

NUMÉRO
55

AVRIL
2008

MICROSCOOP

LE JOURNAL DU

CNRS

EN DÉLÉGATION CENTRE POITOU-CHARENTES



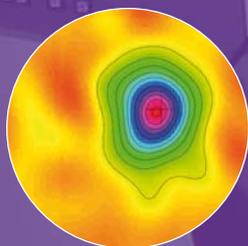
> IN SITU

Deux unités fusionnent



> TECHNOLOGIE

Une plate-forme au service
des projets de recherche



> VIE DES LABOS

La comète dans tous
ses états



> LABO EN DIRECT

PHYMAT, Laboratoire de
Physique des Matériaux

Microscop
Numéro 55
avril 2008

**CNRS Délégation
Centre Poitou-Charentes**

3E, Avenue
de la Recherche scientifique
45071 ORLEANS Cedex 2
Tél. : 02 38 25 52 01
Fax : 02 38 69 70 31
www.centre-poitou-
charentes.cnrs.fr
Email :
Daniele.Le-Roscouët-Zelwer@dr8.cnrs.fr

Directeur de la publication
Josette Roger (CNRS)

Rédactrice de la publication
Danièle Le Roscouët-Zelwer
(CNRS)

Secrétaire de la publication
Florence Royer (CNRS)

Ont participé à ce numéro

Denis Alamargot,
Aurélien Canizares,
Pierre Colom,
Richard Cordiaux
Jean-Louis Dacheux,
Eric Darrouzet,
Jean-Luc Demenet,
Pierre Desgardin,
Michel Dudeck,
Claude Fougère,
Roger Fréty,
Titaina Gibert,
Alain Le Pape,
Stéphane Mazouffre,
Valérie Montouillout,
Marie-Françoise Pinault,
Laurent Robin,
Catherine Souty,
Anne-Lise Thomann,
Emmanuel Trélat.

Création graphique
www.enola-creation.fr

Imprimeur
Imprimerie Nouvelle

ISSN 1247-844X



Photo de couverture
Vue du microscope électronique
en transmission



Dans le dernier numéro de décembre, j'annonçais de grands changements à venir dans nos relations avec les universités. La mise en œuvre de la loi « Liberté et Responsabilités des Universités » a largement dépassé l'organisation de chaque établissement puisqu'elle a induit une

réflexion beaucoup plus large sur l'organisation et le pilotage de la recherche au niveau national. Cette réflexion est encore en cours, en particulier la commission présidée par François d'Aubert qui n'a pas encore rendu ses conclusions quant à l'organisation concrète des unités mixtes de recherche. Cependant le rôle du CNRS a été cadré de manière assez précise par la lettre de mission adressée par notre Ministre, Valérie Pécresse, à la Présidente du CNRS, Catherine Bréchnignac. Les directeurs d'unité ont été invités à faire remonter leurs propositions à la direction de l'établissement avant que la rédaction du plan stratégique du CNRS « Horizon 2020 » ne soit terminée. Ce plan stratégique sera soumis comme prévu au vote du Conseil d'Administration en juin prochain.

A ce jour, les nouveaux contrats quadriennaux d'établissement sont en préparation avec chacune des universités ou écoles de la circonscription Centre-Poitou-Charentes. Au-delà des unités de recherche et de service dont les évaluations ont abouti à des créations, restructurations ou renouvellements avec effet au 1^{er} janvier 2008, les discussions portent aujourd'hui sur la politique scientifique de chaque établissement à partager avec le CNRS, sur les questions liées à la sécurité des personnes, des biens et des données informatiques, à la formation et bien sûr à la protection et la valorisation des résultats scientifiques. A priori, aucun changement radical n'est à prévoir. L'évolution de la valorisation vers les PRES est envisagée, elle n'est pas encore aboutie.

édito

Dans le précédent numéro de décembre, les directeurs d'unité en fin de mandat étaient cités et remerciés pour leur collaboration. Vous trouverez à la fin de ce numéro les « nouvelles têtes » que nous aurons l'occasion de présenter de façon plus détaillée au fil des prochains articles. Je leur souhaite la bienvenue dans leurs nouvelles missions et tiens à leur assurer notre soutien. Nous les accompagnerons au mieux dans leur apprentissage de dirigeant, responsable hiérarchique et financier, dans les méandres de l'administration et de ses outils complexes.

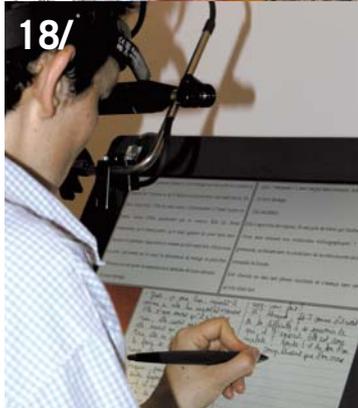
Je tiens à terminer cet éditorial par une attention particulière.

Ce numéro 55 est le dernier qu'aura réalisé Danièle Le Roscouët-Zelwer. En effet, elle arrive au terme de sa longue et très belle carrière dont la dernière étape aura été la fonction de chargée de communication à la délégation avec entre autres la publication de 34 numéros de Microscop, depuis 11 ans. Même si elle a su mener à bien de nombreux autres projets marquants, la publication de Microscop restera son œuvre principale. Elle a su donner à cette publication, au départ très interne et « confidentielle », une dimension beaucoup plus large avec un contenu beaucoup plus consistant apprécié non seulement des laboratoires, mais également de tous nos partenaires du monde scientifique, du monde économique et de la diffusion de la culture scientifique. Chaque numéro est tiré aujourd'hui à 2 600 exemplaires, voire 3 700 exemplaires pour le spécial, et diffusé à près de 500 partenaires ou personnalités extérieures aux laboratoires et au CNRS.

Microscop est un outil de communication de grande qualité que je place en priorité dans la relève à assurer au moment du départ de Danièle Le Roscouët-Zelwer.

Je souhaite ici la remercier très vivement pour cette « œuvre » d'une qualité remarquable, très professionnelle et pour le dynamisme dont elle a fait preuve pour animer son équipe de correspondants dans les laboratoires et faire vivre ainsi cette publication.

Josette ROGER
Déléguée régionale



Labo en direct

PHYMAT Laboratoire de Physique des Matériaux

■ 4/

Interview

3 questions à Marie-Christine LAFARIE-FRENET

■ 8/

Vie des labos

- La comète dans tous ses éclats 9/
- L'intimité des nids d'insectes aux rayons X 10/
- Un propulseur ukrainien testé à Orléans 12/
- Théorie du contrôle : contrôle optimal et stabilisation 14/

In situ

- Deux unités de recherche fusionnent 16/
- Le développement de l'expertise en production écrite 18/
- Les gènes sauteurs, moteurs de l'évolution 19/

Collaboration scientifique

Recherche et coopération avec l'Amérique latine

■ 20/

Technologie

- Une plate-forme au service des projets de recherche 22/
- Le Centre d'Imagerie du Petit Animal à Orléans 24/

Evénement

- Un scientifique au Sénat 26/
- Une femme d'excellence 26/
- Maths et billard 26/

Actualités

Les nouveaux directeurs en
Délégation Centre Poitou-Charentes

■ 27/

PHYMAT

Laboratoire de Physique des Matériaux

Premier laboratoire de l'Université de Poitiers à être associé au CNRS en 1969 (LA 131) sous le nom de "Laboratoire de Métallurgie Physique" (LMP), c'est au bout de sa huitième association, en 1996, qu'il est devenu l'UMR 6630. En 1995, du campus universitaire, le laboratoire déménage sur le site du technopôle du Futuroscope. Cette unité mixte de recherche, dirigée par Rolly Gaboriaud, est devenue, le premier janvier 2008, le "Laboratoire de PHYsique des MATériaux sous l'acronyme "PHYMAT". Il regroupe aujourd'hui une centaine de personnes.



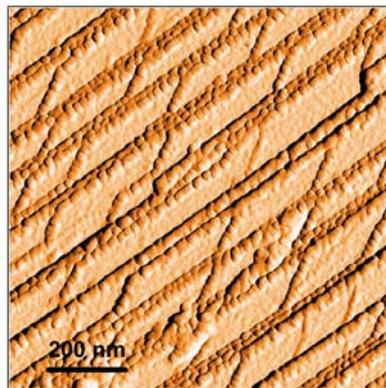
Le directeur du PHYMAT, Rolly GABORIAUD, à côté d'un souvenir ramené de son post-doc aux CalTech de Pasadena.

Le laboratoire possède une longue tradition d'étude des défauts structuraux des matériaux, de leur caractérisation et de leur influence sur les propriétés physiques induites. Ses thématiques de recherche portent sur des études recouvrant une grande diversité de matériaux qui va des métaux et alliages aux semi conducteurs, oxydes et céramiques. PHYMAT élabore et traite physiquement la très grande majorité des matériaux qu'il étudie.

À l'occasion du changement de son intitulé, le laboratoire a souhaité regrouper ses thématiques de recherche au sein de trois équipes. Il existe, entre ces équipes, une grande transversalité et une forte complémentarité aussi bien dans le cadre d'une gestion financière commune que dans l'utilisation de tous les appareils du laboratoire.

Films minces et matériaux nano structurés

Cette thématique se décline en plusieurs axes de recherche ayant comme fil directeur l'élaboration et la caractérisation de matériaux en configuration de basse dimensionnalité.



Auto-organisation de nano chaînes d'agrégats d'argent obtenues par dépôt par pulvérisation ionique en incidence oblique sur une surface vicinale d'Al₂O₃.

Films minces nano structurés

Des agrégats métalliques sont, soit introduits à l'intérieur de matrice diélectrique en films minces (nanocermet), soit déposées sur la surface.

Les applications potentielles de ces matériaux sont fondées sur la modification de leurs propriétés physiques et chimiques lorsque la taille des agrégats est réduite à quelques nanomètres. Pour des agrégats de métaux nobles, des propriétés optiques spécifiques liées au phénomène de plasmon de surface se manifestent sous la forme d'une bande d'absorption dans le domaine du visible. Les agrégats nanométriques à base de métaux de transition sont susceptibles de présenter de fortes anisotropies magnétiques. Les applications concernent alors le domaine de l'enregistrement magnétique à haute densité d'information et l'électronique de spin.

Cet axe de recherche vise à synthétiser des nanocermet originaux et à caractériser leur micro et nano structure, de façon à comprendre et optimiser leurs propriétés optiques et magnétiques

Physique des films minces d'oxyde

Les oxydes couvrent un large éventail de propriétés physiques remarquables dans un vaste domaine d'applicabilité. La physico-chimie des oxydes est extrêmement sensible à la température et à l'atmosphère environnante. Quand ils sont élaborés en films minces s'y ajoutent les rôles joués par le substrat et le type de techniques physiques ou chimiques de dépôt. Cet axe de recherche s'intéresse

à l'influence des changements de phase induits par traitements thermiques ou irradiation aux ions réalisés sur l'implanteur ionique du laboratoire. Les films minces d'oxyde d'yttrium sont particulièrement étudiés. Le but visé est l'optimisation des propriétés diélectriques ou bien optoélectroniques quand ces films minces d'oxydes sont dopés par des ions de terres rares.

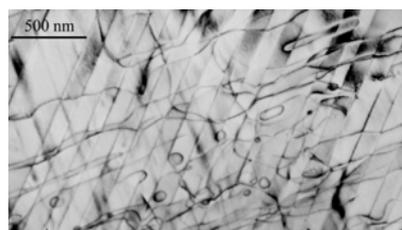
● Couches minces de phase MAX

Les phases MAX, extension des phases de Hägg, représentent une classe exceptionnellement étendue de céramiques. Elles répondent à une formule générale de type : $M_{1+n}AX_n$ où M est un métal de transition, A est un métal en général des groupes IIIA ou IVA et X est un métalloïde (C ou N). L'archétype de ces phases est Cr_2AlC et une cinquantaine de phases sont actuellement répertoriées. De façon étonnante, ces céramiques semblent posséder une ductilité non négligeable qui leur permet d'être façonnées par des outils de coupe classiques. Par ailleurs, ces céramiques possèdent des propriétés électriques (Ti_2AlN présente une résistivité électrique plus basse que celle du titane pur) et mécaniques intéressantes (faible dureté mais grande rigidité).

Cette recherche vise à jouer sur la composition de ces composés, qui peut être largement modifiée, de façon à ajuster composition et propriétés physiques recherchées.

Physique des défauts et plasticité

Ce thème a pour fil commun l'étude des défauts de structure dans les cristaux et la plasticité.



Micrographie électronique montrant un arrangement de dislocations dans un oxyde supraconducteur après traitement thermomécanique.

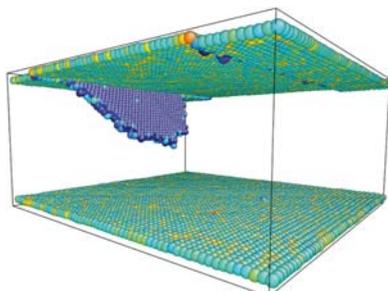
La présence de défauts cristallins joue un rôle fondamental sur le comportement en déformation des solides et sur des propriétés physiques comme les propriétés électroniques des semi-conducteurs.

● La plasticité des matériaux

La thématique historique du laboratoire est l'étude théorique et expérimentale de la plasticité des matériaux et par conséquent de la physique des dislocations au sein des semi-conducteurs, des métaux, alliages métalliques et des céramiques. Des calculs de simulation des phénomènes plastiques sont conduits parallèlement aux études expérimentales.

