

Le
journal
du

CNRS

N° 237 OCTOBRE 2009

19 octobre 2009

Le CNRS fête

70

-ANS

d'avancées

SCIENTIFIQUES



ENQUÊTE

Les promesses
tenues des nanos



sommaire

“ Nous n’héritons pas de la terre, nous l’empruntons à nos enfants. ”

Adriano Panfili

Forum développement durable de Provins

5 - 13 octobre 2009
Centre culturel & sportif
Saint-Ayaul

exposition
conférences
animations



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 :
Arnold Migus
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

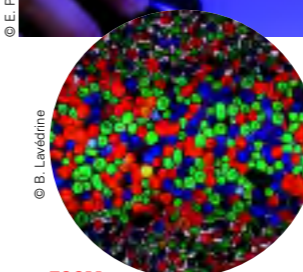
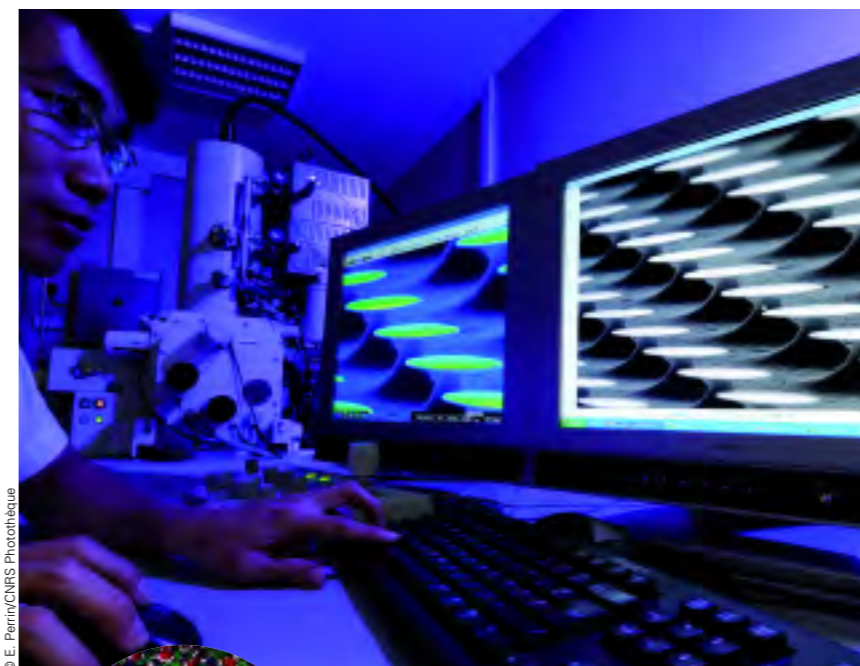
Rédactrice :
Anne Loutrel
Assistante de la rédaction et fabrication :
Laurence Winter
Ont participé à ce numéro :
Stéphanie Arc
Kheira Bettayeb
Céline Bévierre
Jean-Philippe Braly
Nadia Daki
Caroline Dangleant
Sebastián Escalón
Matthieu Hautemulle
Camille Lamotte
Séverine Lemaire-Duparcq
Vahé Ter Minassian
Philippe Testard-Vaillant
Françoise Tristani

Secrétaires de rédaction :
Olivia Dejean
Anne-Solweig Gremillet
Conception graphique :
Céline Hein
Iconographe :
Marie Gandois
Couverture :
Andy Smith pour le journal du CNRS ; F. Sémont
Photogravure :
Scoop Communication
Impression :
Imprimerie Didier Mary
6 route de la Ferté-sous-Jouarre
77440 Mary-sur-Mame
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.



VIE DES LABOS > Trente bougies sur un plateau, p. 6



ZOOM > Lumière sur l'autochrome, p. 28



© Andy Smith pour le journal du CNRS

IN SITU > Il y a 70 ans naissait le CNRS, p. 32

VIE DES LABOS P. 6

> REPORTAGE
Trente bougies sur un plateau

> ACTUALITÉS P. 8

Les derniers résultats de la recherche

> MISSION P. 12

Des alpinistes à l'assaut d'une terre inconnue

INNOVATION P. 14

Hydrogène : une énergie durable pour l'avenir

Entretien avec Dominique Bernal

PAROLE D'EXPERT P. 16

La dépression en mal de thérapies

Entretien avec Xavier Briffault

JEUNES CHERCHEURS P. 17

Croque l'élevage à pleines dents

Portrait de Marie Balasse

L'ENQUÊTE P. 18

Les promesses tenues DES NANOS

ZOOM P. 28

Lumière sur l'autochrome

RENCONTRE AVEC P. 31

Comme un roman

Portrait d'Antoine Billot

IN SITU P. 32

Il y a 70 ans naissait le CNRS
Entretien avec André Kaspi, directeur du Comité pour l'histoire du CNRS

HORIZON P. 36

> ILS ONT CHOISI LA FRANCE ET LE CNRS

Le chimiste qui venait du froid
Portrait de Vladimir Solozhenko

> GROUPEMENT DE RECHERCHE EUROPÉEN

Les mécanos du numérique

GUIDE P. 38

Le point sur les livres, les expos...



