

Le  
journal  
du

# CNRS

N° 243 AVRIL 2010

LA RÉVOLUTION

LASER



INNOVATION

**Entretien avec Jean-Paul Herteman**

Safran et le CNRS :  
un goût commun pour la recherche







PROJECTIONS /  
RENCONTRES /  
DEBATS /  
...

DU  
04 MAI  
AU 07 MAI 2010

NANCY  
PALAIS  
DES CONGRES

ENTREE  
GRATUITE

# FESTIVAL DU FILM DE CHERCHEUR

[www.filmdechercheur.eu](http://www.filmdechercheur.eu)



Lorraine



Musée de la Mer



## Journées du film d'ethnographie nautique autour de l'exposition Tous les bateaux du monde

9 projections exceptionnelles  
du 8 au 11 avril 2010  
programme détaillé  
sur [www.musee-marine.fr](http://www.musee-marine.fr)



### Musée national de la Marine

auditorium / gratuit

réservation : 01 53 65 69 53





# sommaire

## Le journal du CNRS

1, place Aristide-Briand  
92195 Meudon Cedex  
Téléphone : 01 45 07 53 75  
Télécopie : 01 45 07 56 68  
Mél. : journal-du-cnrs@cnrs-dir.fr  
Le journal en ligne :  
www2.cnrs.fr/presse/journal/  
CNRS (siège)  
3, rue Michel-Ange  
75794 Paris Cedex 16

**Directeur de la publication :**  
Alain Fuchs  
**Directrice de la rédaction :**  
Marie-Hélène Beauvais  
**Directeur adjoint de la rédaction :**  
Fabrice Impériali

**Rédacteur en chef adjoint :**  
Matthieu Ravaud  
**Chefs de rubrique :**  
Fabrice Demarthon  
Charline Zeitoun

**Rédactrice :**  
Anne Loutrel  
**Assistante de la rédaction et fabrication :**  
Laurence Winter  
**Ont participé à ce numéro :**  
Kheira Bettayeb  
Julien Bourdet  
Jean-Philippe Braly  
Patricia Chairopoulos  
Caroline Dangleant  
Christian Debraisne  
Denis Delbecq  
Sebastián Escalón  
Grégory Fléchet  
Mathieu Grousson  
Stéphan Julienne  
Xavier Müller  
Marion Papanian  
Vahé Ter Minassian  
Philippe Testard-Vaillant  
Géraldine Véron

**Secrétaire de rédaction :**  
Anne-Solweig Gremillet  
**Conception graphique :**  
Céline Hein  
**Iconographe :**  
Cecilia Vignuzzi  
**Couverture :**  
F. Vrignaud/CNRS Photothèque ;  
F. Pitchal/SAFRAN  
**Photogravure :**  
Scoop Communication  
**Impression :**  
Imprimerie Didier Mary  
6, route de la Ferté-sous-Jouarre  
77440 Mary-sur-Marne  
ISSN 0994-7647  
AIP 0001309  
Dépôt légal : à parution  
**Photos CNRS disponibles à :**  
phototheque@cnrs-bellevue.fr  
http://phototheque.cnrs.fr/

La reproduction intégrale ou partielle des textes et des illustrations doit faire obligatoirement l'objet d'une demande auprès de la rédaction.



© Kaksoney/CNRS Photothèque/EDF

**VIE DES LABOS > Les maisons écolos du futur, p. 6**



© NASA/Debbie McCallum



© C. Lebedinsky/CNRS Photothèque

**HORIZON > En route vers une nouvelle physique, p. 36**



© L. Kristensen / Fotolia

**VIE DES LABOS > Une explication pour le paradoxe français, p. 12**

**VIE DES LABOS P. 6**

**> REPORTAGE**

**Les maisons écolos du futur**

**> ACTUALITÉS P. 8**

Les derniers résultats de la recherche

**> MISSION P. 13**

**À l'assaut des humeurs du Soleil**

**INNOVATION P. 14**

**Un goût pour la recherche**

Entretien avec Jean-Paul Herteman

**PAROLE D'EXPERT P. 16**

**Gitans : halte aux idées reçues**

Entretien avec Marc Bordigoni

**JEUNES CHERCHEURS P. 17**

**L'exploratrice du cerveau**

Portrait de Carine Karachi

**L'ENQUÊTE P. 18**

**La révolution LASER**

Récit d'une découverte lumineuse

> 19

Des lasers à tout faire

> 22

D'autres promesses pour demain

> 25

**ZOOM P. 28**

**Jeux de mains à Bornéo**

**RENCONTRE AVEC P. 31**

**Une philosophe très romanesque**

Portrait de Gwenaëlle Aubry, Prix Femina 2009

**IN SITU P. 32**

**« Une vraie dynamique s'est créée »**

Entretien avec Jacqueline Lecourtier, directrice générale de l'Agence nationale de la recherche (ANR)

**HORIZON P. 36**

**En route**

**vers une nouvelle physique**

Entretien avec Michel Spiro, président du conseil du Cern

**GUIDE P. 38**

Le point sur les livres, les expos, les manifestations, les films...

## Philippe Baptiste à la tête des sciences informatiques

Philippe Baptiste a été nommé directeur par intérim de l'Institut des sciences informatiques et leurs interactions (INS2I) du CNRS, le 25 février dernier, par Alain Fuchs, président de l'organisme. Il remplace Michel Habib, démissionnaire. Directeur de recherche au CNRS et professeur chargé de cours à l'École polytechnique, dont il dirige le Laboratoire d'informatique<sup>1</sup>, Philippe Baptiste est directeur adjoint scientifique de l'INS2I depuis septembre 2009. Ses travaux de recherche en théorie de l'ordonnancement, en optimisation combinatoire et en recherche opérationnelle, publiés dans une quarantaine de revues internationales, ont été récompensés par plusieurs prix. Membre du Comité national de la recherche scientifique de 2004 à 2008 (section 7), Philippe Baptiste a aussi mené de nombreux partenariats avec des industriels comme Microsoft, Ilog, Thales ou Eurocontrol. Il a également créé, avec Youssef Hamadi, la chaire « Optimisation et développement durable » réunissant le CNRS, Microsoft et l'École polytechnique.

1. Laboratoire CNRS / École polytechnique.

### → L'ÉVÈNEMENT

## Joël Bertrand et Xavier Inglebert directeurs généraux du CNRS

Les deux directeurs généraux du CNRS viennent d'être nommés par Alain Fuchs, président de l'organisme : Joël Bertrand occupe cette fonction en tant que délégué à la science depuis le 25 février et Xavier Inglebert en tant que délégué aux ressources du CNRS depuis le 15 mars. Ces deux fonctions ont été créées lors des décrets ministériels des 1<sup>er</sup> novembre et 29 octobre 2009. Avec le président Alain Fuchs, ils forment tous les trois le nouveau directoire du CNRS. Joël Bertrand sera à présent, aux côtés

du président de l'organisme, en charge de la coordination des dix instituts du CNRS, de l'interdisciplinarité et des partenariats. Médaille de bronze du CNRS en 1986, et directeur de recherche du CNRS depuis 1989, Joël Bertrand, également maître ès sciences économiques, est devenu en 2001 directeur du laboratoire de génie chimique<sup>1</sup>, puis directeur du RTRA « Sciences et technologies pour l'aéronautique et l'espace » en 2007. Quant à Xavier Inglebert, agrégé d'histoire en 1986, enseignant pendant huit ans, puis élève à l'École nationale d'administration, il a occupé des postes de sous-préfet sur le terrain pendant plusieurs années entre 1996 et 2007. Rapporteur à la Cour des comptes de 2000 à 2002, cet administrateur civil hors classe occupait avant sa nomination le poste de sous-directeur de l'administration générale et des finances au ministère de l'Intérieur. Il prolongera l'action dirigeante du président du CNRS dans le domaine des ressources humaines et financières.

1. Unité CNRS / INPToulouse / Université Toulouse-III.



Joël Bertrand



Xavier Inglebert

© C. Labedinsky/CNRS Photothèque

© N. Tiger/CNRS Photothèque

### → LE SUCCÈS SCIENTIFIQUE

## Une molécule prometteuse contre le sida

Une molécule capable d'empêcher le passage du VIH d'une cellule à une autre a été mise au point par des chercheurs de l'Institut de biologie structurale Jean-Pierre-Ebel<sup>1</sup>, en collaboration avec des scientifiques

italiens et espagnols. Elle permet de bloquer le récepteur DC-SIGN, présent à la surface de certaines cellules immunitaires (les cellules dendritiques) et utilisé par le VIH pour envahir l'organisme dans les premiers temps de l'infection. Très soluble dans le milieu physiologique, non toxique et dotée d'une structure assez simple, la molécule a démontré son

efficacité in vitro. Les chercheurs souhaitent maintenant entamer des tests précliniques sur des modèles animaux. Cette découverte – brevetée par le CNRS et l'université Joseph-Fourier – s'avère d'autant plus importante que la substance pourrait contrer d'autres pathogènes utilisant le récepteur DC-SIGN, comme les virus de l'hépatite C, de la dengue ou Ebola, la bactérie *Mycobacterium tuberculosis* et certains parasites.

1. CNRS / Université Joseph-Fourier / CEA.

> [www2.cnrs.fr/presse/communiqu/1829.htm](http://www2.cnrs.fr/presse/communiqu/1829.htm)

## UNE MATHÉMATICIENNE FEMME DE L'ANNÉE

La mathématicienne Alessandra Carbone, professeur au département informatique de l'université Pierre-et-Marie-Curie et responsable du laboratoire Génomique des micro-organismes<sup>1</sup>, a reçu le Prix Irène-Joliot-Curie de la femme scientifique de l'année, le 8 mars dernier. Le jury de la 9<sup>e</sup> édition de ce prix, qui récompense trois femmes dans trois catégories différentes, était présidé par Françoise Barré-Sinoussi, Prix Nobel de médecine 2008. Alessandra Carbone a été distinguée pour avoir apporté une contribution personnelle remarquable dans le domaine de la recherche en France. Chacune des lauréates a reçu une dotation de 10 000 euros.

1. Laboratoire CNRS / UPMC.



© B. Hugard

### André Ducasse

Président du pôle de compétitivité  
ALPhA-Route des Lasers  
Vice-président du Comité national  
des 50 ans des lasers

# Le laser, une technologie d'avenir

**L**es lasers ont fait rêver des générations de scientifiques et nourrissent encore la créativité des chercheurs. Au moment où l'on fête leurs 50 ans, on constate qu'ils sont aussi devenus des outils essentiels pour l'innovation technologique, comme le montre l'enquête du *Journal du CNRS*. Ils constituent aussi des éléments fondamentaux pour le développement de nos entreprises.

La France, dans le domaine de la recherche, occupe une place de choix dans la compétition internationale sur les lasers et la photonique. En attestent les lauriers internationaux attribués à de grands chercheurs français, tout particulièrement le prix Nobel de Claude Cohen-Tannoudji ou le très récent prix Wolf d'Alain Aspect.

Cette excellence, si elle est partiellement due à une forte tradition historique, relève aussi d'une position du CNRS qui a, dans son soutien à la recherche fondamentale, développé ce thème quand le laser n'était qu'une « source de laboratoire » sans perspective d'applications industrielles. Je ferai référence à une expérience personnelle. Dans les années 1970-1980, Bernard Couillaud, qui a mené depuis une brillante carrière industrielle aux États-Unis, et moi-même avons pu développer à Bordeaux un groupe de recherche sur les lasers grâce à une « aide individuelle CNRS ». C'était le ferment d'un développement du domaine en Aquitaine, qui s'est accéléré avec l'arrivée du laser Mégajoule et la croissance des laboratoires universitaires bordelais.

Mais au moment où les applications du laser envahissent la plupart des secteurs industriels, on ne peut se dispenser d'une réflexion sur notre façon d'exploiter les avancées de nos laboratoires dans ce domaine. La Commission européenne a placé la photonique dans les cinq technologies-clés pour les prochaines décennies, les Allemands et les Anglais en ont fait leur première priorité. Il faut reconnaître que la France n'en est pas encore à ce stade. Heureusement, les choses évoluent, notamment grâce à la

mobilisation de la communauté française qui a donné naissance au Comité national d'optique photonique (Cnop). Le Cnop regroupe 7 pôles optiques régionaux dont 3 pôles de compétitivité, 3 sociétés savantes et s'appuie sur l'Institut de physique (INP) et l'Institut des sciences de l'ingénierie et des systèmes (INSIS) du CNRS. Sa mission consiste à défendre la position française au niveau européen en assurant une bonne coordination des ambitions nationales en matière de recherche scientifique et industrielle.

Le dynamisme du Cnop pourrait contribuer à rattraper le retard de notre pays dans le domaine des applications des lasers et de la photonique, qui s'explique en grande partie par la manière dont l'industrie s'est structurée dans ce secteur. L'enjeu est de taille, car il s'agit d'un secteur à forte valeur ajoutée, créateur d'emplois difficiles à délocaliser. Cette optimisation du transfert des découvertes scientifiques vers notre industrie, doit s'accompagner d'un effort accru vers la recherche. Nous pourrions alors espérer de remarquables avancées des chercheurs et de nouvelles applications. La manifestation nationale de clôture des 50 ans, qui se tiendra à Bordeaux en décembre prochain, ouvrira une large discussion sur ces perspectives.





**DÉVELOPPEMENT DURABLE**

## Les maisons écolos du futur

Des scientifiques préparent l'habitat écologique de demain au sein d'un laboratoire commun au Centre de thermique de Lyon et à EDF. Alors que ces deux partenaires viennent de renouveler pour quatre ans leur accord de coopération, visite guidée de ce que sera peut-être le bâtiment du futur.

**E**n cette fraîche journée de février, le soleil brille sur le campus de la Doua, à Villeurbanne. « Du coup, aujourd'hui, le bâtiment d'enseignement que vous voyez risque la surchauffe : en effet, l'isolation est tellement bonne que l'énergie accumulée ne peut pas être évacuée », explique Jean-Jacques Roux, du Centre de thermique de Lyon (Cethyl)<sup>1</sup>. Spécialiste depuis plus de vingt-cinq ans du comportement thermique des bâtiments, il copilote le laboratoire commun Bâtiments à haute efficacité énergétique (BHEE) avec son collègue Jean-Luc Hubert, d'EDF recherche & développement. Créé il y a cinq ans par EDF et le Cethyl, le BHEE compte aujourd'hui une cinquantaine de personnes<sup>2</sup>. C'est deux fois plus qu'il y a quatre ans. Leur objectif ? Assurer des bases solides à la quête d'efficacité énergétique et de basse consommation dans les bâtiments en développant des modèles de comportement énergétique fiables, nourris de données précises sur les matériaux utilisés. Alors que le Grenelle de l'environnement a proposé d'imposer une norme de construction à « énergie positive » – des bâtiments qui produisent plus d'énergie qu'ils n'en consomment – à partir de 2020, les chercheurs du BHEE s'attellent à montrer comment y parvenir. « Jusqu'à présent, les efforts se sont concentrés sur la période de chauffage », résume Jean-Jacques Roux.

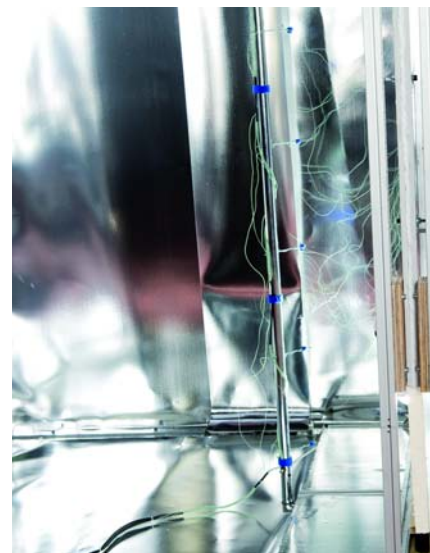
*D'où la tendance à construire des coquilles très isolées. Est-ce bien la solution ? D'une part on réduit les apports solaires en période hivernale, et d'autre part on piège l'excédent de chaleur parfois produit en interne, qu'il est alors difficile d'évacuer. »* De plus, à quoi sert de réduire la facture énergétique hivernale s'il faut climatiser dès la mi-saison ? La solution doit être optimale pour l'ensemble de l'année.

### UN LIEU SOUS CONTRÔLE

Au BHEE, les chercheurs étudient principalement l'enveloppe des bâtiments (façades, toit) et l'intégration de technologies solaires à celle-ci. Deux axes qui reposent autant sur l'étude des performances des matériaux que sur la modélisation des bâtiments, effectuée à l'aide d'outils de simulations validés par des expériences grandeur nature.

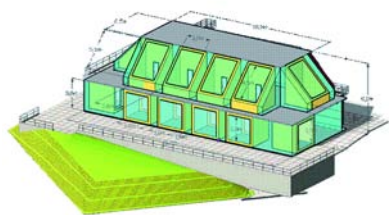
Dans le grand hall qui accueille une partie des expériences du BHEE, on découvre ainsi Minibat, une « habitation » dont l'environnement climatique est totalement contrôlé. La température et l'humidité de l'air y sont réglées pour reproduire les conditions extérieures ou simuler la présence d'un logement contigu. En cours de rénovation, Minibat est aujourd'hui une pièce vide, de six mètres sur trois et deux mètres cinquante de hauteur. La façade donne sur le générateur climati-

**Minibat est une pièce dont l'environnement climatique est totalement contrôlé. Elle recevra bientôt une façade en briques de verre incorporant de la cire, éclairée par un soleil artificiel.**





Cette expérience permet d'étudier la manière dont la chaleur d'un panneau solaire se transmet à la façade.



Chez EDF, le futur bâtiment-laboratoire Bestlab servira notamment à valider, dans un climat réel, des mesures obtenues par le BHEE.

Étude thermique d'une mince paroi comportant des capsules de cire. Celles-ci sont destinées à capter les excès de chaleur libérés dans un bâtiment.



que : un espace dans lequel de puissants projecteurs simulent le soleil et où circule – pendant les expériences – un flux d'air reproduisant les conditions extérieures. Les expériences sont ainsi totalement maîtrisées et parfaitement reproductibles.

Toutes les parois sont bardées de capteurs, capables de mesurer la température, et le flux de chaleur qui les traverse. Dans quelques semaines, Minibat recevra sa nouvelle façade : un assemblage de briques de verre remplies d'un matériau dit « à changement de phase », qui fond en captant de la chaleur et se solidifie en la libérant. « C'est une piste importante pour les bâtiments à haute efficacité énergétique », explique Jean-Jacques Roux. Pour éviter la surchauffe en hiver, liée à une forte isolation, le matériau à changement de phase fond en prélevant l'excès d'énergie dans le bâtiment. Celle-ci est libérée la nuit au cours de la solidification pour préchauffer l'air destiné à l'intérieur, réduisant ainsi le besoin de chauffage lorsqu'il fait plus frais. Le système fonctionne aussi l'été où il est possible de réduire les besoins de climatisation, voire de les supprimer en amortissant les surchauffes de température. La chaleur en excès est toujours piégée la journée et libérée la nuit, mais cette fois vers l'extérieur du bâtiment.

Reste à déterminer le meilleur matériau à changement de phase pour réguler l'intérieur des bâtiments : il doit fondre autour de 22°C, et résister à d'innombrables cycles fusion-solidification. D'où le recours à des paraffines tirées du pétrole ou à des graisses d'origine végétale. « Nous avons travaillé, dans le cadre du programme Habisol de l'Agence nationale de la recherche (ANR), entre autres avec Dupont de Nemours et EDF, sur des panneaux intégrant de petites capsules de matériaux à changement de phase », poursuit le chercheur lyonnais.

## MURS À DOUBLE PEAU

Le BHEE consacre également d'importants efforts à l'étude des enveloppes des bâtiments, et notamment les « murs à double peau » comme ces façades qui portent des panneaux solaires photovoltaïques. Panneaux situés à quelques centimètres des murs de manière à assurer leur refroidissement par l'arrière. « Les performances des cellules diminuent quand leur température augmente. Il faut donc les ventiler, si possible naturellement. En hiver, dans l'idéal, cette chaleur pourrait réchauffer le bâtiment, mais il faut surtout éviter qu'elle y pénètre en été. » Un dispositif expérimental, avec une alternance de panneaux solaires et de parois vitrées sur toute la hauteur de la façade, permet de tester en vraie grandeur l'efficacité de ce composant de façade. « Nous testons toute une gamme de situations pour déterminer le comportement optimal de cette double peau », conclut Jean-Jacques Roux.

Murs à changement de phase ou à double peau... Le développement de ces nouvelles structures nécessite modélisations et simulations. Car les nouveaux matériaux, par exemple, ne font pas tout. Il faut aussi savoir où les installer précisément. Depuis plusieurs décennies, le Cethil s'est donc fait une spécialité de la modélisation « thermo-hygro-aéraulique » des bâtiments : l'étude des échanges de chaleur, des flux d'air et de

leur humidité. Car, comme dans beaucoup de domaines, la simulation est le moyen le plus souple pour tester idées et concepts. Une modélisation qui fait appel à de nombreux paramètres : il faut à la fois représenter le bâtiment, sa géométrie, ses matériaux, mais aussi son environnement : éclairage solaire, ombres, vent, humidité et même rayonnement issu du ciel et des nuages – de jour comme de nuit. Il faut aussi prendre en compte le mode de ventilation et bien sûr l'humidité de l'air, car la condensation peut rapidement dégrader les matériaux et leurs performances. Et, enfin, intégrer les systèmes de chauffage et de climatisation (chaudière, électricité, solaire thermique, pompe à chaleur simple ou couplée à une installation géothermique, etc.) ainsi que leur régulation. « Nous simulons l'ensemble sur ordinateur sur le long terme, au moins sur une année, en tenant compte des données météorologiques locales, résume Jean-Jacques Roux. Cela nous permet par exemple de vérifier qu'une idée qui semble bonne pour l'hiver présente également de bonnes performances en été ou en demi-saison. »

## DES BULLES POUR VALIDER LES MODÈLES

Aussi complète soit-elle, la modélisation se heurte à une difficulté de taille : le comportement des occupants. « Dans l'écoquartier de Fribourg en Allemagne, la consommation annuelle au mètre carré varie dans un rapport de 1 à 5 d'un logement à l'autre ! Cela s'explique essentiellement par le comportement des occupants. » Comme quoi, malgré les progrès techniques, rien ne se fera sans sensibiliser les utilisateurs.

Dans l'immédiat, les chercheurs et techniciens du BHEE espèrent pouvoir financer le projet « 3<sup>3</sup> », inspiré de Minibat : un cube de trois mètres de côté, placé en ambiance totalement contrôlée (pression, hygrométrie et température), et équipé entre autres d'un système d'imagerie de pointe afin de visualiser les mouvements de l'air dans la pièce à l'aide d'une technique appelée vélocimétrie par suivi de particules. Au lieu d'un capteur de vitesse locale qu'il est nécessaire de déplacer en chaque point de mesure, les chercheurs du BHEE suivent les mouvements de minuscules bulles de savon remplies d'hélium, à l'aide d'un trio de caméras à haute vitesse (120 images par seconde). « Hier, la mesure du champ de vitesse de l'air dans une pièce prenait une semaine avec le capteur de vitesse ; dans « 3<sup>3</sup> » ce dispositif permettra de faire la même chose en moins d'une heure et avec une meilleure précision ! » Rendez-vous est pris en 2012, si les financements sont là.

Denis Delbecq

1. Unité CNRS / Insa de Lyon / Université Claude-Bernard de Lyon.  
2. Celles-ci travaillent sur le campus de la Doua et au centre de recherches des Renardières d'EDF.

## CONTACTS

→ Jean-Jacques Roux  
Cethil, Lyon  
jean-jacques.roux@insa-lyon.fr

→ Jean-Luc Hubert  
EDF, Moret-sur-Loing  
jean-luc.hubert@edf.fr



## ARCHÉOLOGIE

# Un monastère à fleur de bitume

En Haute-Saône, des archéologues du CNRS viennent d'exhumer les vestiges de l'un des plus importants monastères d'Europe du haut Moyen Âge : environ 125 sarcophages, des murs bien conservés d'une église funéraire et une crypte.

**N**euf mois de fouilles entre 2008 et 2009 auront été nécessaires à l'équipe de Sébastien Bully, du laboratoire « Archéologie, terre, histoire, sociétés » (ARTeHIS)<sup>1</sup>, pour sortir de terre les vestiges de l'une des églises de l'abbaye de Luxeuil-les-Bains en Franche-Comté. Quel Luxovien aurait pu s'imaginer que sous la place où il faisait son marché se cachaient près de 125 sarcophages datés entre le V<sup>e</sup> et le début du VIII<sup>e</sup> siècle ? Comment aurait-il pu penser qu'il s'agissait là de l'une des plus grandes concentrations de l'Est de la France ? « *Les premières tombes et les premiers squelettes ne sont qu'à quelques centimètres du sol actuel*, confie Sébastien Bully. *On passe presque directement du goudron de la route aux couvercles des sarcophages.* » Ce bond chronologique éclair s'explique : l'ensemble des couches supérieures du sol a disparu parce qu'au XIX<sup>e</sup> siècle, la ville a abaissé le niveau de la place à deux reprises.

C'est à la suite d'un sondage effectué en prévision de travaux que les archéologues ont découvert le site et engagé les fouilles programmées. « *En 2005, précise l'archéologue, nous avons fait une grande tranchée sur la place parce que des sources d'archives et des plans anciens indiquaient la présence d'une église funéraire appartenant à l'abbaye de Luxeuil, l'une des abbayes les plus prestigieuses du monde occidental du haut Moyen Âge.* » Cette renommée, elle la doit à son fondateur Colomban, un moine irlandais, et à ses multiples



Une stèle funéraire antique sculptée forme le couvercle de ce sarcophage (V<sup>e</sup> siècle).



disciples. Grâce à eux, l'abbaye va devenir un lieu de formation d'abbés et d'évêques qui, à leur tour, fonderont une cinquantaine de monastères dans toute l'Europe. Luxeuil s'imposera alors, entre le VII<sup>e</sup> et le X<sup>e</sup> siècle, comme une véritable capitale monastique.

Aujourd'hui, les résultats de ces fouilles remettent en question une partie de l'histoire de la ville et de la fondation de son abbaye. On pensait que saint Colomban avait édifié son monastère à la fin du VI<sup>e</sup> siècle dans une ville antique en ruine et désertée. Or, sur les 650 m<sup>2</sup> de fouilles, les archéologues ont constaté qu'il existait des preuves matérielles de la permanence d'une occupation. La plus ancienne, un quartier artisanal, remonte au I<sup>er</sup> siècle après Jésus-Christ. D'autres édifices se sont succédés au cours du temps dans les mêmes lieux : un habitat urbain galloromain ou domus du II<sup>e</sup> siècle, une nécropole païenne au IV<sup>e</sup> siècle ou encore une basilique paléochrétienne aux V<sup>e</sup> et VI<sup>e</sup> siècles.

La première mention de cette église funéraire remonte à la fin du X<sup>e</sup> siècle, dans un texte relatant l'inhumation « dans une crypte d'un travail admirable »<sup>2</sup>, de saint Valbert, troisième abbé de Luxeuil. « *Matérialiser et identifier cet espace à partir de sources écrites aussi anciennes, insiste l'archéologue, c'est rarissime. Grâce à cela, nous avons pu confronter le texte à la réalité : une salle quadrangulaire dont le décor architectural ne correspondait en rien à l'image que l'on pouvait s'en faire.* » Les

murs sans peintures, ni fresques, ni sculptures étaient seulement animés par des niches aveugles. Les vestiges du haut Moyen Âge mis au jour sont exceptionnels car ils restent très rares en Franche-Comté. Et leur analyse, par des études pluridisciplinaires (anthropologie, étude des céramiques, des monnaies...), apportera un riche complément aux sources historiques. Les conclusions définitives devraient être rendues en fin d'année.

