eu lieu le 5 novembre dernier lors des Journées nationales de la recherche en robotique. Le GDR regroupe près de 60 équipes de recherche du CNRS, de l'université et de l'INRIA entre autres. Il regroupe plus de 800 chercheurs dont la moitié de doctorants. ■

**Fabien Thion,**

Lauréat du prix de la rupture technologique

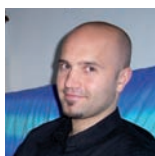
Fabien Thion, doctorant au laboratoire Ampère de Lyon en co-tutelle avec le LAAS, a reçu le prix 2009 de la rupture technologique lors de la conférence des Jeunes chercheurs en génie électrique le 23 septembre. L'article primé concerne "les composants électroniques en diamant : état de l'art, applications et simulations préliminaires". C'est une reconnaissance importante de la communauté du génie électrique français. ■

DISTINCTIONS RÉGIONALES

**Alain Costes,**

Prix du Cercle d'Oc 2009

A l'occasion de la fête annuelle du Cercle d'Oc, club de chefs d'entreprise de Midi-Pyrénées, le 17 septembre, Alain Costes a reçu le prix des mains du nouveau président Alain Di Crescenzo. Toute sa carrière, Alain Costes a œuvré au rapprochement entre scientifiques et industriels. Citons la mise en place en 1991 du concept novateur de laboratoire commun entre la recherche et l'industrie et la création du Club des affiliés du LAAS la même année. ■

**Yann Weber,**

Lauréat du prix Paul Sabatier de l'Académie des sciences, inscriptions et belles lettres de Toulouse

Yann Weber, docteur du LAAS en 2008, a été distingué pour ses travaux sur la conception d'une nouvelle génération de transistor Flymos 200 V possédant une résistance spécifique dépassant la limite conventionnelle du silicium. A la suite de ces recherches, menées au sein du laboratoire commun LISPA (lab. d'intégration des systèmes de puissance avancés) LAAS/Freescale, il a intégré l'entreprise en tant qu'ingénieur en analyse de défaillances. ■

**Ana-Elena Rugina,**

Prix de thèse Léopold Escande de l'INPT

Déjà lauréate de plusieurs prix (Académie des sciences, inscriptions et belles-lettres de Toulouse, Amélia Earhart, Lambda-mu d'or Recherche), Ana-Elena Rugina a effectué sa thèse au LAAS. Elle ajoute à son palmarès le prix Léopold Escande qui récompense chaque année les meilleures thèses de l'INPT. Démarrée dans le cadre du projet européen Assert coordonné par l'Agence spatiale européenne, la thèse concernait l'évaluation de la sûreté de fonctionnement de systèmes critiques. Ana-Elena poursuit sa carrière au sein d'EADS Astrium. ■

Thèses

Micro et nano systèmes (suite)

■ Intégration à grande échelle de nanobio-capteurs basés sur le blocage de coulomb et de canaux microfluidiques, pour la détection directe de biomarqueurs cancéreux,

PAR A. MARTINEZ RIVAS,thèse de l'Université de Toulouse
développée par l'INSA, 26 juin 2009.

■ Modélisation du contact métal-métal: application aux micro-commutateurs MEMS RF,

PAR F. PENNEC,thèse de l'Université de Toulouse
développée par l'UPS, 26 juin 2009.

■ Modélisation et optimisation d'actionneurs électrostatiques à membrane,

PAR C. MAJ,thèse de l'Université de Toulouse
développée par l'INSA, 8 juillet 2009.

■ Modélisation et optimisation de capteurs de pression piézorésistifs,

PAR M. OLSZACKI,thèse de l'Université de Toulouse
développée par l'INSA, 8 juillet 2009.

Automatique et traitement du signal

■ Détection et localisation des défauts provenant des capteurs et des actionneurs : application sur un système non linéaire,

PAR D. FRAGKOULIS,thèse de l'Université de Toulouse
développée par l'UPS, 13 novembre 2008.

■ Synthèse LPV polynomiale appliquée à la commande de turboréacteurs,

PAR W. GILBERT,thèse de l'Université de Toulouse
développée par l'INSA, 25 novembre 2008.

■ Un point de vue unifié sur la diagnosticabilité,

PAR X. PUCEL,thèse de l'Université de Toulouse
développée par l'INSA, 11 décembre 2008.