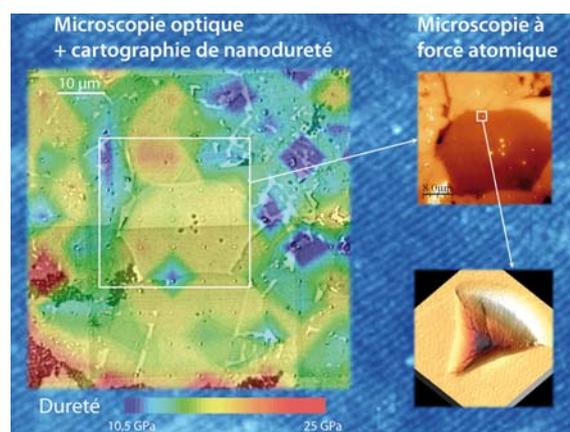
- L'influence de la plasticité des matériaux complexes tels les alliages ou des métaux à l'intérieur desquels on introduit une autre phase (par exemple des quasi-cristaux dans une matrice d'aluminium) sur leurs propriétés physiques (résistance mécanique et conductivité électrique) est un des axes de cette thématique.

L'étude de la plasticité de matériaux en conditions extrêmes vise à faire émerger de nouveaux matériaux composites pour le domaine des aimants pulsés et supraconducteurs. Le caractère innovant de ces matériaux provient à la fois de leur nanostructuration et de leur architecture spécifique multi échelle. À cet effet, cette recherche se propose de mettre en œuvre différents procédés de transformation comme le cofilage, le co-étrirage et l'extrusion coudeée à aires égales. Une application particulièrement intéressante concerne les aimants pulsés, dans lesquels la nanos-



Simulation numérique de la structure d'un décrochement le long d'une dislocation vis par calculs DFT.

structuration est susceptible de favoriser des propriétés extrêmes de conductivité électrique et de limite élastique. Le domaine de la locomotion électrique est évidemment également concerné.



● **Les défauts de structures dans les matériaux** : L'introduction contrôlée de défauts de structure cristalline par implantation ionique (d'hydrogène, par exemple) réalisée sur l'implanteur du laboratoire dans des matériaux semi-conducteurs entraîne une modification des propriétés électroniques des composants et permet de piéger les impuretés métalliques. Cette recherche s'intéresse particulièrement au silicium et au carbure de silicium.

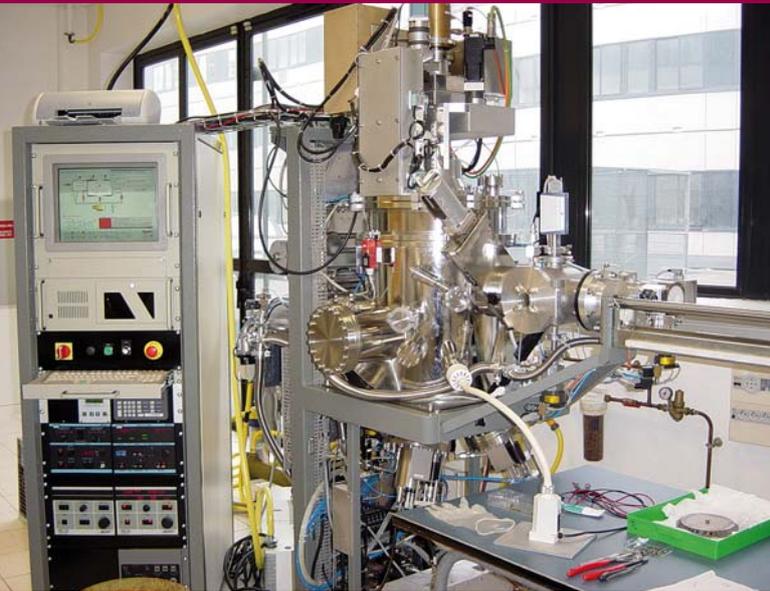
Propriétés mécaniques des films minces, surfaces et interfaces

L'activité de cette thématique s'articule autour de plusieurs axes de recherche :

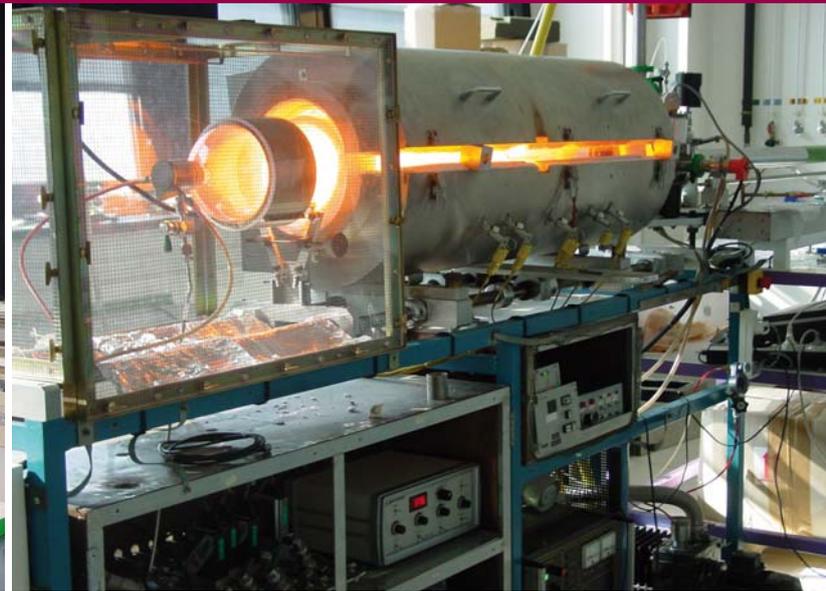
● **L'étude des instabilités de revêtements de surface contraints**, qui débouche sur des applications industrielles variées pour les semi-conducteurs mais aussi pour les problèmes de cloquage et fissuration que rencontrent souvent les matériaux à revêtements comme par exemple les verres filtrants et/ou auto nettoyants. C'est le cas des grandes surfaces de verres utilisés dans les tours des grandes métropoles.

● **L'étude de la nanoplasticité des surfaces** qui nécessite des techniques expérimentales originales comme la sollicitation mécanique sous microscope à champ proche (AFM) qui a été mise au point au laboratoire. Cette étude fait

Cartographie de nanodureté (en couleurs artificielles) sur un polycristal de phase de Hägg (Phase MAX)



Dispositif de dépôt de films minces de type magnétron.



Réacteur plasma de traitement de surface.

actuellement l'objet d'un projet de recherche ambitieux qui verra le fonctionnement d'une micro machine de déformation *in situ* sous microscope AFM et STM dans un environnement ultra vide. La nanoplasticité de surface qui sera étudiée à l'échelle atomique doit absolument se dégager de tout problème de pollution par l'atmosphère ambiante. Cette recherche s'appuie également sur un groupe de simulation théorique des phénomènes étudiés.

● **L'élastoplasticité de systèmes composites nano structurés** en couches minces est étudiée. Les phénomènes d'interfaces sont analysés et quantifiés par des calculs atomistiques. Ces études nécessitent une utilisation soutenue des grands instruments disposant du rayonnement synchrotron comme l'ESRF, SOLEIL, et intéressent le CERN.

● **La mesure de la nano dureté de surface de matériaux modèles** est réalisée par le groupe de nano-indentation qui a mis au point une technique originale d'imagerie de cette propriété mécanique.

● **Les propriétés mécaniques des surfaces fonctionnelles** de matériaux destinés à fonctionner en conditions extrêmes. Les surfaces d'un matériau sont traitées par plasma ou par implantation ionique puis testées par des mesures d'usure ou de dureté. L'acier est un des matériaux de prédilection de cette recherche qui fait régulièrement l'objet de contrat européen et donne lieu à de nombreuses collaborations comme celles avec le laboratoire voisin, le Laboratoire de Mécanique et de Physique des Matériaux (LMPM-UMR 6617) de l'École Nationale Supérieure de Mécanique et Aérotechnique (ENSMa). Les deux laboratoires collaborent sur l'étude du comportement des matériaux en environnement de très hautes températures, pour les domaines applicatifs de l'aéronautique.

réacteur plasma et de diverses techniques de sollicitations mécaniques. A cette liste s'ajoutent les techniques de caractérisations multi échelle des matériaux comme la diffraction des rayons X, la microscopie électronique en balayage (MEB) et en transmission (MET), la spectroscopie de pertes d'énergie électronique, en transmission dans un MET et en réflexion dans un dispositif XPS, microscopie en champ proche, ellipsométrie et spectrométrie infra rouge.

Parmi les appareillages "mi lourds" plusieurs dispositifs ont un rôle stratégique dans le bon fonctionnement des différentes thématiques du laboratoire. Il s'agit :

● **D'une machine de dépôt** de films minces de type magnétron, très récente, construit sur mesure pour les besoins des recherches de PHYMAT et autorisant plusieurs caractérisations optiques *in situ* pendant le dépôt.



Machine de Paterson de déformation des matériaux sous pression hydrostatique.



Un parc instrumental très varié

Le laboratoire PHYMAT possède un parc instrumental important qui couvre diverses machines d'élaboration de matériaux massifs à base de métallurgie des poudres ou de dépôt en films minces. Ces machines sont complétées par des techniques de traitements de surface comme un implanteur ionique et un



Implanteur ionique de 200 kV

- **D'un implanteur ionique** de 200 kV qui est une des spécificités du laboratoire et qui permet de traiter ou de modifier, par faisceaux d'ions, les divers matériaux qui sont élaborés et étudiés par les trois équipes du laboratoire.
- **D'un réacteur à plasma** dédié au traitement réactif des surfaces, très employé dans les études des propriétés mécaniques des surfaces des matériaux appelés à fonctionner en milieux sévères.



- **D'un microscope électronique** à transmission de 200 kV, très récent, équipé du dispositif de Z-contrast (HAADF) et de la spectroscopie de pertes d'énergie électroniques (EELS).
- **D'une machine de déformation** sous pression hydrostatique (machine de Paterson). Cette machine, issue des géosciences, permet des essais de défor-

mations originaux sous fortes pressions (5000 bars de la température ambiante jusqu'à 1200 °C). Elle est utilisée pour des recherches sur le comportement en déformation des semi-conducteurs dans le domaine fragile.

Le laboratoire PHYMAT fonctionne dans le cadre d'une mutualisation, entre équipes, de ses ressources financières et instrumentales et perpétue cette tradition instaurée depuis sa création. PHYMAT, qui mène des activités de recherche à forte composante fondamentale, est fédéré avec cinq laboratoires des sciences pour l'ingénieur du campus nord de l'Université de Poitiers implantés sur le site du technopôle du Futuroscope. La diversité des matériaux élaborés et étudiés dans le laboratoire entraîne un grand nombre de relations et collaborations internationales en particulier avec l'Europe, la Russie, l'Amérique du nord et l'Amérique du sud. ■

Claude FOUGERE
Danièle LE ROSCOUËT-ZELWER
Laurent ROBIN

Microscope électronique en transmission, de 200 kV à canon à émission de champ, équipé HAADS et EELS.



Dispositif de sollicitation mécanique sous microscope à champ proche (AFM).

S'TILE

Le laboratoire PHYMAT héberge une "spin-off"* intitulée "S'TILE" (pour tuiles solaires) créée en 2007 par un Professeur du laboratoire.

S'TILE met en œuvre des techniques de développement de matériaux semi-conducteurs pour l'énergie solaire. En utilisant certaines techniques empruntées à l'industrie céramique, cette entreprise a pour objectifs de produire, à faible coût, des plaquettes de silicium polycristallines et des « tuiles solaires » de formes variées permettant une meilleure intégration à l'architecture.

*Entreprise issue du milieu universitaire.



Presse haute température utilisée par S'TILE pour réaliser des plaquettes de silicium polycristallines.



3 QUESTIONS À Marie-Christine Lafarie-Frenot,

Nouvelle directrice du Laboratoire de Mécanique et Physique des Matériaux (Poitiers)

et je n'ai pas réussi à me situer dans ce milieu industriel. Pour cette raison et aussi parce que j'ai toujours eu le goût d'apprendre, je me suis orientée vers la recherche. J'ai alors préparé une thèse de doctorat-ingénieur comme assistante au LMPM, puis j'ai obtenu un poste de maître de conférences à l'IUT de Poitiers où j'enseigne toujours.

■ Pourquoi enseignez-vous à l'IUT ?

J'ai été nommée en 1974, sur un poste d'assistante à l'IUT. Quelques années plus tard, j'ai eu la possibilité de faire une demande de mutation pour devenir maître de conférences à l'ENSMA ; après réflexion, je ne l'ai pas fait car enseigner à l'IUT, au niveau d'un premier cycle technologique, me plaît finalement beaucoup. Les étudiants, majoritairement enfants de milieux modestes pour qui réussir leurs études représente souvent une possibilité de promotion sociale, sont extrêmement demandeurs. Cette demande conduit à une implication pédagogique très forte et dans certains cas de réussite, à des retours extrêmement gratifiants. De plus, expliquer simplement les notions complexes de la mécanique à des étudiants de premier cycle qui, pour la plupart, ne poursuivront pas des études dans ce domaine, nécessite d'avoir une connaissance très approfondie de son sujet. De façon qui peut sembler paradoxale, mon enseignement en premier cycle technologique, les questions posées par ces étudiants là, m'ont beaucoup aidée à mieux comprendre et à maîtriser certains concepts théoriques que j'utilise en recherche.

■ Comment arrive-t-on à la tête d'un laboratoire de 100 personnes ? Quel message souhaiteriez-vous donner ?

Dès le début de mes activités dans ce laboratoire, j'ai toujours participé à l'animation collective.

Après avoir été directrice adjointe, j'ai accepté au 1er janvier de cette année, la direction du

laboratoire qui présente, comme beaucoup d'autres, une pyramide des âges un peu déséquilibrée. Confier cette lourde responsabilité qu'est la direction d'une unité de cette taille aux jeunes chercheurs en plein essor serait à moyen terme dommageable pour eux et pour le laboratoire. Mon rôle de DU pour les quatre années à venir consistera donc essentiellement à aider les plus jeunes à développer leurs recherches, et à veiller à ce que collectivement, ils construisent un projet ambitieux pour le laboratoire. J'espère pouvoir leur transmettre mon expérience, mes connaissances du domaine et un peu du recul nécessaire à une vision à plus long terme de leurs activités.