Depuis la fin du mois de janvier, le chantier de fouilles est terminé mais le site ne sera pas remblayé. En effet, la ville de Luxeuil envisage de préserver les lieux et de mettre en valeur ces découvertes. Pour cela, une demande de protection au titre des monuments historiques et un projet de musée sont en cours. Après restauration, les vestiges seront exposés. Des passerelles et des vitres de verre seront aménagées directement sur le site pour permettre aux visiteurs de marcher sur les traces de la ville antique de Luxovium et de son monastère.

Géraldine Véron

1. Unité CNRS / Université de Bourgogne / Ministère de la culture et de la communication.

2. Récit des miracles des abbés Eustasie et Valbert, écrit par l'abbé Adson.

**CONTACT**

→ Sébastien Bully

Archéologie, terre, histoire, sociétés (ARTeHIS),  
Dijon  
sebastien.bully@club-internet.fr



Vue générale de la nécropole. La plupart des sarcophages sont intacts, leurs couvercles scellant encore la cuve.



## ALZHEIMER

# L'énigme du cuivre presque résolue

**D**epuis quelques années, on sait que le cuivre, et plus précisément l'ion cuivrique  $\text{Cu}^{2+}$ , est impliqué dans la maladie d'Alzheimer. Des éléments à charge ont été avancés par plusieurs laboratoires dans le monde, sans que les détails exacts sur son rôle et la manière dont il interagit avec les autres éléments de la maladie ne soient connus. Aujourd'hui, les travaux réalisés au laboratoire « Systèmes membranaires, photobiologie, stress et détoxification » (SMPSD)<sup>1</sup>, à Saclay, et au Laboratoire de chimie de coordination (LCC) du CNRS à Toulouse, apportent enfin des réponses précises sur ce point.

Plus exactement, les scientifiques sont parvenus à déchiffrer l'interaction de l'ion cuivrique avec l'amyloïde- $\beta$ . Ce peptide, constitué d'une chaîne de 40 à 42 acides aminés, est connu pour sa participation à la maladie d'Alzheimer. Dans un cerveau sain, il se trouve sous forme

soluble. Dans celui d'un malade, il s'agrège en plaques saturées d'ions métalliques neurotoxiques (dont l'ion cuivrique).

« Il y avait beaucoup de controverses concernant les acides aminés impliqués dans la fixation du cuivre », explique Pierre Dorlet, chercheur au SMPSD. La diversité des méthodes utilisées depuis 2000 ne permettait en effet pas de les identifier avec certitude. « Nous avons donc utilisé un ensemble de méthodes dites spectroscopiques et recoupé les résultats de toutes nos mesures. De façon univoque, nous avons réussi alors à déterminer quels étaient les acides aminés du peptide qui fixaient l'ion cuivrique. » À savoir deux acides aspartiques (Asp 1 et 7), deux acides glutamiques (Glu 3 et 11) et deux histidines (His 13 et 14).

À Saclay, les chercheurs ont fait appel à la résonance paramagnétique électronique (RPE). À Toulouse, à la résonance magnétique nucléaire (RMN). Ces deux méthodes ana-

logues de sondage des éléments ont abouti aux résultats publiés en novembre et en décembre dernier dans le journal allemand *Angewandte Chemie*<sup>2</sup>.

Reste à déterminer l'ordre des choses. « Ce que l'on ne connaît pas encore, souligne Pierre Dorlet, c'est la place du cuivre dans la chronologie de la maladie : si la concentration de cuivre est une des sources du mal ou si le mal est à l'origine de la concentration du cuivre. » La compréhension de cette étape dans la maladie d'Alzheimer pourrait, à long terme, contribuer à la mise au point d'un remède.

Stéphan Julienne

1. Laboratoire CNRS / CEA.
2. Vol. 48, Issue 50, 7 décembre, 2009, pp. 9 522-9 525  
Vol. 48, Issue 49, 23 novembre 2009, pp. 9 273-9 276

### CONTACT

→ Pierre Dorlet  
SMPSD, Saclay  
pierre.dorlet@cea.fr

## ÉVOLUTION

# Une hasardeuse histoire de l'humanité

**S**elon le concept de sélection naturelle imaginé par Darwin, l'environnement modèle les espèces en éliminant les individus les moins adaptés à leur milieu. Chez l'humain, c'est au contraire le hasard, que les scientifiques qualifient de dérive génétique, qui serait le principal moteur de l'évolution. Et ce depuis les premières migrations d'*Homo sapiens* en dehors de l'Afrique, il y a 60 000 ans. Son importance dans le façonnage de l'espèce humaine vient d'être confortée par une nouvelle étude de grande ampleur<sup>1</sup> menée par des chercheurs du laboratoire Anthropologie bioculturelle<sup>2</sup> et de l'université de Stanford, aux États-Unis.

Pour disposer d'un échantillon suffisamment représentatif des populations humaines contemporaines, l'équipe a tout d'abord réuni

les données d'une cinquantaine d'études génétiques déjà publiées. À partir d'un vaste échantillon de 45 864 individus appartenant à 937 populations différentes, les scientifiques ont mesuré la diversité génétique du chromosome Y. Ils ont ensuite déterminé la valeur attendue de cette diversité en partant de l'hypothèse que seule la dérive génétique, ou la sélection naturelle, intervenait. « La diversité mesurée était très proche de celle obtenue dans l'hypothèse où seule la dérive génétique participait à l'évolution de l'homme, prouvant que le hasard avait donc joué un rôle prépondérant », souligne Jacques Chiaroni. Présent en un seul exemplaire dans le génome masculin, le chromosome Y a l'avantage de ne pas être soumis aux échanges de matériel génétique, appelés recombinaisons, entre

les 22 autres chromosomes groupés par paires. Une particularité qui lui permet de garder intactes les mutations accumulées au fil du temps et de la colonisation de la planète par l'homme.

Celle-ci a été entreprise à partir du rift africain par de petits groupes successifs, d'un millier d'individus tout au plus. Disposant d'un réservoir de diversité génétique forcément plus restreint que la population d'origine, ces pionniers ont subi, au fil des générations, la perte aléatoire de certaines variations – des allèles – d'un même gène. Quant aux allèles qui furent épargnés par le phénomène, ils ont vu leur fréquence augmenter très rapidement au fil du temps. C'est cette évolution que les chercheurs ont analysée. Pour autant, notre espèce n'est pas parvenue à s'affranchir totalement

des lois de la sélection naturelle : « Même si celle-ci a encore perdu du terrain avec la maîtrise du langage puis l'apparition de l'agriculture, qui ont permis aux hommes de s'adapter à leur milieu avant que la nature ne les y contraigne, explique Jacques Chiaroni, cela ne signifie pas que la sélection naturelle n'a plus prise sur nous. » En matière d'évolution le hasard ne ferait pas tout.

Grégory Fléchet

1. Article publié dans PNAS, le 1<sup>er</sup> décembre 2009, vol. 106, n° 48, pp. 20 174-20 179.
2. Unité CNRS / Établissement français du sang / Université Aix-Marseille-II.

### CONTACT

→ Jacques Chiaroni  
Anthropologie bioculturelle,  
Marseille  
jacques.chiaroni@efs.fr

## BIODIVERSITÉ

## L'odyssée des espèces de Madagascar



Pourquoi de nombreuses espèces de cet État insulaire d'Afrique ont-elles une origine asiatique ? Des chercheurs français ont peut-être résolu cette énigme : de nombreuses îles, aujourd'hui immergées, ont formé un gué, propice aux escales, entre l'Inde et le continent africain.



© Ben H. Warren

Sur cette carte, on peut voir un chapelet d'îles maintenant englouties (en bleu) qui aurait favorisé la migration d'espèces asiatiques vers Madagascar.



© D. Hansen

Reste encore aux chercheurs à renforcer leur théorie en testant certaines hypothèses. Par exemple, un point en sa faveur serait de démontrer que la plupart des espèces d'origine asiatique de Madagascar sont adaptées aux climats côtiers qui régnaient sur ces îles de passage. Mais déjà,

nos chercheurs voudraient tirer les leçons de cet imbroglio qui durait depuis 150 ans : « L'un des intérêts de ces travaux est de rappeler que l'on ne peut pas retracer l'évolution de la biodiversité sans tenir compte des modifications géographiques ayant eu lieu au cours du temps. »

Sebastián Escalón

1. Unité CNRS / Université Paul-Sabatier / Enfa.
2. Publié en ligne le 15 décembre 2009.

**V**oici l'un des plus persistants mystères de l'histoire naturelle : l'origine de la biodiversité de Madagascar. Vu la position géographique de la Grande Île, on s'attendrait à ce que toutes les espèces qui l'habitent – ou presque – soient d'origine africaine. Or, il se trouve qu'un bon tiers des animaux et végétaux malgaches sont d'origine asiatique. Comment diable ont fait tant d'espèces d'oiseaux, insectes, reptiles, poissons et plantes pour réaliser un voyage de plus de 3 600 kilomètres à travers l'océan Indien avant de s'installer à Madagascar ? Cette question déconcerte depuis le XIX<sup>e</sup> siècle des savants aussi importants qu'Alfred Wallace, codécouvreur de l'idée de la sélection naturelle. Des chercheurs du laboratoire « Évolution et diversité biologique »<sup>1</sup> de Toulouse et de l'université de la Réunion viennent de proposer une explication à cette bizarrerie. Dans un article publié dans la revue *Cladistics*<sup>2</sup>, ils montrent qu'au cours des 35 derniers millions d'années, des variations récurrentes du niveau de la mer ont laissé affleurer de nombreuses îles dans l'océan Indien. Aujourd'hui englouties, ces îles auraient rendu possible cette étonnante migration d'espèces depuis l'Inde.

Dans les années 1960, on avait cru cette affaire élucidée grâce à la tectonique des plaques : le peuplement de Madagascar avait eu lieu il y a plus de 80 millions d'années, lorsque l'Inde, l'Afrique et Madagascar ne formaient qu'un seul supercontinent, le Gondwana, qui s'est ensuite désagrégé. Une belle théorie balayée dans les

années 1990, par le développement des techniques de séquençage rapide de l'ADN et l'explosion de la systématique moléculaire, approches qui permettent d'estimer depuis combien de temps deux espèces se sont séparées d'un ancêtre commun. Appliquées à la biodiversité malgache, elles ont montré que la plupart des espèces asiatiques étaient arrivées bien après la dislocation du Gondwana.

Les chercheurs se retrouvaient à nouveau dans l'incapacité d'expliquer comment des milliers d'espèces avaient allégrement traversé l'océan Indien. Et ce, jusqu'à ce que nos chercheurs se penchent sur de nouvelles cartes des fonds marins et sur des données paléoclimatiques. « Il y a entre l'Inde et Madagascar une série de hauts-fonds. Durant les 35 derniers millions d'années, le niveau de la mer a considérablement varié de façon répétée. À certaines périodes, il a été 150 mètres plus bas. Or, en abaissant le niveau de la mer de seulement 75 mètres, nous voyons ces hauts-fonds se transformer en un chapelet d'îles formant une sorte de gué entre l'île et le continent », explique Christophe Thébaud, chercheur au laboratoire EDB. Avec la présence de ces « gîtes d'étape », la distance transocéanique entre Madagascar et l'Inde passe de 3 600 kilomètres à 1 500. De plus, certaines de ces îles avaient une surface considérable. Et elles ont pu abriter, durant leurs dizaines de milliers d'années d'existence, une riche biodiversité qui a ainsi pu se propager de proche en proche, avec l'aide des vents de la mousson d'hiver qui soufflent vers le sud-ouest.

## CONTACT

→ Christophe Thébaud

Évolution et diversité biologique, Toulouse  
thebaud@cict.fr

## PARTICULES

## Des rayons dans

**M**ais d'où viennent donc les rayons cosmiques ? La question empoisonne les astronomes depuis la découverte du phénomène au début du XX<sup>e</sup> siècle. Ce flux de particules de haute énergie venu de l'espace est constitué de protons, de quelques noyaux (principalement d'hélium) et de 1 % d'électrons. Et serait pour l'essentiel produit au sein de notre galaxie, dans des superaccélérateurs de particules au sein d'étoiles moribondes : les restes de supernovae. Sauf que, malgré des décennies d'efforts, les scientifiques n'ont toujours pas réussi à le démontrer.

Une équipe internationale associant 51 laboratoires dont cinq du CNRS<sup>1</sup> vient de franchir une étape décisive vers l'établissement de cette



**AÉROLOGIE**

# La suie, quelle poisse !

C'est une nuisance bien identifiée. L'un de ces polluants caractérisés de longue date. Produite par la combustion des moteurs ou par les feux de cheminée, la suie qui baigne en permanence dans l'air de nos villes est connue depuis longtemps pour avoir des impacts négatifs sur la santé, la visibilité ou le climat. Mais au moins, les experts de la qualité de l'air s'accordaient-ils jusqu'à présent pour estimer que la participation de cet aérosol à la chimie de notre environnement urbain était limitée.

Des chercheurs lyonnais, suisses et canadiens viennent pour la première fois de démontrer exactement le contraire<sup>1</sup>. L'équipe de Barbara d'Anna et Christian George

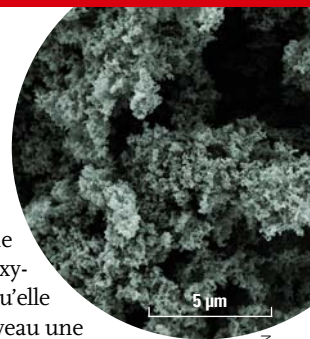
de l'Institut de recherches sur la catalyse et l'environnement de Lyon<sup>2</sup> à Villeurbanne a mis en contact des échantillons de suie avec différents gaz présents dans l'atmosphère des grandes agglomérations. Leur verdict ? Contrairement aux idées reçues, le composé carboné est réactif lorsqu'il est soumis à la lumière du jour. Au point qu'il participe, non seulement à l'augmentation de la concentration d'ozone dans l'air des cités durant la journée, mais également au déplacement de cette pollution sur des dizaines de kilomètres !

« Longtemps, les scientifiques ont pensé que la capacité à réagir de la suie était inhibée rapidement par le caractère oxydant de l'air et donc que son impact sur la composition de l'atmosphère

était limité, explique Christian George, directeur de recherche au CNRS. Mais cette hypothèse paraissait douteuse aux yeux de certains spécialistes, qui s'étonnaient de constater que les expériences de laboratoire soutenant cette théorie avaient été réalisées dans les années 1980 dans l'obscurité. »

En recommençant le test en présence de lumière cette fois, Barbara d'Anna, Christian George et leurs collègues sont arrivés à une tout autre conclusion. Selon eux, sous irradiation solaire, le dioxyde d'azote (NO<sub>2</sub>) de l'air réagit très efficacement avec la suie pour produire de l'acide nitreux (HONO), l'un des précurseurs de l'ozone. De plus, l'équipe a découvert que la suie est capable de piéger à sa surface durant

**La suie présente dans l'air des villes peut devenir un puissant réactif atmosphérique.**



© F. Simone/IRCELYON

la nuit une partie des oxydes d'azote qu'elle libère à nouveau une fois le jour venu. Comme il peut être emporté très loin par les vents en quelques heures, l'aérosol carboné pourrait ainsi jouer le rôle d'un transporteur nocturne longue distance de ces initiateurs de l'ozone.

**Vahé Ter Minassian**

1 Pnas, 11 novembre 2009.  
2 Unité CNRS / Université Lyon-I.

**CONTACTS**

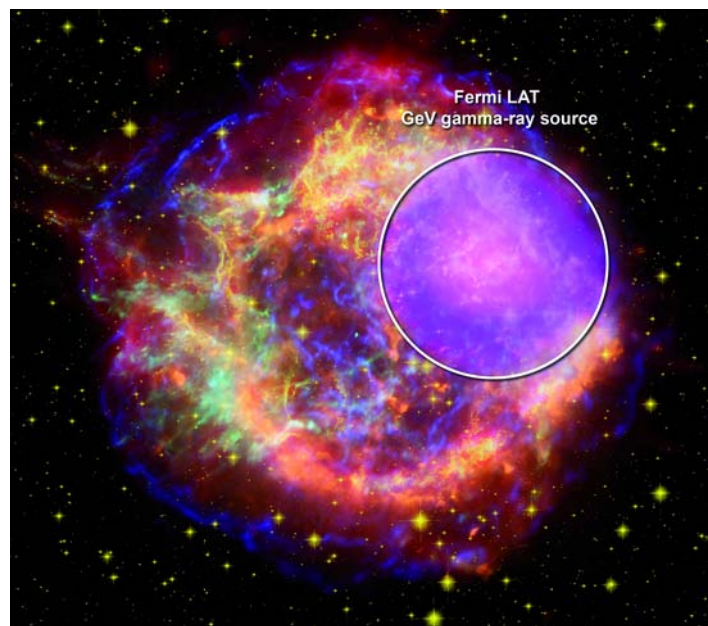
Ircelyon, Villeurbanne  
→ **Barbara d'Anna**  
barbara.danna@ircelyon.univ-lyon1.fr  
→ **Christian George**  
christian.george@ircelyon.univ-lyon1.fr

**Les astrophysiciens pensent que les rayons cosmiques sont créés au sein de restes de supernovae. Grâce au télescope spatial Fermi, ils ont réussi à réunir de nouveaux éléments en faveur de cette thèse.**

# les supernovae

preuve<sup>2</sup>. En utilisant l'instrument LAT (*Large Area Telescope*) du télescope spatial Fermi de la Nasa, ces chercheurs ont, en effet, réalisé une image d'un reste de supernova dans une gamme de longueurs d'onde du rayonnement gamma qui leur était jusque-là inaccessible. Or, expliquer ce type de cliché est indispensable à la résolution du mystère.

« Selon les théories en vigueur, les rayons cosmiques ont pour origine les supernovae, des explosions d'étoiles massives arrivées en fin de vie, explique Jean Ballet, chercheur au laboratoire « Astrophysique, interactions multiéchelles » (AIM)<sup>3</sup> à Gif-sur-Yvette. En se déplaçant à une vitesse de plusieurs milliers de kilomètres par seconde, l'onde de choc générée



© NASA/DOE/Fermi LAT Collaboration, CXC/SAO/JPL-Caltech/Stanford O. Keiser et al., and WPAO/AU

par l'explosion piégerait en son sein des protons et des électrons du milieu interstellaire. Puis, les accélérerait à des énergies très importantes avant, au bout de quelques milliers d'années, de les relarguer dans l'espace. » De là, ils parviendraient jusqu'à nous. Au début des années 2000, des études ont permis de vérifier cette hypothèse pour les seuls électrons. Mais qu'en est-il des protons qui constituent 99 % des particules dont sont faits les rayons cosmi-

ques ? Pour le démontrer, il faut dans un premier temps repérer dans des restes de supernovae la trace d'un rayonnement gamma, caractéristique du phénomène d'accélération des protons. Puis à établir, dans une seconde phase, sa signature – son spectre disent les astrophysiciens – complète. C'est ce que vient de réaliser en partie la collaboration internationale réunie autour du télescope spatial Fermi. Sur le reste de

supernovae W44, situé à environ 91 000 années-lumière de la Terre, l'équipe a obtenu une partie du spectre gamma caractéristique de l'accélération des protons. Voici deux ans, le télescope au sol HESS<sup>4</sup> avait réussi cet exploit sur un autre reste dans le domaine des rayons gamma les plus énergétiques. Il n'y a donc plus qu'à trouver un vestige que les deux instruments pourraient observer de concert pour apporter la preuve définitive de l'origine des rayons cosmiques.

**Vahé Ter Minassian**

1. Laboratoire « AIM », Laboratoire Leprince-Ringuet, Laboratoire de physique théorique et astroparticulaire, Centre d'études nucléaires de Bordeaux-Gradignan, Centre d'étude spatiale des rayonnements.
2. *Science*, 26 février 2010, n° 327, pp. 1103-1106 (publié en ligne le 7 janvier 2010).
3. Unité CNRS / Université Paris-Diderot / CEA-Irfu.
4. HESS (*High Energy Stereoscopic System*) est un réseau de quatre télescopes. Il est actuellement le détecteur de rayons gamma le plus sensible aux très hautes énergies.

**CONTACT**

→ **Jean Ballet**  
Laboratoire AIM, Gif-sur-Yvette  
jean.ballet@cea.fr

## BIOLOGIE

# Une explication pour le paradoxe français

**E**n dépit de repas dont la légèreté n'est pas la première des vertus, les Français souffrent moins de problèmes cardiovasculaires que la plupart de leurs voisins européens. Cette exception, que les Nord-Américains nomment *french paradox*, le paradoxe français, serait notamment liée à une consommation régulière et modérée de vin rouge. Riche en molécules aux propriétés antioxydantes appelées polyphénols, le nectar à la robe rubis est de longue date suspecté d'avoir une action protectrice sur nos vaisseaux sanguins. Toutefois, personne n'est jusqu'alors parvenu à élucider son mode d'action précis. Une étude réalisée<sup>1</sup> par une équipe du Laboratoire de biologie neurovasculaire intégrée<sup>2</sup> à Angers lève aujourd'hui une partie du voile sur cette énigme.

« Nous savions déjà que la delphinidine, l'un des polyphénols contenus dans le vin rouge, possède une structure moléculaire assez proche d'hormones, dites œstrogènes, qui interviennent notamment dans la dilatation des vaisseaux sanguins, précise Ramarosan Andriantsitohaina, biologiste au sein de ce laboratoire. Cela laissait présager que les polyphénols utilisaient le même mécanisme que ces hormones pour agir sur notre organisme. » Pour vérifier l'hypothèse, les scientifiques ont fait appel à des souris génétiquement modifiées pour ne plus exprimer l'un des récepteurs aux œstrogènes, le

sous-type  $\alpha$  ( $ER\alpha$ ), localisé sur la paroi interne des vaisseaux sanguins. En temps normal, l'activation des récepteurs  $ER\alpha$  par les hormones a, en effet, la particularité de déclencher la libération de monoxyde de carbone dans les cellules qui constituent les vaisseaux sanguins, ce qui provoque leur relâchement. Les chercheurs ont alors testé directement l'action de la delphinidine sur les artères de souris sauvages d'une part, et de souris transgéniques dépourvues d' $ER\alpha$  de l'autre. Résultat : la réponse vasodilatatrice est intervenue uniquement sur les artères des souris sauvages. « Cela démontre clairement que l'effet vasodilatateur des polyphénols ne peut avoir lieu sans la présence du récepteur  $ER\alpha$  », souligne Ramarosan Andriantsitohaina.

Une expérience similaire réalisée cette fois-ci sur des souris nourries à partir d'extraits naturels de polyphénols a permis de confirmer cette découverte, avec toutefois une nuance : « Nous avons constaté qu'un extrait contenant l'ensemble des polyphénols du vin rouge était efficace à des concentrations plus faibles qu'une substance contenant la seule delphinidine. » Autrement dit, certaines de ces molécules bienfaitrices useraient d'autres modes d'action que la seule voie hormonale. Pour quelque temps encore, notre bon vieux paradoxe français devrait garder sa part de mystère.

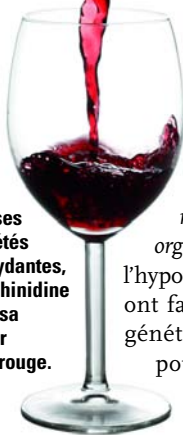
Grégory Fléchet

1. Article publié dans la revue *PlosOne* en janvier 2010.
2. Unité CNRS / Inserm.

## CONTACT

→ **Ramarosan Andriantsitohaina**  
Laboratoire de biologie neurovasculaire  
intégrée, Angers  
ramarosandriantsitohaina@univ-angers.fr

Outre ses propriétés antioxydantes, la delphinidine donne sa couleur au vin rouge.



© P. Guilome/CNRS/2009

## SATELLITE

## À l'assaut des

## BRÈVES

### Des souris et des gènes

En matière de génétique, le sexe des mammifères suit une règle simple : une paire de chromosomes X donne une femelle ; une paire XY donne un mâle. La souris naine d'Afrique *Nus minutoides*, elle, échappe à cette loi. Des chercheurs, notamment du CNRS et de l'IRD, révèlent qu'une forte proportion de femelles de cette espèce portent une paire XY tout en étant fertiles. D'après leur étude, c'est une mutation sur le chromosome X qui déterminerait le sexe de l'animal.

> **En savoir plus** : [www2.cnrs.fr/presse/communique/1802.htm](http://www2.cnrs.fr/presse/communique/1802.htm)

### La pollution touche au cœur

**La pollution urbaine altère la fonction cardiaque chez le rat. C'est ce qu'ont montré des chercheurs du CNRS et de l'Inserm en exposant des rongeurs au monoxyde de carbone (CO) pendant quatre semaines dans des conditions de pollution citadine. Après altération, des mécanismes compensateurs se mettent en place**

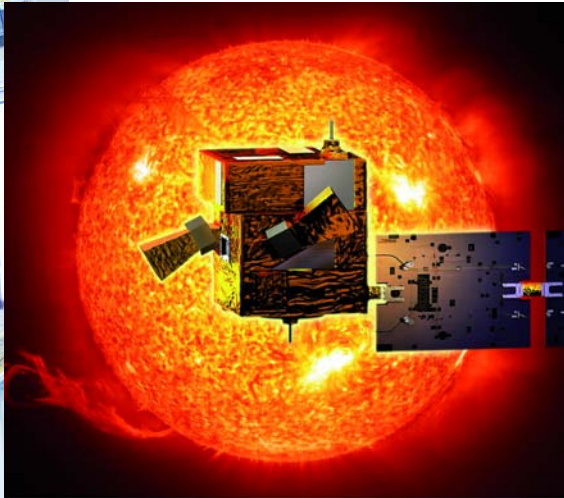
**mais les rats sont plus vulnérables aux pathologies cardiaques. Publiés le 15 mars dans la revue *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine*, ces résultats sont aujourd'hui suivis de travaux chez l'humain.**

> **En savoir plus** : [www2.cnrs.fr/presse/communique/1826.htm](http://www2.cnrs.fr/presse/communique/1826.htm)





**Préparation des essais thermiques sur Picard. Le satellite aidera à clarifier l'influence de l'activité du Soleil sur les évolutions du climat de la Terre.**



© CNES/ILL. D. Ducros, 2008

**En mesurant finement le diamètre du Soleil, Picard permettra de mieux connaître la structure interne de l'astre.**

lant de quatre-vingt-dix ans à 2 300 ans. Fluctuation de la température de la couche externe du Soleil, modification de la répartition des électrons dans l'astre... : les hypothèses ne manquent pas pour expliquer ces variations lumineuses. Pour aider à y voir plus clair, le Centre national d'études spatiales (Cnes) placera en orbite terrestre le satellite Picard au mois d'avril. La mission de ce petit bijou dont la mise au point a impliqué des chercheurs du CNRS : comprendre pourquoi notre astre est d'humeur changeante.

Picard sera le premier à mesurer le diamètre du Soleil à l'aide d'un instrument dédié. Selon les modélisations mathématiques les plus récentes, le diamètre solaire contiendrait en effet une grande quantité d'informations utiles pour élucider les mécanismes physiques internes à l'œuvre dans le Soleil et, de là, ses sautes d'humeur. L'habit fait le moine, en somme. Le satellite tire d'ailleurs son nom du premier savant, Jean Picard, à avoir pris, au XVII<sup>e</sup> siècle, les mensurations de l'astre du jour, à l'aide d'une lunette astronomique.