■ Diagnostic hors-ligne à base de modèles : approche multi-modèle pour la génération automatique de séquences de tests. Application au domaine de l'automobile,

PAR H. RESSENCOURT,thèse de l'Université de Toulouse
développée par l'UPS, décembre 2008.

■ Active diagnosis of hybrid systems guided by diagnosability analysis.

Application to autonomous satellites,

PAR M. BAYOUDH,thèse de l'Université de Toulouse
développée par l'INP, 4 février 2009.

■ Méthodologie de conception de contrôleurs intelligents par l'approche génétique. Application à un bioprocédé,

PAR O. GUENOUNOU,thèse de l'Université de Toulouse
développée par l'UPS, 22 avril 2009.

NOV. 2008 À DÉC. 2009

Habilitations à diriger des recherches

9 avril 2009

par **Véronique Bardinal-Delagnes**

VCSELS : Technologie et intégration photonique



Depuis le premier concept proposé par Kenichi Iga (Tokyo Institute of Technology, Japon) il y a 30 ans, une forte activité de recherche a été déployée sur les lasers à cavité verticale à émission par la surface (VCSELS). Elle s'étend désormais du matériau au composant jusqu'aux systèmes photoniques, les conduisant à la position stratégique qu'occupe actuellement ces lasers. Le parcours scientifique de Véronique Bardinal s'inscrit dans cette dynamique. Ses activités de recherche ont tout d'abord concerné le contrôle en temps réel de la croissance par épitaxie des dispositifs et la maîtrise de leur confinement transverse. Elles se sont ensuite étendues vers l'étude de la photodétection intégrée dans des VCSELS

multifonctionnels. Le contrôle de l'injection électrique dans les composants de grandes dimensions pour la manipulation de solitons de cavité a également constitué un axe de développement. Sans oublier la génération de puissance, jusqu'à l'intégration des VCSELS dans les microsystèmes, notamment pour le biomédical. Cette dernière thématique a conduit Véronique Bardinal à mettre en place une nouvelle filière sur la micro-optique intégrée à base de polymères pour ces composants. Ces travaux ouvrent de nombreuses perspectives dans le domaine de la nano-photonique, de l'instrumentation et de la bio-photonique.

9 novembre 2009

par **Christophe Prieur**

Contrôlabilité et stabilisation optimales en dimension finie ou infinie



Suivant les applications considérées et le nombre de degrés de liberté à envisager, Christophe Prieur a étudié deux grandes classes de systèmes. La première classe de systèmes est décrite par des équations non linéaires aux dérivées ordinaires.

Les commandes correspondantes ont été examinées avec une dynamique mixte discrète/continue, dites hybrides. Elles permettent de stabiliser des

systèmes non linéaires avec une robustesse, par rapport aux erreurs de mesure par exemple, et une certaine optimalité. La seconde classe de systèmes concerne ceux à paramètres distribués. Des résultats ont concernés plus particulièrement le contrôle ou la stabilisation de structures flexibles, ainsi que la stabilisation robuste de l'écoulement de l'eau dans un réseau de canaux.

13 novembre 2009

par **Daniel Sidobre**

Manipulation robotisée et interaction



Depuis l'origine des temps l'homme rêve de vivre plus longtemps et surtout d'utiliser ce temps pour des activités agréables. La prochaine étape de cette évolution sera la construction de robots capables de choisir, définir et enfin accomplir une tâche de manière autonome au milieu des humains. Pour atteindre ce but, des outils de planification et de contrôle pour des tâches de manipulation sont présentés. La notion de mouvements souples constitués de suites de fonctions cubiques permet, d'une part, de planifier des trajectoires en prenant en

compte le temps et les contraintes de confort et de sécurité des utilisateurs, et d'autre part, de faire le lien entre planification et commande. La planification de prises et l'étude de leurs stabilités constituent un élément clé de la planification de tâches de manipulation. L'étude de la dynamique et des frottements est indispensable à la compréhension de la manipulation. L'interaction entre humains et robots est abordée à partir de l'étude de l'échange d'un objet équipé de capteurs pour mesurer les forces d'interaction.