J'aimerais que les jeunes entendent que la recherche scientifique œuvre à des métiers absolument passionnants. Pour moi et sur le plan personnel, faire de la recherche est à la fois une aventure intellectuelle très riche mais aussi une activité artistique. De plus, dans le domaine des sciences et de la technologie, ces deux aspects se complètent utilement par un travail en équipe et la réponse à des demandes industrielles et sociétales. Il est clair que mon équilibre personnel a toujours nécessité que j'aie d'autres activités que scientifiques. Je fais pour ma part du piano depuis l'âge de 5 ans. La musique et ma famille ont toujours joué leurs rôles de contre-poids... Il y a cependant des analogies entre mes pratiques de la musique et de la recherche scientifique qui consistent essentiellement à « interpréter » des œuvres musicales ou des expériences. Dans les deux cas, l'interprétation c'est mettre un peu de soi dans la compréhension et l'expression : des phénomènes, de la mesure, des émotions... L'interprétation n'est pas la création, je ne suis donc pas quelqu'un qui invente mais qui interprète pour transmettre. ■

Propos recueillis par Danièle LE ROSCOUËT-ZELWER et Laurent ROBIN

■ Comment devient-on femme scientifique en mécanique physique ?

Entrée à 4 ans dans une école religieuse, dans la classe de ma sœur de deux ans plus âgée que moi, j'ai appris très vite à compter. Seule au fond de la classe, je passais mes journées à faire des opérations et ne cessais d'en redemander. Cela a sans doute joué un rôle déterminant dans mon goût pour les mathématiques. Plus tard, au lycée de jeunes filles, j'étais dans la section classique dite Aprime : latin, grec, mathématique, physique. Depuis le début de ma scolarité, j'avais toujours suivi ma sœur et, probablement par esprit de contradiction, j'ai choisi de présenter le baccalauréat « maths élém. » pour me démarquer d'elle qui avait opté pour le bac « philo ». Malgré tout, l'année suivante, en maths sup., j'ai aussi passé le bac philo... Après maths spé., je suis entrée comme élève ingénieur à l'ENSMA en 1969. J'étais la seule fille dans la promotion, tout comme les années précédentes en classes prépa. A l'école, la première année a été difficile, parce que je n'étais guère préparée aux enseignements technologiques, aux travaux pratiques en atelier.... J'ai effectué mes deux stages - ouvrier en première année et ingénieur en deuxième année - à l'Aérospatiale de Bourges : expériences éprouvantes, car à cette époque, la place d'une femme ingénieur dans ces entreprises n'était pas du tout commune

Comète 17P - Holmes



24 oct 18h



25 oct 6h



25 oct 18h



26 oct 6h

T1M – Pic du Midi – Station de Planétologie des Pyrénées



L'évolution de la comète 17P/Holmes. Images observées du 24 au 26 octobre 2007 au télescope de 1 m de l'observatoire du Pic-du-Midi. © Observatoire du Pic-du-Midi – Observatoire de Paris.

La comète dans tous ses éclats

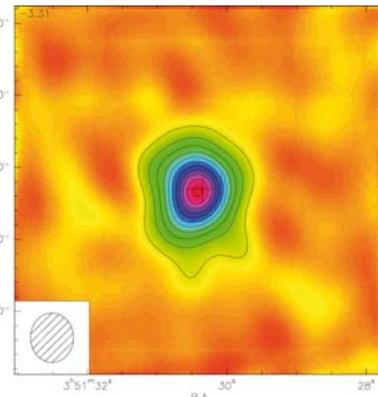
Des astronomes amateurs ont donné l'alerte : le 24 octobre 2007, l'éclat de la comète 17P/Holmes a brutalement été multiplié par un million. Que s'est-il passé ? Des observations faites à l'Observatoire du Pic du Midi et avec les radiotélescopes de Nançay et de l'Institut de RadioAstronomie Millimétrique (IRAM) vont peut-être aider à la compréhension de ce phénomène.

Cette petite comète, découverte le 6 novembre 1892 à Londres par Edwin Holmes astronome amateur, tourne autour du Soleil avec une période de 6,9 ans. Son éclat ne dépasse habituellement guère la 15^{ème} magnitude, ce qui la rend difficilement observable sans gros télescope. Le 24 octobre, son éclat, qui était voisin de la magnitude 16 les jours précédents, a brusquement augmenté. Elle est vite devenue visible à l'œil nu, atteignant la magnitude 2,5 le 25 octobre. 17H/Holmes était passé au plus près du Soleil le 4 mai 2007 à 2,16 unités astronomiques (UA), soit 325 millions de kilomètres. Le 24 octobre, elle était à 2,44 UA du Soleil (365 millions de km) et 1,63 UA (245 millions de km) de la Terre. *Des sursauts d'éclat imprévus sont fréquents parmi les comètes, mais il est rarissime d'en observer de si importants.*

diennement les comètes, quand le signal du radical OH à 18 cm de longueur d'onde est observable. Le radical OH est un produit de la photodestruction de la molécule d'eau qui permet d'estimer la quantité d'eau s'échappant de la comète. Ce dégazage est le moteur de l'activité des comètes.

Les spectres OH obtenus à Nançay sont organisés en base de données, qui comprend les figures des spectres, l'intensité du signal et d'autres paramètres nécessaires à leurs interprétations. Les taux de production de OH y sont tabulés et retracent ainsi l'activité des comètes au cours du temps. Cela permet de réaliser des corrélations avec des données obtenues à d'autres longueurs d'onde.

Suite à l'alerte donnée par les amateurs, le radiotélescope de Nançay a été pointé vers la comète dans la nuit qui a suivi.

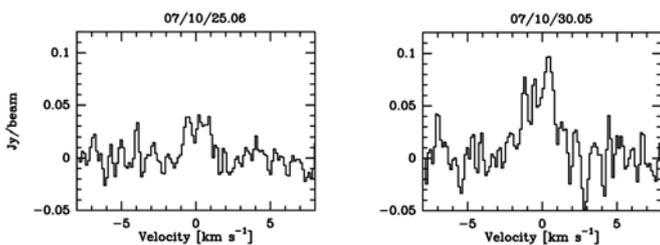


L'image observée à 3 mm de longueur d'onde, dans la comète 17P/Holmes, observée le 27 octobre 2007 avec l'interféromètre de l'IRAM au Plateau de Bure. © IRAM.

Cela a permis de montrer qu'il y a eu une augmentation brusque du dégazage de l'eau, associée à celle de l'éclat visuel, qui traduit plutôt l'abondance de poussières dans la coma. Au bout de quelques jours, le dégazage est retombé à son niveau antérieur, alors que les poussières, toujours visibles, continuaient à s'échapper lentement dans l'espace.

Les évolutions temporelles observées seront décisives pour contraindre les modèles du sursaut. Les observations radio de la comète Holmes sont maintenant terminées et le suivi de l'événement est en cours d'analyse, et permettra peut-être d'en élucider le mécanisme et d'en déterminer la cause. ■

Le radiotélescope de Nançay suit quoti-



Le spectre des raies de OH à 18 cm observé dans la comète 17P/Holmes avec le radiotélescope de Nançay. On observe une augmentation du signal par un facteur trois du 25 (à gauche) au 30 (à droite) octobre 2007. © Observatoire de Paris.

Contact : Pierre COLOM
Pierre.Colom@obspm.fr

L'intimité des nids d'insectes aux rayons X

Pendant longtemps il a été impossible d'étudier les constructions d'insectes sans les détruire. Aujourd'hui, la tomographie aux rayons X permet aux scientifiques de visualiser et de caractériser les constructions complexes des insectes sociaux.

Les nids construits par ces insectes sont certainement les constructions animales les plus impressionnantes sur Terre,

abstraction faite des barrières de corail. Certaines termitières peuvent atteindre 7 mètres de haut. Les termites, les

guêpes, les bourdons, les abeilles et les fourmis construisent des nids présentant une grande variété de forme, de structure, de taille et de matériaux utilisés. Leur élaboration résulte du travail organisé de dizaines à plusieurs centaines de milliers d'individus selon l'espèce et la colonie. Le nid permet la protection de la colonie contre les prédateurs, mais aussi de l'environnement. Son architecture assure la régulation thermique et les échanges gazeux nécessaires à la survie des insectes.

Jusqu'à une période récente, pour visualiser et étudier l'intérieur de ces structures il était nécessaire de les ouvrir ou d'y injecter du plâtre entraînant ainsi leur dégradation et l'élimination de la colonie. Pour ces raisons, il était impossible de suivre et d'étudier le comportement de construction des insectes en continu, ainsi que la localisation des divers individus de la colonie dans le nid à différents moments. De même, l'obtention de données structurales (mesures de longueurs, angles, surfaces, densités, orientations spatiales, etc.) sur ces constructions, était fastidieuse, voire impossible.

L'utilisation de la tomographie aux rayons X

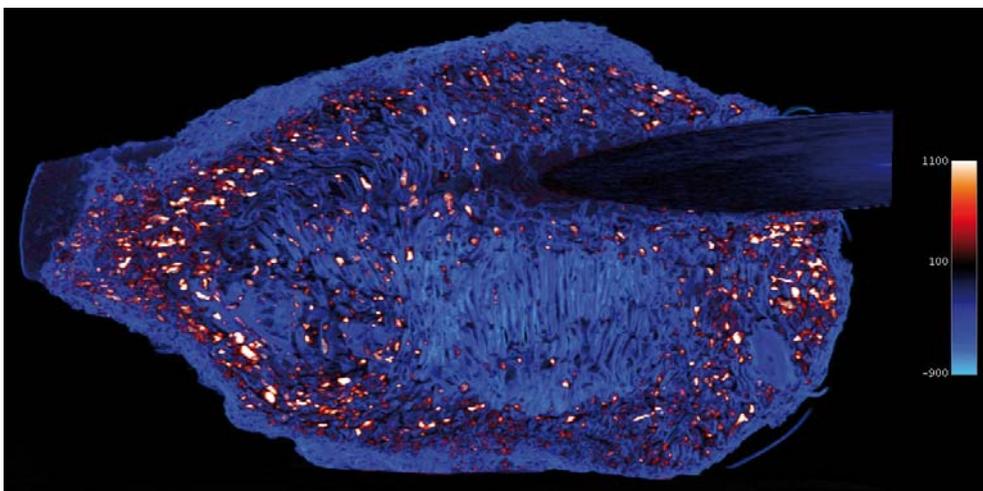
La tomographie aux rayons X (scanner), couramment utilisée en imagerie médicale, lève ces difficultés, constituant ainsi un fantastique outil pour visualiser et caractériser les constructions complexes élaborées par les insectes sociaux.

Cette technique permet de mettre en évidence, en fonction de leur densité,

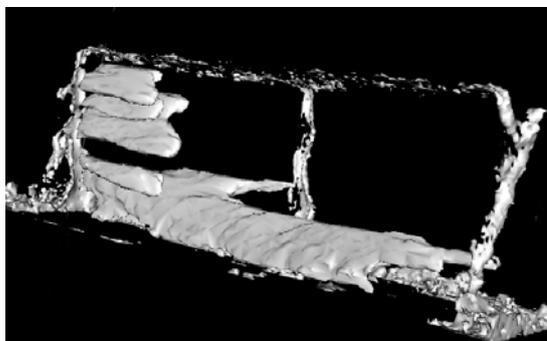
Termitière



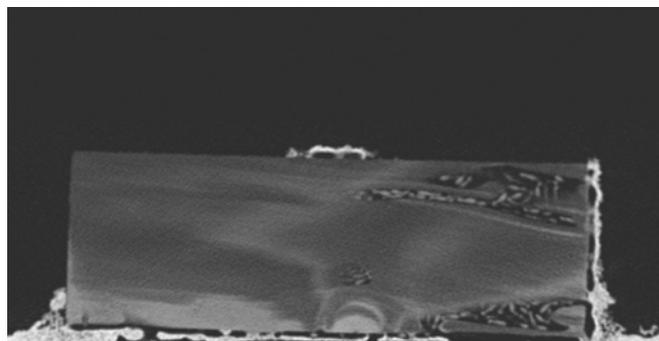
© A. LENOIR - IRBI



Vue interne en fausses couleurs d'une termitière arboricole de *Nasutitermes* sp. Les éléments structuraux les plus denses apparaissent en blanc et les moins denses en bleu.



Vue en coupe d'une pièce de bois colonisée par *Reticulitermes grassei* (France). Les ouvriers sont actifs et creusent des loges.



Analyse 3D des loges creusées dans une pièce de bois et des galeries latérales élaborées par les ouvriers *R. grassei* (France).

les structures traversées par les rayons X et d'obtenir des centaines d'images en tranche du nid étudié. Ensuite, à l'aide d'un logiciel dédié (comme Osirix) traitant les images issues d'un scanner (images au format dicom), il est possible de reconstituer le nid en trois dimensions, d'en visualiser n'importe quelle partie interne et d'obtenir des informations structurales.

Les applications de cette technique dans l'étude des architectures d'insectes sont nombreuses. A l'Université Paul Sabatier de Toulouse, une équipe de recherche utilise cette technique pour localiser les chambres et les tunnels de termitières élaborées par des termites du genre *Cubitermes sp.*, pour ensuite en réaliser une cartographie. Cette étude montre la faible connectivité entre les chambres puis les implications théo-

riques pour la défense de la colonie contre un envahisseur et l'organisation des déplacements des individus dans le nid. Cette description pourrait conduire à des études comparatives de nids de différentes espèces ou de nids élaborés sous différentes conditions environnementales.