Petit gabarit de 150 kg, il hébergera trois instruments. Sodism, d'abord, un télescope doté d'une caméra conçue par des chercheurs français du Laboratoire « atmosphères, milieux, observations spatiales » (Latmos)<sup>1</sup>. Il capturera l'image du Soleil à plusieurs longueurs d'onde. L'enveloppe externe de l'astre est en effet constituée de couches de gaz plus ou moins chaudes qui émettent dans des longueurs d'onde spécifiques. Selon qu'on l'observe

dans le vert ou le rouge, le Soleil peut ainsi prendre 20 km de tour de taille en plus. En observant de l'ultraviolet au proche infrarouge, Sodism devrait réussir à prendre toutes les mensurations du Soleil.

Le développement de Sodism s'est étalé sur cinq ans. Le défi ? Réaliser un appareil qui s'affranchisse du mouvement propre du satellite. Car

Picard ne sera pointé sur le soleil qu'approximativement. Donc, « pour être sûr que le Soleil reste en permanence au centre du détecteur, nous avons dû avoir recours à une technique dite d'asservissement du miroir primaire du télescope lui-même, ce qui revient à bouger le miroir de façon à compenser les mouvements du satellite », raconte Gérard Thuillier, responsable scientifique du projet au Latmos. Par ailleurs, le diamètre solaire sera régulièrement comparé à la distance apparente séparant des étoiles brillantes. Grâce à cette double précaution, Picard aura une vision d'aigle, précise au 1 milliarcseconde près, soit l'équivalent de 750 mètres au niveau du Soleil.

Les deux autres instruments embarqués, Sovap et Premos, sont l'œuvre d'une équipe belge et d'une suisse<sup>2</sup>. Même s'ils utilisent des technologies différentes, ils seront tous deux chargés de la même tâche : mesurer précisément la puissance lumineuse totale émise par le Soleil (le doublon d'appareils vise à éviter l'impact du vieillissement des instruments sur les mesures).

Picard va être lancé de la base de Yasny, en Russie. Une fois en orbite à 725 kilomètres d'altitude, il restera aveugle un mois durant, le temps que le vide spatial élimine des instruments les particules polluantes venues de la Terre. Puis les chercheurs ouvriront ses paupières. Un nouveau jour commencera alors pour la connaissance du Soleil, mais aussi... de notre propre planète. Car la relation entre l'activité solaire et le climat de la Terre est également l'un des enjeux de la mission. Le XVII<sup>e</sup> siècle a été marqué par une baisse de 0,2 à 0,3 % de cette activité, ce qui a suffi à plonger la Terre, et plus particulièrement l'Europe, dans un épisode froid surnommé le petit âge glaciaire. Aujourd'hui, la luminosité du Soleil ne varie au cours de ses cycles courts qu'au maximum de 0,1 pour cent, et ne jouerait qu'un rôle mineur sur le changement climatique face aux gaz à effet de serre. Mais qu'est-ce que le Soleil nous réserve pour l'avenir ? Dans l'hypothèse où il évoluerait vers des cycles plus accentués, peut-il venir renforcer le réchauffement climatique, ou au contraire, l'atténuer ? Picard devrait apporter un vent frais sur ces questions.

**Xavier Müller**

1. Le Latmos (CNRS / Université Paris-VI / Université Versailles-Saint-Quentin-en-Yvelines), est la réunion du Service d'aéronomie de Paris, et du CETP (Centre d'étude des environnements terrestre et planétaires) de Saint-Maur-des-Fossés.

2. Le Bureau suisse des affaires spatiales et le Service public fédéral de programmation politique scientifique de Belgique.

#### CONTACT

➔ **Gérard Thuillier**  
Latmos, Paris  
gerard.thuillier@latmos.ipsl.fr

## humeurs du Soleil

L'étoile va être soumise pendant trois ans à la surveillance minutieuse du satellite Picard. L'enjeu : élucider l'origine de ses variations de luminosité et étudier leur rôle dans les changements climatiques.

**A** force de le voir se lever tous les matins, avec la régularité d'un métronome, on oublie presque que le Soleil est... lunatique : loin d'être constante, sa luminosité change au gré des années. Ainsi, tous les onze ans, elle entame un cycle durant lequel elle varie de 0,1 %. À plus long terme, trois autres cycles solaires ont été identifiés, s'éta-

SAFRAN

# Un goût pour la recherche

Nouveaux matériaux, énergétique, mécanique ou encore biométrie... les champs de recherche communs du groupe Safran et du CNRS croisent naturellement questions fondamentales et problématiques industrielles. Entretien avec Jean-Paul Herteman, président du directoire du groupe Safran, et membre du Conseil d'administration du CNRS.

**Safran est un équipementier international de haute technologie, leader en aéronautique, défense et sécurité. Quelle est la part de ses activités consacrée à la recherche et au développement ?**

**Jean-Paul Herteman :** En 2009, Safran a réalisé un chiffre d'affaire d'environ 10,5 milliards d'euros et a consacré 1,1 milliard d'euros à la recherche et au développement. Ces activités concernent 20 % des 54 900 collaborateurs du groupe. Notre succès industriel est intimement lié aux progrès technologiques que nous accomplissons et intégrons dans nos produits. Ainsi, l'année dernière, Safran a déposé 500 brevets, se plaçant au cinquième rang du classement des acteurs français réalisé par l'Institut national de la propriété industrielle.

**Sur quoi l'innovation de Safran est-elle fondée ?**

**J-P. H. :** Évidemment, nous ne disposons pas en interne de tous les savoir-faire scientifiques et techniques nécessaires à notre développement, en particulier pour ce qui concerne les premières étapes de la recherche & technologie (R & T). Aussi Safran a construit un important réseau de partenaires au sein de la recherche universitaire ou appliquée. Depuis de nombreuses années, le CNRS est le premier partenaire scientifique de Safran et assure plus de la moitié de nos collaborations scientifiques.

Ce n'est pas un hasard. L'industrie aéronautique est très attentive à la fiabilité et à la sûreté de ses produits et est soumise à la plus grande rigueur dans la certification de ses innovations, qu'il s'agisse de matériaux, de procédés ou de pièces spécifiques. Cela passe par une parfaite compréhension des phénomènes amonts, c'est-à-dire des propriétés physiques et chimiques de nos produits. En ce sens, nous partageons pour une part les objectifs d'enrichissement de la connaissance qui sont ceux du CNRS.

**Schéma de la plateforme Pivoine 2G exploitée par le CNRS, des universités, le Cnes et Safran pour étudier des moteurs électriques à plasma.**

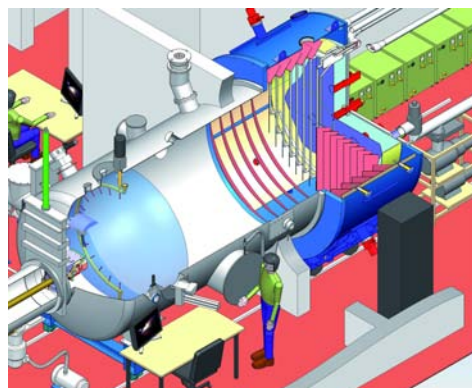
**Au point d'avoir mis sur pied des laboratoires communs...**

**J-P. H. :** Exactement. Le cas du Laboratoire des composites thermostrostructuraux (LCTS) à Bordeaux en est un excellent exemple. Unité mixte fondée en 1988 qui regroupe le CNRS, le CEA, l'Université de Bordeaux-1 et le groupe Safran, le LCTS est au plan mondial l'une des plus importantes unités de recherche consacrées aux composites destinés aux hautes températures. En 20 ans, il a été à l'origine d'une quinzaine de brevets et d'une centaine de thèses.

**Comment est né ce laboratoire ?**

**J-P. H. :** Dès 1975, la Société européenne de propulsion [NDLR : absorbée en 1997 par Snecma dont la fusion avec Sagem en 2005 a donné naissance au groupe Safran] avait collaboré avec le Laboratoire de chimie du solide du CNRS à l'élaboration de matériaux en carbure de silicium, afin de répondre à nos besoins en propulsion et en freinage aéronautique.

Mais d'une certaine manière, ces collaborations ponctuelles, débouchant sur des solutions pragmatiques, ne nous satisfaisaient pas totalement. D'où la décision de créer un laboratoire commun afin d'affiner notre compréhension de ces matériaux, puis par la suite d'en développer de nouveaux, telles les céramiques, sur la base d'une compréhension de leurs propriétés à l'échelle microscopique. C'est ainsi que nous avons développé les matériaux utilisés pour la tuyère du Rafale ou celle du lanceur lourd Delta 4 de Boeing. C'est aussi dans ce cadre que nous développons



© L. Médard/CNRS Photothèque

aujourd'hui les céramiques légères et ultra-résistantes qui équiperont d'ici 10 à 20 ans les avions verts, consommant 25 à 50 % en moins de carburant qu'aujourd'hui.

**Sur quels autres sujets Safran et le CNRS collaborent-ils ?**

**J-P. H. :** Les scientifiques du CNRS travaillent dans de nombreuses directions. Ainsi, leurs centres d'intérêt couvrent une part importante de nos besoins fondamentaux, que ce soit en énergétique, aérodynamique, mécanique, biométrie ou science des systèmes complexes.

Concrètement, nous avons mis en place de véritables pôles délocalisés. Sur la combustion par exemple, nous collaborons avec 15 laboratoires et 40 thèses ont été soutenues depuis 2002. Sur la modélisation numérique, nous avons suivi 107 thèses dans 50 laboratoires sur la même période. Et sur la réduction des nuisances sonores, nous avons mis en place un programme incluant 30 laboratoires en 2005. Dans chacun de ces exemples, 50 % des laboratoires appartiennent au CNRS.

Je voudrais encore citer notre collaboration avec l'Institut de combustion, aérothermique, réactivité et environnement (Icare) du CNRS, à Orléans, avec lequel nous avons développé la technologie de propulsion plasmique pour satellites, utilisée sur la sonde européenne Smart 1 (lancée en 2003), dont la performance popul-

© P. Lasgorceix/CAFE





En collaboration avec des équipes du CNRS, Safran s'est fait une spécialité des matériaux composites capables de supporter de très hautes températures.

sive a établi un record mondial. Innovation pour laquelle Pascale Lasgorceix a obtenu en 2004 le cristal du CNRS.

**La synergie que vous décrivez semble ne pas faire de distinction entre recherche académique et recherche à visées industrielles ?**

**J-P. H. :** Du moins elle ne les oppose pas. Nous autres, industriels, cherchons aussi à comprendre les phénomènes physiques ou chimiques ayant cours dans nos produits. De plus, mon expérience m'a montré qu'à partir du moment où nous faisons l'effort intellectuel de nous intéresser aux préoccupations des chercheurs, en plus de les orienter vers nos besoins, cela fonctionne très bien.

J'ajouterais qu'il n'est jamais très bon de donner des objectifs rigides à un laboratoire. Car on observe très souvent que la première application technologique découlant d'un effort de recherche se situe rarement là où on l'attendait au départ. Par exemple, nous avons développé un matériau organique en pensant aux aubes d'un turboréacteur, qui puisse résister à de violents chocs, comme celui causé par une collision avec un oiseau. Eh bien après 20 ans d'efforts, sa première application concerne des pièces des trains d'atterrissage du Boeing 787 !

**Vous avez été nommé au Conseil d'administration du CNRS en novembre dernier. À votre avis, quels sont les enjeux les plus importants auxquels le centre doit faire face ?**

**J-P. H. :** D'une façon générale, le maintien d'une base industrielle forte sur son territoire est un enjeu pour la France, si nous ne voulons pas devenir un simple pays de services. De ce point de vue, notre seule possibilité est de développer une industrie innovante et à fort contenu technologique. Certes, les applications industrielles ne sont pas la vocation première du CNRS. Mais sans les recherches qu'il réalise, nos industries perdraient rapidement l'avance technologique nécessaire. Ainsi, le monde de l'industrie doit comprendre que tout résultat de la recherche fondamentale peut un jour lui être utile. D'un autre côté, il ne faut pas avoir de réticence à ce que le fruit de travaux fondamentaux génère des emplois, améliore le niveau de vie, le bien-être ou l'indépendance nationale.

Propos recueillis par Mathieu Grousson

#### CONTACT

→ Catherine Malek  
Relations presse Safran, Paris  
catherine.malek@safran.fr

## VALORISATION

# Une aventure en or

C'est une véritable *success story* ! La start-up française *Sensitive Object*, qui commercialise une technologie capable de transformer n'importe quelle surface en écran tactile, vient d'être rachetée pour 62 millions de dollars<sup>1</sup> par le géant américain Tyco Electronics. L'histoire commence en 2002. L'université Paris-Diderot et le CNRS déposent un brevet pour protéger cette invention prometteuse qui permet de rendre interactifs les objets de la vie courante. Mise au point par l'équipe du Laboratoire ondes et acoustique (LOA), devenu Institut Langevin<sup>2</sup>, elle utilise les ondes acoustiques (ou sonores). En effet, n'importe quel choc, comme le tapotement d'un doigt sur un objet, crée ce type d'ondes qui se propagent ensuite à la surface dudit objet. Il existait déjà des capteurs capables de transformer ces ondes en électricité puis d'utiliser ce signal, pour

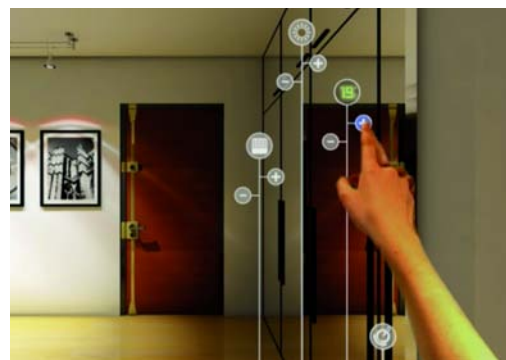
commander un interrupteur par exemple. Mais Ros Kiri Ing du LOA est allé plus loin ! Il utilise le fameux miroir à retournement temporel<sup>3</sup> de son collègue Mathias Fink, aujourd'hui directeur de l'Institut Langevin, qui permet de remonter au point de naissance des ondes sonores. Résultat : on peut localiser le point précis où l'objet a été tapoté. Plusieurs de ces points peuvent être reliés à une commande différente. Et on peut ainsi créer en un clin d'œil plusieurs boutons virtuels sur un objet pour le transformer en clavier.

Fort de cette invention, Ros Kiri Ing fonde *Sensitive Object* en 2003 tout en restant salarié de l'université Paris-Diderot grâce à la loi sur l'innovation. Et l'année suivante, les investisseurs français Sofinnova Partners propulsent la start-up dans le monde industriel. Résultat : des digicodes et des claviers tactiles, des-

**La technologie *Sensitive Object* permet de transformer toute surface en télécommande. Ici, un miroir rassemble régulateur de chauffage et interrupteurs.**

tinés aux structures médicales car très simples à nettoyer, sont commercialisés. Très économique par rapport à ses concurrents, la technologie pourrait maintenant conquérir le plus gros marché actuel, celui de la téléphonie mobile. Cerise sur le gâteau, elle est exploitable sur tout type de surface quelle que soit leur taille et elle n'impose presque aucune contrainte aux designers. Le *french* « toucher acoustique » semble donc avoir de beaux jours devant lui !

Caroline Dangléant



© Sensitive Object

1. Soit environ 45 millions d'euros.
2. Laboratoire CNRS / Université Paris-VII / UPMC / ESPCI Paris / Inserm.
3. Plusieurs applications en imagerie médicale en découlent, lire *Le journal du CNRS* n° 208, mai 2007, p. 14 ; n° 226, novembre 2008, p. 14 ; et n° 238, novembre 2009, p. 25.

#### CONTACT

→ Jean-René Bailly  
Fist, Paris  
jean-rene.bailly@fist.fr



**Marc Bordigoni**, ingénieur de recherche CNRS à l'Institut d'ethnologie méditerranéenne et comparative<sup>1</sup>

## Gitans : halte aux idées reçues

Le 8 avril, comme chaque année, l'Union européenne va célébrer la « Journée internationale des Roms », le Brésil a instauré un « *Dia nacional do cigano* » (une journée nationale des Tsiganes, dirions-nous), votre livre s'intitule *Les Gitans*<sup>2</sup> et on dit aussi les gens du voyage. Parle-t-on des mêmes personnes ?

**Marc Bordigoni** : Selon le contexte et selon qui parle, il y a des termes différents pour désigner ces gens-là, ceux que l'on appelle les Gitans dans le français de tous les jours, d'où le choix que j'ai fait pour aborder les idées reçues les concernant. Si les instances internationales ont retenu le mot Roms qui, en romanès, signifie les hommes, c'est que le terme Tsigane est péjoratif dans de nombreux pays balkaniques ou slaves. Mais en France, en Allemagne ou au Brésil, par exemple, beaucoup de Gitans ne veulent pas d'une identité transnationale rom et revendiquent, au contraire, l'accès à la pleine citoyenneté de la nation qui leur donne leur identité légale. Quand la Haute autorité de lutte contre les discriminations et pour l'égalité (Halde) parle des « gens du voyage », elle désigne des Français qui détiennent un document administratif particulier (un titre de circulation selon la loi de 1969) et sont « sans domicile fixe ». Cela concerne environ 300 000 personnes. Toutefois, ce que l'on peut appeler le monde du voyage, c'est-à-dire toutes les personnes qui se disent Gitans face au monde des Gadjé (les non-Tsiganes) comprend aussi des sédentaires, des familles qui vivent toute l'année au même endroit et qui se diront tout de même voyageurs ou voyageuses.

*« La quasi-totalité des Tsiganes européens sont sédentaires. »*

Les familles qui ont fui les pays de l'ex-Europe de l'Est pour des raisons économiques, depuis l'effondrement du bloc soviétique, ont-elles toujours été nomades ?

**M.B.** : Non. Ces familles vivaient en maison ou en appartement depuis des générations. Elles ont découvert la caravane, comme habitat de fortune, à leur arrivée en France. Et la quasi-totalité des Tsiganes européens sont sédentaires.

Pourquoi ces Roms habitent-ils souvent des campements de fortune près des autoroutes ou des décharges alors ?

**M.B.** : Il y a un petit détail à rappeler pour comprendre leur situation. Circulant en Europe en famille, le plus souvent (il y a aussi une migration de main-d'œuvre d'hommes roms tout à fait ordinaire), ils sont identifiés comme Roms réfugiés et sont l'objet d'un repérage administratif et policier qui ne tient plus compte de leur nationalité et leur interdit de fait l'accès au marché du travail intracommunautaire. La précarité de leur statut ne leur laisse comme possibilité que de se réfugier dans les interstices urbains, et d'acquiescer pour la première fois de vieilles caravanes, ce qui renforce le stéréotype du Tsigane nomade. Dans l'attente d'une très probable expulsion.

Les gens du voyage, citoyens français, sont-ils eux aussi victimes de discriminations ?

**M.B.** : La Halde a reconnu en 2009 qu'au sein de la République française, des citoyens nommés « gens du voyage » font l'objet d'une série de discriminations inscrites dans la loi<sup>3</sup>, sans oublier toutes les autres discriminations dans la vie quotidienne, qu'elles soient le fait des autorités de police ou de gendarmerie, des services, des entreprises ou des citoyens ordinaires. En particulier, alors que la liberté de circuler est une liberté fondamentale, dans le cas des voyageurs français, elle est entravée par la difficulté croissante pour s'arrêter, trouver un espace où stationner quelques jours. La loi dite Besson de 2000 prévoit la création d'aires d'accueil. Cela peut être une solution partielle, mais nombre de familles qui en ont les moyens achètent des terrains (souvent en zone agricole) pour pouvoir se déplacer de terrains familiaux en terrains familiaux, et ainsi ne pas dépendre des institutions publiques.

Les journalistes ou les travailleurs sociaux, qui ne voient bien souvent que les familles les plus précaires dépendant de l'aide publique, ne perçoivent-ils pas qu'une partie de la réalité tsigane ?

**M.B.** : Si. La majorité des familles du monde du voyage vivent des ressources de leur travail (commerce, artisanat), beaucoup des saisons (travaux agricoles), mais aussi du travail salarié, des emplois municipaux. Ils sont alors le plus souvent invisibles en tant que Tsiganes pour les pouvoirs publics ou leurs voisins. Quelques-uns ou quelques-unes, au contraire, sont fortement visibles : les musiciens, les danseuses ou les diseuses de bonne aventure. En bons connaisseurs du monde des Gadjé, les Tsiganes peuvent être amenés à souffrir de l'image qui leur colle à la peau, mais aussi à en jouer pour faire un peu peur, pour faire rêver ou bien tour à tour l'un ou l'autre.

Propos recueillis par Philippe Testard-Vaillant

1. Unité CNRS / Université Aix-Marseille-I.

2. *Les Gitans*, éd. Le Cavalier Bleu, coll. « Idées reçues », mars 2007, 128 p. – 9,80 €.

3. Délibération relative aux discriminations subies par les gens du voyage, n° 2009-143 du 6 avril 2009 ([www.halde.fr/spip.php?page=article&id\\_article=12849&lieu=ok](http://www.halde.fr/spip.php?page=article&id_article=12849&lieu=ok))

### CONTACT

→ **Marc Bordigoni**

Idemec, Aix-en-Provence  
bordigoni@msh.univ-aix.fr



# Carine Karachi

## L'exploratrice du cerveau

**F**orte de sa vocation d'enfance, elle aurait pu être neurochirurgienne à part entière. Mais non. À 36 ans, Carine Karachi, chef de clinique dans le service de neurochirurgie de la Pitié-Salpêtrière à Paris, porte aussi la casquette de neurobiologiste au Centre de recherche de l'institut du cerveau et de la moelle épinière<sup>1</sup>. Et depuis six mois, c'est à l'université Columbia de New York que vous pouvez croiser cette lauréate du prix 2009 « Jeune chercheur » de la fondation Bettencourt-Schueller. Elle y mène un postdoc auprès de l'un des pontes du cortex cérébral. Tardivement ? « *Oui, je fais tout plus lentement du fait de mes allers-retours entre la médecine et la recherche que j'ai rencontrée un peu tard.* » En première année de médecine, un stage au bloc opératoire lui révèle « *toute la beauté* » du cerveau. C'est parti pour la neurochirurgie. Mais la question des symptômes et de ce qu'ils disent du fonctionnement du cerveau la taraude. Il lui faut « *comprendre, donc faire de la recherche* ». 1999, interruption de l'internat pour un DEA dans le laboratoire du Pr Yves Agid, où elle exerce encore aujourd'hui. Et découverte des travaux de ses collègues anatomistes, sur le singe macaque. Les recherches sur l'animal ? « *D'un point de vue éthique, j'y suis attachée car ce sont elles qui assurent une sécurité maximale à nos patients* », justifie-t-elle d'un ton ferme. Quid des menaces régulières reçues par les tenants de cette position ? Moue furtive. Et d'insister plutôt sur leurs efforts pour publier avec un minimum d'animaux. Sur quel sujet exactement ? Les « *ganglions de la base* ». Enfouis profondément sous le cortex cérébral, ce sont eux qui gèrent l'automatisation des gestes comme par exemple ceux liés à la conduite automobile. Or la chercheuse et son équipe contribuent à démontrer, dans les années 2000, que leur activité est modulée par les émotions. Autrement dit, un automobiliste confronté à une forte émotion peut brusquement devenir incapable de poursuivre sa conduite.

« *Parallèlement, nous avons établi un atlas des ganglions de base du cerveau humain comprenant les zones impliquées dans la gestion des émotions. Cet outil permet aujourd'hui d'implanter des électrodes dans*

*le cerveau de façon plus précise, notamment pour essayer de traiter des maladies situées aux frontières de la neurologie et de la psychiatrie... »* Quant aux travaux expérimentaux sur le singe, ils se poursuivent jusqu'en 2004. Avec, en filigrane, une question précise : et si certains troubles neurologiques venaient d'un dysfonctionnement des ganglions de base ?



© S. Compoint

*En première année de médecine, un stage au bloc opératoire lui révèle « toute la beauté » du cerveau.*

Bingo ! En modifiant leur activité – via un agent pharmacologique – Carine Karachi montre chez l'animal l'apparition de troubles du comportement gestuel proches de ceux que l'on peut observer chez les humains tels que le nettoyage compulsif des doigts. Des expériences qui apportent alors un nouvel éclairage sur certaines pathologies, comme les troubles obsessionnels compulsifs (Toc). En 2005, thèse en poche, décision est prise de réorienter ses travaux vers les troubles

de la marche. Objectif : soulager certains patients souffrant de maladie de Parkinson et victimes de chutes fréquentes. Pas question de quitter ses chers ganglions de la base. Soumettant une autre zone (le noyau pédonculopontin) à la stimulation profonde<sup>2</sup>, la jeune femme obtient des résultats plus que concluants chez le singe. De quoi franchir le pas chez l'humain, et opérer d'ores et déjà deux patients dans le cadre d'un protocole de recherche en cours. « *C'est un défi important en santé publique car les chutes augmentent fortement la mortalité des personnes âgées.* » La sensibilité du médecin n'est jamais loin, indispensable alliée du temps passé à expliquer aux patients le pourquoi de leur maladie ou d'une intervention. Carine apprécie l'échange, à l'instar de son équipe où cliniciens, anatomistes et comportementalistes ont su tisser « des liens étroits ». De l'énergie à revendre, de la passion. Les ingrédients essentiels sont là pour mener de front cette double carrière. Sans oublier la vie familiale avec une petite fille de 10 ans, la course à pied, le théâtre, le jazz... Bref, des connexions multiples à la vie.

Patricia Chairopoulos

1. Unité CNRS / Inserm / Université Paris-VI.

2. La stimulation cérébrale profonde est utilisée comme traitement dans certains cas de maladie de Parkinson. Via une sonde munie de microélectrodes, elle consiste à stimuler électriquement des structures ciblées du cerveau.

### CONTACT

→ Carine Karachi  
carine.karachi@gmail.com

# LA RÉVOLUTION

# LASER

C'est en mai 1960 que le physicien américain Theodore Maiman décrit dans une publication le fonctionnement du premier laser à rubis. Cinquante ans plus tard, le laser a conquis la planète... et le monde rend hommage à ce héros de la technologie moderne. Il faut dire que le laser s'est rendu indispensable à l'industrie, à la médecine, à notre vie quotidienne, mais aussi à la recherche.

En effet, grâce à ses innombrables applications, ce sont aujourd'hui toutes les sciences qui ont recours à lui.

Et pourtant, ce fabuleux succès n'en est qu'à ses débuts...

Car dans les labos, de nombreux efforts sont déployés pour améliorer en permanence les technologies du laser, donnant ainsi naissance à des applications souvent inattendues. Pleins feux sur un quinquagénaire toujours aussi révolutionnaire.



Le phénomène lumineux ci-dessus est un supercontinuum. Il apparaît lorsqu'une impulsion laser est envoyée dans une fibre optique microstructurée et y génère toute la gamme de longueurs d'onde visible.





RÉCIT D'UNE DÉCOUVERTE LUMINEUSE &gt; 19

DES LASERS À TOUT FAIRE &gt; 22

D'AUTRES PROMESSES POUR DEMAIN &gt; 25

# Récit d'une découverte lumineuse

Le physicien américain  
Theodore Maiman,  
concepteur du tout  
premier laser.

**I**nvention banale ! » Tel est, en substance, le premier jugement porté en 1960 sur le travail d'un chercheur d'un petit laboratoire à Malibu, en Californie. Alors que même son supérieur n'y croyait pas, Theodore Maiman, un physicien de 32 ans qui, plus jeune, réparait des appareils électriques pour se payer les frais d'université, est parvenu à concrétiser l'idée un peu folle d'Arthur Schawlow et Charles Townes, deux scientifiques théoriciens : produire, grâce aux lois de la mécanique quantique, un faisceau de lumière amplifiée parfaitement rectiligne. Le premier laser était né. Pourtant, la prestigieuse revue *Physical Review Letters*, à qui Theodore Maiman a envoyé son compte rendu d'expérience, rejette l'article : « Encore un énième papier sur les masers [l'ancêtre du laser fonctionnant avec des micro-ondes, NDLR] », répond-elle, lapidaire, dans une lettre adressée à Theodore Maiman.