Thèses

Automatique et traitement du signal (suite)

■ Sur la stabilité des systèmes à retards variant dans le temps: théorie et application au contrôle de congestion d'un routeur,

PAR **Y. ARIBA,**

thèse de l'Université de Toulouse

défendue par l'UPS, 23 novembre 2009.

Robotique

■ Interaction décisionnelle homme-robot: la planification de tâches au service de la sociabilité du robot,

PAR **V. MONTREUIL,**

thèse de l'Université de Toulouse

défendue par l'UPS, 7 novembre 2008.

■ Vision et filtrage particulière pour le suivi tridimensionnel de mouvements humains: applications à la robotique,

PAR **F. FONTMARTY,**

thèse de l'Université de Toulouse

défendue par l'UPS, 2 décembre 2008.

■ On autonomous target tracking for UAVs,

PAR **T. THEODORAKOPOULOS,**

thèse de l'Université de Toulouse

défendue par l'UPS, 4 mai 2009.

■ Planification de tâche de manipulation par pivotement pour un robot humain,

PAR **M. POIRIER,**

thèse de l'Université de Toulouse

défendue par l'INSA, 21 septembre 2009.

Informatique

■ Découverte et agrégation de topologies de réseaux : application au contrôle d'admission,

PAR **W. HTIRA,**

thèse de l'Université de Toulouse

défendue par l'UPS, 12 novembre 2008.

■ Modélisation des applications distribuées à architecture dynamique: conception et validation,

PAR **M. HADJ KACEM,**

thèse de l'Université de Toulouse

défendue par l'UPS, 13 novembre 2008.

■ Evaluation des systèmes de détection d'intrusion,

PAR **M. GAD EL RAB,**

thèse de l'Université de Toulouse

défendue par l'UPS, 15 décembre 2008.

■ Adaptation en ligne de mécanismes de tolérance aux fautes par une approche à composants ouverts,

PAR **T. PAREAUD,**

thèse de l'Université de Toulouse

défendue par l'INP, 27 janvier 2009.

■ Conception, implantation et expérimentation d'une architecture en bus pour l'auto-réparation des applications distribuées à base de services Web,

PAR **R. BEN HALIMA,**

thèse de l'Université de Toulouse

défendue par l'UPS, 17 juin 2009.

Habilitations à diriger des recherches

19 novembre 2009

par Vincent Nicomette

La protection des systèmes informatiques vis-à-vis des malveillances : architecture et évaluation expérimentale

La sécurité des systèmes informatiques répartis est un problème de plus en plus important, en particulier avec l'utilisation massive du réseau Internet. Il est donc essentiel de pouvoir imaginer des techniques de protection efficaces de nos systèmes et de nos réseaux. Ces travaux proposent une contribution à la protection des systèmes informatiques vis-à-vis des malveillances, en abordant le problème sous deux angles : un angle architectural et un angle expérimental.

L'angle architectural concerne la conception d'architectures de sécurité permettant de faire face aux menaces actuelles, en proposant plusieurs approches suivies dans la cadre de différentes thèses. L'angle expérimental se focalise sur des techniques permettant d'améliorer notre connaissance des attaquants et des processus d'attaques, en particulier, les processus qui utilisent le réseau Internet comme support.



7 décembre 2009

par Cyril Briand

Analyse d'intervalles pour l'ordonnancement d'activités

Cette habilitation s'attache à décrire l'intérêt de l'analyse d'intervalles en ordonnancement. L'analyse d'intervalles considère les relations d'ordres existantes entre certains intervalles caractéristiques des tâches à ordonnancer. On montre comment, pour certains problèmes particuliers, elle permet de définir des conditions de dominance ou des conditions suffisantes d'optimalité, caractérisant des ensembles remarquables de solutions. La connaissance de ces ensembles permet

d'envisager des formulations de programmation linéaire en nombres entiers (PLNE) efficaces et originales pour résoudre certains problèmes réputés difficiles. De plus, les conditions étant relativement indépendantes des valeurs numériques du problème, on montre aussi leur intérêt pour la caractérisation d'ensembles flexibles et robustes de solutions. D'autres travaux seront également évoqués dans lesquels la notion d'intervalle est centrale.