Les études à Tours

A Tours, l'Institut de Recherche sur la Biologie de l'Insecte (IRBI - UMR 6035 CNRS/Université François Rabelais de Tours), en collaboration avec le service de Neuroradiologie du CHRU, a développé une étude sur deux espèces de termites souterraines trouvées en France, *Reticulitermes grassei* et *R. santonensis* qui creusent des galeries souterraines mais aussi des chambres dans le bois qu'ils consomment. Grâce à

l'aspect non invasif de la tomographie aux rayons X, une étude comparative de la dynamique de creusement des chambres dans le bois (forme, taille, disposition dans l'espace, etc.) a été réalisée au cours du temps. Pendant plusieurs mois, les pièces de bois contenant des termites actifs ont été scannées à intervalles réguliers, ce qui a permis de montrer une différence entre les deux espèces dans les quantités de bois consommé et les stratégies spatiales de consommation. Ces résultats apportent des informations clés sur le comportement et les stratégies de consommation des ouvriers dans ces deux espèces. ■

Contact :

Eric DARROUZET

eric.darrouzet@univ-tours.fr

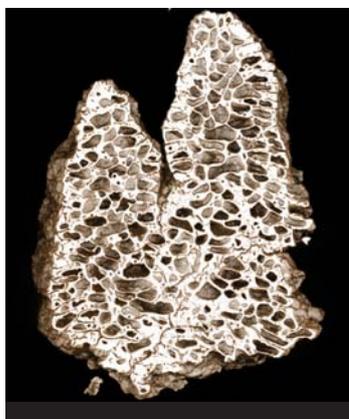
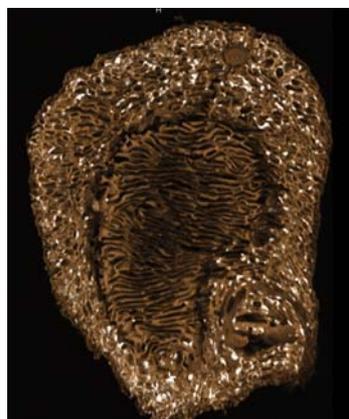


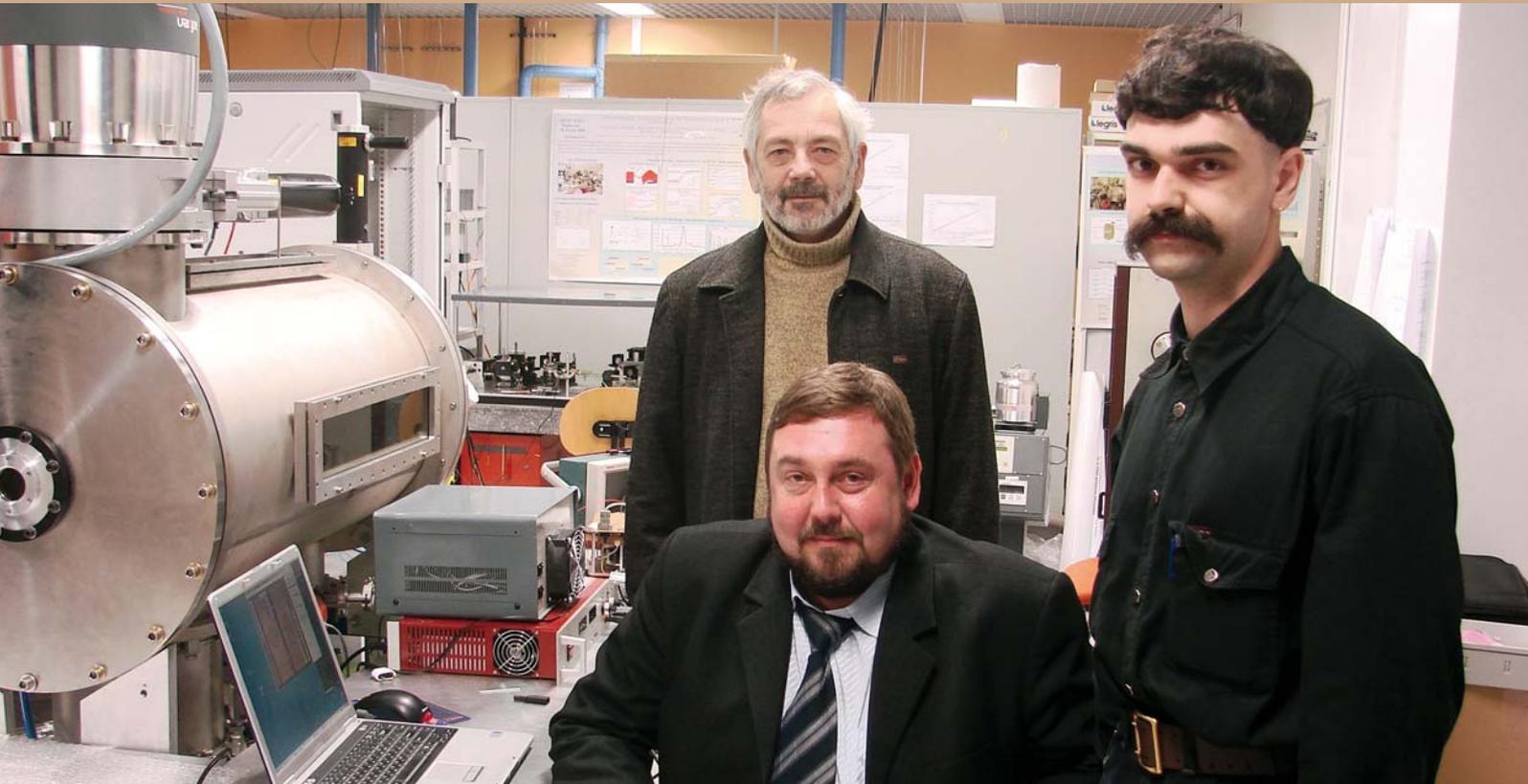
Image en coupe d'un nid de *Procupitermes sjoestedti* (Côte d'Ivoire) construit à la surface du sol. Il est constitué de terre liée avec de la salive.



Vue en coupe d'un nid arboricole de *Nasutitermes sp.* (Côte d'Ivoire) constitué d'un matériau stercoral (excréments).



Un nid de frelons *Vespa velutina* est prêt à être analysé dans le scanner du centre de neuroradiologie du CHRU de Tours.



Michel Dudeck (debout) de ICARE et Andriy Loyan (assis) et Taras Maksymenko (à droite) de la National Aerospace University de Kharkov.

Un propulseur ukrainien testé à Orléans

Pour tester son propulseur à plasma SPT20 qui doit équiper un mini-satellite, la National Aerospace University « KhAI » de Kharkov a sollicité le Groupe de Recherche sur l'Energétique des Milieux Ionisés (GREMI – UMR 6606 CNRS/université d'Orléans) et son moyen d'essai capable d'obtenir un vide suffisant pour simuler les conditions spatiales.

Les satellites interviennent de plus en plus dans notre vie quotidienne, qu'ils soient placés à basse altitude (généralement comprise entre 150 et 400 km), où sur l'orbite géostationnaire à 36 000 km où ils peuvent rester en permanence à la verticale d'un même point de l'équateur terrestre.

Quel que soit le satellite ou même le véhicule spatial, la mission impartie ne peut être réalisée que s'il est équipé d'un système de propulsion fiable permettant des changements de trajec-

toires ou bien, si cela est nécessaire, le maintien à une position fixe dans l'espace.

La propulsion spatiale par plasma

Le système de propulsion est choisi en fonction de nombreux critères :

- la masse de carburant nécessaire doit être la plus faible possible en raison des coûts élevés des lancements
- le carburant doit être non toxique et la durée des transferts d'orbite dans certains cas doit être rendue la plus

courte possible, comme pour la mise à poste d'un satellite géostationnaire.

- le système de propulsion doit être simple, de faible coût, capable de fonctionner plusieurs milliers d'heures avec des réamorçages multiples.

A cela s'ajoute le fait que l'énergie disponible à bord est en quantité limitée et qu'il existe de fortes contraintes liées au lancement et au vol : résistance mécanique des systèmes de propulsion aux vibrations et aux chocs et variations de température au cours du passage de

la zone éclairée par le Soleil à celle d'ombre. La propulsion électrique (propulsion par plasma) basée sur l'accélération électrostatique puis l'éjection d'ions généralement positifs, est celle qui est reconnue actuellement comme la plus prometteuse en raison, entre autres, de la vitesse élevée des ions.

Parmi tous les concepts proposés en propulsion par plasma, celui de la propulsion à effet Hall (Hall Effect Thruster – PPS), a été retenu en France en raison de ses hautes performances. Une démarche conjointe impliquant le CNRS, le CNES, la Snecma et des Universités a été mise en place dès 1996 dans le cadre de groupements de recherches. Elle a permis une avancée significative dans l'approfondissement de la physique complexe de ces sources de plasma magnétisé.

Un intérêt très fort est apparu récemment de la part des agences spatiales pour des petits propulseurs dans la gamme de puissance 100 - 400 W afin de réaliser des positionnements très précis ou bien pour équiper des mini-satellites (une centaine de kg).

La coopération avec l'Ukraine

Une collaboration avec la National Aerospace University « KhAI » de Kharkov en Ukraine a été développée dans le domaine des propulseurs à plasma depuis 2001. Le « KhAI » a conçu un petit propulseur à effet Hall, le SPT-20, fonctionnant comme la plupart des propulseurs à plasma avec du xénon. Ce propulseur doit être monté sur un mini-satellite Ukrainien qui sera lancé par la société Yuznoye de Dnepropetrovsk et qui embarquera un dispositif optique mis au point par le laboratoire de Physique des Gaz et des Plasmas (Université de Paris-Sud). Ce dispositif optique permettra d'étudier pendant le vol l'émission spectrale du jet propulsif de plasma du SPT-20 et de remonter ainsi au taux d'érosion des céramiques formant le canal annulaire qui confine le plasma avant son éjection. Après plusieurs campagnes d'essais réalisées depuis 2003 en Ukraine, le

propulseur a été installé dans un moyen d'essais à basse pression au GREMI. Une équipe ukrainienne composée du Dr. A. Loyan, directeur du département « Propulsion électrique » et du Dr. T.Maksymenko, a séjourné à Orléans pendant un mois (poste de chercheur étranger CNRS à l'Institut de Combustion Aérothermique Réactivité et Environnement (ICARE – UPR 3021 CNRS) et programme Hubert Curien), rejoignant les équipes du GREMI, de l'ICARE, du LASEP et du LPGP pour participer aux campagnes de mesures.

La campagne d'essai à Orléans

Le « KhAI » a conçu, développé et testé de nombreuses versions de son petit propulseur SPT-20. D'une puissance de 100 W, il utilise un plasma de xénon obtenu dans une chambre annulaire limitée par des parois en nitrure de bore-alumine. Le courant électrique traversant le plasma est de l'ordre de 1A pour un débit de xénon 1 mg/s ce qui permet d'obtenir une force de poussée de l'ordre de 5 mN (équivalent au poids d'une masse de 0,5 g).

Le SPT-20 a été installé et étudié dans un des moyens d'essais du GREMI en novembre et décembre 2007. Ce moyen a été choisi en raison de ses capacités actuelles de pompage permettant d'obtenir un vide suffisant pour simuler les conditions spatiales mais aussi pour sa facilité de mise en œuvre et d'implantation de moyens de diagnostic.

Le potentiel scientifique important des équipes françaises a été utilisé pour étudier le propulseur ukrainien. La caractérisation du propulseur par caméra infra-rouge et celle du jet propulsif par caméra rapide, par spectroscopie optique d'émission et par analyseur d'énergie des ions ont permis d'acquérir de nombreuses informations permettant d'approfondir la physique de ce propulseur fonctionnant de manière particulièrement stable.

La collaboration avec la National Aerospace University d'Ukraine est d'ores et déjà très fructueuse dans le

domaine spatial et elle se renforcera au cours de cette année par de nouvelles campagnes de mesures menées en commun dans les laboratoires d'Orléans et de Kharkov. Ces expériences permettront en particulier d'approfondir notre connaissance des lois d'échelles des propulseurs à effet Hall.

Le projet d'expérience optique embarquée sur un mini-satellite ukrainien est une opportunité qui est actuellement unique pour les équipes françaises puisqu'il leur permettra de tester une méthode de diagnostic optique originale et d'étudier un propulseur dans les conditions de vol. Ce projet devrait permettre aussi la participation d'étudiants d'universités aux différentes phases de l'expérience. ■

Contacts :

Titaina GIBERT

Groupe de Recherche sur l'Energétique des Milieux Ionisés

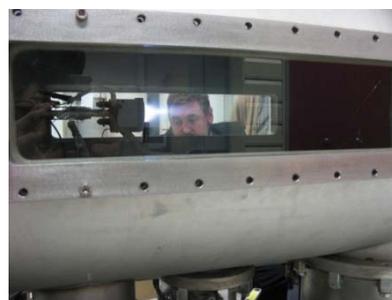
Titaina.Legrand@univ-orleans.fr

Michel DUDECK

Institut de Combustion Aérothermique Réactivité et Environnement

GDR « Propulsion spatiale à plasma »

Michel.Dudeck@cnrs-orleans.fr



Tests du SPT-20 dans le moyen d'essais du GREMI

Théorie du contrôle : contrôle optimal et stabilisation

Tout le monde sait maintenir en équilibre un balai sur son doigt (problème du pendule inversé). En revanche il est beaucoup plus difficile de maintenir en équilibre sur son doigt un double pendule inversé, c'est-à-dire un système composé de deux balais l'un sur l'autre, surtout si l'on ferme les yeux. La théorie du contrôle permet de le faire, à condition bien sûr de disposer d'un bon modèle mathématique.



La navette spatiale

Un système de contrôle est un système dynamique sur lequel on peut agir au moyen d'une commande ou contrôle. Un ordinateur dont les éléments interconnectés permettent à un utilisateur d'effectuer une série de commandes élémentaires, un écosystème sur lequel on agit en favorisant telle ou telle espèce pour parvenir à un équilibre, les tissus nerveux formant un réseau contrôlé par le cerveau réalisant la transformation de stimuli provenant de l'extérieur et ayant un effet sur l'organisme, un robot devant effectuer une tâche bien précise, une voiture sur laquelle on agit avec les pédales d'accélérateur et de frein et que l'on guide avec le volant, un satellite ou une navette spatiale, une réaction chimique commandée en température, sont autant d'exemples de systèmes de contrôle, pouvant être modélisés et traités par

cette théorie. Le langage mathématique permet de définir précisément le concept de système de contrôle.