Inutile de préciser que l'histoire a donné tort à cette première réaction. Au cœur d'un marché mondial de plusieurs milliards d'euros, le laser est aujourd'hui partout : dans les salons, les supermarchés, les cabinets médicaux, les usines, mais aussi dans les labos de recherche où il a su se rendre indispensable dans toutes les disciplines.

En fait, si Theodore Maiman a apporté une contribution historique essentielle au laser, ses véritables inventeurs demeurent Arthur Schawlow et, surtout, Charles Townes qui travaillait

dans les années 1950 à l'université de Columbia. Charles Townes recevra le prix Nobel en 1964 pour le développement des concepts ayant amené au maser, puis au laser.

Ayant travaillé durant la Seconde Guerre mondiale sur des systèmes de bombardement assistés par radar, Townes était familier des appareils générateurs de micro-ondes (utilisées au même titre que les ondes radio dans les radars). Dans les années 1950, en exploitant ses connaissances et un processus imaginé par Einstein, l'émission stimulée (voir illustration pp. 20-21), Townes imagine créer un flux de photons tous identiques, obtenus par amplification d'une onde électromagnétique. En quelque sorte, une photocopieuse à photons ! Il fabrique alors l'appareil dit d'amplification de micro-ondes par émission stimulée de radiation, ou maser. C'est la première fois qu'on amplifie à l'identique un rayonnement électromagnétique. Townes se pose alors naturellement la question : la lumière visible peut-elle aussi être amplifiée ?

Avec son beau-frère Arthur Schawlow, Charles Townes publie en 1958 un article qui jette les bases théoriques du laser (amplification de lumière par émission stimulée de radiation). Reste que la concrétisation de l'idée est loin d'être une affaire pliée, même si de nombreux laboratoires se lancent dans l'aventure. Il faudra en effet attendre deux ans pour que le bricoleur de génie de Malibu Theodore Maiman fabrique le premier laser en utilisant un barreau de

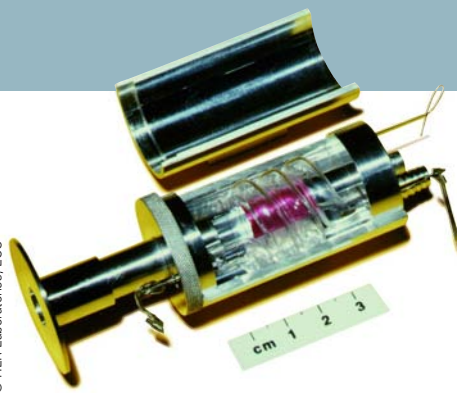


© HRL Laboratories, LLC

rubis. Il publiera finalement ses recherches dans la revue scientifique *Nature*. Son laboratoire organise une campagne de publicité pour promouvoir son invention. Dans le monde entier, c'est la course à qui obtiendra l'effet laser avec des systèmes physiques différents du rubis qu'avait utilisé Theodore Maiman. On ignore alors toujours à quoi servira cet instrument qui délivre un fin pinceau de lumière, mais une chose est sûre : le laser fascine. ➤

> L'invention va rapidement montrer son intérêt en physique avec l'apparition, en 1966, des lasers à colorant (baptisés ainsi car le milieu amplificateur est constitué de colorants chimiques en solution). L'immense avantage de ces lasers : en variant les concentrations des colorants, on peut ajuster la longueur d'onde de la lumière émise par le laser. « *Les lasers à colorant ont été une révolution pour la spectroscopie qui permet d'étudier les propriétés d'atomes ou de molécules à travers leur capacité à absorber les ondes électromagnétiques*, explique Lucile Julien, du Laboratoire Kastler-Brossel (LKB)<sup>1</sup>. *Pour la première fois, on a pu balayer les raies atomiques [soit cibler les unes après les autres différentes longueurs d'onde absorbées par les atomes observés, NDLR] et faire de la spectroscopie haute résolution.* » Ces années-là, tout le monde comprend que le laser va vite devenir incontournable dans les labos. « *Quand je suis arrivée au LKB en 1972, certains groupes achetaient des lasers sans avoir encore une idée précise de ce qu'ils en feraient* », se rappelle la scientifique. Les physiciens vont aussi exploiter la puissance de la lumière émise par les lasers. Ainsi vont naître l'optique non-linéaire, une branche de

© HLR Laboratories, LLC



l'optique où les propriétés optiques des matériaux sont altérées par le faisceau laser qui les traverse, et l'optique quantique qui étudie les conséquences de la nature quantique de la lumière (sa décomposition en photons) sur sa manière d'interagir avec la matière. Cette discipline sera à la base, dans les années 1990, de tours de passe-passe optiques qui enfanteront l'information quantique, discipline dans laquelle les photons du laser sont porteurs d'information, et dont la cryptographie, la téléportation, et l'ordinateur quantiques sont les derniers avatars.

### UN SUCCÈS QUI NE SE DÉMENT PAS

Aujourd'hui, le marché mondial du laser est estimé à environ 6 milliards de dollars. Plus de la moitié de cette somme provient du stockage d'information sur CD ou DVD, mais aussi des télécommunications. « *Le laser possède des pro-*

*priété*s qui permettent de transmettre une densité d'informations importantes sur de longues distances, explique Sylvain Fève, ingénieur d'études au

laboratoire « Fonctions optiques pour les technologies de l'information » (Foton)<sup>2</sup> à Lannion. *En particulier, comme c'est un faisceau très directif et très cohérent [tous les photons d'un même faisceau conservent une sorte d'étiquette qui permet de les distinguer des photons d'un autre faisceau, pourtant de même longueur d'onde, NDLR], on peut faire rentrer la lumière de plusieurs lasers dans une même fibre optique sans qu'ils interfèrent.* » Lannion avait été le théâtre, en 1966, de la première transmission d'informations dans l'air par laser. De nos jours, les transmissions circulent dans des centaines de millions de fibres optiques qui sillonnent les continents, traversent les océans ou font du cabotage le long des côtes. En fait, tout le cœur des réseaux de télécommunications mondiales est équipé de fibres, tandis que la transmission par fils de cuivre (dont le débit est au moins 10 000 fois moins élevé que

## LE FONCTIONNEMENT DU LASER

### 1. LES COMPOSANTS

Un laser est constitué de trois éléments : un milieu actif (solide, liquide ou gazeux) dans lequel la lumière est amplifiée, un mécanisme dit « de pompage » qui confère de l'énergie à ce milieu, et un résonateur optique qui sert à démultiplier l'amplification. Contrairement à la lumière ordinaire, la lumière laser est monochromatique (les photons sont tous de même longueur d'onde) et unidirectionnelle (les photons se déplacent tous dans la même direction).

Apport extérieur d'énergie

Apport extérieur d'énergie



Atome à l'état fondamental



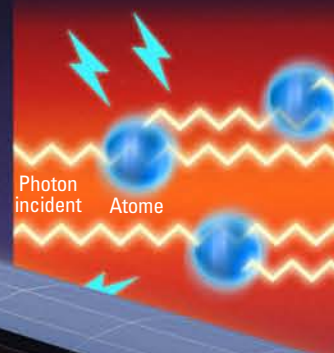
Atome excité émettant un photon



Retour à l'état fondamental

### 2. LE POMPAGE OPTIQUE

Lorsqu'un atome est excité, il émet un photon d'une longueur d'onde caractéristique pour revenir à un niveau d'énergie plus bas. Pour obtenir la lumière laser, il faut donc en premier lieu exciter les atomes du milieu actif (appelé aussi milieu amplificateur) en leur fournissant de l'énergie (électrique, chimique ou lumineuse). C'est le pompage optique. « *Inventée par Alfred Kastler, cette méthode permet de réaliser une "inversion de population"* », explique Claude Cohen-Tannoudji du Laboratoire Kastler-Brossel, prix Nobel de physique en 1997. Le milieu amplificateur possède alors davantage d'atomes d'énergie élevée que d'atomes de basse énergie. Selon que le pompage est continu ou intermittent, le laser émettra une lumière continue ou des impulsions plus ou moins courtes.

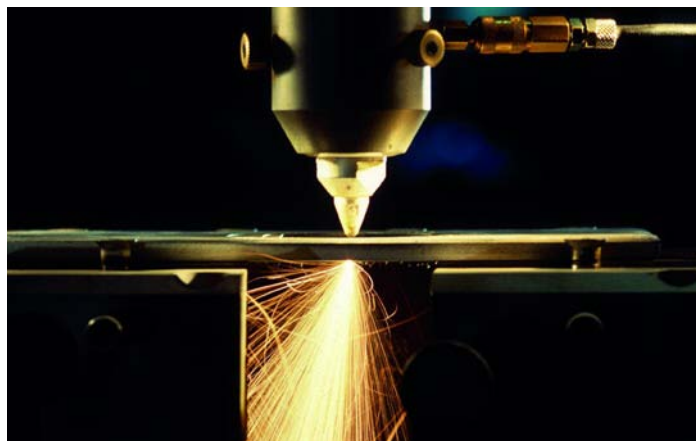




par fibre) est réservée à la périphérie du réseau. Évalué à deux milliards de dollars, le deuxième marché des lasers est le micro-usinage : les lasers ultrapuissants employés dans l'industrie permettent de souder et de découper de la tôle avec une précision diabolique. Les constructeurs automobiles sont très friands de ces lasers qui concentrent une puissance de 20 à 100 watts sur une zone inférieure au diamètre d'un cheveu. Autres utilisateurs, les fabricants de panneaux solaires qui découpent leurs cellules photovoltaïques dans des plaques de silicium, ou encore les industriels de l'aéronautique qui percent certaines parties des moteurs d'avion afin que l'air vienne refroidir les pales. Le marquage d'objets, telles les lettres sur le clavier d'ordinateur ou l'inscription d'une marque sur un stylo, se fait également avec des lasers.

Pour encourager la recherche sur les procédés utilisant les lasers de puissance, un laboratoire vient de prolonger l'unique Groupement d'intérêt scientifique sur le laser. Abordant de nombreux programmes de recherche et baptisée Gepli, cette réunion d'acteurs privés (dont Air Liquide, ArcelorMittal, PSA, Safran et Thales) comme publics

Les lasers ont trouvé une application de première importance dans l'industrie, notamment pour la découpe et le micro-usinage de pièces.



© Ph. Philly/Eurimages/LookatSciences



© D. Parker/SPL

Aujourd'hui, le laser et la fibre optique sont au cœur des télécommunications mondiales. Ils permettent de transmettre rapidement des informations sur toute la surface de la planète.

Photon émis semblable au photon incident



### 3. L'AMPLIFICATION PAR ÉMISSION STIMULÉE

La production de lumière par un atome excité peut être soit spontanée, le photon part alors dans n'importe quelle direction, soit stimulée. Dans ce cas, c'est un photon dit incident qui « pousse » l'atome à se désexciter en émettant un photon en tout point identique (même longueur d'onde et même direction) au premier. Ce second pourra à son tour désexciter d'autres atomes, qui généreront eux aussi des photons identiques. Petit à petit, les photons s'ajoutent les uns aux autres et forment la lumière laser.

### 4. LA PRODUCTION DU FAISCEAU

Le milieu actif du laser est enfermé dans un résonateur optique qui sert à démultiplier l'amplification de la lumière afin de créer le faisceau laser. Le plus souvent, il s'agit d'une cavité aux extrémités de laquelle se trouvent deux miroirs, l'un totalement réfléchissant, l'autre semi-transparent (dans le cas des diodes laser, les miroirs ont disparu et c'est la structure de la diode elle-même qui forme les parois réfléchissantes du résonateur optique). Les photons sont renvoyés dans le milieu actif par les miroirs qui se font face, continuant ainsi à désexciter des atomes et donc à générer de la lumière. Une faible fraction de cette lumière traverse le miroir semi-transparent : c'est le faisceau laser.



Flux laser

(le laboratoire Procédé et ingénierie en mécanique et matériaux<sup>3</sup>) étudie notamment le soudage de tôles couvertes de revêtements anticorrosion, opération pour l'instant problématique et cruciale pour l'industrie automobile. Elle tentera par ailleurs de donner une réalité industrielle au « prototypage laser » : dans ce procédé de fabrication rapide de pièces métalliques, un faisceau laser, piloté par un robot, agglomère par fusion une poudre métallique qui adopte alors la forme des pièces souhaitées. Une technique qui intéresse de nombreux industriels, en particulier pour réaliser des prototypes à la géométrie complexe ou pour réparer des éléments métalliques usés (aubes de turbines de réacteurs d'avion, pièces tournantes de machines, etc.). Autour des mastodontes économiques que sont les télécommunications et le micro-usinage gravitent une galaxie d'applications du laser au poids financier plus modeste. L'invention se retrouve par exemple dans les caisses de supermarché pour lire les codes-barres, les imprimantes de bureau ou encore les capteurs de niveau. Dans l'industrie automobile, on mesure le débit d'injecteurs en interceptant le filet de gouttelettes en sortie avec un faisceau laser. Sur mer ou dans les airs, on calcule l'inclinaison d'un navire ou d'un avion grâce à des gyromètres à lasers. Dans les travaux publics, on noie des fibres optiques dans le béton des ponts pour détecter des déséquilibres mécaniques (les tensions compriment les fibres, ce qui change leur transmission lumineuse). En ophtalmologie, on corrige la vue en taillant la cornée pour rediriger les rayons lumineux vers la rétine, tandis qu'en chirurgie on >

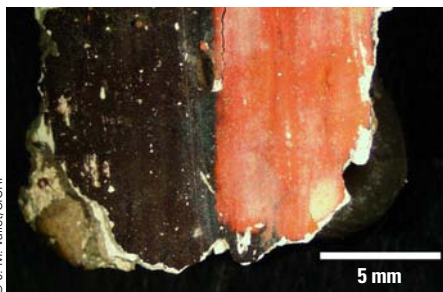
> cautérise des petites plaies. Les dermatologues emploient le laser pour brûler des taches de l'épiderme ou diminuer la pilosité.

Les statues et les monuments se refont également une beauté grâce à lui. En tirant des impulsions laser sur la surface de la pierre, on peut en effet la chauffer suffisamment pour entraîner sa brève évaporation et retirer ainsi la couche noirâtre due à une réaction chimique avec la pollution des villes. Autre bénéficiaire : les peintures sur pierre. En collaboration avec plusieurs organismes nationaux de conservation du patrimoine, le Laboratoire lasers, plasmas et procédés photoniques (LP3)<sup>4</sup>, à Marseille, a mis au point une technique pour redonner leurs couleurs à des sculptures ou à des fresques murales.

« Le rouge à base d'oxyde de plomb a beaucoup été utilisé dans les églises, décrit Philippe Delaporte, responsable du projet au LP3. Or ce rouge réagit à l'oxygène de l'air et noircit. Avec un laser continu, on peut faire évaporer l'oxygène et retrouver la couleur originelle. » Grâce au soutien du fabricant de laser Coherent, une peinture murale du XIX<sup>e</sup> siècle de la chapelle de Solomiat, dans l'Ain, a partiellement retrouvé sa jeunesse d'antan. Avec ces recherches, le laser, enfant illégitime de la Grande Guerre et des recherches menées sur les radars et les micro-ondes, croise une nouvelle fois la route de l'histoire. Au vu des mille et une applications de l'instrument de Townes et Schawlow, parions notre chemise que l'évènement se reproduira.

Xavier Müller

1. Unité CNRS / Université Paris-VI / ENS Paris / Collège de France.
2. Unité CNRS / Université Rennes-I / Insa Rennes / ENST Bretagne.
3. Unité CNRS / Ensam ParisTech.
4. CNRS / Université Aix Marseille-II.



Les lasers permettent de restaurer les fresques murales : à gauche, en noir, la zone non traitée, à droite, la zone irradiée redevenue rouge orangé.

#### CONTACTS

- Sylvain Fève, feve@ensaat.fr
- Lucile Julien, julien@spectro.jussieu.fr
- Philippe Delaporte, delaporte@lp3.univ-mrs.fr

Grâce au laser, l'observatoire astronomique et géophysique Goddard, aux États-Unis, suit les déplacements de la sonde spatiale LRO, en orbite autour de la Lune.



## Des lasers à tout faire

Question : quelle est la seule composante du programme américain Apollo toujours en fonctionnement ? Celle qui permet de mesurer la distance Terre-Lune. Les missions Apollo 11, 14 et 15 avaient en effet installé sur le sol lunaire des réflecteurs lasers. Dans les décennies suivantes, en braquant vers ces réflecteurs des faisceaux laser depuis le sol terrestre (et vers des réflecteurs déposés par deux sondes russes), les astrophysiciens ont dévoilé l'image d'une Lune orbitant à 384 467 kilomètres autour de notre planète et s'en éloignant de 3,3 cm par an. Le programme, toujours en cours, permet d'affiner notre connaissance de l'histoire passée et future du satellite naturel de la Terre à travers celle de son orbite.

Cet exemple le prouve : les lasers sont des outils au moins aussi utiles aux scientifiques qu'aux industriels. En physique fondamentale, l'instrument de Charles Townes va, par exemple, prochainement servir à tester une loi de la relativité générale selon laquelle la gravité influence le temps : celui-ci s'écoulerait plus vite dans l'espace qu'à la surface d'une planète ! En théorie, comparer les temps donnés par l'horloge d'un satellite en orbite et le temps international, mesuré sur Terre, devrait suffire à mettre en évidence l'effet.

Mais « il existe actuellement 100 à 150 horloges atomiques au sol qui déterminent, après avoir effectué une moyenne, le temps mondial, rappelle Pierre Exertier, directeur de recherche au laboratoire Géosciences Azur (Géoazur)<sup>1</sup>, à Sophia-Antipolis. Or les systèmes actuels de transfert de temps par ondes radio [grâce auxquels les hor-

loges s'"échangent" leur temps, NDLR] sont moins précis que les horloges elles-mêmes, de sorte que la précision du temps international est limitée à quelques nanosecondes », un à-peu-près insuffisant pour observer l'effet de la gravité. D'où l'idée du projet T2L2, auquel participe Pierre Exertier, d'exploiter le réflecteur monté sur le satellite océanographique Jason 2, lancé en 2008, pour synchroniser, grâce à une lumière laser faisant des allers et retours entre le sol et Jason, le temps de plusieurs horloges atomiques terrestres. Quand cet échange de données entre terre et espace, encore en rodage, sera réalisé, les physiciens disposeront enfin d'un chronomètre à la graduation assez fine pour y lire l'effet de la gravité sur l'écoulement du temps.

#### SONDER L'ATMOSPHÈRE

En 1991, au pôle Nord, à la station Dumon-Durville, la joie se lit sur les visages d'une équipe de physiciens de l'atmosphère : ils viennent d'installer l'un des tout premiers lidars (instrument mimant le principe du radar avec une lumière) dans une région polaire. Leur satisfaction est d'autant plus grande que la tâche n'a pas été aisée, notamment parce qu'il avait fallu emballer et rendre étanche pour la traversée en bateau ce monstre occupant un conteneur entier. Depuis ce travail de pionnier, l'instrument s'est miniaturisé et a montré tout son intérêt pour sonder l'atmosphère. « Les lidars servent notamment à mesurer la couche d'un ou deux kilomètres à partir du sol, où se concentre la pollution, résume Sophie Godin Beekmann, chercheuse du Laboratoire atmosphères, milieux, observations spatiales (Latos)<sup>2</sup>, à Paris, qui avait participé à l'expédition

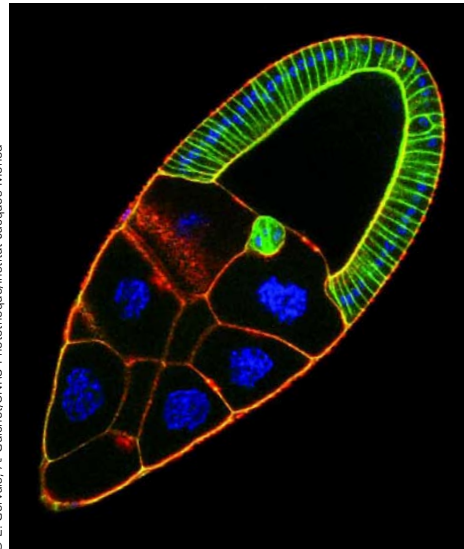




© E. Perrin/CNRS Photothèque

La modélisation du fort Saint-Jean, à Marseille, a été effectuée à l'aide d'un scanner 3D capable de relever la position de plusieurs millions de points.

Cet ovocyte de drosophile transgénique a été observé par microscopie confocale à balayage laser.



© L. Gervais, A. Guiche/CNRS Photothèque/Institut Jacques Monod

polaire. Le lidar mesure aussi des paramètres à plus de 30 kilomètres d'altitude, une région inaccessible au ballon-sonde. Enfin, grâce à cet instrument, on étudie les aérosols présents dans l'atmosphère dont l'impact sur le réchauffement climatique reste à préciser. »

Le lidar analyse le ciel à partir de la Terre et réciproquement. En 2007, des archéologues l'utilisaient pour la première fois à bord d'un avion pour chercher des vestiges historiques sur le site galloromain de Mackwiller en Alsace. Des structures masquées par les forêts apparaissaient sur les images comme à l'air libre. Les archéologues emploient les lasers également pour dresser des plans de site (télémétrie laser), pour tamiser des échantillons sédimentaires (granulométrie laser), voire pour redonner vie à des objets ou des œuvres détériorées. Cette restauration s'effectue via un scanner laser, un instrument qui permet d'obtenir des copies numériques tridimensionnelles de pièces.

« Le scanner 3D est un véritable outil de recherche, souligne Loïc Espinasse, ingénieur à l'Institut Ausonius<sup>3</sup>, à Pessac, une plate-forme technologique 3D spécialisée dans l'archéologie. Grâce aux copies numériques, les chercheurs peuvent facilement partager leurs informations entre eux ou manipuler virtuellement des pièces trop fragiles dans la réalité, comme des pièces en bois ayant pourri dans un puits. » En 2005, l'Institut Ausonius avait fait office de pionnier en réalisant une copie parfaite et grandeur nature d'une œuvre antique, le sphinx des Naxiens. Le travail avait nécessité de scanner la sculpture, haute de trois mètres, puis de tailler avec des jets d'eau sous pression un bloc calcaire, à l'aide d'un robot piloté par ordinateur.

Visiter l'intérieur des tissus vivants, survoler la membrane cellulaire ou assister en direct à la séparation des chromosomes d'une cellule avant sa division : ce voyage, des biologistes l'entreprennent quotidiennement grâce au microscope confocal à balayage laser (MCBL). Le principe de base de cet outil a été jeté dès les années 1950, mais il a fallu attendre l'avènement du laser pour le voir se concrétiser. Quand un microscope conventionnel n'offre à la vue que la surface des tissus, le MCBL peut pénétrer à l'intérieur. Un avantage qui a été décuplé par l'arrivée de « protéines fluorescentes intégrées dans le vivant grâce à de l'ingénierie moléculaire », souligne Jean Salamero, chercheur CNRS et responsable de la plateforme Imagerie cellulaire et tissulaire de l'Institut Curie. Au final, la combinaison de la microscopie confocale et des protéines fluorescentes livre aujourd'hui une vision des événements dynamiques intra ou extra-cellulaires avec une précision spatiale et temporelle inégalée.

### DISSÉQUER LE VIVANT

Le MCBL reste un instrument coûteux, en particulier parce que, dans sa version la plus moderne, un seul appareil fait appel à plusieurs lasers à impulsions femtoseconde (un milliardième de milliardième de seconde) afin de pouvoir rendre luminescent toute la gamme de protéines fluorescentes existantes. Toutefois, son prix devrait être réduit grâce à la startup Leukos, issue du laboratoire Xlim<sup>4</sup> de Limoges. La société commercialise en effet des sources laser d'impulsions émettant non pas une longueur d'onde spécifique, mais dans toute une bande de fréquence, supprimant la nécessité de recourir à différents lasers.

L'imagerie confocale n'est pas la seule technique à faire appel au laser en sciences du vivant. En biologie comme dans l'industrie, le laser est un outil versatile, multifonctions. On l'emploie pour décrypter l'ADN où c'est lui qui reconnaît le chapelet de molécules qui constitue le matériel génétique. Il sert également à identifier les cellules une par une d'après leur forme, leur taille ou leur contenu cellulaire et pour les trier à très haute vitesse (plusieurs milliers par seconde) : c'est la cytométrie en flux, utilisée aux stations marines de Roscoff, de Banyuls-sur-Mer ou de Marseille pour étudier les micro-organismes des océans.

La microdissection, pendant biologique de l'usinage laser, est, elle, employée pour l'analyse des tissus. « Les lasers à

impulsions sont utiles pour découper des cellules proprement à l'échelle du micron, voire moins, sans produire de dommages collatéraux », détaille Pierre-François Lenne, de l'Institut de biologie du développement de Marseille Luminy<sup>5</sup>, qui a recours à la technique pour disséquer des structures à l'intérieur même de cellules vivantes et tester leur réaction mécanique. Identifier, dénombrer et disséquer les tissus : le laser est le naturaliste des cellules.

### RECONSTITUER LA TERRE

En minéralogie, il jouerait plutôt le rôle de luthier. Sous la dénomination de spectroscopie Brillouin (une technique également employée dans les autres disciplines scientifiques), il met à jour les propriétés vibratoires des minéraux, informations dont se servent ensuite, par exemple, les géophysiciens pour imaginer la structure interne de la Terre. Cette spectroscopie souffre toutefois d'une contrainte : les échantillons analysés doivent être transparents pour être pénétrés par le faisceau laser, ce qui limite singulièrement le nombre de minéraux analysables et l'interdit notamment pour le fer, pourtant constituant principal du noyau terrestre. Pour remédier au problème, Frédéric Decremps, de l'Institut de minéralogie et de physique des milieux condensés<sup>6</sup>, à Paris, et Laurent Belliard, de l'Institut des nanosciences de Paris<sup>7</sup>, sont en train d'adapter une méthode d'acoustique laser sous conditions extrêmes. Elle consiste à provoquer dans l'échantillon des minitremblements de terre à l'aide d'impulsions laser femtosecondes et à observer ensuite l'échantillon se déformer en direct. « La technique permet de mesurer les vitesses des ondes sonores dans des matériaux >



© J. Chéreau/CNRS Photobanque

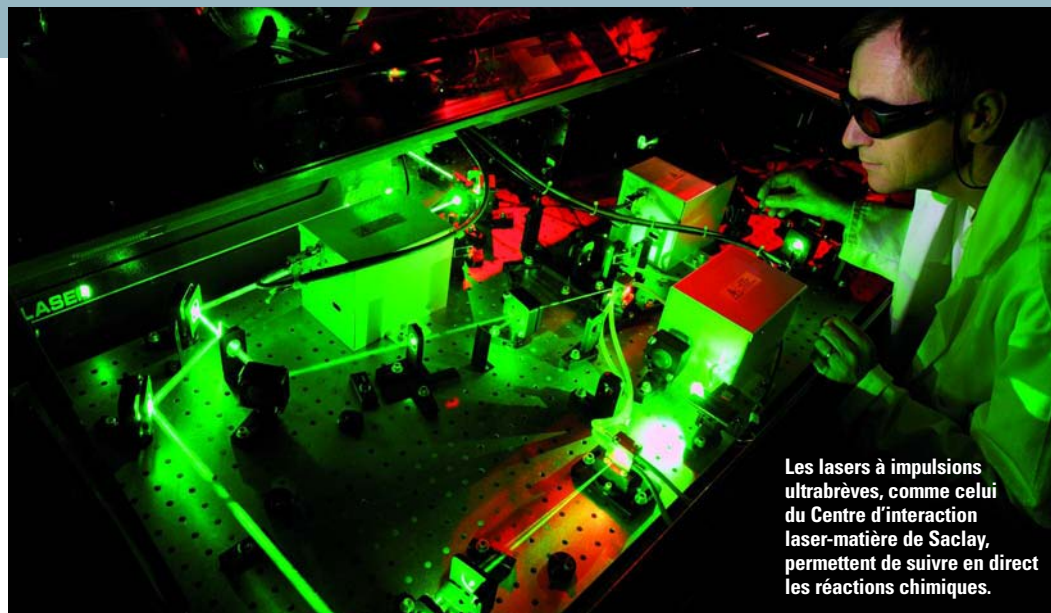
> opaques de dimensions nanométriques et soumis à des pressions supérieures à un million d'atmosphère [pour reconstituer les conditions de l'intérieur de la terre, NDLR] », s'enthousiasme Frédéric Decremps. Armés de ce

nouvel outil, les minéralogistes lèveront peut-être enfin le voile sur la composition chimique et la dynamique du noyau terrestre.