8 décembre 2009

par Jean-Guy Tartarin

Le bruit de fond électrique dans les composants actifs, circuits et systèmes des hautes fréquences : des causes vers les effets

Les travaux présentés portent sur l'impact du bruit de fond électrique sur les technologies des composants actifs, les circuits et les systèmes des hautes fréquences. Durant nos 12 dernières années de recherche, nous nous sommes intéressés à des filières émergentes à fort potentiel d'intégration (BiCMOS SiGe) ou à forte puissance (GaN). Nous avons développé des modèles électriques et en bruit des composants actifs pour identifier les pistes d'améliorations technologiques, localiser les défauts structurels ou étudier le comportement de ces mêmes défauts après l'application de contraintes simulant un vieillissement accéléré. Sur la base de la connaissance des

composants actifs, nous avons développé des circuits intégrés MMIC faible bruit à 10 GHz et 20 GHz (amplificateurs et oscillateurs) dont certains se positionnent à l'état de l'art. La troisième partie, orientée système, aborde l'étude du bruit d'un récepteur, le cas d'un étage de réception affecté par la chaîne d'émission, en proposant différentes parades permettant de limiter les dégradations de son plancher de bruit. Enfin, le cas d'un système de liaison hertzienne embarqué sur automobile est abordé. Diverses stratégies sont ainsi proposées pour pallier les événements conduisant à une rupture de la liaison.



Informatique (suite)

■ Contributions on detection and classification of internet traffic anomalies,

PAR **S. FARRAPOSO,**

thèse de l'Université de Toulouse
délivrée par l'UPS, 17 juin 2009.

■ Détection d'erreur au plus tôt dans les systèmes temps réel : une approche basée sur la vérification en ligne,

PAR **T. ROBERT,**

thèse de l'Université de Toulouse
délivrée par l'INP, 24 juin 2009.

■ Contribution à la qualité de service dans les réseaux d'accès sans-fil,

PAR **M. EL MASRI,**

thèse de l'Université de Toulouse
délivrée par l'INSA, 9 juillet 2009.

■ Une approche pour la composition autonome de services de communication orientés QoS. Application aux protocoles de transport configurables,

PAR **N. VAN WAMBEKE**

thèse de l'Université de Toulouse
délivrée par l'INSA, 8 septembre 2009.

■ Contrôle d'accès pour les grandes infrastructures critiques. Application au réseau d'énergie électrique,

PAR **A. BAINA,**

thèse de l'Université de Toulouse
délivrée par l'INSA, 29 septembre 2009.

■ End to end architecture and mechanisms for mobile and wireless communications in the Internet,

PAR **L. ZHANG,**

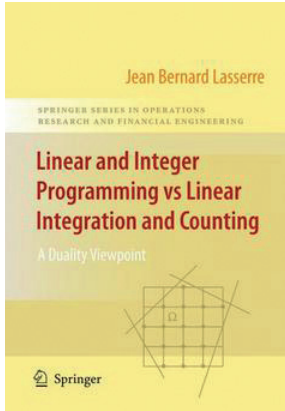
thèse de l'Université de Toulouse
délivrée par l'UPS, 5 octobre 2009.

■ Approche système pour la conception d'une méthodologie pour l'élicitation collaborative des exigences,

PAR **J. KONATE,**

thèse de l'Université de Toulouse
délivrée par l'UPS, 27 octobre 2009.

PARUTIONS

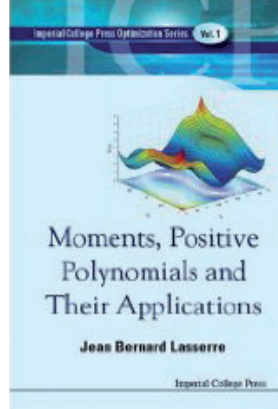


Linear and Integer Programming vs Linear Integration and Counting

Par Jean-Bernard Lasserre
Springer-Verlag, 2009.

Dans ce livre, l'auteur analyse et compare quatre problèmes liés : la programmation linéaire, la programmation entière, l'intégration linéaire et le comptage. L'accent est mis sur la dualité et l'approche est nouvelle car elle met la programmation entière en perspective avec trois problèmes associés et permet de définir les analogues discrets de

concepts bien connus en dualité continue. *Il y a une partie de mon activité scientifique que je trouve un peu exotique, indique l'auteur, j'espère que ce livre suscitera quelque intérêt dans la communauté recherche opérationnelle. Il concerne la programmation entière et le comptage de points entiers dans les polyèdres, et utilise les fonctions génératrices. Là aussi la géométrie algébrique apparaît.*



Moments, Positive Polynomials and Their Applications

Par Jean-Bernard Lasserre
Imperial College Press, 2009.