La théorie du contrôle

Elle analyse les propriétés de ce système dans le but de l'amener d'un état initial donné à un certain état final, en respectant éventuellement certains critères. Les systèmes abordés sont multiples et leurs origines très diverses (mécanique, électricité, électronique, biologie, chimie, économie...). L'objectif peut être aussi de stabiliser le système pour le rendre insensible à certaines perturbations (**stabilisation**), ou encore de déterminer des solutions optimales pour un certain critère d'optimisation (**contrôle optimal**). Pour le modéliser, on peut avoir recours à des équations différentielles, intégrales, fonctionnelles,

aux différences finies, aux dérivées partielles, etc. Pour cette raison la théorie du contrôle, l'Automatique, sont à l'interconnexion de nombreux domaines mathématiques.

Dans les industries modernes où la notion de rendement est prépondérante, le rôle de l'automaticien est de concevoir, de réaliser et d'optimiser, tout au moins d'améliorer les méthodes existantes. Ainsi les domaines d'application de l'automatique sont multiples. Les industries concernées sont : aérospatiale, automobile, robotique, aéronautique, internet et les communications en général, mais aussi le secteur médical, chimique, génie des procédés...

La contrôlabilité

Elle consiste à faire passer le système d'un certain état initial à un état final prescrit. Une fois le problème de contrôlabilité résolu, on peut vouloir passer de l'état initial à l'état final en minimisant un certain critère ; on parle alors d'un problème de **contrôle optimal**. Par exemple, un conducteur effectuant le trajet Bordeaux-Strasbourg peut vouloir voya-



Le robot 2kπ (CAS Fontainebleau, Ecole des Mines de Paris)

ger en temps minimal, auquel cas il va prendre l'autoroute et donc dépenser plus d'argent et d'essence, ou bien il peut choisir comme critère de dépenser le moins d'argent possible, et dans ce cas il empruntera les axes secondaires, non payants, et mettra beaucoup plus de temps pour arriver à sa destination.

En mathématiques, la théorie du contrôle optimal, apparue après la seconde guerre mondiale, pour répondre à des problèmes de guidage notamment en aéronautique, prolonge le calcul des variations, en particulier les principes variationnels de la mécanique (principe de Fermat, de Huygens, équations d'Euler-Lagrange). Le point clé de cette théorie est le Principe du Maximum de Pontryagin, découvert en 1956.

Dans le domaine de l'aérospatiale, la théorie du contrôle a une grande importance dans les techniques d'aérocapture : problèmes de guidage, transferts d'orbites aéroassistés, développement de lanceurs de satellites récupérables (l'enjeu financier est très important), problèmes de rentrée atmosphérique tels que le fameux projet Mars Sample Return développé par le CNES, qui consiste à envoyer une navette spatiale habitée vers la planète Mars, dans le but de ramener sur Terre des échantillons martiens.

Pour ce problème, au cours de la traversée de l'atmosphère, il faut réduire suffisamment par frottement l'énergie cinétique, amener l'engin spatial d'une position initiale précise à une cible



Sonde en phase de rentrée atmosphérique.

donnée, et de plus il faut prendre en compte des contraintes sur le flux thermique (car il y a des gens à l'intérieur de la navette !), sur l'accélération normale (confort de vol), et sur la pression dynamique (contrainte technique de structure). Enfin, on cherche de plus à minimiser un critère d'optimisation : le flux thermique total de la navette, qui est un facteur d'usure. Le contrôle est la configuration aérodynamique de la navette. Durant cette phase, la navette se comporte comme un planeur, c'est-à-dire que les moteurs sont coupés : il n'y a pas de force de poussée. L'engin est donc soumis uniquement à la force de gravité et aux forces aérodynamiques. Le contrôle est l'angle de gîte qui représente l'angle entre les ailes et un plan contenant la navette.

Par ailleurs, une fois la trajectoire optimale déterminée, il faut ensuite stabiliser la navette autour de cette trajectoire, de façon à prendre en compte de possibles perturbations (atmosphériques par exemple). C'est un problème général de **stabilisation** qu'on appelle problème de poursuite. Pour expliquer plus simplement ce qu'est la stabilisation, considérons le cas où la trajectoire poursuivie se réduit à un point d'équilibre du système. Cet équilibre peut être instable en l'absence du contrôle et on cherche à le stabiliser. Un exemple très concret est celui du balai que l'on essaie de faire tenir en équilibre sur son doigt. Si on ne part pas de l'équilibre on peut amener le balai à cet équilibre et ensuite, si on arrête de bouger le doigt, le balai devrait, en théorie, rester dans cette même position. Comme on le voit expérimentalement, on n'y arrive pas dans la pratique : si on arrête de bouger le doigt, le balai tombe. On bouge le doigt en fonction de la position du balai (et de sa vitesse) de façon à l'empêcher de tomber : on applique un "feedback", c'est-à-dire un contrôle dépendant de l'état, stabilisant la position d'équilibre.

La théorie du contrôle n'est pas ensei-

gnée dans tous les masters, en revanche elle est enseignée dans de nombreuses écoles d'ingénieurs, mais à des étudiants non mathématiciens. C'est donc une spécificité de l'université d'Orléans que de proposer une formation "théorie du contrôle", version mathématique. Ainsi conçue, elle est unique en France. Cette spécificité assure d'ailleurs son succès et les très nombreux débouchés possibles pour les étudiants. ■

Contact : Emmanuel TRELAT

Emmanuel.Trelat@univ-orleans.fr

Laboratoire de mathématiques, applications et physique mathématique d'Orléans (MAPMO – UMR 6628 – CNRS/Université d'Orléans)



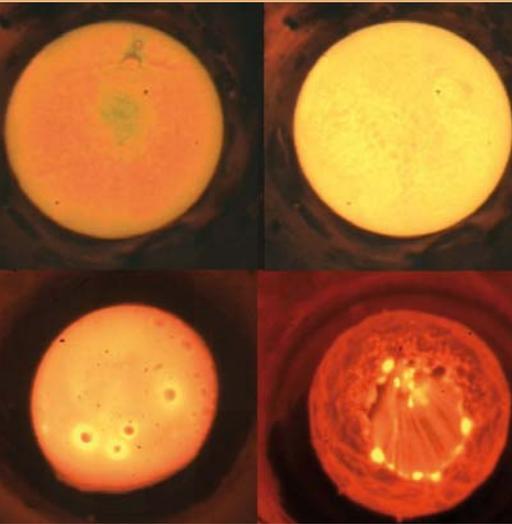
LE PLUS COURT CHEMIN ENTRE DEUX POINTS N'EST PAS FORCÉMENT LA LIGNE DROITE !



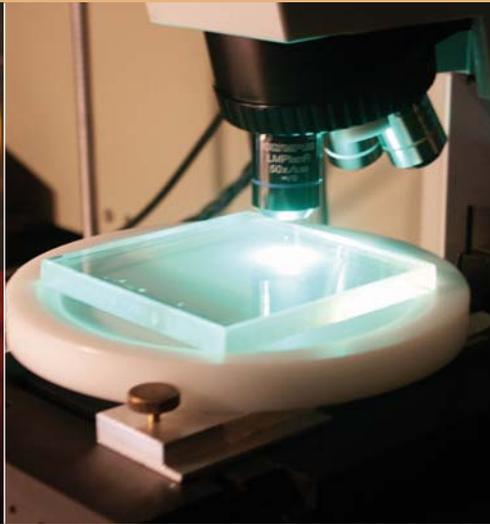
En 1638, Galilée étudie le problème suivant : déterminer la courbe sur laquelle une bille roule, sans vitesse

initiale, d'un point A à un point B, avec un temps de parcours minimal, sous l'action de la pesanteur (toboggan optimal). C'est le problème de la brachistochrone (du grec *brakhistos*, « le plus court », et *chronos*, « temps »). Galilée pense (à tort) que la courbe cherchée est l'arc de cercle, mais il a déjà remarqué que la ligne droite n'est pas le plus court chemin en temps. En 1696, Jean Bernouilli pose ce problème comme un défi aux mathématiciens de son époque. Il trouve lui-même la solution, ainsi que son frère Jacques Bernouilli, Newton, Leibniz et le marquis de l'Hospital. La solution est un arc de cycloïde commençant par une tangente verticale. Il est notable que la demi-arche de cycloïde est aussi tautochrone, c'est-à-dire que sur cet arc, les billes lâchées simultanément en des points différents M et N arrivent en même temps au point le plus bas de la trajectoire.

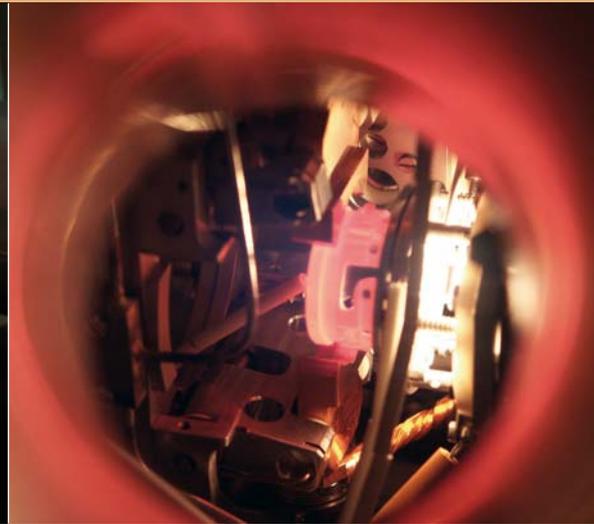
Courbe cycloïde (toboggan optimal).



Matériaux fondus par lasers grâce à la lévitation aérodynamique



Un cristal en analyse microRaman



Four d'analyse in-situ DIADHEM sur une voie de faisceau du Van De Graaff porté à haute température

Deux unités de recherche fusionnent

Le laboratoire « Conditions extrêmes et matériaux : Haute température et Irradiation (CEMHTI) », contractualisé avec l'Université d'Orléans, est issu de la fusion de deux unités propres du CNRS au 1^{er} Janvier 2008 : le Centre d'Etudes et de Recherche par Irradiation, spécialisé dans la caractérisation des matériaux à l'aide de techniques nucléaires, et le Centre de Recherche sur les Matériaux à Haute Température, étudiant les matériaux au moyen de nombreuses techniques de spectroscopie et de caractérisation.

Cette nouvelle unité de recherche, dirigée par Dominique Massiot, Marie-France Barthe et Patrick Echegut, développe des méthodes de caractérisation uniques en leur genre, et les utilise pour étudier les propriétés des matériaux soumis à des conditions extrêmes de haute température et d'irradiation, avec de larges collaborations au niveau régional, national, européen et international. Le projet de recherche du laboratoire est organisé autour de 3 thématiques de recherches (matériaux, développements instrumentaux et nucléaire) qui renforcent les collaborations entre les 5 pôles scientifiques et techniques regroupant 11 équipes de recherches :

- Le pôle « **Milieu fondu** » étudie les propriétés physico chimiques de milieux fondus de haute et très haute température, les mécanismes de fusion, de vitrification et de cristallisation de mélanges d'oxydes, ou la corrosion de

matériaux réfractaires. C'est un vaste domaine de recherche en forte interaction avec le tissu industriel. La microscopie électronique à haute température ou le four de lévitation aérodynamique jusqu'à 3000°C (spécialité orléanaise), sont des outils uniques en leur genre qui permettent d'accéder à des propriétés difficiles à mesurer. Sur le dispositif de lévitation on peut ainsi mesurer la densité ou la tension superficielle mais aussi synthétiser de nouveaux matériaux céramiques ou vitreux, ouvrant de nouvelles perspectives de recherche.

- Le pôle « **Défauts dans les Matériaux** » s'intéresse à l'étude et au contrôle à l'échelle nanométrique des défauts qui restent un point clé des progrès technologiques qui exigent des propriétés de matériaux de plus en plus pointues. Dans le domaine de l'énergie nucléaire, les projets de nouveaux réacteurs

(GEN IV, ITER, DEMO) rendent nécessaires de connaître le comportement des matériaux sous irradiation pour prévoir leur évolution d'une part dans le réacteur mais aussi après utilisation (aval du cycle). L'étude des propriétés des défauts précurseurs de l'endommagement est indispensable pour alimenter les codes de calculs qui permettent de prévoir l'état des matériaux utilisés et leur comportement dans ces conditions extrêmes. Dans le secteur de l'électronique, la recherche sur les défauts dans les solides est à l'origine du développement de nanostructures permettant, par exemple, de réduire la taille des composants.

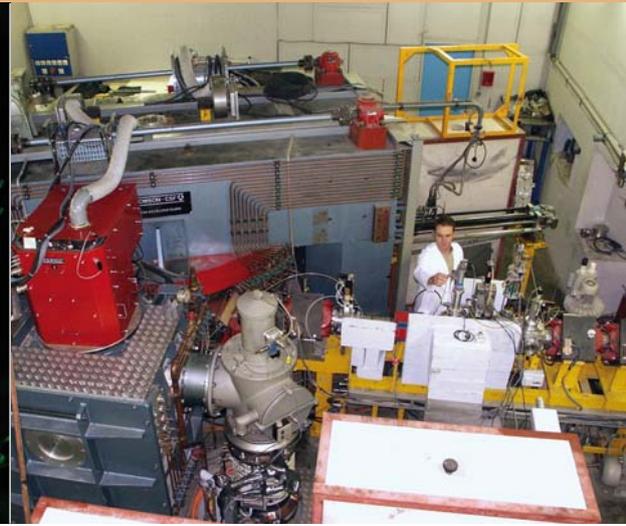
- Dans le pôle « **Optique et thermique** » les milieux désordonnés sont étudiés par spectroscopies optiques vibrationnelles. En cohérence avec le label « extrême » du laboratoire, l'approche expérimentale met en œuvre des techniques de



Vue de l'accélérateur de positons lents



Interféromètre Brillouin



Vue du cyclotron

pointe uniques par leurs gammes de température (-270 → 3000°C) : spectroscopies IR-visible et de diffusion de la lumière (Raman, Brillouin) et de conductivité. A côté des problématiques communes au pôle (systèmes désordonnés, verres et liquides, poreux, dynamique de réseau et transitions de phase, simulations numériques), le laboratoire développe actuellement un dispositif de diagnostics Raman *in situ* sur le cyclotron, permettant la caractérisation sous irradiation de matériaux d'intérêt nucléaire. Ce projet avait été développé en collaboration entre le CERI et le CRMHT, et bénéficie donc de la synergie liée à la création du CEMHTI.