## REFROIDIR LES ATOMES

Si les lasers femtosecondes plongent au cœur de la Terre, ils le font aussi pour les molécules. En effet, le délai de leurs impulsions est si bref qu'il devient comparable au temps typique de déplacement des atomes dans les molécules. On peut dès lors employer des impulsions femtosecondes comme des flash ultrarapides pour prendre des instantanés de la matière. Le principal intérêt de la méthode est de pouvoir assister aux étapes intermédiaires d'une réaction chimique, d'ordinaire insaisissables aux chimistes. Au Laboratoire Francis-Perrin<sup>8</sup>, à Saclay, les chercheurs l'utilisent notamment pour étudier les mécanismes qui président au changement de couleur des molécules photochromes (sensibles à la lumière). Des travaux qui s'inscrivent, à long terme, dans la recherche de mémoires optiques, des mémoires informatiques ultrarapides traversées par un pinceau lumineux où la luminosité des photochromes (allumés ou éteints) jouerait le rôle des traditionnels 0 et 1 de l'informatique. Ultime application en sciences, la chaleur du laser sert paradoxalement à refroidir des atomes de gaz dilué. Récompensés là aussi d'un prix Nobel, celui de Claude Cohen-Tannoudji en 1997, qui avait reçu un an plus tôt la médaille d'or du CNRS, les techniques mises en jeu consistent, dans les grandes lignes, à freiner les atomes en les frappant par des tirs croisés de lumière laser. Or qui dit atomes freinés, dit agitation du milieu moindre et donc

Ce dispositif optique a été mis au point au Laboratoire Charles-Fabry de l'Institut d'optique pour le refroidissement laser.



Les lasers à impulsions ultrabrèves, comme celui du Centre d'interaction laser-matière de Saclay, permettent de suivre en direct les réactions chimiques.

© P. Stropps/CEA

refroidissement. Avec ces techniques, les physiciens atteignent les températures les plus basses de l'univers, le millionième de Kelvin, voire moins. Freinés, les atomes se laissent tranquillement observer. Fruit de ce gain en temps d'observation, diverses mesures réalisées dans le domaine de la métrologie, comme celle du temps ou de la gravité, ont gagné, grâce aux atomes ultrafroids, trois ou quatre ordres de grandeur sur leur précision.

Les atomes ultrafroids servent aussi de systèmes modèles pour tester les lois de la matière condensée (la discipline qui englobe l'étude des solides et des liquides). « Au Laboratoire Charles-Fabry de l'Institut d'optique<sup>9</sup>, à Palaiseau, nous utilisons la lumière laser pour éclairer les atomes ultrafroids dans des potentiels désordonnés » décrit Alain Aspect, Médaille d'or du CNRS en 2005, tout juste auréolé du prestigieux prix Wolf pour ses travaux en information quantique. Autrement dit, en croisant des lumières laser, les scientifiques parviennent à créer des successions rapprochées de pics et de creux d'intensité lumineuse. Plongés dans ce paysage lumineux, les atomes ultrafroids se logent en des points précis et interagissent entre eux comme à l'intérieur d'un solide. « Cela permet de simuler le comportement des électrons dans des matériaux comme le silicium amorphe où les atomes sont empilés en désordre, et donc ainsi de mieux comprendre les propriétés électriques de tels matériaux », explique Alain Aspect.

Mais l'application la plus spectaculaire du refroidissement atomique est la réalisation d'un état inédit de la matière, resté pendant soixante-dix ans une pure expérience de pensée : le condensat de Bose-Einstein. Sous ce nom barbare se cache un état de la matière où tous les atomes du nuage se comportent comme un seul et même atome. Outre l'intérêt fondamental qu'il présente, le condensat de Bose-Einstein est en passe de fournir la pierre angulaire du très fantasmé laser à atomes (lire l'encadré ci-contre). Impossible de dire si celui-ci est pour bientôt. « Il est difficile de faire des prévisions, surtout sur l'avenir », avertissait Niels Bohr, l'un des pères de la mécanique quantique.

Le succès du laser, que personne n'attendait, ne peut que lui donner raison.

Xavier Müller

1. Unité CNRS / Observatoire de la Côte d'Azur, Université de Nice / Université Paris -VI / IRD.
2. Unité CNRS / Université Paris-VI / Université Versailles Saint-Quentin-en-Yvelines.
3. Unité CNRS / Université Bordeaux-III.
4. Unité CNRS / Université de Limoges.
5. Unité CNRS/ Université Aix-Marseille-II.
6. Unité CNRS / Universités Paris-VI et -VII / IPGP / IRD.
7. Unité CNRS / Université Paris-VI.
8. Unité CNRS / CEA.
9. Unité CNRS / Institut d'optique Graduate School / Université Paris-XI.

## CONTACTS

- **Alain Aspect**, alain.aspect@institutoptique.fr
- **Laurent Belliard**, laurent.belliard@insp.jussieu.fr
- **Frédéric Decremps**, frederic.decremps@impmc.jussieu.fr
- **Loïc Espinasse**, Loic.espinasse@u-bordeaux3.fr
- **Pierre Exertier**, pierre.exertier@oca.eu
- **Sophie Godin Beekmann**, sophie.godin-beekmann@atmos.jpl.fr
- **Pierre-François Lenne**, lenne@ibdm.univ-mrs.fr
- **Jean Salamero**, jean.salamero@curie.fr

## LE LASER VENU DU FROID

Un laser d'un genre totalement nouveau s'apprête à faire son entrée dans notre quotidien : le laser à atomes. Ce dispositif qui émet un jet d'atomes tous rigoureusement identiques les un des autres (de la même manière que tous les photons d'un faisceau laser sont tous semblables) existe déjà dans les laboratoires. Il est encore volumineux et difficile à mettre en place, mais les progrès sont tels qu'il pourrait bientôt devenir indispensable. À l'origine de cet instrument : les expériences de refroidissement des atomes par laser. En 1995, les physiciens refroidissent des atomes de rubidium à une température tellement basse qu'ils parviennent, pour la première fois à créer un condensat de



# D'autres promesses pour demain

**D**éjà omniprésent, le laser n'a pas fini de faire parler de lui. Car dans les laboratoires du monde entier, les chercheurs imaginent déjà de nouvelles générations toujours plus performantes. Quels seront les lasers de demain ? Tour d'horizon de la recherche actuelle.

À tout seigneur, tout honneur. Star incontestée des lasers, le laser à semiconducteur (ou diode laser), qu'on trouve partout, des lecteurs CD aux caisses de supermarché pour lire les codes-barres, n'échappera pas à la vague d'innovation. Depuis les années 1980, les chercheurs n'ont eu de cesse d'améliorer ce laser dont le succès provient de sa petite taille : le matériau laser en lui-même (voir illustration, p. 20) mesure quelques centaines de microns de long sur quelques microns de large. « Il est constitué d'une succession de couches ultra-minces faites d'un matériau semiconducteur (comme l'arséniure de gallium) dans lequel les électrons peuvent passer d'un niveau d'énergie à un autre en émettant de la lumière, explique Françoise Lozes du Laboratoire d'analyse et d'architecture des systèmes (Laas) du CNRS à Toulouse. En contrôlant au nanomètre près l'épaisseur de ces couches et en jouant sur leur composition, on peut sélectionner très finement ces niveaux et donc la longueur d'onde émise par le laser ». Ainsi ont été mises au point différentes diodes laser, notamment rouges ou bleues pour le stockage sur les CD-Rom et les DVD.

Mais les scientifiques veulent aller plus loin. Ils explorent aujourd'hui un territoire pratiquement vierge pour les lasers : la lumière

infrarouge. « Les seuls lasers qui existent dans ce domaine sont encombrants et peu pratiques à utiliser, note Martial Ducloy, du Laboratoire de physique des lasers<sup>1</sup> à Villeneuve. L'enjeu est de mettre au point des appareils compacts. » Les lasers à semi-conducteur sont les candidats tout trouvés. Ou plutôt, un type particulier d'entre eux : celui à cascade quantique. Inventé dans les années 1990, on commence tout juste à maîtriser sa conception. Pour le fabriquer, les chercheurs recréent artificiellement, en empilant un grand nombre de couches nanométriques, une sorte d'escalier à électrons. Une fois excités par un courant électrique, ces derniers sont forcés de descendre les marches les unes après les autres – d'où le nom de cascade – en émettant à chaque fois de la lumière. Grâce à cette technique, on peut couvrir un très large domaine de longueurs d'onde infrarouges, de 3 à 300 microns environ.

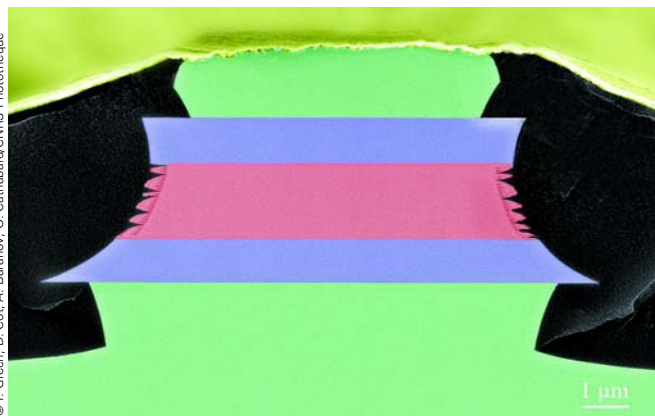
De quoi ouvrir un vaste champ d'applications. Entre 3 et 10 microns, on trouve en effet la région des « empreintes digitales des molécules ».

La plupart des molécules y absorbent en effet la lumière à des fréquences lumineuses bien précises. En envoyant un faisceau laser dans un échantillon, et en mesurant comment la lumière a été atténuée suivant la longueur d'onde, on peut remonter à ses différents composants, même si ceux-ci sont présents à l'état de traces. Cette spectroscopie infrarouge permet notamment de détecter des molécules polluantes dans l'air. Compact, le laser à cascade quantique pourrait se glisser partout et constituer dans le futur une sonde indispensable.

## UN MILLION DE LASERS EN UN

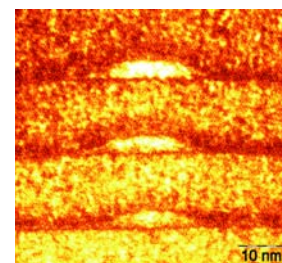
D'autant qu'il pourrait bénéficier un jour d'une technique naissante qui promet de révolutionner la spectroscopie : le peigne de fréquence. Derrière ce terme se cache en réalité un laser femtoseconde, c'est-à-dire délivrant des impulsions de l'ordre du femtoseconde ( $10^{-15}$  seconde), d'un type particulier : « Grâce à lui, on obtient un faisceau laser qui contient l'équivalent d'un million de lasers émettant chacun une longueur d'onde

Coupe d'une diode laser à cascades quantiques. Les photons sont émis par la couche faite d'arséniure d'indium et d'antimoniure d'aluminium, en rouge.

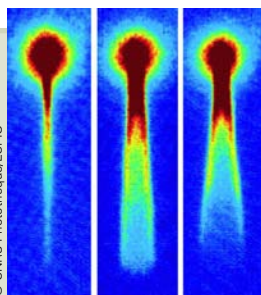


© P. Grech, D. Cot, A. Baranov, O. Cathabard/CNRS Photothèque

Empilement de trois plans d'îlots quantiques d'arséniure d'indium, élaborés sur un substrat d'arséniure de gallium.



© G. Patriarche/LPN



© CNRS Photothèque/LCFO

**Bose-Einstein. En clair, un nouvel état de la matière dans lequel les atomes ont tous exactement les mêmes propriétés. On réussit ensuite à libérer les atomes de ce condensat : le laser à atomes**

était né. « Il nous faut maintenant relever deux grands défis pour que ce laser sorte des laboratoires, explique Philippe Bouyer, du Laboratoire Charles-Fabry de l'Institut d'optique<sup>1</sup> à Palaiseau. Le miniaturiser au maximum et créer un jet d'atomes en continu. » Nul doute qu'il trouverait alors de multiples usages : « Un laser à atomes continu serait un atout

Les lasers à atomes émettent un jet d'atomes tous identiques, comme le sont les photons d'un faisceau laser classique.

majeur dans certaines applications, par exemple les interféromètres atomiques qui autorisent des mesures extrêmement sensibles de la gravitation, importantes

aussi bien en science fondamentale (comme tests de la relativité générale) que pour la détection des ressources du sous-sol », promet Alain Aspect.

J.B.

1. Unité CNRS / Université Paris-XI / Institut optique graduate school.

Contact : Philippe Bouyer, philippe.bouyer@institutoptique.fr

bien déterminée », explique Nathalie Picqué, du Laboratoire de photophysique moléculaire<sup>2</sup> à Orsay. Mis au point à la fin des années 1990 pour des applications en lumière visible, il pourrait s'étendre à la spectroscopie infrarouge dans le futur. « On pourra détecter plusieurs molécules simultanément en un temps excessivement court, poursuit la chercheuse. Ce qui rendra possible l'analyse en temps réel d'une chaîne de production, alimentaire ou pharmaceutique par exemple. » Reste maintenant à développer un laser infrarouge capable d'émettre de très brèves impulsions. Le laser à cascade quantique figure sur la liste des candidats possibles.

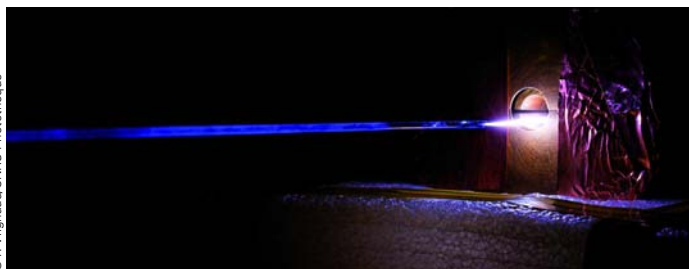
Mais la prometteuse carrière de ce laser ne s'arrête pas là. Du côté des grandes longueurs d'onde, il offre aussi de séduisantes perspectives. Entre 100 et 300 microns se situe le domaine des ondes térahertz<sup>3</sup>, qui suscitent >

> un intérêt grandissant. Comme les rayons X, ces rayonnements ont la particularité de traverser facilement la peau et les vêtements mais sans en présenter les dangers. Très actives, les recherches devraient bientôt conduire au développement d'appareils d'imagerie dans les hôpitaux. Sans oublier que les ondes térahertz, du fait de leur fréquence élevée, pourraient permettre dans le futur des communications sans fil cent fois plus rapides que les réseaux wifi actuels. Parce qu'ils sont les seuls dispositifs compacts actuellement capables de produire de telles ondes, les lasers à cascade quantique sont bien partis pour s'emparer de ce marché. Avec un bémol toutefois : dans cette gamme d'énergie, il faut les refroidir à  $-100\text{ }^{\circ}\text{C}$  pour qu'ils puissent fonctionner. « *Le défi actuel est d'arriver à la température ambiante, note Raffaele Colombelli, chercheur à l'Institut d'électronique fondamentale<sup>4</sup> à Orsay. Il faudra pour cela mieux comprendre le phénomène et tester différents types de matériaux mais je n'ai pas de doute qu'on puisse un jour y arriver.* »

Autre valeur montante parmi les lasers à semi-conducteur : le laser à îlots quantiques. Cette fois, au lieu de couches, ce sont des grains nanométriques qui sont insérés au sein d'une matrice également semiconductrice. L'idée ? Non seulement, faire baisser drastiquement le courant électrique nécessaire pour alimenter le laser, ce qui aurait également le mérite de moins le faire chauffer, mais également le rendre insensible aux écarts de température environnants, ce qui faciliterait le déploiement de la fibre optique à nos domiciles. Autant dire que le laser à îlots quantiques est un candidat incontournable pour les télécommunications de demain.

Impossible de parler de la miniaturisation des lasers sans évoquer leur avenir potentiel au sein des ordinateurs du futur. Dans ces derniers en effet, la lumière pourrait venir remplacer les électrons actuellement utilisés, ce qui permettrait par exemple de transmettre des informations beaucoup plus rapidement. Les chercheurs travaillent aussi sur de nouvelles sources laser qui seraient capables de générer des photons uniques, notamment pour des transmissions sécurisées par cryptographie quantique. Mais le chemin s'annonce encore long car on est encore très loin des niveaux de miniaturisation de la microélectronique.

**Miniaturisation, puissance... une course s'est engagée pour rendre les lasers plus performants.**



© F. Vignaud/CNRS Photothèque

## TOUJOURS PLUS DE PUISSANCE

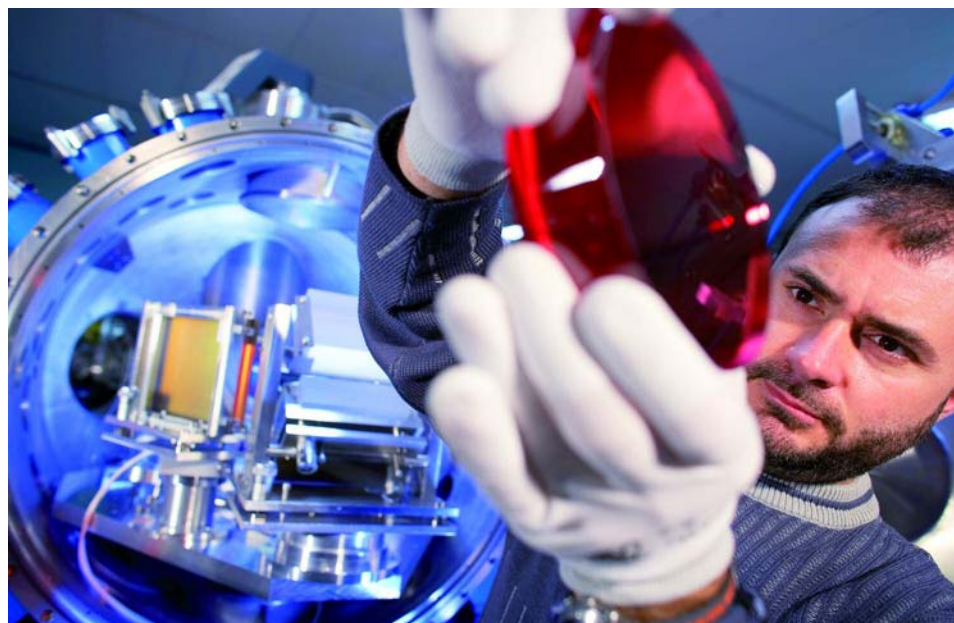
Si une course à la miniaturisation s'est engagée d'un côté, une course à la puissance s'est ouverte de l'autre. C'est que l'industrie, grande consommatrice de lasers pour découper, souder, ou encore percer, est sans cesse demandeuse d'instruments toujours plus performants. Le laser à fibre, surtout, devrait tirer son épingle du jeu. Héritier de la technologie utilisée dans les fibres optiques transocéaniques pour amplifier le signal à intervalles réguliers, il s'apprête à succéder aux lasers de puissance actuels. Il est constitué d'une fibre optique dans laquelle ont été dispersés des ions de terres rares (un groupe de métaux dont font partie l'erbium ou l'ytterbium), qui, une fois excités par une diode laser, produisent la lumière. Celle-ci chemine le long de la fibre avant de sortir sous la forme d'un puissant faisceau. Le grand atout de ce laser, c'est que tous ses composants sont intégrés, et donc protégés, dans la fibre optique. De quoi le rendre beaucoup plus fiable, plus compact et doté d'un meilleur rendement que ses concurrents.

D'ici à une dizaine d'années, une autre stratégie devrait permettre de gagner encore plus en puissance. En plein développement dans les laboratoires, la combinaison, dite cohérente, de lasers vise à coupler plusieurs faisceaux entre eux pour concentrer toute leur puissance dans un seul

## LA PUISSANCE DU SOLEIL DANS UN LASER

Parce qu'elle pourrait constituer dans le futur une source d'énergie relativement propre et quasiment illimitée, la fusion thermonucléaire fait actuellement l'objet de recherches intensives. Son principe, qui imite le fonctionnement du Soleil : faire fusionner des noyaux de tritium et de deutérium et récupérer l'énergie produite par la réaction pour alimenter des turbines. Deux voies sont explorées pour y parvenir : le confinement magnétique d'un côté (avec le futur projet Iter notamment) et le confinement par des lasers de l'autre. « *La puissance conjuguée de plusieurs faisceaux lasers permet de comprimer une cible remplie d'un mélange de deutérium et de tritium qui se met alors à chauffer, explique François Amiranoff, directeur du Laboratoire pour l'utilisation des lasers intenses<sup>1</sup> à Palaiseau. Si on parvient à atteindre une température de 100 millions de degrés, la fusion s'enclenche et se propage à l'ensemble de l'échantillon.* » Cet allumage du combustible devrait être atteint dans les années qui viennent par le projet américain NIF, puis en France par le Laser Mégajoule (LMJ). L'étape suivante sera de construire un réacteur

rayon. « *Pour cela, il faut faire vibrer tous les lasers exactement en même temps* », précise Vincent Couderc, de l'institut de recherche Xlim à Limoges<sup>5</sup>. Pour y arriver, les chercheurs utilisent toute une batterie de miroirs déformables, lentilles et autres systèmes optiques complexes. Mais le jeu en vaut la chandelle : la technique permettra de conserver un faisceau intense sur une très longue distance, chose impossible avec un seul laser. Elle intéresse déjà l'industrie spatiale qui compte l'utiliser un jour dans son projet de centrale sur orbite : des satellites capteraient



© A. Chézard/CNRS Photothèque

**Réglage du laser pilote de la station Laserix, à Orsay, destinée au développement de lasers X-UV à très grande intensité.**





Mise en place de la chambre d'expérience du Laser Mégajoule, au centre de laquelle se concentrera la puissance de 200 lasers.

prototype pour produire de l'énergie. Ce sera l'ambition du projet européen Hiper, qui devrait débiter à l'horizon 2025.

J.B.

1. Unité CNRS / CEA / Paris-VI / École polytechnique.

Contact : François Amiranoff,  
francois.amiranoff@polytechnique.fr

24 h/24 l'énergie du soleil avant de la transmettre sur terre par laser.

## UNE ÉNERGIE COLOSSALE

Mais les avancées les plus spectaculaires en termes de puissance viendront des lasers ultra-intenses installés dans de gigantesques infrastructures. La taille de l'un d'entre eux, le Mégajoule (LMJ), construit actuellement par la direction des applications militaires du CEA à Bordeaux, et qui sera mis en route en 2014, parle d'elle-même : 300 mètres de long pour 100 mètres de large. « Au cœur de l'installation, près de 200 faisceaux laser convergent en un point, explique Patrick Mora, président de l'Institut lasers et plasmas<sup>6</sup>, qui coordonne les expériences scientifiques civiles du projet. Avant cela, chaque faisceau traverse des tubes de verre qui produisent de la lumière au moment même de son passage et l'amplifie ainsi un peu plus à chaque fois. En 300 mètres, on passe d'un mince rayon laser à un faisceau intense large de 40 centimètres ! » Focalisés sur une toute petite cible d'un millimètre, les 200 lasers permettent d'atteindre une énergie colossale de 2 mégajoules l'espace de quelques nanosecondes seulement. L'échantillon est alors comprimé à l'extrême et chauffé à des températures pouvant atteindre 100 millions de degrés. Des conditions infernales capables de simuler, à petite échelle, le fonctionnement d'une bombe atomique. On comprend alors pourquoi le LMJ, financé par des budgets militaires, est une pierre angulaire du programme de dissuasion français, après l'arrêt définitif des essais nucléaires.

Mais les scientifiques civils, évidemment, s'intéressent eux aussi de près à ce projet. 20 % des tirs leur seront consacrés. « La liste est longue des phénomènes que l'on pourra reproduire avec le LMJ : le comportement de la matière au centre de la Terre et des planètes géantes, le fonctionnement intime du Soleil, la formation des étoiles d'un côté et leur explosion de l'autre, etc. », anticipe le physicien. Les scientifiques poursuivront leur quête de l'extrême avec une autre machine, titanesque elle aussi : le projet européen ELI (Extreme Light Infrastructure), qui devrait voir le jour vers 2017. Cette fois, les impulsions laser qui seront envoyées sur les cibles seront beaucoup plus brèves, de quelques femtosecondes. Toute l'énergie sera ainsi concentrée en un temps extrêmement court. De quoi atteindre, sur une toute petite surface, une puissance instantanée gigantesque de plusieurs dizaines de pétawatts<sup>7</sup>, soit beaucoup plus que la puissance électrique produite par toutes les centrales du monde réunies ! « Le champ électrique sera alors tellement intense que les particules seront accélérées sur quelques microns ou millimètres à la vitesse de la lumière, explique Fran-

çois Amiranoff, directeur du Laboratoire pour l'utilisation des lasers intenses à Palaiseau. *En ralentissant, elles émettront un flash de rayons X et gamma à la fois très bref et extrêmement fin.* » On pourra ainsi réaliser des clichés instantanés de la matière au niveau atomique, suivre l'évolution d'une molécule biologique ou encore sonder des matériaux très épais. En diminuant encore plus la durée de l'impulsion laser (jusqu'à l'attoseconde, soit  $10^{-18}$  seconde), et donc en augmentant sa puissance, les chercheurs tenteront la prouesse de créer de la matière à partir du vide. Selon la théorie quantique, en effet, le vide complet n'existe pas : des particules y apparaîtraient et disparaîtraient en permanence. Ultra-intense, le faisceau d'ELI pourrait séparer ces particules les unes des autres et les révéler ainsi aux scientifiques. Ouvrant ainsi la voie à une physique totalement nouvelle.

Julien Bourdet

1. Laboratoire CNRS / Université Paris-XIII.
2. Fédération de recherche CNRS / Université Paris-XI.
3. Car la fréquence de ces rayonnements est de l'ordre du térahertz (soit 1 012 hertz)
4. Laboratoire CNRS / Université Paris-XI.
5. Unité CNRS / Université de Limoges.
6. Groupement d'intérêt scientifique CNRS et CEA.
7. Un pétawatt correspond à  $10^{15}$  watts.

## CONTACTS

- **François Amiranoff**  
francois.amiranoff@polytechnique.fr
- **Raffaële Colombelli**  
raffaele.colombelli@u-psud.fr
- **Vincent Couderc**  
vincent.couderc@xlim.fr
- **Martial Ducloy**  
martial.ducloy@univ-paris13.fr
- **Françoise Lozes**  
francoise.lozes@laas.fr
- **Patrick Mora**  
patrick.mora@cphpt.polytechnique.fr
- **Nathalie Picqué**  
nathalie.picque@u-psud.fr

## POUR EN SAVOIR PLUS

### À LIRE

- > **Le laser**, Fabien Bretenaker et Nicolas Treps, éd. EDP sciences, 2010.
- > **La lumière à ma portée. Du soleil au laser, la lumière dans tous ses états**, Guy Taïeb, Raymond Vetter, éd. Cépaduès, 2007.
- > **Lasers**, Jean-Pierre Faroux, Bernard Cagnac, éd. EDP Sciences, 2002.