Des très nombreuses applications en optimisation globale, algèbre, probabilité et statistiques, mathématiques appliquées, théorie du contrôle, mathématiques financières, problèmes inverses, etc... peuvent être modélisées comme des exemples particuliers du problème généralisé des moments. Ce livre introduit une nouvelle

méthodologie pour résoudre ce problème généralisé des moments quand ces données sont des polynômes et des espaces semi-algébriques. Cette méthodologie combine la programmation semi-définie avec des résultats récents de géométrie algébrique réelle pour fournir une hiérarchie de relaxations semi-définies convergeant vers la valeur optimale voulue.

CONGRÈS

Rendez-vous Carnot 2010

5-6 mai 2010, Lyon

Cette 3^e édition est organisée à l'initiative de l'Association des instituts Carnot en collaboration avec la région Rhône-Alpes et le Grand Lyon. Le LAAS, en tant qu'Institut Carnot, y participe. Au programme : rendez-vous d'affaires, présentations flash de start-ups, démonstrateurs, conférences, tables rondes... Durant deux jours, chefs d'entreprises, responsables R&D de grands groupes, PME et représentants de collectivités territoriales, porteurs de projet d'innovation pourront avoir un accès facile et gratuit aux acteurs majeurs d'une recherche publique engagée pour le développement de l'innovation et de l'économie.

www.rdv-carnot.com / Contact : Alain Filipowicz, alain.filipowicz@laas.fr

11^e Congrès des doctorants EDSYS (école doctorale systèmes de Midi-Pyrénées ED 309)

6-7 mai 2010, ENAC, Toulouse

EDSYS réunit de nombreux laboratoires travaillant autour des systèmes (systèmes automatiques, systèmes industriels, systèmes informatiques, systèmes embarqués). Ce congrès est l'occasion pour tous les doctorants de l'EDSYS d'exposer leurs travaux au reste de la communauté.

www.laas.fr/EDSYS/contents/congres/2010/index.php

5th International Congress ERTS2 , Embedded Real Time Software and Systems

19-21 mai 2010, Toulouse

La cinquième édition du congrès ERTS2 suit celle de 2008 qui avait accueilli plus de 500 participants. Cette manifestation, unique en son genre, permet de regrouper autour du logiciel embarqué des acteurs de différents domaines. L'adjonction du terme Systems dans le titre de cette cinquième édition étend le spectre des domaines d'application, qui étaient principalement l'automobile, le ferroviaire, le spatial et l'aéronautique, à la notion plus large de système, commune à d'autres applications comme l'énergie, les télécommunications, et le médical. Les sujets abordés offrent une large couverture de la problématique des systèmes embarqués temps réel : architectures et algorithmes, langages, processus de développement, méthodes et outils, sûreté de fonctionnement et qualité de service, interactions homme-machine, environnements pour l'innovation et modèles économiques. ERTS est devenu au fil du temps une manifestation de tout premier plan : de 20 communications soumises et 179 participants lors de la première édition en 2002, cette cinquième édition a attiré 154 soumissions, et 800 participants sont attendus. Il est de plus à signaler que, débordant largement le cadre européen, cette édition a attiré des soumissions du Brésil, des États-Unis d'Amérique, et de Russie.

www.erts2010.org / Contact : Jean-Claude Laprie, président du comité de programme, laprie@laas.fr

Journée du Club Optique Micro-ondes

3 juin 2010, ISAE / Campus Supaero, Toulouse

L'ISAE (Institut supérieur de l'aéronautique et de l'espace) et le LAAS organisent cette journée sous la direction de la Société française d'optique. La thématique principale sera l'opto-hyperfréquence dans l'avionique et le spatial.