■ Le pôle « **Structure Locale** » met en œuvre des dispositifs expérimentaux uniques en leur genre, en particulier pour les conditions de haute température, autour des spectromètres RMN haute température et haute résolution solide, ou des grands instruments Rayons-X et Neutrons. Ces dispositifs permettent d'appréhender la structure locale, la dynamique et des propriétés de transports dans des oxydes, des métaux ou des fluorures fondus et de décrire ainsi différents types de matériaux souvent d'intérêt industriel (verres, céramiques, fluorures d'intérêt nucléaire, ou pour l'électrolyse de l'aluminium). Une grande part des activités est basée sur le développement de méthodes ciblées, l'amélioration de la sensibilité et de la résolution des spectres, ou encore le

développement de méthodes de caractérisation multi-échelle pour des matériaux fonctionnalisés, poreux ou hybrides, au bénéfice de la communauté nationale et internationale.

■ Le pôle « **Faisceaux de particules** », dispose d'une expertise dans la science de l'irradiation, de l'analyse par techniques nucléaires et de la radiochimie couvrant un champ scientifique allant de la science des matériaux à celle du vivant. Les faisceaux permettent d'étudier le comportement des matériaux ou de systèmes, la caractérisation élémentaire des matériaux (archéométrie, géomatériaux, ...) ainsi que de produire des radiotraceurs utilisés dans l'industrie et des molécules radioactives pour l'imagerie du petit animal, étape incontournable pour la mise au point des futurs médicaments. Un fort potentiel technique permet d'assurer le bon fonctionnement des accélérateurs

(Cyclotron, Van De Graaff, Positons lents) et le développement des outils d'analyses.

Avec des savoir-faire et des instruments uniques sur le plan national et international, le CEMHTI s'inscrit ainsi dans le grand campus Orléanais consolidant les liens entre les différents partenaires de la recherche et de la formation par la recherche. ■

Pierre DESGARDIN
Aurélien CANIZARES
Valérie MONTOUILLOUT

Le CEMHTI développe un ensemble unique de compétences et d'instrumentations de haute technologie pour l'étude de matériaux solides et liquides, à haute température et sous irradiation : spectromètres RMN, accélérateurs de particules, spectrométries vibrationnelles, conductivité électrique, lévitation aérodynamique, microscopie électronique à balayage environnementale, rayons X et neutrons et enfin un accès privilégié sur le synchrotron SOLEIL.



Le développement de l'expertise en production écrite

L'écrit et la faculté de bien écrire gagnent en importance, à l'école, au travail, dans la vie personnelle. La mise en commun au niveau européen de méthodes, de résultats d'analyse et de préconisations pédagogiques va permettre une grande avancée dans la connaissance des processus liés à l'écrit et à sa maîtrise dans le milieu scolaire comme professionnel.

Enregistrement des mouvements oculaires d'un rédacteur professionnel avec le logiciel « Eye and Pen © » (Université de Poitiers/CNRS). Le développement des outils numériques d'étude de l'écriture est l'un des axes de recherche de l'Action COST. Les données recueillies permettent de comprendre les stratégies rédactionnelles fines des rédacteurs ainsi que les difficultés rencontrées.



18 pays sur quatre thématiques complémentaires : « L'apprentissage de l'écriture », « Les pratiques et enseignements de l'écriture », « La conception et le design des documents écrits dans le milieu professionnel » et « Les outils d'étude en temps réel de l'écriture ». Des chercheurs du Canada et des USA participeront au réseau.

La première réunion du comité directeur de l'Action COST ISO703 « ERN-LWE » (The European Research Network on Learning to Write Effectively) se tiendra en mai 2008 à Bruxelles. Il s'agira de concevoir l'organisation, à travers l'Europe, de conférences, workshops, écoles thématiques et séjours scientifiques contribuant à l'extension du réseau et à l'avancée du programme scientifique. L'enjeu sociétal est de taille : proposer de nouvelles méthodes d'apprentissage de l'écriture à l'école et d'améliorer la conception des documents dans le monde du travail à l'échelle européenne. Des préconisations seront régulièrement adressées aux entreprises, aux institutions et au grand public.

A l'Université de Poitiers a été conçu un projet européen COST* fédérant les principales structures de recherche sur la production écrite en Europe. Ce projet est l'aboutissement d'une démarche de structuration de la recherche pluridisciplinaire en production écrite qui a été entreprise par l'Université de Poitiers et le CNRS à un niveau national il y a plus de 10 ans et le fruit d'une collaboration active notamment à travers le GDR-CNRS « Production Ecrite », la Maison des Sciences de l'Homme et de la Société et le Centre de Recherche sur la Cognition et l'Apprentissage

C'est au cours de deux écoles thématiques organisées par le groupement de recherche en 2001 et 2005 que le projet d'un réseau a été discuté avec les chercheurs européens présents. Il est apparu que l'Action COST répondait pleinement aux objectifs de structuration d'un réseau européen. L'action concertée incitative (ACI) alors attribuée au groupement de recherche par l'Université de Poitiers a permis de réunir un premier groupe de travail en octobre 2007 à Paris puis de soutenir la conception et le développement du projet.

Contact : Denis ALAMARGOT
denis.alamargot@univ-poitiers.fr



Denis Alamargot.
Directeur du GDR-CNRS 2657 « Production Verbale Ecrite ». Co-Coordinateur du SIG-Writing de l'Association Européenne EARLI. Membre de l'UMR CeRCA. Université de Poitiers-CNRS.



Ecole Thématique CNRS organisée par le GDR-CNRS 2657 « Production Verbale Ecrite » en Juillet 2005.

Ce réseau européen pluridisciplinaire, de recherche sur le développement de l'expertise en production écrite, regroupera pour quatre ans des équipes de

*COST, « Coopération européenne dans le domaine de la recherche scientifique et technique » est un système Européen inter-gouvernemental pour une coopération internationale entre les activités de recherche financées nationalement. Fondé en 1971, COST est le plus ancien réseau de recherche européen. En 2007, sur les 406 projets européens déposés pour une Action COST, celui porté par l'Université de Poitiers et le CNRS a été classé 12^{ème} sur les 25 retenus, toutes disciplines confondues.

Les gènes sauteurs, moteurs de l'évolution

La présence d'éléments transposables dans des génomes, bien que connue depuis les années 1940, a longtemps été considérée comme anecdotique. Ce n'est que depuis quelques années que leur importance dans l'évolution et le fonctionnement des génomes commence à être pleinement reconnue, notamment depuis que l'on sait qu'ils représentent à eux seuls la moitié de tout le génome humain.

Depuis le début de l'année 2008, une nouvelle équipe de génomique évolutive au sein de Laboratoire « Ecologie, Evolution, Symbiose », dirigée par Richard Cordaux, étudie l'évolution des génomes de bactéries, et en particulier l'une de leurs composantes : les éléments transposables, ces « gènes sauteurs » qui peuvent se déplacer d'un point à l'autre des génomes.

Parfois responsables de maladies génétiques, ces éléments jouent également un rôle considérable dans de nombreux processus tels que la formation de nouveaux gènes, la protection des chromosomes chez la drosophile, ou encore la mise en place de la variabilité du système immunologique des vertébrés. Les éléments transposables apparaissent ainsi responsables d'une grande partie de la variabilité génétique des populations. Il est donc indispensable de connaître leur comportement dans les génomes et leur dynamique dans les populations naturelles, car ils sont à la base de nombreux remaniements génétiques susceptibles de participer à l'adaptation des populations et à l'évolution des espèces.

Après avoir étudié certains de ces aspects au cours d'un séjour postdoctoral aux Etats-Unis, durant lequel il a publié plusieurs articles de portée internationale, Richard Cordaux est classé premier par la section « Biodiversité, Evolution et Adaptations Biologiques » au concours de recrutement de chargé de recherche au CNRS en 2006. Il intègre alors le LEES à Poitiers pour étudier

le rôle des éléments transposables en tant que moteurs d'évolution chez les bactéries endosymbiotiques, ces bactéries vivant en symbiose à l'intérieur même de cellules d'autres organismes, tels que des insectes et des crustacés.

Les bactéries endosymbiotiques sont très répandues chez des arthropodes ravageurs de cultures ou vecteurs de maladies humaines. Une alternative biologique aux pesticides chimiques couramment utilisés pour contrôler ces arthropodes néfastes pour l'homme consiste à cibler leurs bactéries endosymbiotiques. Il est donc crucial de bien connaître le fonctionnement et l'évolution de ces bactéries, ainsi que les interactions qu'elles entretiennent avec leurs hôtes arthropodes. L'étude des génomes de ces bactéries, telle que proposée par la nouvelle équipe de Richard Cordaux, offre ainsi un angle d'approche unique pour apporter des éléments de réponse à ces questions émergentes.

Le département Environnement et Développement Durable du CNRS a d'ailleurs sélectionné l'année dernière son projet intitulé « ADN mobile et plasticité génomique chez les bactéries endosymbiotiques » dans le cadre du programme ATIP de soutien à de jeunes chercheurs et chercheuses développant des thématiques innovantes. Cela va permettre à ce jeune chercheur de développer au mieux ses axes de recherche. ■

Contact : Richard CORDAUX

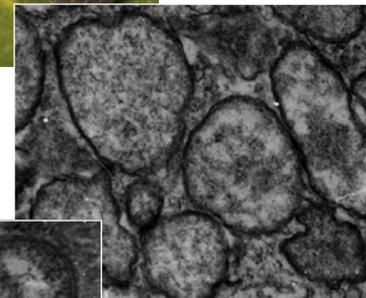
richard.cordaux@univ-poitiers.fr

Laboratoire « Ecologie, Evolution, Symbiose » (LEES)

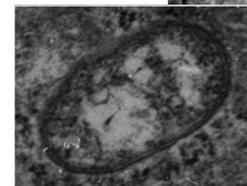
UMR 6556 CNRS/Université de Poitiers



De nombreux arthropodes comme les cloportes (photo) hébergent des microorganismes à l'intérieur de leurs cellules, tels que les bactéries endosymbiotiques *Wolbachia* (photo).



Bactérie endosymbiotique *Wolbachia*.



LES ATIP DU CNRS

Proposées par plusieurs départements du CNRS, les actions incitatives ATIP permettent de confier à de jeunes chercheurs la responsabilité de créer et d'animer une équipe, au sein d'une unité du CNRS déjà existante. Les équipes créées ont pour vocation de développer de manière autonome leur propre thématique, tout en renforçant le dispositif de recherche de la structure d'accueil. Ainsi, les départements Sciences du Vivant et Environnement et Développement Durable soutiennent tous les ans la création d'une douzaine d'équipes, qui bénéficient chacune d'une dotation de 150 k€ sur trois ans et d'un poste de chercheur associé pour deux ans.



Richard CORDAUX, responsable de l'équipe de génomique évolutive du LEES.

Recherche et coopération avec l'Amérique latine

Depuis sa création, le Laboratoire de Catalyse en Chimie Organique développe et entretient une véritable culture de coopération internationale, en particulier avec l'Amérique latine. Les coopérations montées par les chercheurs seniors ont été reprises et étendues par les chercheurs juniors du laboratoire, encouragés en cela par les directeurs successifs.



© CNRS Photothèque – THERY Hervé



© CNRS Photothèque – THERY Hervé

Au Brésil, la Ville de Salvador de Bahia est riche d'un patrimoine culturel et architectural original.

Le LACCO, unité mixte CNRS – Université de Poitiers, est structuré en 6 équipes travaillant sur des catalyseurs spécifiques : métaux, oxydes, sulfures et fluorures, acides et bases, électrocatalyseurs, modèles (cf Microscop 52 – avril 2007). Des opérations transverses liées à la chimie verte, à l'énergie, au développement durable, à la dépollution créent les interfaces nécessaires entre les équipes du laboratoire et aussi avec les équipes de recherche latino-américaines.

Près de 40 ans de coopération

La première grande coopération du LACCO date de la fin des années 70, époque à laquelle le Venezuela, pour améliorer son système d'enseignement supérieur, a financé les études doctorales de plusieurs centaines d'étudiants dans des universités étrangères. Raymond Maurel, directeur du LACCO de l'époque, a accueilli plus d'une quinzaine de doctorants désireux de se former en catalyse, domaine scientifique indispensable au Venezuela, riche en

ressources pétrolières et gazières. Démarrée dans le cadre de l'appui à la formation, la coopération s'est poursuivie depuis sur des projets conjoints de recherche grâce au soutien de divers instruments de coopération du CNRS (PICS, postes rouges, programme PIRSEM, conventions d'échange), du Ministère des Affaires Etrangères (PCP, programmes ECOS), et souvent aussi d'entreprises pétrolières comme ELF et Total.

De manière quasi parallèle, d'autres pays latino américains ont recherché des lieux d'études doctorales et post-docto-

rales pour leurs futurs enseignants chercheurs. Le laboratoire a ainsi pu contribuer aux études d'étudiants mexicains, argentins et brésiliens et plus récemment colombiens.

Et en 2008...

Les coopérations récentes, maintenant vivaces les liens tissés antérieurement, impliquent actuellement :

- **la Colombie** (après un PICS terminé en 2006, un projet ECOS* commence en 2008). Les études mobilisent l'équipe « catalyseurs oxydes » du LACCO en



Chechers et enseignants chercheurs du groupe "Métaux" mobilisés pour la coopération avec l'Argentine.

partenariat entre autres avec une équipe de l'Instituto de Quimica de la *Universidad de Antioquia*, à Medellin. Il s'agit de développer des catalyseurs à base de perovskites capables d'orienter la décomposition de l'éthanol vers la production d'hydrogène (vecteur énergétique du futur) et de nanotubes de carbone (matériaux dotés d'un grand nombre de propriétés originales). Des résultats prometteurs ont déjà permis, au-delà de publications scientifiques et d'un travail de doctorat, de déposer en commun un brevet au niveau européen.