> **Introduction aux lasers et à l'optique quantique**, de Claude Fabre, Gilbert Grynberg et Alain Aspect, éd. Ellipses, 1997.

> **D'où vient la lumière laser ?** Evelyne Gil, éd. Le Pommier, 2006.

### EN LIGNE

> Tout savoir sur le laser, ses applications et les événements prévus pour célébrer ses 50 ans : [www.50ansdulaser.fr](http://www.50ansdulaser.fr)

### À VOIR EN LIGNE

- > **50 ans du Laser**, un album photos à découvrir à la une de la banque d'images du CNRS. <http://phototheque.cnrs.fr>
- > **Lasers, les 50 ans**, une sélection d'une trentaine vidéos à la une du catalogue de films du CNRS. <http://videotheque.cnrs.fr>



1

ARCHÉOLOGIE

# Jeux de mains à Bornéo

Longtemps restées inviolées, les grottes de Bornéo renferment de véritables chefs-d'œuvre : des dessins de mains en négatif réalisés par des humains il y a plus de 10000 ans. Entre 1994 et 2006, un scientifique et un explorateur, Jean-Michel Chazine et Luc-Henri Fage, ont découvert près de 2000 empreintes de mains, une abondance sans équivalent dans le monde. Ils publient aujourd'hui un ouvrage magnifiquement illustré qui permet de découvrir ces trésors.



© Photos : L.H. Fage

2





3

4

5

6

7

8

**1** Le porche de Gua Mardua domine la jungle. C'est dans cette grotte que les premières mains « négatives » ont été découvertes.

**2** Le « bouquet de mains » retrouvé à Ilas Kenceng figure parmi les motifs les plus esthétiques de Bornéo.

**3** et **4** Véritables nids d'aigle situés à flanc de falaise, les grottes sont très difficiles d'accès.

**5** Relevé photographique à Ilas Kenceng. Large de 3,65 m, la fresque, qui combine des animaux et des mains négatives, est la plus grande de Bornéo connue à ce jour.

**6** La grande originalité des mains de Bornéo est qu'elles comportent des motifs tous différents les uns des autres. Certaines, en plus, sont reliées entre elles comme pour signifier des liens entre les individus.

**7** Cette frise est composée de mains d'hommes (les plus en haut) mais aussi de femmes (en bas), comme l'a montré la mesure du rapport entre l'index et l'annulaire.

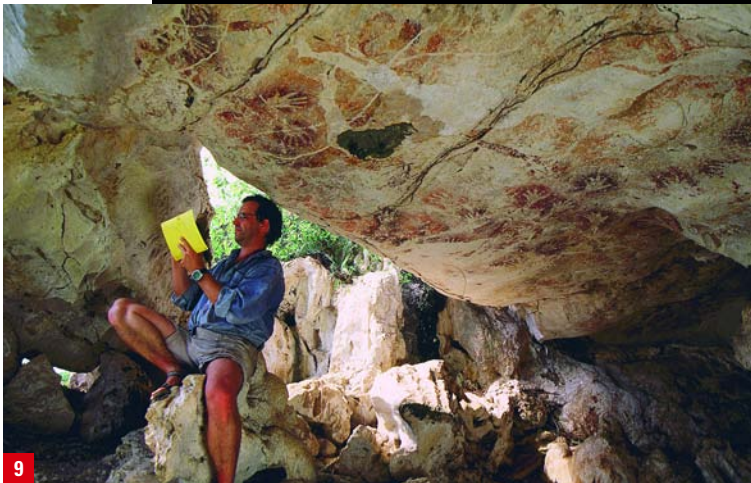
**8** Pour dater les peintures, les scientifiques prélèvent soit du pigment ocre (comme sur la photo), soit du calcaire qui recouvre les dessins. Ils ont ainsi estimé l'âge des mains négatives à plus de 10 000 ans.

**A**près plusieurs jours de marche dans la jungle puis une ascension périlleuse de la falaise où il faut s'agripper au moindre morceau de roche, saisir la moindre racine pour progresser, les deux hommes et leurs guides atteignent enfin l'entrée de la grotte, un immense porche perché à 100 mètres de hauteur avec une vue imprenable sur la forêt luxuriante. Jean-Michel Chazine, archéologue, commence à fouiller le sol à la recherche d'indices de la présence d'hommes préhistoriques. Luc-Henri Fage, spéléologue, explore la cavité, observant les nombreuses concrétions calcaires qu'elle accueille. Soudain, son regard est attiré par une tache sur la paroi aux formes étranges. Il s'en rapproche avant de crier à son acolyte : « *Des mains !* » Là, sur les murs de la grotte, s'étalent des dessins de mains par dizaines réalisés par des humains grâce à de l'ocre rouge il y a plus de 10 000 ans. Ce 20 août 1994, en plein cœur de la forêt vierge, les explorateurs viennent de découvrir Gua Mardua, la toute première grotte ornée de l'île indonésienne

de Bornéo. « *C'était un choc*, raconte Jean-Michel Chazine, du Centre de recherche et de documentation sur l'Océanie<sup>1</sup> à Marseille. *D'abord parce que très peu de gens ont la chance de mettre au jour des peintures rupestres. Mais aussi parce que tous les spécialistes disaient qu'il était impossible d'en trouver sur une île aussi isolée que Bornéo.* » Et les deux compères ne sont pas au bout de leurs surprises. Au cours des missions suivantes qu'ils vont accomplir jusqu'en 2006, ils découvriront bien d'autres peintures de mains. Près de 2 000, réparties dans une quarantaine de grottes et formant de véritables chefs-d'œuvre à elles seules. Sans oublier les 265 dessins représentant des animaux ou autres personnages anthropomorphes.

On croyait Bornéo dépourvue de peintures préhistoriques, voilà que l'île se révèle en réalité d'une richesse incroyable. Et plus que tout, ce sont ses mains en négatif qui fascinent. Leur abondance n'a pas sa pareille ailleurs. « *On retrouve ce genre d'empreintes sur tous les continents mais celles de Bornéo* >





© S. Calliaut



© Photos : L.H. Fage



12

**9** Les scientifiques disposent souvent de peu de temps pour faire un premier relevé des peintures. Dans cette situation rien ne vaut le dessin à main levée, comme ici à Gua Tetew.

**10** et **11** Les relations entre générations sont visibles dans les grottes de Bornéo, comme en témoigne cette peinture de Gua Tetew où deux mains d'adultes (à droite) sont reliées à deux mains d'enfants (à gauche).

**12** Installation du bivouac dans la grotte de Gua Ham, riche en concrétions calcaires. Les conditions de vie et de travail sont souvent très rudimentaires dans ces lieux humides et très difficiles d'accès.

> sont exceptionnelles à plus d'un titre, commente Jean-Michel Chazine. D'ordinaire, les mains sont toujours entourées d'autres dessins, d'animaux notamment. Mais à Bornéo, certaines grottes ne contiennent que des mains, formant de magnifiques compositions. Autre particularité étonnante : l'intérieur d'un grand nombre de mains a été décoré de motifs (lignes, points, chevrons...), tous différents les uns des autres. »

Des découvertes qui obligent aujourd'hui les archéologues à réinterpréter le rôle de ces représentations de mains dans les sociétés préhistoriques, vues souvent comme un simple rituel de chasse. Pour Jean-Michel Chazine, la fonction de ces empreintes est bien plus complexe. « Pour réaliser un tel dessin, il faut appliquer sa main contre la paroi de la grotte. Puis crachoter de l'ocre rouge mise dans la bouche. Comme un pochoir, la main apparaît alors en négatif. Eh bien, cette succession de gestes est exactement la même que celle des guérisseurs qui imposent leur main sur le corps d'un malade avant d'y crachoter des substances thérapeutiques. Pour moi, ce n'est pas un hasard. Ces dessins ont peut-être été exécutés au cours de rituels incantatoires où les guérisseurs venaient récupérer de l'énergie pour la mettre ensuite au service de leur communauté. »

Quand aux ornements qui remplissent certaines mains, l'archéologue y voit la représentation symbolique d'une famille ou d'un clan. Dans certains cas, les mains tatouées sont même

reliées entre elles, comme cet « arbre de vie » découvert dans la grotte de Gua Tetew où une sorte de liane va de mains en mains. « On peut imaginer que lorsqu'il y avait un problème au sein de la communauté ou entre différentes tribus, ces mêmes guérisseurs tentaient de les résoudre en tissant sur les murs des grottes des liens symboliques entre les individus. »

Ainsi, les grottes de Bornéo devaient autrefois être le lieu de cérémonies aux rituels extrêmement codifiés et réservées aux seuls initiés. Un scénario conforté par le fait que les abris sont difficiles d'accès et vides de toute trace d'occupation prolongée. Malheureusement, ces sanctuaires du passé sont menacés aujourd'hui de disparition. La déforestation, qui bouleverse les conditions climatiques naturelles, accélère la dégradation des peintures due à l'humidité, aux bactéries et autres dépôts de calcaire. Alors, pour sauvegarder ce patrimoine unique au monde, les deux découvreurs tentent à présent de convaincre les autorités indonésiennes de classer la région en parc naturel. Pour que les mains de Bornéo continuent d'émouvoir encore longtemps.

Julien Bourdet

→ **À lire** : « Les empreintes de mains se donnent un genre », *Le journal du CNRS*, n° 192, janvier 2006, p. 10.

→ **À voir** : *Traces de vies* (2008, 52 min) de Catherine Michelet, produit par L'Azalaï et CNRS Images – [http://videotheque.cnrs.fr/index.php?urlaction=doc&id\\_doc=2001](http://videotheque.cnrs.fr/index.php?urlaction=doc&id_doc=2001)

I. Unité CNRS / Université de Provence.



LE LIVRE

## Bornéo, la mémoire des grottes

Luc-Henri Fage et Jean-Michel Chazine, éd. Fage, 2009, 176 p. – 35 €.

### CONTACT

→ **Jean-Michel Chazine**  
Centre de recherche et de documentation sur l'Océanie, Marseille  
jmchazine@lycos.com



# Gwenaëlle Aubry

Philosophe – Prix Femina 2009

## Une philosophe très romanesque

Elle sort de quelques mois « un peu fous ». Lauréate du prix Femina en novembre dernier pour son roman *Personne*<sup>1</sup>, Gwenaëlle Aubry, historienne de la philosophie au Centre Jean-Pépin du CNRS et philosophe, retrouve enfin son « régime de solitude et d'autarcie ». Des journées, remplies par ses recherches, passées à traduire les textes et à reconstituer une pensée, notamment en histoire de la philosophie antique et de la philosophie médiévale. Des soirées grignotées par la préparation des cours donnés à la Sorbonne et à l'École normale supérieure (ENS). Et bien sûr, dès qu'une nouvelle idée de roman s'imposera, la jeune femme de 39 ans à peine devra « aussi lui faire une place », tôt le matin.

Écrire. Essais, traductions, romans, peu importe la forme. Dès l'enfance, elle savait qu'il lui faudrait organiser sa vie autour de cette nécessité absolue. « Il m'a toujours semblé que la vie ne s'épuisait pas dans le seul fait d'être vécue... » En classe de terminale, sa « voracité de littérature » se cogne avec la philosophie, nouvelle matière rencontrée comme un coup de foudre. « J'avais enfin l'impression de reconnaître la langue que j'avais envie et besoin d'entendre. » Entrée à l'ENS à 18 ans, elle mène de front licence de lettres et licence de philosophie, puis fait de cette dernière son « engagement exclusif ». Maîtrise, agrégation, DEA et thèse de philosophie, elle enchaîne le parcours logique, saisit les opportunités d'échanges étudiants à l'étranger, à Pise puis à Cambridge où elle obtient un master et commence une thèse. « Il y avait là-bas une grande suspicion sur la métaphysique, mon domaine d'étude », se souvient-elle. La métaphysique : le mot a été inventé dans l'Antiquité pour répertorier les écrits d'Aristote qui venaient après – méta en grec – ses leçons de physique. Au final, il désigne une branche de la philosophie dont les questions fondamentales résonnent en chacun de nous : l'existence de Dieu, le sens de la vie, etc. Mais la dialectique du philosophe pour y répondre obéit à une logique et un vocabulaire complexes. La chercheuse allume une fine cigarette d'un geste élégant et s'y essaie...



© S. Haskell

« Il m'a toujours semblé que la vie ne s'épuisait pas dans le seul fait d'être vécue. »

« Depuis ma thèse, je travaille beaucoup sur la notion de puissance, d'Aristote à Leibniz. Plus particulièrement comment on est passé de l'en-puissance à la toute-puissance », explique-t-elle l'air sérieux. Pour suivre, il faut savoir que dans son système de pensée, Aristote, qui cherche à décrire toute chose, sépare ce qui est « en acte » (ce qui est accompli ou parfait) de ce qui est « en puissance » (capable d'un mouvement qui tend à l'acte) : par exemple un bloc de marbre recèle « en

puissance » une statue qui y serait sculptée. « Selon Aristote, Dieu est un acte sans puissance », reprend-elle, ponctuant chaque fin de phrase par un sourire séducteur. Puis, au fil des siècles, un glissement de pensée, opéré par l'entremise d'un glissement sémantique, en a fait au Moyen

Âge un Dieu tout-puissant. « Mais un Dieu tout-puissant n'est soumis à aucune loi, ni morale, ni physique, ni logique. Ce qui m'intéresse, c'est comment cette figure-là s'est substituée au Dieu aristotélésien », explique la philosophe.

Et le CNRS ? « J'y suis entrée en 2002, après ma thèse et trois ans en tant que maître de conférences à Nancy. J'avais besoin de plus de temps pour mes recherches et le CNRS m'a offert ce luxe inestimable. » En tirant sur les vingt-quatre heures de la journée, elle est aussi depuis devenue l'auteur de cinq romans. Mais surtout, pas de mélange des genres. « J'ai toujours évité d'écrire des romans à thèse philosophique et évité toute rhétorique littéraire en philosophie. J'ai trop de goût pour ces deux disciplines pour faire de l'une la servante de l'autre. » Seules les thématiques parfois se télescopent. Son roman *Personne*, hommage à « celui qui fut [son] père », brillant juriste atteint de psychose maniaco-dépressive, est ainsi le portrait d'un homme étranger à lui-même et au monde, à la recherche d'un « moi » qui sans cesse lui échappait. « Cela rejoint effecti-

vement un autre de mes domaines d'études : l'histoire et la constitution de la notion de « moi », notamment à travers Plotin<sup>2</sup> que j'ai traduit », commente-t-elle la voix posée, chez elle, dans le bureau où ses deux filles de 9 et 2 ans savent qu'il ne faut pas la déranger. Son appartement parisien surplombe les quatre bâtiments en forme de livre ouvert de la Bibliothèque nationale de France. Il semble lui aussi toujours penché sur les bouquins.

Charline Zeitoun

1. *Personne*, éd. Mercure de France, août 2009, 160 p. – 15 €.
2. *Philosophe grec*, 205 - 270 après J.-C.

### CONTACT

→ Gwenaëlle Aubry  
Centre Jean Pépin, Villejuif  
g.aubry@vjf.cnrs.fr

## FINANCEMENT DE LA RECHERCHE

## « Une vraie dynamique s'est créée »

L'Agence nationale de la recherche (ANR) fête son cinquième anniversaire. Sa directrice générale, Jacqueline Lecourtier, dresse un premier bilan, évoque la place de l'agence dans le paysage scientifique, ses relations avec le CNRS et les étapes à venir.

## Avant tout, quel est le rôle de l'ANR ?

**Jacqueline Lecourtier** : Créée en 2005, l'ANR est une agence de financement de la recherche. Chaque année, nous lançons des appels à projets (AAP). Les chercheurs déposent ensuite leurs dossiers, et les meilleurs sont sélectionnés. Pour les AAP non thématiques, l'excellence scientifique et technique est l'unique critère de sélection. La pertinence économique entre également en jeu pour les projets menés par des entreprises. Les projets retenus sont financés pour une durée maximale de quatre ans. Mais cette durée peut être doublée quand nous finançons la suite de projets arrivés à leur terme : c'était le cas pour 15 % des projets soutenus l'an passé. En 2009, 58 AAP ont été lancés, issus de sept programmes : biologie et santé ; écosystèmes ; énergie et écotechnologies ; Stic<sup>1</sup> et nanotechnologies ; sciences humaines et sociales ; matériaux, procédés, sécurité ; non thématique. Un budget de 657 millions d'euros a été alloué aux 1 341 dossiers retenus.

## Quel bilan dressez-vous de l'agence depuis sa création ?

**J. L.** : La demande s'est maintenue à un niveau élevé, avec environ 6 000 projets soumis chaque année ! Autre enseignement, le financement moyen augmente : de 267 000 € en 2005, il atteint aujourd'hui 480 000 €. Parallèlement, une vraie dynamique s'est créée : les projets pluridisciplinaires se multiplient, la qualité et la structuration des dossiers soumis s'améliorent, et des consortiums entre public et privé se sont mis en place pour répondre à nos appels. C'est une réelle satisfaction car un de nos objectifs est de stimuler la création de partenariats. Nous nous réjouissons aussi du taux de placement des jeunes chercheurs sur le marché de l'emploi après un CDD ou un post-doctorat financé grâce à l'ANR. Selon la dernière enquête, moins de 5 % d'entre eux se retrouvent ensuite au chômage. Enfin, une des grandes évolutions concerne le pourcentage du budget consacré au programme non thématique. Il est passé de 28 % en 2005 à 35 % en 2009, et atteint 50 % en 2010. Cette progression répond à la demande de scientifiques académiques pour qui la liberté de choix des sujets est une condition nécessaire de succès de la recherche et de l'innova-



© J. Le Goff

tion. C'était notamment celle de nombreuses équipes du CNRS. Conséquence : le nombre de demandes pour des projets non thématiques a bondi de 35 % en 2010.

## D'autres modifications ont-elles été opérées depuis 2005 ?

**J. L.** : Nous avons mis en place une démarche qualité qui a porté ses fruits. Tout d'abord, l'évaluation des projets et le processus de sélection se sont sensiblement améliorés<sup>2</sup>. Les délais de réponse se sont homogénéisés et ne sont plus que de quatre mois maximum. Quant au temps nécessaire entre la sélection des dossiers et l'arrivée des fonds dans les laboratoires, il n'excède pas six mois. Parallèlement, les dossiers de demande de financement ont été simplifiés au maximum. Toutes les informations aujourd'hui demandées sont vraiment indispensables pour effectuer une évaluation pertinente, et permettent de gagner du temps sur la phase de contractualisation. Nous sommes également dans un processus d'amélioration continue des explications envoyées aux porteurs de projets non sélectionnés : près de 4 500 refus doivent être expliqués chaque année ! Enfin, en février 2008, l'agence s'est dotée d'un Conseil de prospective afin d'anticiper au mieux sur les sujets qui feront l'actualité de demain. Nous organisons aussi cinq à six ateliers de réflexion prospective par an, ciblés sur des questions stratégiques telles que la réduction des dépenses de santé ou le réchauffement climatique.

## Quels liens entretient l'ANR avec le CNRS ?

**J. L.** : Précisons tout d'abord que plusieurs experts issus du CNRS figurent dans nos rangs : Alain Aspect, directeur de recherche au CNRS et Médaille d'or de l'organisme en 2005, est membre du Conseil d'administration présidé par Jacques Stern, lui-même Médaille d'or du CNRS en 2006 ; Patrick Chaussepied dirige le département biologie-santé. La responsabilité de nombreux programmes de l'ANR est également confiée à certains de ses chercheurs. Par ailleurs, la mobilisation des scientifiques du CNRS est forte pour nous aider à évaluer les projets, notamment ceux du programme blanc où ils

**BIOLOGIE  
SANTÉ**  
28 %

**STIC  
NANOTECHNOLOGIES**  
28 %

**RÉPARTITION DES  
FINANCEMENTS POUR LES  
APPELS À PROJETS THÉMATIQUES**  
(de 2005 à 2008)

représentent près de 50 % des experts sollicités. Depuis la création de l'agence, l'unité support<sup>3</sup> pour la gestion de ce programme est d'ailleurs une unité propre du CNRS. Et grâce à sa récente réforme en Instituts thématiques, il devrait être encore plus pertinent pour nous aider à la programmation scientifique, et à dresser le bilan des projets arrivés à terme. Côté financements, le CNRS est le premier bénéficiaire des dotations accordées par l'ANR depuis sa création, à égalité avec les universités (environ 24 % chacun).

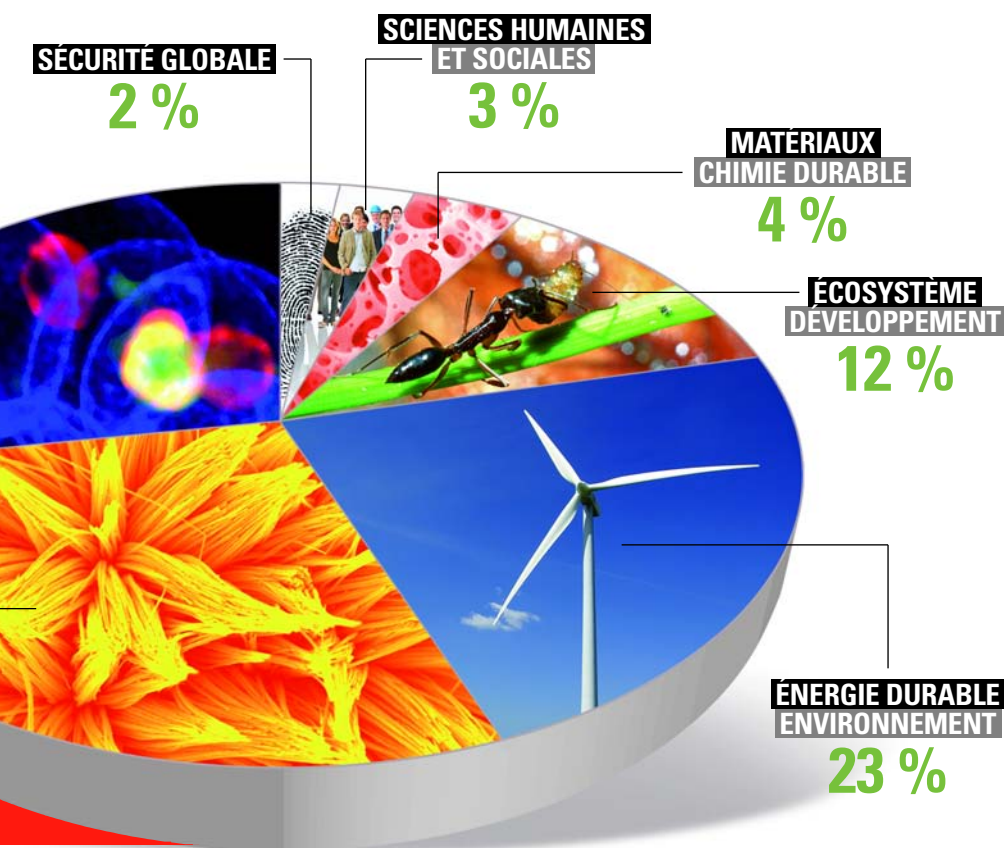
**Plus largement, comment se positionne l'ANR dans le paysage scientifique français récemment redessiné ?**

**J. L.** : Même si son budget ne représente que 8 % de la dépense publique nationale de recherche, l'agence apporte de la flexibilité dans le

**L'ANR  
EN CHIFFRES**

**150 personnes / Environ 50 appels à projets par an / Près de 6 000 projets soumis chaque année / 5 800 projets et 20 000 équipes financés entre 2005 et 2009 / Budget total attribué depuis 2005 : 2,4 milliards d'euros / Budget 2009 : 860 millions d'euros dont 3,2 % affectés aux frais de fonctionnement / Taux de sélection 2009 : 22,5 % / Aide moyenne par projet en 2009 : 430 000 € (projets académiques), 870 000 € (projets partenariaux)**





dispositif français. En effet, tous les acteurs sont éligibles à ses financements quelle que soit leur nature : organismes de recherche publique, établissements publics à caractère industriel et commercial, centres de recherche plus finalisée, entreprises... En outre, les projets peuvent couvrir des travaux fondamentaux ou plus appliqués en prise directe avec les besoins de la société, menés par une seule équipe ou en partenariat. L'ANR collabore également avec tous les acteurs de la politique de la recherche française. Le président du Haut Conseil de la science et de la technologie créé en 2006 siège dans notre Conseil d'administration. Installée en mars 2007, l'Agence d'évaluation de la recherche et de l'enseignement supérieur (AERES) nous renseigne sur les laboratoires financés. Nous prenons aussi en compte les avis et les demandes du Conseil supérieur de la recherche et de la technologie. Et dans ce paysage scientifique redessiné, les universités autonomes pourraient constituer des forces de proposition très efficaces.

#### Quels sont vos prochains objectifs ?

**J.L. :** Le développement à l'international devrait s'intensifier. D'une cinquantaine en 2006, le nombre de projets transnationaux est passé à 158 en 2009 et devrait encore augmenter dans les années à venir. En effet, la collaboration entre équipes françaises et étrangères ne doit pas constituer un frein pour solliciter nos financements. Pour y parvenir, l'ANR a tissé des liens avec toutes ses agences sœurs de par le monde et est aujourd'hui reconnue au niveau mondial. Nous

allons également améliorer les partenariats entre public et privé, notamment avec les PME, via des appels à projets encore plus attractifs et la consolidation du dispositif Carnot<sup>4</sup>. Parallèlement, les liens extrêmement forts noués avec les pôles de compétitivité devraient encore se renforcer. L'agence augmente son financement de 7 % pour les partenaires de projets de pôles afin de les conforter dans leur dynamique. Mis en place en 2009, notre soutien financier pour le retour en France de postdoctorants qui se situent dans un parcours d'excellence devrait aussi porter ses fruits ; plus de cent demandes nous sont déjà parvenues l'an passé. Enfin, les AAP stimulant des domaines à l'interface entre sciences dures, humaines et sociales seront amplifiés.

**Propos recueillis par Jean-Philippe Braly**

→ **En savoir plus :** [www.agence-nationale-recherche.fr](http://www.agence-nationale-recherche.fr)

1. Sciences et technologies de l'information et de la communication.
2. Le processus de sélection des projets a obtenu la certification Iso 9001 de l'Afnor en 2008.
3. L'unité support est une entité qui aide l'ANR dans la gestion d'un programme. Dans le cas du programme blanc, c'est une unité du CNRS, l'Usar, qui a été chargée d'assurer l'animation, la gestion et le suivi scientifique ainsi que la gestion administrative et financière.
4. Les instituts labellisés Carnot reçoivent un abondement financier de l'ANR en fonction des contrats de recherche menés avec des acteurs du monde économique.

#### CONTACT

→ **Jacqueline Lecourtier**

Agence nationale de la recherche, Paris  
[communication@agencenationale-recherche.fr](mailto:communication@agencenationale-recherche.fr)

#### BRÈVES

## Coup d'envoi pour Guinevere

Le 4 mars dernier, à Mol, en Belgique, a eu lieu l'inauguration de Guinevere, la maquette du futur démonstrateur Myrrha, un « système piloté par accélérateur » (ADS) destiné au traitement des déchets nucléaires. Ce projet, qui implique entre autres le Centre d'étude de l'énergie nucléaire belge (SCK-CEN), le CNRS et le CEA, a pour objectif de prouver la capacité des ADS à incinérer les déchets nucléaires à l'aide de neutrons rapides. Un ADS consiste en un réacteur nucléaire dit « sous-critique », couplé à un accélérateur de particules. Pour pouvoir fonctionner et produire les neutrons rapides, le réacteur a besoin d'un apport d'énergie extérieur, fourni par l'accélérateur. Avant la construction de Myrrha et sa mise en fonction en 2022-2023, il était indispensable de réaliser des expériences afin d'appréhender les spécificités d'un ADS. C'est désormais possible grâce à Guinevere.