<http://websites.isae.fr/jcom/>

DRHE 2010 Dependable Robots in Human Environments

16-17 juin 2010, LAAS CNRS, Toulouse

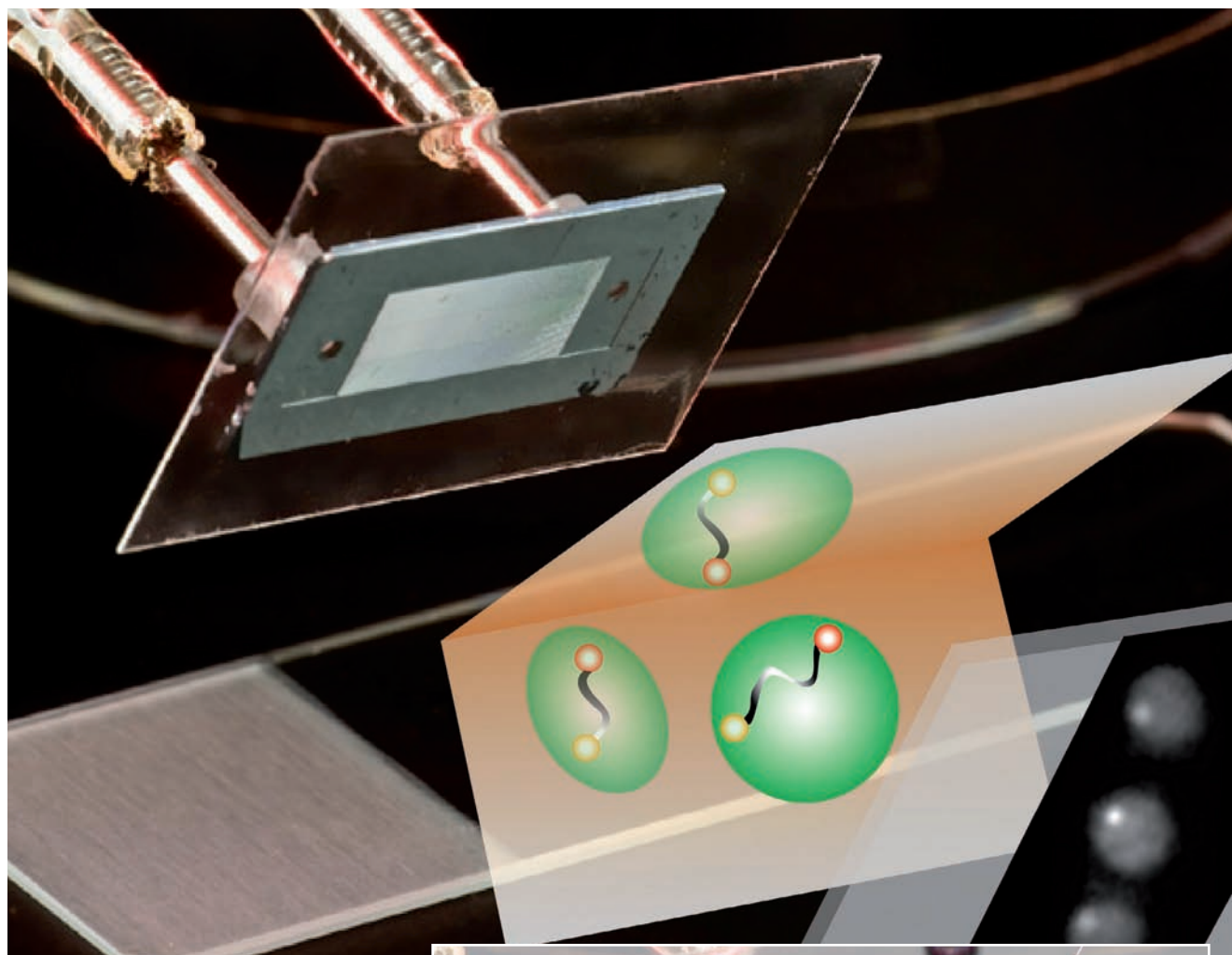
La robotique moderne est face aux nombreux nouveaux domaines d'application qui exigent des interactions physiques et cognitives fiables et efficaces avec les humains. Ce 7^e workshop sur les défis techniques des robots fiables en environnement humain de l'IARP (International Advanced Robotics Program) s'intéressera particulièrement aux robots autonomes. Il s'inscrit dans une suite de manifestations scientifiques fructueuses autour d'un petit groupe d'experts de haut niveau en robotique et issus d'autres disciplines, afin de discuter des dernières avancées dans ce domaine. L'atelier est prévu conjointement avec d'autres manifestations qui se tiendront au LAAS CNRS la même semaine.