- **l'Argentine** (un programme ECOS achevé, un en démarrage) mobilisent à Poitiers l'équipe « Métaux ». En Argentine, les partenariats s'appuient sur le groupe de génie chimique à la *Universidad de Buenos Aires* (plus de 200 000 étudiants), pour l'obtention d'hydrogène par reformage de l'éthanol, et un groupe de l'*Instituto Nacional de Catalisis y Petroquimica* de la *Universidad Nacional del Litoral* à Santa Fé, dirigé par un ancien doctorant du LACCO. Le projet correspondant s'intéresse aux catalyseurs trimétalliques utilisés en pétrochimie.

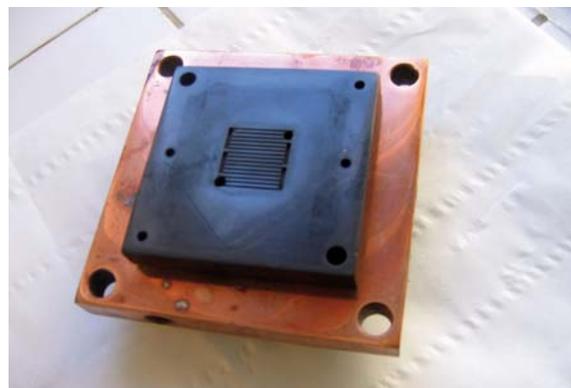
- **le Brésil** (deux programmes CAPES-COFECUB, un contrat industriel). Trois équipes du LACCO qui travaillent sur les « Métaux », l'« électrocatalyse » et les « catalyseurs acides et basiques » sont concernées et ont déjà participé à la formation d'étudiants brésiliens, financés par des agences brésiliennes (CNPq, CAPES) aux niveaux doctorat et post doctorat.

- Le premier projet CAPES-COFECUB, porté par le groupe d'électrocatalyse fait suite à une succession d'échanges et d'opérations de formations, depuis plus de vingt ans, avec deux groupes de la *Universidade de Sao Paulo*, l'un du *Campus de Ribeirao Preto*, l'autre du *Campus de Sao Carlos*. De nombreux résultats originaux ont été ainsi obtenus,

en particulier sur des catalyseurs efficaces dans les piles à combustible. Par ailleurs, un nombre significatif de co-publications entre poitevins et brésiliens est visible (par exemple, sur ses 28 publications, Paulo Olivi de l'*Instituto de Quimica, Universidade de Sao Paulo, Campus de Ribeirao Preto* en a cosigné onze avec des membres du LACCO). Un des résultats « originaux » de cette coopération est la présence aujourd'hui à la *Universidade Federal de Campina Grande* d'un ancien doctorant du LACCO, Hervé Laborde qui enseigne le génie chimique et étudie la désalinisation de l'eau par osmose inverse en utilisant le soleil comme source d'énergie.

- Le second projet CAPES COFECUB, avec des membres de l'équipe « Métaux » du LACCO, a démarré au début de 2008. Il prévoit déjà la venue en France d'un étudiant de doctorat et d'un post-doctorant. Le porteur du projet pour la partie Brésilienne à l'*Universidade Federal da Bahia* a déjà coordonné des projets avec la France (Lyon, Lille, Poitiers).

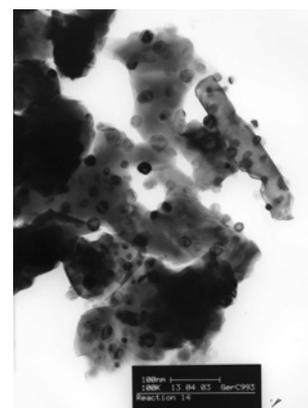
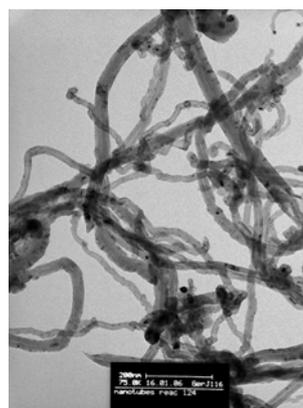
- Le contrat industriel, porté par l'équipe « Catalyseurs acides et basiques », a comme partenaire le CENPES – Centre de Recherche de la PETROBRAS –, entreprise nationale brésilienne de pétrole et produits dérivés, une des sociétés latino américaines les plus puissantes. La PETROBRAS est en particulier « championne du monde » de l'extraction de pétrole en eaux profondes. Ce contrat est pour part le résultat du très bon déroulement du doctorat de Henrique Cerqueira, actuellement chercheur au CENPES qui a soutenu en 2000 une thèse sur la désactivation de catalyseurs zéolithes, ayant conduit à plus d'une douzaine de co-publications. Il a également reçu le prix de la meilleure thèse de la Région Poitou-Charentes.



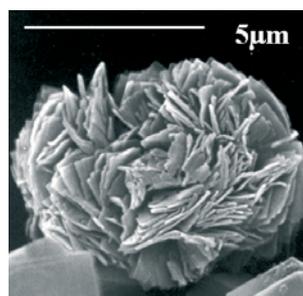
Éléments de pile à combustible.

Le réseau de coopérations latino américaines mis en place entre le LACCO est ainsi un modèle de ce qui peut être réalisé en termes d'actions et de valorisations internationales. Les résultats actuels n'auraient pu être obtenus sans les précurseurs, sans des soutiens multiples (CNRS, Université de Poitiers, Région Poitou-Charentes, Ministère des Affaires Etrangères,...), sans le renouvellement régulier des porteurs et acteurs de projets et sans, bien sûr, des résultats importants pour chacune des parties. ■

Contact : Roger FRETLY
Roger.Fretly@dr8.cnrs.fr



Cliché de microscopie électronique d'un catalyseur à base de perovskite réduite et de nanotubes de carbone.



Cliché de microscopie électronique à balayage d'une zéolithe de type ZSM5.



PPAF : Laboratoire de Spectrométrie de Masse (à gauche nanoLC2D-Trappe ionique LTQ et à droite M@LDI-TOF).

Une plate-forme d'analyse des protéines en région Centre



L'accélération extraordinaire de la collecte de données dans le domaine de la biologie, pendant les dix dernières années est en grande partie liée à des avancées technologiques sophistiquées et onéreuses. Le séquençage des génomes a révélé qu'il existait un nombre de gènes restreint, moins de 30 000 chez l'homme, alors que le nombre de protéines résultant de leurs expressions est de l'ordre du million chez l'homme.

L'analyse systématique des protéines représente un complément indispensable aux approches de transcriptomique à haut débit pour permettre la compréhension fonctionnelle de processus biologiques complexes.

Créée en septembre 2007, la plate-forme de protéomique analytique et fonctionnelle (PPAF) poursuit à l'INRA de Tours une longue tradition en biochimie des protéines initiée dès les années 1980. Avec le développement de la génomique, le site INRA de Tours avec l'aide du Conseil régional du Centre, de l'INRA, du CNRS et de l'Université de Tours, s'est équipé d'instruments performants dans le domaine de la protéomique.

Une infrastructure fonctionnelle et un partenaire au service de vos projets scientifiques

Cette plate-forme permet l'étude structurale, fonctionnelle et quantitative des systèmes biologiques du vivant (animal, végétal, micro-organismes) à l'échelle moléculaire (protéines-peptides) ou

cellulaire (biomarqueurs).

Elle conjugue des techniques de séparation-purification moléculaire et cellulaire, d'identification des polypeptides et de caractérisation de leurs modifications post-traductionnelles et de leur spécificité d'interaction.

PPAF propose à la communauté scientifique régionale et nationale, publique ou privée, des stratégies analytiques innovantes, du savoir faire technologique et des caractéristiques instrumentales.

Elle s'inscrit dans un projet innovant de créer une plate-forme scientifique régionale fédératrice spécialisée en sciences « OMIQUES » réunissant Protéomique et Métabolomique. La genèse d'une telle plate-forme est conditionnée par la forte demande de la communauté scientifique régionale à pouvoir accéder à une chaîne technologique complète, permettant l'analyse depuis la cellule entière jusqu'aux interactions moléculaires, grâce à des équipements de pointe conduits par des personnels compétents.

PPAF développe en moyenne 50 projets/an, collabore avec divers organismes publics à l'échelle régionale et nationale (INRA Tours Orléans Dijon Reims, CNRS, INSERM, Universités Tours-Orléans, CHRU Tours, AP-HP). PPAF est ainsi impliquée dans des programmes soutenus par la Région Centre, l'ANR, INCA, Ligue Nationale contre le Cancer, Génopôle Grand Ouest, OSEO Innovation et des projets européens.

Une plateforme de développements technologiques

La collaboration entre l'INRA, l'Université de Tours et l'Université de Manchester a permis de développer une nouvelle approche d'analyse directe de cellules entières par spectrométrie de masse : l'ICM-MS (Intact Cells MALDI-TOF Mass Spectrometry) pour la recherche de biomarqueurs et la chimiotaxonomie par phyloprotéomique.

Une plateforme de formations

PPAF participe à des actions de formation-enseignement à l'échelle régionale

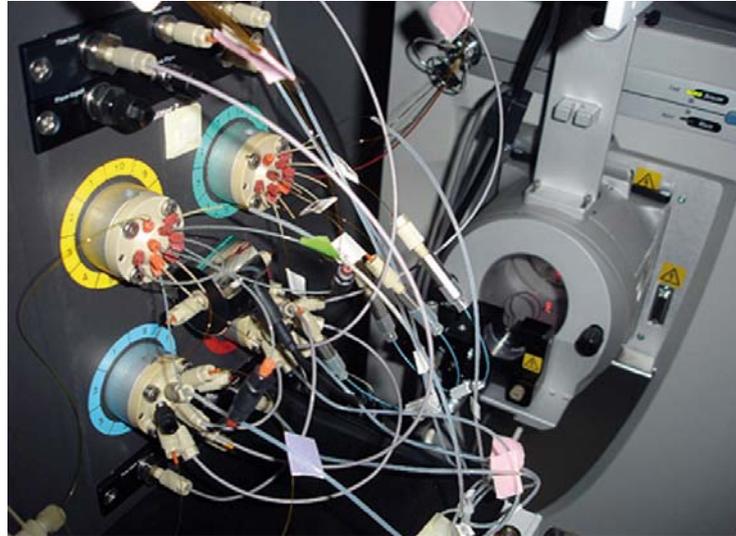
(Universités-IUT de Tours-Orléans) et nationale en organisant des écoles chercheurs et des journées scientifiques en association avec le réseau MassProt'INRA.

Les membres de PPAF participent également à l'activité de la Société Française de Spectrométrie de Masse (SFSM) et organise en octobre 2008 le 25^{ème} Congrès de la Société Française d'Electrophorèse et d'Analyse Protéomique (SFEAP).

Un service de qualité

Dans le souci de répondre pleinement aux attentes de ses partenaires, PPAF s'implique dans une démarche Qualité selon la norme ISO 9001 v2000 avec un objectif de certification en 2010.

La reconnaissance et l'équipement d'une plate-forme régionale permettra, la mise en œuvre ainsi que l'émergence de projets innovants dans les secteurs académiques-industriels, offrira des perspectives d'avenir pour



Couplage nanochromatographie liquide et source nanoélectrospray.

les jeunes chercheurs et participera ainsi au développement socio-économique Régional. ■

Contact

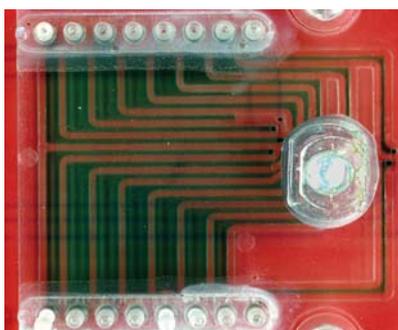
Jean-Louis DACHEUX

Responsable scientifique de la plateforme

jdacheux@tours.inra.fr

DES ÉQUIPEMENTS DE HAUTE TECHNOLOGIE

- Gels 2D, détection des protéines et analyse différentielle
Équipement Electrophorèse 2D : IPGPhor, Multiphor, Protean IEF cell, Ettan DALT; Protean plus Dodeca Cell
Systèmes de coloration : Doceda Stainers
Analyseur et logiciels d'image : scanner (GE Healthcare), ImageMaster 2D Platinum et Samespot
- HPLC 2D et analyse différentielle
ProteomeLab PF 2D Beckman Coulter
- Préparation d'échantillons
Automate Multiprobe II (Perkin Elmer)
- Identification et caractérisation par Spectrométrie de masse (SM)
M@LDI-TOF L/R (Waters)
Q-TOF-ULTIMA Global (Waters),
Trappe ionique linéaire LTQ (Thermofisher)
NanoLC-1D : CapLC (Waters)
NanoLC-1D-2D : Ettan MDLC (GE Healthcare)
Logiciels : ProteinLynx Global Server, Bioworks, Mascot.
- Séquençage de protéines
Séquenceur d'Edman Porton LF 3000 (Beckman Coulter)
- Analyse d'interactions moléculaires
Biacore T100 et Biacore 1000 (GE Healthcare)
Logiciels de calcul : Biacore T100 evaluation et Biaevaluation.
- Cytométrie en flux
Analyseur – trieur de cellules MoFlo® (DakoCytomation)



Cartouche de microfluidique biacore.



Dépôt MALDI d'acide sinapinique pour l'analyse de cellules entières.



Le Centre d'Imagerie du Petit Animal à Orléans



Sur le campus du CNRS d'Orléans, le Centre d'Imagerie du Petit Animal (CIPA) est un département de l'unité Transgénèse et Archivage Animaux Modèles (UPS44 du CNRS). Il constitue une structure pilote du secteur public en France avec une mission exclusive de service et de R&D en imagerie *in vivo* dédiée aux besoins de la communauté scientifique et de la recherche biomédicale.

L'exploitation des stratégies de l'imagerie médicale complétées par les technologies d'imagerie moléculaire les plus avancées permet l'étude atraumatique et indolore des souris modèles développées par l'Institut de Transgénése pour de nombreuses équipes de recherche.