## Le CNRS et l'IRSN font recherche commune

Deux nouveaux laboratoires communs de recherche ont été créés par le CNRS et l'Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire (IRSN). Le C3R (Cinétique chimique, combustion et réactivité), qui implique le laboratoire de physicochimie des processus de combustion et de l'atmosphère<sup>1</sup>, étudiera la cinétique chimique, la radiochimie et la combustion. L'Etic (Étude de l'incendie en milieu confiné), auquel participe l'Institut universitaire des systèmes thermiques industriels<sup>2</sup>, s'intéressera quant à lui à la modélisation de l'incendie en milieu confiné. Fruits de collaborations établies de longue date, ces laboratoires permettront de conduire les recherches nécessaires à l'appréciation des risques liés aux activités nucléaires.

1. Unité CNRS/Université Lille-I.
2. Unité CNRS/Universités d'Aix-Marseille-I et -II.

## ORGANISATION

# Les bienfaits de la démarche qualité

Omniprésent dans le secteur industriel, le concept de démarche qualité est de plus en plus adopté par le monde de la recherche. Illustration avec des projets menés au sein de laboratoires du CNRS.

Jusqu'à la fin des années 1990, deux mots, sitôt prononcés, jetaient fatalement un trouble dans le Landernau de la recherche publique : démarche qualité. Venue du monde de l'entreprise où elle sert depuis des décennies à optimiser toutes les étapes de la fabrication d'un bien via l'adoption de normes nationales ou internationales, cette notion alimentait la crainte d'une avalanche de paperasserie et d'un productivisme contraire à l'indispensable liberté des chercheurs.

Les mentalités ont bien changé. La qualité fait désormais partie intégrante de très nombreux projets développés au sein d'organismes de recherche comme le CNRS, et ce toutes disciplines confondues. La mise en place d'un système de

management de la qualité permet en effet de « garantir, d'une part, l'intégrité, la traçabilité et la reproductibilité des données produites au cours de la recherche et, d'autre part, une organisation plus compétitive, plus fiable et plus transparente qui donne confiance aux partenaires », dit Nathalie Pasqualini, administratrice du Centre d'étude d'agents pathogènes et biotechnologie pour la santé<sup>1</sup> et qualité. Sans compter que chercheurs, étudiants et postdoctorants restent de moins en moins longtemps dans un même laboratoire. « Ils doivent donc avoir facilement accès au savoir-faire de l'unité où ils sont affectés. Et lorsqu'ils partent, le savoir-faire qu'ils ont eux-mêmes créé doit être conservé et accessible par d'autres. Le problème est identique pour le transfert des compé-

tences lorsqu'une personne part à la retraite, par exemple », renchérit Henri Valeins, responsable de la politique qualité du Centre de résonance magnétique des systèmes biologiques (CRMSB)<sup>2</sup> et animateur du réseau « Démarche qualité en recherche »<sup>3</sup> rattaché à la Mission des ressources et compétences technologiques du CNRS<sup>4</sup>. Comment déployer une démarche qualité ? Tout commence par une série de réunions au cours desquelles, sous la houlette d'un responsable qualité nommé en interne et épaulé au besoin par un consultant extérieur, l'équipe décortique la manière dont fonctionne le laboratoire, identifie ses points forts et ses faiblesses et dresse une liste d'objectifs à atteindre, tant sur le plan technique qu'administratif. Place, ensuite, à la constitution de groupes de travail thématiques et à l'élaboration d'une nouvelle organisation accompagnant et soutenant le projet scientifique. « Lors des premières étapes forcément chronophages, l'essentiel est que l'intérêt de la démarche soit compris et accepté par tous, chercheurs, ingénieurs, techniciens, et administratifs. Chacun doit se sentir impliqué et se convaincre que les actions qui vont être engagées seront rapidement utiles, utilisables et utilisées », commente Henri Valeins. Et d'expliquer que la restructuration du CRMSB autour d'une équipe unique au lieu de trois équipes et huit groupes thématiques, une meilleure communication interne et un accès simplifié à l'information scientifique, technique et administrative, ont permis à l'unité de gagner en visibilité et d'augmenter le nombre de contrats ANR. Et s'il faut compter 18 à 24 mois, en moyenne, pour constater les bénéfices d'une démarche qualité dans un labo, celle-ci obéit à « une logique d'amélioration continue », insiste Nathalie Pasqualini.

**Philippe Testard-Vaillant**

1. Unité CNRS / Universités Montpellier-I et -II.

2. Unité CNRS / Université Bordeaux-II.

3. En ligne : [www.rmsb.u-bordeaux2.fr/wiki/Qualite/](http://www.rmsb.u-bordeaux2.fr/wiki/Qualite/)

4. La MRCT est une unité propre du CNRS. Lire « Les technologies en partage », *Le journal du CNRS*, n° 237, octobre 2009, p. 34.



## CONTACTS

### → Henri Valeins

Centre de résonance magnétique des systèmes biologiques, Bordeaux  
henri.valeins@rmsb.u-bordeaux2.fr

### → Nathalie Pasqualini

Centre d'étude d'agents pathogènes et biotechnologie pour la santé, Montpellier  
nathalie.pasqualini@univ-montp1.fr



## ANTARCTIQUE

## Un paradis pour les astronomes

Un site terrestre dénué de toute pollution, lumineuse comme industrielle, bénéficiant de conditions atmosphériques exceptionnelles, voilà un paradis d'observation que cherchent depuis longtemps les astronomes et astrophysiciens. Et pour la centaine de spécialistes du réseau européen Arena<sup>1</sup>, ce site exceptionnel se trouve à la station franco-italienne Concordia<sup>2</sup>, située au Dôme C à 3 233 mètres d'altitude au beau milieu de l'Antarctique. Ce réseau, créé en 2006 et financé pour 4 ans par la Commission européenne, avait pour objectif de qualifier le site du Dôme C et d'étudier la mise en œuvre de programmes d'astronomie et d'astrophysique.

Nicolas Epchtein, du Laboratoire Hippolyte-Fizeau<sup>3</sup> à Nice et coordinateur du réseau, revient sur les conclusions de leurs études, récemment publiées sous forme de feuille de route<sup>4</sup> : « C'est un site unique pour l'astronomie ! La transparence de l'atmosphère est idéale pour l'étude de la formation des étoiles et des galaxies lointaines dans l'infrarouge et le domaine submillimétrique.



© G. Dergaud

*De même, les faibles turbulences atmosphériques offrent des images de qualité pour la détection d'exoplanètes, par exemple.* »

En conséquence, la Communauté européenne doit se mobiliser pour la construction d'un observatoire au Dôme C.

Le rapport préconise également la fabrication de nouveaux instruments plus adaptés aux températures hivernales, autour de  $-80^{\circ}\text{C}$ . Parmi les gros projets, il y a Aladin, un interféromètre constitué de deux télescopes de 1 mètre positionnés sur un anneau de 40 mètres de diamètre ; PLT, un télescope infrarouge de 2,5 mètres qui pourrait être installé sur une tour de 30 mètres ; ou encore AST, un radio-

**La base Concordia, en Antarctique, lieu rêvé pour les astronomes car exempt de toute pollution.**

télescope submillimétrique de 25 mètres. L'une des difficultés majeures à résoudre étant le transport du

matériel sur le site, accessible uniquement l'été et au prix de transbordements difficiles.

Enfin, Nicolas Epchtein nous rappelle qu'« aujourd'hui, des pays comme la Chine et les États-Unis développent des stations avec des projets comparables sur le continent antarctique. Pour être concurrentielle dans la prochaine décennie, la station se doit d'être européenne, avec différents partenaires qui se partageront le coût du projet, estimé entre 50 et 100 millions d'euros. L'implication des agences polaires, des ministères de chaque pays et le soutien de l'Observatoire euro-

péen austral (ESO) sont également indispensables pour la mise en œuvre de nos préconisations ».

**Marion Papanian**

1. Antarctic Research a European Network for Astrophysics réunit 22 partenaires (laboratoires de recherche, agences polaires et industriels) issus de 7 pays européens et d'Australie.
2. Concordia est gérée par l'Institut polaire français Paul-Émile-Victor (Ipev) et par l'Institut italien PNRA.
3. Unité CNRS / Université de Nice / Observatoire de la Côte d'Azur
4. Cette feuille de route est en ligne : [http://arena.unice.fr/IMG/pdf/100126\\_AR\\_ENA\\_EUROPEAN\\_VISION.pdf](http://arena.unice.fr/IMG/pdf/100126_AR_ENA_EUROPEAN_VISION.pdf)

## CONTACT

→ **Nicolas Epchtein**  
nicolas.epchtein@unice.fr

## ÉLECTRONIQUE

## De nouveaux logiciels pour les puces

Pari gagné pour le grand projet européen Atomics<sup>1</sup>, qui a impliqué deux unités propres du CNRS, le Laboratoire d'analyse et d'architecture des systèmes (Laas) et le Centre d'élaboration de matériaux et d'études structurales (Cemes). Achievé à l'automne 2009, ce projet de trois ans a en effet permis de développer des outils d'une importance majeure pour le monde de l'électronique : pas moins de douze nouveaux logiciels informatiques pour améliorer la simulation des procédés de fabrication des transistors, ces briques de base des circuits intégrés ! « Cruciaux, ces modèles physiques vont contribuer à diminuer le temps et les coûts de produc-

tion des nouvelles générations de transistors de près de 35 % », souligne Fuccio Cristiano, chercheur au Laas. Il faut savoir que pour augmenter les performances des puces électroniques, il faut sans cesse développer des transistors plus petits (45 nanomètres aujourd'hui). Or plus ceux-ci sont petits, plus les essais pour les mettre au point sont chers. D'où l'intérêt de recourir à la conception assistée par ordinateur (CAO), pour reproduire virtuellement la centaine d'étapes de fabrication, et ainsi réaliser plusieurs essais à moindre coût. Jusque là, il existait bien des simulateurs. Mais il fallait les améliorer pour simuler la fabrication de transistors plus petits.

Pour cela, les chercheurs du projet Atomics ont d'abord étudié de façon fine, en laboratoire, les phénomènes physiques se produisant lors de certaines étapes. Par exemple lors de l'introduction d'atomes dits dopants (bore, arsenic...) dans le silicium : « Nous avons observé au microscope électronique en transmission les phénomènes physiques qui accompagnent alors la formation des imperfections dans le réseau cristallin du silicium », précise Fuccio Cristiano. Ces nouvelles connaissances se sont révélées précieuses pour développer leurs modèles de simulation.

Financé par la Commission européenne, ce projet de 2,5 millions d'euros regroupait des chercheurs

français, anglais, et allemands, et plusieurs partenaires privés dont le producteur de composants électroniques STMicroelectronics. Selon Fuccio Cristiano, le projet a bénéficié d'« un bon mélange d'acteurs complémentaires mais aussi d'un long travail de recherche en amont mené avec certains partenaires d'Atomics depuis pas moins de dix ans ».

**Khaira Bettayeb**

## CONTACTS

→ **Fuccio Cristiano**  
Laas, Toulouse  
fuccio@laas.fr

→ **Alain Clavier**  
Cemes, Toulouse  
alain.clavier@cemes.fr

## EXPERTISE

# De l'éthique pour les Stic

Comment faire face aux multiples problèmes éthiques posés par l'explosion des technologies de l'information et de la communication dans notre société? Le Comité d'éthique du CNRS (Comets) vient de livrer ses réponses à cette épineuse question.

Impossible, pour qui observe la fantastique percée des sciences et technologies de l'information et de la communication (Stic) dans notre vie privée et professionnelle, de ne pas éprouver la double tentation contradictoire d'applaudir aux formidables bienfaits qu'elles apportent, tout en s'alarant des menaces qu'elles comportent. L'enfer étant pavé de bonnes intentions, le déploiement de ces technologies fournit en effet d'indéniables solutions pour mieux vivre ensemble. Tout quidam ou presque peut désormais s'adresser en quelques clics au monde entier grâce à Internet, et réciproquement, le monde entier peut s'adresser à lui. En contrepartie, l'actualité regorge d'exemples de dysfonctionnements parfois dramatiques : grandes pannes de réseaux, propagation malveillante de rumeurs ou d'informations personnelles, diffusion de données confidentielles, et cybercriminalité. Sans oublier les dérives inhérentes aux autres domaines d'application des Stic, qu'il s'agisse de la robotique, de la vidéosurveillance, du télétravail, des machines à voter électroniques, ou encore de la radio-identification. « Tous ces problèmes surgissent a posteriori, après le déploiement de ces technologies à grande échelle. Il est donc déjà trop tard pour rectifier le tir. Ce qui veut dire qu'il serait plus éthique de mener en amont (c'est-à-dire au moment même où se déroulent les recherches) une réflexion sur les conséquences possibles des résultats de ces travaux. Cette approche permettrait de mieux faire face aux problèmes liés aux Stic en concevant des technologies agiles ou en préparant des antidotes pour faciliter leur adaptation à la réalité et à l'évolution des usages constatés, voire de les contourner en identifiant de nouveaux modèles économiques et sociétaux », plaide Joseph Mariani, directeur de l'Institut des technologies multilingues et multimédias de l'information<sup>1</sup> et membre du Comité d'éthique du CNRS (Comets). Lequel vient de rendre un rapport sur ces questions brûlantes<sup>2</sup> au terme de dix réunions conduites par un groupe de travail multidisciplinaire entre novembre 2008 et septembre 2009, et de multiples auditions d'experts. Les recommandations formulées par le

Comets? Entre autres, mieux sensibiliser les chercheurs aux enjeux éthiques des Stic via la création d'un site web incluant un forum de discussion, l'organisation d'un colloque ou l'ajout d'une rubrique « éthique » dans les dossiers d'activités, soutenir des projets communs avec les sciences humaines et sociales, former les étudiants dans les écoles doctorales ou en créant un master international sur le thème « Éthique et Stic », et donner au public une information objective sur l'avancée des recherches dans ce domaine en évitant les effets d'annonce.

Surtout, les sages du Comets, à l'unisson avec les informaticiens de la commission chargée par l'Inria de plancher sur le même thème<sup>3</sup>, prônent l'instauration d'un « Comité sur l'éthique des recherches en Stic ». Ce dispositif d'envergure nationale, qui devrait être porté sur les fonds baptismaux courant 2010 et alimenter une réflexion de fond sur l'impact éthique des Stic, « serait commun aux organismes de recherche nationaux travaillant dans ce domaine (CNRS, Inria, CEA, Institut Télécom...), aux universités et aux grandes écoles, commente Joseph Mariani. Il réunirait des chercheurs des Stic et des SHS (philosophes, juristes, économistes, sociologues, anthropologues...) ainsi que des industriels, et entretiendrait des liens avec les observatoires des usages des TIC existants, les comités d'éthique généralistes et la représentation nationale ».

**Philippe Testard-Vaillant**

1. L'Immi est une unité mixte internationale commune au CNRS, à l'Université de Karlsruhe et à l'Université technique de Rhénanie-Westphalie. Joseph Mariani est également chercheur au Laboratoire d'informatique pour la mécanique et les sciences de l'ingénieur du CNRS.

2. Pour une éthique de la recherche en sciences et technologies de l'information. Consultable en ligne : [www.cnrs.fr/fr/organisme/ethique/comets/index.htm](http://www.cnrs.fr/fr/organisme/ethique/comets/index.htm)

3. Rapport sur la création d'un comité d'éthique en sciences et technologies du numérique. Disponible à l'adresse suivante : <http://www.inria.fr/actualites/espace-presse/pdf/cp-rapportinria-ethiquestn.pdf>

## CONTACT

→ **Joseph Mariani**

Institut des technologies multilingues et multimédias de l'information, Orsay  
[joseph.mariani@lmsi.fr](mailto:joseph.mariani@lmsi.fr)



© C. Lebedinsky/CNRS Photothèque

CERN

## En route vers une

Ancien directeur de l'Institut national de physique nucléaire et de physique des particules (IN2P3) du CNRS, Michel Spiro vient d'être élu à la présidence du conseil du Cern. Il nous parle des défis qui attendent l'organisation européenne, des débuts du LHC à la conception des accélérateurs de particules de demain.

**Pouvez-vous nous présenter le Cern et nous dire quel rôle joue son conseil?**

**Michel Spiro :** Le Cern est l'organisation européenne pour la recherche nucléaire. Il réunit 20 États membres (18 pays de l'Union européenne plus la Suisse et la Norvège). Le conseil du Cern fixe la stratégie scientifique et les moyens à allouer aux différents projets du laboratoire situé près de Genève (à cheval sur la frontière franco-suisse), qui emploie 2 250 personnes, accueille 10 000 utilisateurs du monde entier et dont le budget annuel est de 650 millions d'euros. En tant que président du conseil, mon rôle est de faire en sorte que les États arrivent à des décisions et votent des résolutions communes au cours des quatre conseils annuels.





## nouvelle physique

**Votre mandat sera forcément marqué par les grands débuts du LHC...**

**M. S. :** En effet, mon mandat, qui est de trois ans, correspond à un moment crucial pour le Cern : la mise en route du LHC (le grand collisionneur d'hadrons), la plus grande et la plus ambitieuse machine jamais construite pour la physique des particules. Les premiers résultats scientifiques, qui devraient être obtenus durant mon mandat, conditionneront l'avenir de la discipline en Europe et dans le monde entier pour les 20 années qui viennent. C'est dire si ces résultats sont attendus avec impatience par tous les physiciens de la planète !

**Après un an de retard, le LHC a commencé à fonctionner fin 2009. Quel est aujourd'hui le calendrier et quand espère-t-on obtenir les premiers résultats ?**

**M. S. :** Ce retard à l'allumage est dû à la complexité de la machine. Mais ce n'est pas catastrophique pour un projet qui doit durer vingt ans. Au cours de cette année, nous monterons progressivement la puissance déployée par la machine jusqu'à atteindre, fin 2010, la moitié de son énergie nominale, soit 7 téraélectronvolts (ou TeV)<sup>1</sup>. Le LHC deviendra alors officiellement l'accélérateur de particules le plus puissant de la planète. Suivra ensuite une pause d'une année au cours de laquelle seront réalisées des modifications sur l'équipement afin d'obtenir, en 2012, l'énergie nominale, soit 14 TeV. À partir de là, les découvertes devraient se succéder.

**Le LHC est attendu par toute la communauté des physiciens. En quoi va-t-il révolutionner la discipline ?**

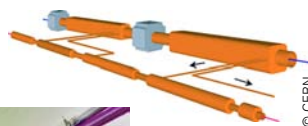
**M. S. :** Son principal objectif, c'est d'abord la découverte du fameux boson de Higgs. Cette particule est actuellement la pièce manquante du modèle standard, modèle sur lequel repose la physique des particules, pour expliquer d'où provient la masse de toutes les particules. Mais le LHC pourrait également ouvrir une nouvelle fenêtre sur la physique en découvrant de nouveaux constituants de la matière plus élémentaires encore que ceux que l'on connaît aujourd'hui et qui ne rentrent pas dans le cadre du modèle standard. Ce serait alors une véritable révolution scientifique. Et cela constituerait évidemment un argument fort pour construire un successeur au LHC.

Au-delà de la physique des particules, c'est une meilleure compréhension de l'Univers dans son ensemble qui se jouera avec le LHC. Car il pourrait nous éclairer sur la disparition de l'antimatière aux débuts de l'Univers, sur la matière noire, qui constitue l'essentiel de la matière du cosmos mais dont la nature demeure encore mystérieuse. Ou encore sur l'énergie noire, elle aussi énigmatique, qui accélère l'expansion de l'Univers.

**Le Cern prépare-t-il d'ores et déjà l'après LHC ?**

**M. S. :** Oui bien sûr. Actuellement, la communauté scientifique réfléchit, pour l'horizon 2030, à une machine qui ferait entrer en collision des électrons et des positrons (dans le LHC, ce sont des collisions protons-protons). À la différence du LHC qui a une forme de cercle, elle serait linéaire et s'étendrait sur 30 km. Baptisé ILC, cet équipement permettrait d'étudier en détail le boson de Higgs, si bien sûr celui-ci est découvert par le

**Pour succéder au LHC, le Cern développe Clic, une technologie d'accélération des particules.**



LHC. Mais si par contre le LHC venait à découvrir d'autres particules avec des énergies supérieures, alors il faudrait concevoir une machine capable d'accélérer les électrons et les positrons à une énergie plus grande encore. Le Cern travaille actuellement au développement d'une telle technologie baptisée Clic. Et d'ici à trois ans, on devrait savoir si celle-ci est prometteuse et pas trop chère à mettre en place.

**Avez-vous bon espoir que cette future machine soit construite elle aussi par le Cern ?**

**M. S. :** Oui, je pense que le Cern a toutes les chances de conserver cette machine sur son territoire. Son principal atout est d'avoir construit le LHC et d'en avoir fait une collaboration mondiale : en plus des 20 États membres, environ 80 autres pays ont collaboré d'une manière ou d'une autre au projet en apportant des chercheurs ou des petites briques à la machine. Qui plus est, le Cern souhaite aujourd'hui s'ouvrir à d'autres pays. Cinq nouveaux États (Chypre, la Slovaquie, la Serbie mais aussi la Turquie et Israël) demandent actuellement à entrer dans l'Organisation. Et la question de l'ouverture à des pays plus éloignés (Brésil, Inde, Chine, Corée et Canada) est d'actualité. Tout cela donne au Cern une longueur d'avance sur ses principaux concurrents que sont les États-Unis et le Japon. Et font de lui le centre mondial de la physique des particules pour longtemps encore.

**Enfin, pour conclure, quel bilan tirez-vous de vos sept années passées à la tête de l'IN2P3 ?**

**M. S. :** Le principal changement que j'ai voulu faire passer à ce poste, c'est que l'IN2P3 vive le fait d'être au CNRS comme une chance et y voit l'opportunité de développer des projets interdisciplinaires avec les autres instituts du CNRS. Et réciproquement que le CNRS considère comme une chance que l'IN2P3 en fasse partie parce qu'il y a des méthodes de travail – liées à la gestion de grands projets – dont les autres instituts peuvent s'inspirer. Je pense avoir atteint mon objectif. En témoignent les rapprochements qui se sont opérés entre nos chercheurs et ingénieurs et ceux d'autres disciplines telles l'énergie nucléaire, l'environnement, la santé. Et surtout l'étude de l'Univers où une nouvelle branche, celle des astroparticules, s'est créée.

**Propos recueillis par Julien Bourdet**

1. L'électronvolt est une unité de mesure d'énergie qui désigne aussi, en physique des particules, la masse des particules. Un TeV correspond à l'énergie d'un moustique en vol. Mais ici, cette énergie est concentrée dans un proton, 1 000 milliards de fois plus petit qu'un moustique.

### CONTACT

→ Michel Spiro  
Cern, Genève  
michel.spiro@cern.ch

# 3 questions à...

## Lionel Naccache

### Perdons-nous connaissance ? De la mythologie à la neurologie

Éd. Odile Jacob, coll. « Sciences », février 2010, 256 p. – 22 €

**Lionel Naccache est neurologue, maître de conférence en neurophysiologie à l'université Paris-VI et membre du Centre de recherche de l'institut du cerveau et de la moelle épinière (CNRS / Université Paris-VI / Inserm).**

**Votre essai passionnant commence par une interrogation inquiétante *Perdons-nous connaissance ?* pour se terminer par une exhortation à relever un défi. Que se passe-t-il entre cet étrange évanouissement sociétal et la fin du livre ?**

Pour la société occidentale, depuis les origines de la culture, la connaissance a une double facette : elle est, à la fois, définie comme une expérience extraordinaire et enrichissante, et comme une source potentielle de danger existentiel. C'est-à-dire que, depuis trois mille ans, elle est aussi pensée comme un poison vital ! La façon la plus simple de s'en convaincre – c'est ce que j'ai fait dans la première partie de mon livre – est de se tourner vers la mythologie européenne et, notamment, vers ce

qu'elle nous dit du danger de la connaissance, danger qui lui est inhérent, et que nous retrouvons, par exemple, dans plusieurs mythes grecs (Icare, Œdipe, Tirésias) qui, chacun à leur façon, nous révèlent que connaître peut parfois constituer une menace. Les autres courants de notre culture convergent à l'unisson vers cette idée : Adam et Ève sont devenus mortels en consommant le fruit de l'arbre de la connaissance ; à sa manière, le mythe de Faust répète le même motif d'une damnation par la connaissance. Toutes ces sources culturelles célèbrent, par ailleurs, la richesse de l'expérience de la connaissance. Or, aujourd'hui, nous avons coupé le cordon avec ces mythes universels : avons-nous, en agissant ainsi, réussi



à libérer la connaissance des menaces qui lui étaient associées depuis la nuit des temps ou, à l'inverse, avons-nous perdu la compréhension des dangers de la connaissance ? C'est pourquoi j'ai posé cette question dans mon titre : perdons-nous connaissance ?

#### Que nous disent les neurosciences ?

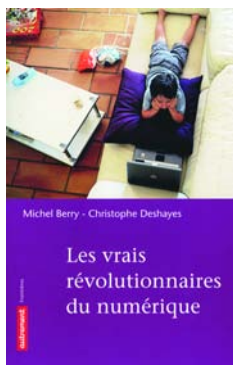
Réfléchir à la connaissance est, évidemment, l'affaire des philosophes, mais c'est également un sujet pertinent pour les spécialistes de l'organe qui connaît : le cerveau. Leurs travaux nous ont fait découvrir que lorsque nous sommes conscients, nous nous racontons une histoire dont la finalité est qu'elle fasse sens à nos yeux. Être conscient consiste à produire un système de fictions interprétations croyances. À la lumière de cette conception, il est possible de donner une définition de la connaissance : c'est une expérience à travers laquelle l'identité d'un sujet court le risque de se transformer en rencontrant des informations de nature très diverse. Il saute

alors aux yeux que la connaissance ne se résume pas aux informations qui en sont l'objet. C'est parce qu'aujourd'hui, nous avons tendance à confondre la connaissance avec l'information que nous sommes devenus aveugles aux dangers de la connaissance pour l'individu. À y regarder de plus près, certaines informations continuent, d'ailleurs, à nous déranger comme, par exemple, l'exploration neuroscientifique des rouages de notre subjectivité et la découverte que « je » est une fiction. Face à de telles informations, nous réagissons souvent à l'aide de défenses que je nomme des neuro-résistances.

#### Il y aurait donc comme un défi à relever avec nous-même ?

Oui ! Chaque époque peut choisir quelles utopies deviendront sa réalité. Je pense que, dans la situation instable à laquelle nous sommes parvenus aujourd'hui, nous avons la possibilité de choisir de construire une société de la connaissance sur l'ossature de la société de l'information et, la première étape, sur cette voie, ne consiste-t-elle pas à reprendre conscience de ce qu'est la connaissance ?

Propos recueillis par A.L.



## Les vrais révolutionnaires du numérique

Michel Berry, Christophe Deshayes, éd. Autrement, coll. « Frontières », mars 2010, 168 p. – 19 €

Ce livre plonge le lecteur dans un monde où les révolutionnaires sont des citoyens ordinaires, de tous âges, toutes confessions, toutes origines sociales, mus par des motivations variées, inattendues, parfois loufoques, souvent peu durables, mais qui peuvent changer le monde minute après minute. Un exemple : le créateur involontaire de Facebook. Observateurs reconnus des transformations de la société, les deux auteurs montrent toutes les composantes de cette révolution numérique dans tous les domaines où elle opère « sans effusion de sang ni idéologie, mais de manière ludique et joyeuse ». En complément, un site internet aux nombreux liens ([www.revolutionnairesdunumerique.com](http://www.revolutionnairesdunumerique.com)), belvédère idéal pour observer d'un peu plus haut les formes d'une inédite socialité chère à Michel Maffesoli.