www.laas.fr/DRHE2010/ / Contact : Félix Ingrand, Comité d'organisation, felix.ingrand@laas.fr

IFAC World Congress 2017

À l'initiative des représentants de la fédération internationale de l'Automatique, IFAC, en France et avec le soutien de l'ensemble de la communauté scientifique du domaine, la France est candidate pour présider l'IFAC pour le triennal 2014 - 2017 et organiser l'IFAC World Congress en 2017 à Toulouse. Le LAAS est porteur de cette candidature localement. L'attribution finale se fera en juillet 2010 et se joue entre Amsterdam, Toulouse et Yokohama. Cet événement majeur, organisé une fois tous les trois ans, regroupe près de 3.000 chercheurs du monde entier issus des milieux académiques et industriels. En 2017 il coïncidera avec les 60 ans de l'IFAC fondée en 1957 à Paris.

Un laboratoire sur puce pour la visualisation 3D des mouvements de l'ADN (photomontage)



Ci-dessus, on voit en haut à gauche de la photographie le dispositif d'un laboratoire sur puce dédié à la visualisation en 3D de cellules vivantes.

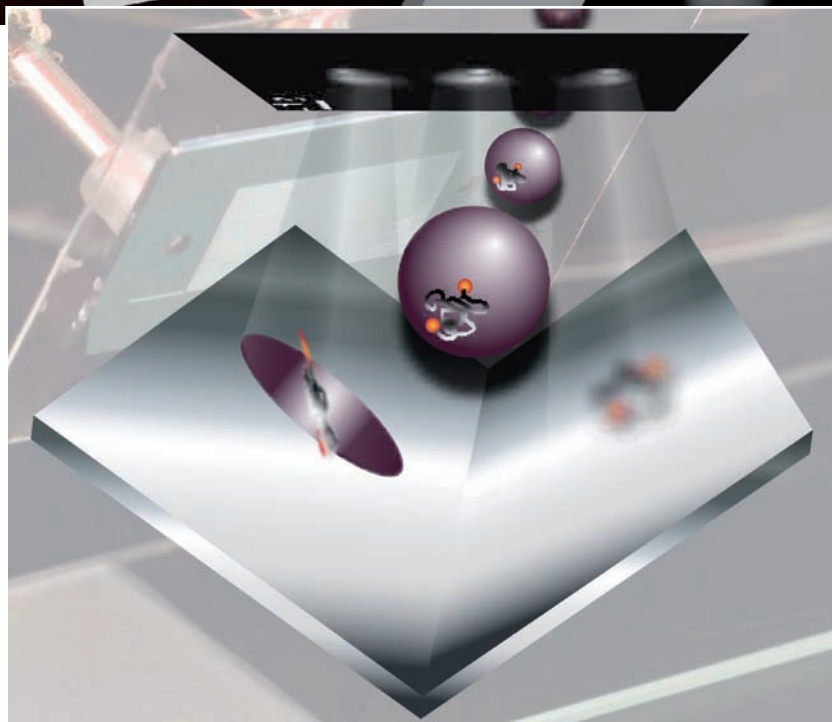
Ce dispositif est composé d'un réseau de 100 micro-miroirs en forme de V (partie moirée du dispositif), et de tuyaux fluidiques à travers lesquels les solutions sont transportées.

Les trois formes arrondies (en bas à droite) sont des photos de noyaux de levure d'environ $3\ \mu\text{m}$ de diamètre, les points lumineux correspondant à un segment d'ADN fluorescent.

Le dessin schématise un sillon en V (orangé) avec le noyau (vert) qui se reflète sur 2 facettes du miroir.

La ligne noire reliant les points jaune et orange symbolise le chemin parcouru pendant un temps donné.

L'échelle est fournie par la lame de verre dépoli de 2,5 cm de longueur.



Ci-contre, une autre modélisation des micromiroirs.



Contact

Aurélien Bancaud, bancaud@laas.fr

Réalisme et poésie

de la vie scientifique

Jean Dieuzaide au LAAS

Photographies 1968-1976

Exposition au LAAS-CNRS

Entrée libre les vendredis d'avril et mai 2010 de 10h à 18h.

7, avenue du Colonel Roche, 31077 TOULOUSE

LAAS-CNRS