Ce Centre a été fortement soutenu par le CNRS et par la Région Centre dans le cadre du nouveau Contrat de Projets Etat-Région (CPER). Dans la démarche globale de Management Qualité ISO 9001 : 2000 de la plate-forme Institut de Transgénése le CIPA vient d'obtenir la certification pour renforcer la compétitivité de ces équipes partenaires.

Des ruptures technologiques récentes au niveau des systèmes d'imagerie permettent de disposer de détecteurs à

la fois plus sensibles et plus résolutifs. Associées au développement de l'informatique pour le traitement des images 3D, ces évolutions ont conduit à des appareils issus de l'imagerie médicale permettant de réaliser par rayons X, Scintigraphie et Tomographie par Emission de Positons, des examens d'une résolution millimétrique chez la souris. La maturité de ces technologies les rend désormais opérationnelles avec les mêmes performances comparatives que les examens réalisés chez l'homme, ce qui constitue une réelle avancée dans l'éthique vis-à-vis de l'animal compte tenu du caractère non invasif de ces explorations.

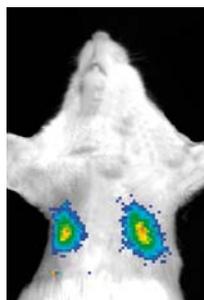
Parallèlement, le développement de lignées transgéniques ou mutantes a connu un essor considérable pour la compréhension de processus fondamentaux en biologie, pour la recherche biomédicale et pour l'innovation pharmaceutique, conduisant à des médicaments plus spécifiques donc plus efficaces et plus sûrs d'utilisation.

La prise en compte de cette ressource

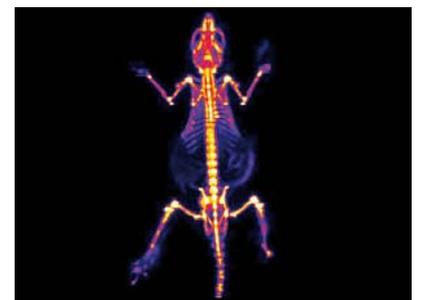
stratégique que constituent les souris transgéniques modèles de maladies humaines a suscité l'émergence d'une nouvelle modalité d'imagerie qui n'existait pas en médecine et qui est dédiée aux souris ; il s'agit de la biophotonique, avec la bioluminescence et la fluorescence dans l'infrarouge pour l'exploration *in vivo* de l'expression des gènes, de la biodistribution des molécules et du trafic cellulaire.

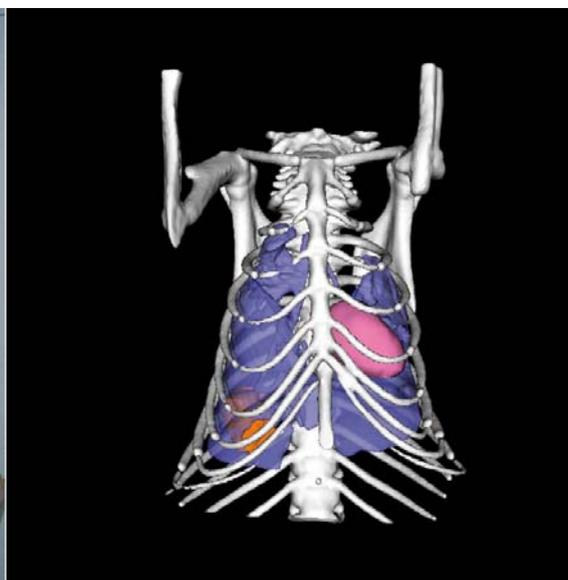
Implantée dans une structure nationale d'hébergement et d'analyse fonctionnelle spécialisée dans la souris, le CIPA est intégré dans une démarche de fonctionnement en réseau pour l'exploitation optimale des compétences et des ressources complémentaires des différentes plate-formes du territoire et plus particulièrement entre Tours et Orléans au sein du Pôle Régional « Centre Imagerie ». Le CIPA s'est orienté vers les maladies respi-

La recherche de métastases osseuses d'une tumeur de la prostate : pour limiter l'irradiation du sujet à un niveau très faible, la TEP utilise des molécules marquées par des radioisotopes à très courte durée de vie, préparés sur place avec un cyclotron.



Imagerie par bioluminescence de l'expression dans le poumon d'un gène associé à un vecteur lipidique pour la thérapie génique de la mucoviscidose.





Comme en médecine, le scanner est l'examen de choix pour la mise en évidence et la mesure de la taille d'une tumeur pulmonaire (en orange). Chez la souris, l'examen dure 15 mn et comprend 1400 images d'une résolution de 0.1 mm.

ratoires, digestives, immunitaires et les cancers, en particulier avec des équipes tourangelles de l'Unité INSERM 618 Protéases et Vectorisation Pulmonaires sur les aérosols thérapeutiques et du laboratoire Génétique, Immunothérapie, Chimie et Cancer (UMR 6239 CNRS/Université François Rabelais de Tours) pour les traitements antitumoraux par les anticorps. Ses compétences viennent compléter l'exploration avancée du système nerveux central, développée à Tours au sein de l'IFR 135 Imagerie Fonctionnelle et dans la région parisienne par la plate forme Neurospin de Saclay. Il en est de même pour les autres technologies d'imagerie ; la Résonance Magnétique à Orléans au Centre de Biophysique Moléculaire et les échographies à haute résolution assurées par les spécialistes de l'Unité INSERM 930 et du Centre d'Innovation Technologique « Ultrasons » de Tours.

Organisé en 2 services, le CIPA comprend :

- l'imagerie fonctionnelle 2D, implantée au sein même du bâtiment opérationnel de l'Institut de Transgénose. Elle met en œuvre :

- la radiologie X à haute résolution du squelette, des poumons, des reins et des vaisseaux

- la scintigraphie exploitant toutes les modalités de la médecine nucléaire pour l'exploration d'un grand nombre de fonctions physiologiques et l'imagerie de vectorisation des médicaments et des gènes
- l'imagerie de l'expression génique par bioluminescence. Détectant par une caméra ultrasensible la lumière émise au sein de l'organisme par des cellules transfectées par le gène de la lucifère, son domaine d'application va croissant pour la recherche en cancérologie, en infectiologie et la thérapie génique.

- l'imagerie 3D multimodalités est le deuxième service, implanté en 2007 à proximité immédiate du cyclotron du laboratoire Conditions Extrêmes et Matériaux : Haute Température et Irradiation (CEMHTI – UPR 3079 du CNRS) car elle met en œuvre des radioisotopes de durée de vie très courte pour les explorations par Tomographie par Emission de Positons (TEP). Cette opération d'équipement lourd associant les départements Sciences du Vivant et Sciences Chimiques du CNRS nécessite une préparation extemporanée des molécules radiomarquées.

Après production des radioisotopes par le cyclotron, la phase de marquage des molécules destinées à l'imagerie est réalisée dans le laboratoire de radio-

chimie du CEMHTI en collaboration avec des spécialistes de l'Institut de Chimie Organique et Analytique d'Orléans (ICOA – UMR 6005 CNRS/Université d'Orléans).

L'ensemble de ces ressources permet d'assurer désormais à la communauté scientifique et aux partenaires industriels l'accès aux stratégies les plus avancées en imagerie combinée à une expertise reconnue dans la génétique de la souris dans un contexte hautement compétitif au niveau international. ■

Contacts :

Alain LE PAPE

Pilote scientifique

lepape@cnrs-orleans.fr

Stéphanie LERONDEL

Coordinatrice du CIPA

L'équipe du CIPA comprend un directeur de recherche, deux ingénieurs, deux assistants ingénieurs, deux doctorants et bénéficie de l'assistance d'un ingénieur d'étude du CEMHTI pour la préparation des molécules radiomarquées.



Un scientifique au Sénat



TREMLIN RECHERCHE a, cette année, sélectionné 17 projets de transfert de technologie que leurs porteurs ont pu présenter aux entrepreneurs, investisseurs, politiques ou administrations le 12 février 2008 au Sénat. Cette année la journée était consacrée à la recherche et à l'industrie au service de

l'écologie et du développement durable. Des tables rondes, témoignages, espaces d'exposition ont favorisé les échanges avec les acteurs de la valorisation en France.

Le projet « piles à combustible par procédés plasma » de Pascal BRAULT, directeur de recherche CNRS au Groupe de Recherche sur l'Energétique des Milieux Ionisés à Orléans (UMR 6606-CNRS/ Université d'Orléans) et Jean DURAND, directeur de recherche CNRS à l'Insti-

tut Européen des Membranes à Montpellier (UMR 5635-CNRS/Université Montpellier 2) qui associe également la société MHS et l'Agglomération de Dreux, maître d'ouvrage du projet, a été retenu.

Depuis 2006, TREMLIN RECHERCHE est organisé par Christian PONCELET, Président du Sénat pour développer les relations entre le monde de la recherche et celui de l'entreprise.

Une femme d'excellence



Marie-Louise SABOUNGI, directrice du Centre de recherche sur la matière divi-

sée CNRS-Université d'Orléans, s'est vu décerner en 2007 le Prix Helmholtz-Humboldt.

Elle est l'un des pionniers les plus reconnus internationalement dans l'usage des méthodes de diffusion des neutrons et des rayons X. Ses recherches sur les nano-composites avec des composants biologiques illustrent l'interdisciplinarité qu'elle a prônée durant sa carrière. Lors de son séjour en Allemagne, elle devrait se consacrer aux études de la structure microscopique et de la dynamique des polymères par les techniques

reposant ces méthodes

Ce prix, qui récompense d'éminents scientifiques dont les recherches fondamentales ont un impact significatif dans leur discipline, lui a été remis le 29 février 2008 par le Professeur Helmut Schwarz, Président de la Fondation Alexander von Humboldt en présence des ministres française et allemande en charge de la recherche, Valérie Pécresse et Annette Schavan.

Cette candidature a été présentée par l'Université de Hanovre et l'Institut Hahn-Meitner (Berlin).

Maths et billard



Le billard, jeu d'adresse et de réflexion peut se décliner sous diverses formes : billard « à poches », billard français, modes de jeu variés. La théorie physique du billard, règles de réflexion, de roulement, glissement et frottement

des billes, est complexe. Mais le billard a aussi une théorie mathématique vivante très élaborée.

La fédération Denis Poisson (Orléans) et Centre.Sciences (CCSTI de la région Centre), avec la contribution de l'entreprise Chevillote, ont organisée une soirée « Maths et billard » le 25 mars à Orléans qui a réuni 160 personnes. Un

mathématicien, Pierre ARNOUX, membre de l'Institut de Mathématiques de Luminy (Marseille) qui travaille en systèmes dynamiques, combinatoire des mots et géométrie était présent ainsi qu'un joueur de billard de haut niveau, formateur professionnel qui a rappelé les différentes règles du jeu et a montré des coups très spectaculaires.

Les nouveaux directeurs en Délégation Centre Poitou-Charentes

Orléans

1 Yann HERAULT

Transgénèse et archivage
d'animaux modèles
(TAAM – UPS 44 CNRS à Orléans)

2 Stéphane CORDIER

Laboratoire de mathéma-
tiques, applications et
physique mathématique
d'Orléans (MAPMO – UMR 6628
CNRS-Université d'Orléans)

3 Dominique MASSIOT

Conditions Extrêmes et
Matériaux : Haute Tempéra-
ture et Irradiation (CEMHTI –
UPR 3079 CNRS à Orléans)

4 Michel TAGGER

Laboratoire de Physique et
Chimie de l'Environnement
(LPCE – UMR 6115 CNRS/Univer-
sité d'Orléans)

5 Elisabeth VERGÈS

Observatoire des Sciences
de l'Univers de la région
Centre
(UMS 3116 – CNRS-Université
d'Orléans-Observatoire de Paris)

La Rochelle

10 Gérard BLANCHARD

Littoral, Environnement et
Sociétés
(LIENSs – UMR 6250 CNRS-
Université de La Rochelle)

11 Philippe-Jacques HATT

Environnement Littoral
Atlantique
(ELA – UMS 3109 CNRS-
INFREMER)

Tours

6 Yves BIGOT

Génétique, Immunothérapie,
Chimie et Cancer (GICC - UMR
6239 CNRS-Université François
Rabelais de Tours)

7 Corinne LARRUE

Cités, Territoires, Environne-
ment et Sociétés (CITERES –
UMR 6173 CNRS-Université
François Rabelais de Tours)

8 Jean-Paul MONGE

Institut de Recherche sur la
Biologie de l'Insecte (IRBI –
UMR 6035 CNRS-Université
François Rabelais de Tours)

9 Philippe VENDRIX

Centre d'Etudes Supérieures
de la Renaissance (CESR –
UMR 6576 CNRS-Université
François Rabelais de Tours)

Poitiers

12 Frédéric BECQ

Institut de Physiologie et
Biologie Cellulaires
(IPBC – UMR 6187 CNRS-
Université de Poitiers)

14 Jean-Michel LEGER

Laboratoire de catalyse en
chimie organique
(LACCO – UMR 6503 CNRS-
Université de Poitiers)

15 Marie-Christine LAFARIE-FRENOT

Laboratoire de mécanique
et physique des matériaux
(LMPM – UMR 6617 CNRS -
Université de Poitiers-ENSMA
Poitiers)

16 Denis LEMONNIER

Laboratoire d'études
thermiques (LET – UMR 6608
CNRS-Université de Poitiers-
ENSMA Poitiers)

17 Alain MEUNIER

Hydrogéologie, Argiles, Sols
et Altérations
(HydrASA – FRE 3114 CNRS-
Université de Poitiers)

18 Pol VANHAECKE

Laboratoire de mathéma-
tiques et applications
(LMA – UMR 6086 CNRS-
Université de Poitiers)



SCIENCES de la Terre au service de l'ENVIRONNEMENT

Expositions : "Un œil sur ma planète", "La Terre entre nos mains", "Roches de France"

Visites et animations pour les scolaires

du 1^{er} au 24 octobre 2008

Institut des sciences de la Terre et de l'environnement
rue de la Férollerie à Orléans-la Source

Recherche

Enseignement



Réservation et contact : www.centre-sciences.org