## La chimie et la santé au service de l'homme

Coordination Minh-Thu Dinh-Audouain, Rose Agnès Jacquesy, Danièle Olivier, Paul Rigny, éd. EDP Sciences, coll. « L'actualité chimique », décembre 2009, 180 p. – 19 €

Cet ouvrage s'adresse à un large public. Il a pour ambition de lever les fausses idées qui traînent encore aujourd'hui faisant de la chimie et de la santé d'irréductibles ennemies. Il montre comment, selon l'expression de Pierre Potier, « tout est chimie » (combinaisons) dès l'échelle moléculaire et comment fonctionne ce système. Il traite aussi de la nouvelle pharmacologie qu'initient les nouvelles technologies de diagnostic et de détection précoce, techniques qui permettront de plus en plus de « passer du souci de compréhension du vivant à une stratégie de soin et de guérison ». Bonne santé pour tous, à tout jamais ? Des réponses au rêve déraisonnable du lecteur.



## Apprendre malgré le handicap ou la maladie

Béatrice Descamps-Latscha et Yves Quéré, éd. Odile Jacob, février 2010, 240 p. – 19,50 €



Comment répondre au désir d'apprendre des enfants et des adolescents qui souffrent d'un lourd handicap ou d'une grave maladie et ne peuvent être accueillis à l'école? Une solution existe. À condition que l'école vienne à eux pour les mener, malgré le handicap, où il est légitime qu'ils aient envie d'aller (culture, savoirs, diplômes). C'est ce « malgré » qui est important et que, désormais, les professionnels devraient prendre en considération. À partir de nombreux témoignages sont abordés ici tous les aspects pratiques avec contraintes pédagogiques et exemples d'émouvantes réussites d'un tel enseignement appliqué par l'association « Votre école chez vous ». Afin d'inspirer d'autres expériences à enseigner « malgré ».

## Ce que soulève la jupe

### Identités, transgressions, résistances



Christine Bard, éd. Autrement, coll. « Mutations / Sexes en tous genres » n° 261, mars 2010, 176 p. – 17 €

La jupe est aujourd'hui définie comme « une partie de l'habillement féminin qui descend de la ceinture à une hauteur variable ». Historienne féministe, Christine Bard propose ici, dans un style amusant une étude rigoureuse et quelque peu pessimiste sur les identités de genre à travers la jupe qui, depuis les années 1960, occupe une place certaine et très ambivalente sur les corps ou

dans les garde-robes. Une histoire éloquent, d'un temps où les pantalons étaient interdits aux femmes à un autre où la jupe est proposée aux hommes. Et où l'on se demande, avec l'auteur, quelle signification comporte le port d'une jupe au sein de la virilisation vestimentaire ambiante.

## Grandeurs et décadences de la girafe

Jean-Louis Hartenberger, éd. Belin, coll. « Pour la science », février 2010, 192 p. – 19 €

Cette « grande arpentuse des savanes » est venue des contreforts de l'Himalaya peupler l'Afrique voici 5 millions d'années et, depuis cette époque, côtoie nos ancêtres sous les acacias africains dont elle se délecte. Plus pour longtemps car la désertification de la planète la menace. Paléontologue, l'auteur raconte comment il a fait connaissance de cet « être surdimensionné aussi beau qu'inutile » au point que les scientifiques ne s'y sont pas beaucoup intéressés et montre comment, au sein de notre société productiviste, cette « géante de la nature » entrera dans son crépuscule dans quelques décennies à peine. Il convoque ses amis anciens (et quelque peu négligents vis-à-vis d'elle) et ceux, fidèles, actuels – comme la Ligue des droits de l'animal, la *World Wild Foundation*.

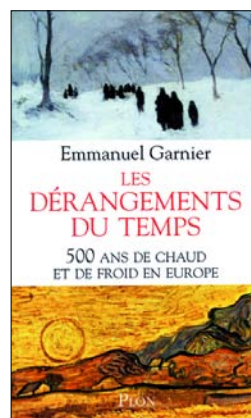


## Les dérangements du temps

### 500 ans de chaud et de froid en Europe

Emmanuel Garnier, éd. Plon, janvier 2010, 256 p. – 22 €

Éclairage impertinent, cet essai d'un historien attentif au climat montre que, davantage que les changements climatiques, ce sont les vulnérabilités résultant d'erreurs d'aménagements (urbains, littoraux) qui donnent toute sa gravité à une crise climatique. Comme le montre l'observation sur cinq siècles, les événements extrêmes qui focalisent l'opinion publique



actuelle faisaient déjà partie du quotidien des sociétés anciennes. Et quant à la notion d'État providence, elle mérite d'être revue et corrigée : les archives révèlent, dès le XVIII<sup>e</sup> siècle, les premières mesures d'indemnisation massive au profit des sinistrés ou la mise en œuvre par les monarchies européennes de véritables mobilisations en faveur de régions entières face aux caprices de la nature. À l'aune des recherches les plus récentes, des réponses aux questions concrètes que scientifiques, citoyens et médias se posent à l'heure de la contestation du rôle de l'État.

## La culture de la chambre

### Préadolescence et culture contemporaine dans l'espace familial

Hervé Glévaec, éd. La documentation française, coll. « Questions de culture », janvier 2010, 184 p. – 19 €

Les sociologues identifient aujourd'hui une nouvelle période de la vie : la préadolescence. Elle se développe sous le signe de la culture de l'écran et de la révolution numérique, concerne l'individu de 7 à 13 ans et a pour lieu clé sa chambre, véritable quartier général d'où s'organisent les rapports avec le monde extérieur grâce à des objets singuliers : ordinateurs, lecteurs mp3, téléphones mobiles. À partir d'entretiens réalisés auprès des enfants et parents et d'observations des espaces domestiques (les chambres), l'auteur met en évidence, à l'aide de données statistiques, les formes de la nouvelle précocité de l'émancipation des jeunes dont les racines poussent entre plusieurs pôles : la famille, son héritage culturel, ses ambitions et les services des industries culturelles.



## Le ciel à découvert

Jean Audouze (dir), CNRS Éditions, février 2010, 200 ill., 328 p. – 39 €

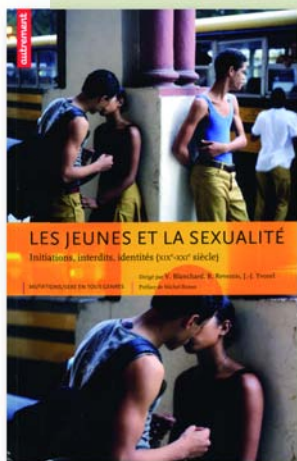
Ce bel ouvrage d'astronomie générale qui vient clore l'année consacrée à l'astronomie propose un état de la recherche actuelle dans ce domaine « *aussi exhaustif que possible* ». Jean Audouze a voulu illustrer l'excellence de la recherche française en sollicitant la contribution des meilleurs spécialistes issus de l'Institut national des sciences de l'Univers du CNRS, des observatoires de Paris et de Nice, du CEA et des universités Paris-VI, -VII et -XI. Accessible à un public averti et passionné, cette synthèse fondamentale rend perceptibles les grands enjeux de l'astronomie d'aujourd'hui et les interrogations que chaque chercheur ne cesse de nourrir : va-t-on être capable de disposer des observatoires ailleurs que sur Terre et d'observer ce qui est pour le moment indétectable ?



## Avoir 20 ans en politique Les enfants du désenchantement

Anne Muxel, éd. Seuil, coll. « Essais », février 2010, 240 p. – 19,50 €

« *J'ai toujours voulu comprendre ce qui tient ensemble mais aussi sépare les générations.* » Spécialiste de l'évolution de la mémoire entre générations, entre « *ce qui persiste et ce qui s'invente* », Anne Muxel propose ici en vingt questions réponses un état des lieux très sensible sur les rapports qu'entretiennent les jeunes et la politique : une politique « *désenchantée au point de n'être même plus un maillon pour penser les jeunes générations* » ; ces dernières doivent inventer un « *futur de demain* » puisqu'ils se trouvent face à une politique incapable d'anticiper un peu d'avenir. Une passation fragile, donc, mais, fait remarquer l'auteure citant Gaston Bachelard (*La poésie de l'espace*) : « *Une valeur qui ne tremble pas est une valeur morte.* »



## Les jeunes et la sexualité Initiations, interdits, identités (XIX<sup>e</sup> – XXI<sup>e</sup> siècle)

Véronique Blanchard, Régis Revenin et Jean-Jacques Yvorel (dir), préface de Michel Bozon, éd. Autrement, coll. « Mutations / Sexe en tous genres » n° 262, mars 2010, 416 p. – 25 €

« *La jeunesse et la sexualité partagent au moins un point commun – abondamment relayé par les médias : ces deux catégories effraient.* » Proposé par 35 chercheurs internationaux, ce collectif présente un état de la recherche sur le rapport entre jeunesse et sexualité en France et dans le monde. Du XIX<sup>e</sup> siècle à nos jours, à travers enquêtes de terrain et dépouillement d'archives, ces études de cas abordent la thématique d'un point de vue historique et sociologique en se tenant volontairement loin des sciences médicales trop souvent convoquées sur ces sujets pour régler le problème. Trois axes : initiations, interdits (violences sexuelles chez les mineurs auteurs ou victimes, prostitutions) et identités sexuées et de genre (et leurs normes). Loin de la sempiternelle épithète de crise, cette somme apporte un éclairage sans parti pris sur des concepts encore flous.

## Nouvelles adolescences

Coordination Olivier Galland, Ethnologie française – janvier 2010, éd. Puf, 192 p. – 22 €

Depuis une dizaine d'années, une classe d'âge, le groupe des 9-14 ans, prend forme sous nos yeux. Les auteurs de ce numéro en analysent les caractéristiques : styles vestimentaires, allures, goûts musicaux, langages spécifiques, moyens de communication, nouveaux enjeux de la masculinité. Constat : la massification de cette nouvelle culture adolescente renforce les clivages de genre et pose avec netteté la question d'un remodelage des rites de passage.



## AUTRES PARUTIONS

### L'ADOLESCENCE POUR LES NULS

Michel Fize, éd. First Éditions, coll. « Pour les nuls », mars 2010, 344 p. – 22,90 €

### PAROLES D'AMOUR

Serge Feneuille, CNRS Éditions, février 2010, 152 p. – 35 €

### HISTOIRE DES IDÉES SUR LE LANGAGE ET LES LANGUES

Bernard Colombat, Jean-Marie Fournier, Christian Puech, éd. Klincksieck, coll. « 50 questions » n° 33, janvier 2010, 264 p. – 18 €

### VOL DE VACHES À CRISTOL CAVE

#### Histoire critique d'une image rupestre en Afrique du Sud

Jean-Loïc Le Quellec, François-Xavier Fauvelle-Aymar, François Bon, éd. Publications de la Sorbonne, coll. « Locus Solus », février 2010, 176 p. – 30 €

### 16 NOUVELLES QUESTIONS D'ÉCONOMIE CONTEMPORAINE

Philippe Askenazy et Daniel Cohen (dir), éd. Albin Michel, mars 2010, 608 p. – 25 €

### LE TRAVAIL SOUSTENSIONS

Michel Lallement, éd. Sciences humaines, coll. « Petite bibliothèque de sciences humaines », janvier 2010, 128 p. – 10 €

### LES CONSÉQUENCES STRATÉGIQUES DE LA CRISE

François Heisbourg (dir), éd. Odile Jacob, février 2010, 196 p. – 22,50 €

### TERRES CUITES ARCHITECTURALES MÉDIÉVALES ET MODERNES

Textes réunis par Jean Chapelot, Odette Chapelot et Bénédicte Rieth, éd. Publications du CRHAM – Caen, janvier 2010, 464 p. – 50 €

### LE MÉSOLITHIQUE EN FRANCE

Archéologie des derniers chasseurs-cueilleurs  
Emmanuel Ghesquière et Grégor Marchand, éd. La Découverte, coll. « Archéologie de la France », février 2010, 180 p. – 22 €

### NOUVELLE ENCYCLOPÉDIE POLITIQUE ET HISTORIQUE DES FEMMES

Christine Fauré (dir), éd. Les Belles Lettres, février 2010, 1216 p. – 31 €

### CAPTAGE ET STOCKAGE DU CO<sub>2</sub>

Enjeux techniques et sociaux en France  
Minh Ha-Duong, Naceur Chaabane (coord.), éd. Quae, coll. « Update, sciences et technologies », janvier 2010, 164 p. – 30 €

Retrouvez les publications de CNRS Éditions sur le site : [www.cnrseditions.fr](http://www.cnrseditions.fr)



# EXPOSITIONS

Rubrique réalisée par Marion Papanian et Anne-Solweig Gremillet

## Civilisations oubliées de l'Anatolie antique

Jusqu'au 16 mai 2010, Musée d'Aquitaine, Bordeaux (33) – Tél. : 05 56 01 51 00 – [www.bordeaux.fr](http://www.bordeaux.fr)



Disque solaire datant de 2300 avant J.-C.

De l'âge de bronze jusqu'à l'époque romaine, différentes civilisations ont peuplé l'Anatolie, une région située sur la partie asiatique de l'actuelle Turquie. Souvent méconnus, les Hittites, les Phrygiens ou encore les Lyciens, peuples antiques d'origines ethniques diverses, ont façonné le pays par leurs apports culturels et linguistiques. Sculptures gréco-lyciennes, tombes et mobiliers funéraires phrygiens, monuments hittites, photos, cartes, dessins et tableaux, ce sont plus de 50 objets du musée du Louvre et du Musée des civilisations anatoliennes d'Ankara qui sont présentés dans cette exposition. Dévoilées à l'occasion de la « Saison de la Turquie en France », certaines de ces œuvres sortent pour la première fois de Turquie. L'Anatolie est habituellement connue comme le lieu d'action de la guerre de Troie dans la légende d'Homère. Ainsi les trois civilisations choisies par les archéologues bordelais de la Mission archéologique française en Turquie permettent-elles au visiteur de découvrir une partie de l'histoire de ce pays qui ne se limite pas aux vestiges des villes grégoromaines.

© Musée d'Ankara

## À toute épreuve

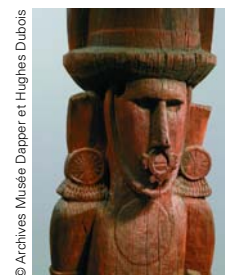
Jusqu'au 8 août, Cité des Sciences, Paris (XIX<sup>e</sup>) – Tél. : 01 40 05 80 00 – [www.cite-sciences.fr](http://www.cite-sciences.fr)

Avec leurs carapaces, tatous et tortues en connaissent un rayon question protection ! Pour couvrir son corps délicat, l'homme s'est inspiré de ces robustes exemples de la nature comme le montre cette exposition sur les technologies de la protection corporelle. Armures, costumes de samouraïs, casques et autres tenues de cuir y sont passés en revue au fil des siècles tout en mettant l'accent sur la prévention, en deux roues ou lors de sports extrêmes. Les visiteurs découvriront aussi les technologies innovantes qui protègent aujourd'hui les accrocs de ski, snowboard, VTT, etc. Et la future combinaison Biosuit, conçue pour la Nasa, qui offrira aux astronautes plus d'aisance dans leurs mouvements en supprimant l'habituel aspect « bibendum ».



Protection dorsale.

© Dainese



© Archives Musée Dapper et Hughes Dubois

Poteau de maison cérémonielle.

## L'art d'être un homme, Afrique, Océanie

Jusqu'au 11 juillet 2010, Musée Dapper, Paris (XVI<sup>e</sup>) – Tél. : 01 45 00 91 75 – [www.dapper.com.fr](http://www.dapper.com.fr)

« Tu seras un homme, mon fils. » Impossible de ne pas avoir à l'esprit cette phrase de Rudyard Kipling à la vue des nombreux ornements rassemblés ici. Que ce soit pour accompagner les différents rites initiatiques, affirmer une position sociale, religieuse ou politique, le corps masculin est magnifié d'attributs (colliers de coquillage, coiffes ou manteaux en peaux de bêtes ou écailles, bâtons de cérémonies) savamment agencés. Les peintures codifiées soulignent la virilité. Et le corps nu ou habillé se révèle ainsi à l'œil instruit.

## La Terre y'en a pas deux

Jusqu'au 15 mai 2010, Muséum des volcans, Aurillac (15) – Tél. : 04 71 48 07 00 – [www.aurillac.fr](http://www.aurillac.fr)

Ces dernières années, le changement climatique, la raréfaction des ressources naturelles, la diminution de la biodiversité et la croissance de la population mondiale ont fait naître un concept, celui de développement durable. Mais de quoi s'agit-il vraiment ? Quelles sont les solutions politiques et techniques pour sauver la planète bleue ? Cette exposition propose par une approche historique et une vision internationale d'appréhender et de s'appropriier au niveau local ce concept maintenant répandu. Énergie, habitat et transport seront ici décortiqués pour faire prendre conscience des gaspillages engendrés et du rôle de chacun dans le devenir de la Terre.

## ET AUSSI

**ARGILES, HISTOIRE D'AVENIR**  
Jusqu'au 29 août 2010, Palais de la découverte, Paris (VIII<sup>e</sup>) – Tél. : 01 56 43 20 20 – [www.palais-decouverte.fr](http://www.palais-decouverte.fr)

Quel est le point commun entre une feuille de papier, un soin cosmétique, un tableau de bord, une peinture rupestre, un lubrifiant, du Smecta, et certains matériaux du futur ? C'est l'ingrédient de base. Les argiles.

D'hier en demain, trois modules accompagnent les visiteurs dans une plongée multisensorielle à la découverte de cette matière. En partant des objets, les chercheurs de l'École nationale supérieure de géologie et du Laboratoire environnement et minéralurgie (unité CNRS/INPL) ont concocté des explications des plus simples aux plus approfondies pour expliquer les propriétés des argiles, matériau d'avenir en parfait accord avec le principe de développement durable.

**CIELS**  
Jusqu'au 16 janvier 2011, Forum départemental des sciences, Villeneuve d'Ascq (59) – Tél. : 03 20 19 36 36 – [www.forumdepartementaldessciences.fr](http://www.forumdepartementaldessciences.fr)

La tête penchée en arrière, les yeux perdus dans l'immensité bleue, quand on a entre 3 et 6 ans, le ciel fascine. Mais comment s'approprier un concept qu'on ne peut ni toucher, ni sentir ? Cette exposition, consacrée aux tous petits, tente de faire sortir l'enfant de la représentation classique du ciel (Soleil, Lune, etc.) en lui montrant, par des jeux d'images, comment le ciel agit sur nos vies, nos émotions, notre imaginaire et en l'initiant à l'exploration.

## EN LIGNE

### Jalons pour l'histoire du temps présent

[www.ina.fr/fresques/jalons](http://www.ina.fr/fresques/jalons)

C'est une véritable mine. Sur ce site, des archives vidéo (presse filmée, télévision ou encore radio) de 1 à 4 minutes, accompagnées de fiches documentaires et notes de contexte, retracent 60 ans d'histoire française. L'étendue des thématiques (les guerres mondiales, la vie politique, les mutations économiques et sociales, les relations internationales, les politiques et pratiques culturelles et l'histoire des sciences et techniques) permet à tous les curieux de replonger en images dans l'histoire de notre pays. Réalisé en partenariat avec le ministère de l'Éducation nationale, ce site de l'Institut national de l'audiovisuel (Ina) constitue de manière plus spécifique une ressource pédagogique pour les enseignants.

## MANIFESTATION

### 20<sup>e</sup> festival de l'oiseau et de la nature

Du 10 au 18 avril 2010, Abbeville (80) – Tél. : 03 22 24 02 02 – [www.festival-oiseau-nature.com](http://www.festival-oiseau-nature.com)

Promenades en milieux naturels, expositions photographiques, sculptures et peintures du monde animal, ateliers, et spectacles seront au programme pour célébrer le 20<sup>e</sup> anniversaire de ce festival consacré à la nature, aux animaux et plus particulièrement aux oiseaux. De l'initiation à la culture sur bois à la découverte des milieux et chants des oiseaux en passant par le concours du meilleur film documentaire, auquel participent deux films produits par CNRS Images, tout sera fait pour entrer en communion avec Mère nature.

## L'ÉVÈNEMENT

### Festival 7<sup>e</sup> art et sciences

Du 26 au 30 avril 2010, Noirmoutier-en-l'Île (85) – Tél. : 06 10 83 70 36 – entrée libre – <http://cap.sciences.free.fr/>

Sur la thématique « La navigation, des mers et des hommes » (de la pirogue au cargo ; du sextant à Galiléo), ce sont une cinquantaine de films en tous genres (documentaires, dessins animés, fictions), des expositions, des animations scientifiques et des soirées festives qui attendent petits et grands. Des conférences et débats sur la place des femmes navigatrices, la navigation écologique, ou encore la navigation astronomique et la révolution du GPS dans ce domaine interrogeront le visiteur sur les découvertes scientifiques qui accompagnent les hommes et les femmes de la mer. Soutenu par le CNRS, ce festival a pour objectif de sensibiliser le public à la connaissance scientifique des évolutions planétaires, environnementales et humaines.



## DVD

### Jean Rouch, une aventure africaine

Éditions Montparnasse (2010), coffret de 4 DVD (durée totale, 8 h 40)



Partez à la découverte des us, coutumes et croyances des peuples africains en visionnant l'œuvre du cinéaste et ethnographe Jean Rouch. Entre contes et documentaires, les courts métrages rassemblés dans ce coffret vous inviteront l'espace d'un instant dans le quotidien de tribus maliennes et nigériennes. Mais aussi aux débuts de son auteur avec *Aux pays des mages noirs*, son premier court métrage, réalisé en partenariat avec CNRS images.

## TV

### L'enfance sous contrôle

Le vendredi 30 avril 2010 à 22 h 00 sur Arte dans la case « Sciences ». Documentaire de Marie-Pierre Jaury (2009, 52 min). Produit par Arte France, PDJ Production, Intuitive Pictures et CNRS Images.

Peut-on dépister scientifiquement la délinquance juvénile en étudiant les troubles du comportement des enfants et des adolescents ? Des recherches psychiatriques, neurologiques et génétiques sont actuellement en cours dans plusieurs pays européens et américains pour tenter d'expliquer les origines médicales de la violence chez les jeunes. À travers les différents témoignages, analyses et situations de plusieurs scientifiques dont Valérie Doyère, chercheuse CNRS en neurosciences, ce film décrypte le regard porté par la science et la société sur ce sujet particulièrement sensible.

## CONFÉRENCES

### Pourquoi parler une autre langue ?

Samedi 10 avril à 15 heures, Nouveau théâtre de Montreuil (93), Tél. : 01 48 70 48 90 – [www.nouveau-theatre-montreuil.com](http://www.nouveau-theatre-montreuil.com)

Conférence de Barbara Cassin, philosophe au Centre Léon-Robin de recherche sur la pensée antique à Paris.

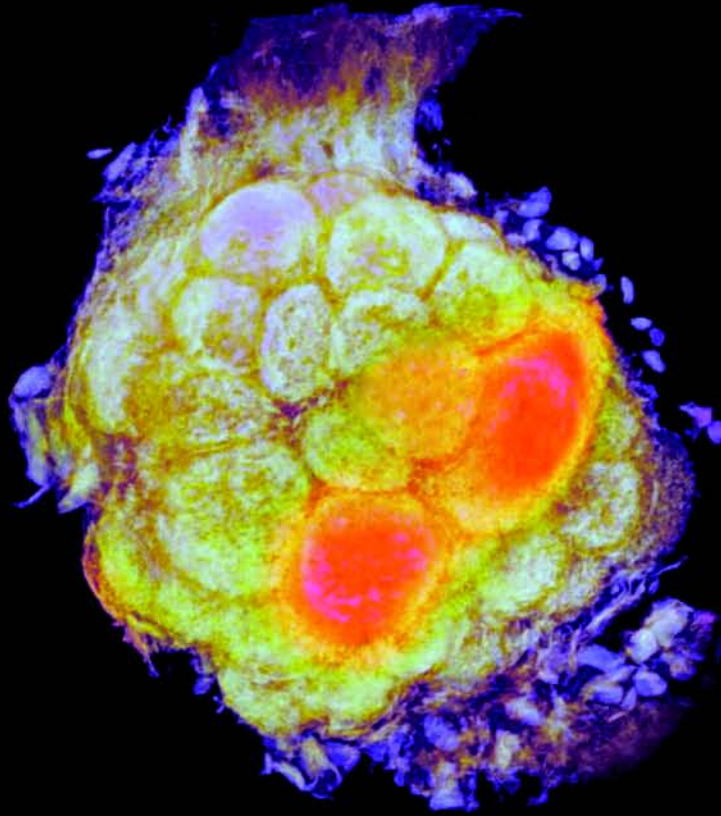
### Des astéroïdes aux comètes : les petits corps du Système solaire

Jeudi 29 avril à 20 heures, Planétarium de Vaux-en-Velin (69), Tél. : 04 78 79 50 12 – [www.planetariumvv.com](http://www.planetariumvv.com)

Conférence de Chantal Levasseur-Regourg, astronome au Laboratoire « atmosphères, milieux, observations spatiales » à Paris.



# ÉTONNANTES IMAGES



## Incroyable mémoire

Non, vous n'observez pas l'explosion d'une étoile mais une partie du cerveau d'une abeille vue au microscope. Situé sous l'antenne, ce lobe relaie les signaux nerveux liés aux odeurs. Les petites boules jaunâtres, ou glomérules, sont des paquets de synapses, elles-mêmes boutons de connexions à l'extrémité des neurones chargés de relayer les informations. Les chercheurs du Centre de recherches sur la cognition animale<sup>1</sup> savent que face au 1-nonanol, une odeur type, trois glomérules (ici en orangé) s'activent à coups de signaux nerveux. Ils ont ensuite décidé de pousser l'abeille à se souvenir de cette odeur en l'associant à une récompense sucrée. Résultat : cette fois trois glomérules changent de taille, car la mémorisation y aurait produit moult synapses. L'étonnant est qu'il ne s'agit pas des trois glomérules évoqués précédemment ! Un seul est commun aux deux manips. Ce joli résultat qui donne à réfléchir sur la formation de la mémoire olfactive a fait la couverture de *Learning&Memory* en décembre dernier. **C.Z.**

1. Laboratoire CNRS / Université Paul-Sabatier Toulouse-III.

\* musée du quai Branly

LÀ OÙ DIALOGUENT LES CULTURES

# SE\*E

## MORT ET SACRIFICE

DANS LA RELIGION MOCHICA



[www.quaibrantly.fr](http://www.quaibrantly.fr)

Exposition  
09/03/10 - 23/05/10

MUSEO CHILENO DE ARTE PRECOLOMBINO

MUSEO LARCO

à la découverte de l'ancien Pérou

Le Point

PARIS PREMIÈRE

Le CNRS

fip

Fnac : 0 892 684 694 (0,34€/minute) [www.fnac.com](http://www.fnac.com) / Ticketnet : 0 892 390 100 (0,34€/minute) [www.ticketnet.fr](http://www.ticketnet.fr)

Personnage squelette se tenant le pénis (brisé). Museo Larco, Lima, Pérou © photo Daniel Giannoni et Steve Bourget / Dessin de style Ligne fine d'une cérémonie de copulation entre Visage ridé et une femme © Archives Moche, UCLA. Dessin reproduit par Donna McClelland