Le CNRS est partenaire depuis 2007 du Forum de Provins, consacré cette année au développement durable. Dans le cadre des après-midi scientifiques, mardi 6 octobre 2009 à 14h Conférence de Bernard Delay, directeur de recherche honoraire au CNRS, « Le développement durable : rôles et enjeux de la connaissance »

contact : genevieve.hatat-najar@cnrs-dir.fr

Pariscience

festival international du film scientifique / du 7 au 11 octobre 2009



- 41 séances, projections suivies de débats avec des chercheurs, réalisateurs, producteurs...
- 3 séances spéciales de débats :
"Rêve d'un autre monde" Exoplanètes, exobiologie
"Peut-on rire de la science ?"
"Qu'attendons-nous de la vérité scientifique ?"
- 7 Prix décernés par le Grand Jury, un Jury Collégien et un Jury Lycéen
- Le Prix "Pierre-Gilles de Gennes" remis par le CNRS à un film qui, à travers l'originalité du scénario favorise la recherche et la diffusion des connaissances
- Le Grand Jury est présidé cette année par Jean-Pierre Luminet, astrophysicien et écrivain, CNRS - Observatoire de Paris.

Jardin des Plantes Muséum national d'Histoire naturelle Paris V^{ème}
entrée libre / www.pariscience.fr



Michel Habib en charge des sciences informatiques

Michel Habib a été nommé chargé de mission auprès d'Arnold Migus, directeur général du CNRS, pour la mise en place du futur Institut des sciences informatiques et de leurs interactions (INS2I), le dixième Institut du CNRS. En effet, l'actuel Institut des sciences et technologies de l'information et de l'ingénierie (INST2I) donnera naissance sous peu à l'Institut des sciences de l'ingénierie et des systèmes (Insis) et à l'INS2I. La principale mission de Michel Habib est d'en définir les contours. Un appel à candidature pour la direction de l'INS2I est lancé en parallèle. Diplômé de l'ENS de Cachan et docteur en informatique, ce spécialiste d'algorithmique combinatoire a été directeur



du département informatique de l'École des Mines, puis directeur de Sup Télécom Bretagne. En 2000, il avait pris la direction du Laboratoire d'informatique de robotique et de microélectronique de Montpellier (CNRS / Université Montpellier-II) avant de prendre en 2005 celle du Laboratoire d'informatique algorithmique : fondement et applications (CNRS / Université Paris-VII).

→ LE SUCCÈS SCIENTIFIQUE

Planck : un premier relevé très prometteur

Le satellite Planck, lancé en mai, a livré un premier relevé du ciel, une étroite bande qui s'étire tel un ruban sur toute la voûte céleste, avec une qualité excellente des données. Cette mission européenne doit mesurer le rayonnement cosmique fossile, la plus ancienne lumière émise dans l'Univers tel qu'il était 380 000 ans après le

Big Bang. Le satellite va fournir une cartographie complète du ciel avec une précision sans précédent des hétérogénéités de température et de polarisation du rayonnement cosmique fossile, grâce à l'instrument français High Frequency Instrument. Les laboratoires du CNRS, à l'Insu comme à l'IN2P3, ont joué un rôle crucial

dans sa conception, son développement et sa mise en place. Les relevés complets de Planck sont attendus à l'horizon 2012.

> www2.cnrs.fr/presse/communiqu/1674.htm



Dans ce premier relevé de Planck, le « ruban » en fausses couleurs, la température croît du bleu au rouge. Il a été superposé à une vue optique de la voûte céleste.

→ L'ÉVÈNEMENT

Tara a levé l'ancre !

Très attendue, la mission scientifique Tara a levé l'ancre le 5 septembre à Lorient. Cette expédition de trois ans en bateau, sur tous les océans du monde, et dans laquelle le CNRS est très impliqué – tant dans l'apport en matériel que dans la mise à disposition de scientifiques –, a pour objectif premier d'explorer le monde des micro-organismes qui composent le plancton. La biodiversité de cet écosystème est en effet aussi variée que largement méconnue. Les échantillons seront envoyés lors des escales aux nombreux laboratoires partenaires. À la clé sans doute, la découverte de nombreuses nouvelles espèces. Des instruments permettront aussi de collecter température, salinité, pH et densité de la biomasse dans l'eau de mer, flux de carbone de la surface vers le fond des océans. Car l'autre objectif de Tara est de mieux comprendre les interactions entre océans et climat. La vie marine, aujourd'hui menacée par le réchauffement climatique et la pollution, va-t-elle survivre à ces bouleversements ? Ou bien allons-

nous vers une transformation de la vie océanique ? Grâce à une étude globale de l'environnement marin, la première réalisée avec les technologies d'aujourd'hui, Tara devrait apporter de précieuses réponses.

> En ligne

<http://oceans.taraexpeditions.org>
www.cnrs.fr/cnrs-images/tara-océans/

> À lire

« Un tour du monde pour la vie marine », *Le journal du CNRS*, n° 234-235, p. 24.



Tara, à Lorient, lors de son départ.

Un nouveau directeur pour la recherche et l'innovation...

Ronan Stephan est le nouveau directeur général pour la recherche et l'innovation (DGRI) au ministère de l'Enseignement supérieur et de la Recherche. Ronan Stephan avait dirigé la Délégation aux entreprises du CNRS et Fist, sa filiale de valorisation, de 2003 à 2005. Il succède à Gilles Bloch.

... et pour les systèmes d'information du CNRS

Le 1^{er} septembre dernier, Jean-Marc Voltini a été nommé à la tête de la Direction des systèmes d'information (DSI) du CNRS où il succède à François Étienne. Précédemment associé à GIC Consulting, cet ancien directeur des systèmes d'information chez Eiffage aura pour mission de définir et mettre en œuvre les systèmes d'information destinés au pilotage et à la gestion des différentes activités de l'établissement. Les grandes orientations du chantier système d'information du CNRS pour 2009-2013 ont été approuvées en octobre 2008 en conseil d'administration. Elles concernent à la fois les ressources humaines, la gestion des laboratoires, les relations partenariales avec d'autres organismes de recherche, les aspects de finances, de comptabilité et de gestion. La DSI du CNRS compte 120 agents répartis sur deux sites, à Meudon et à Toulouse.

édito



Catherine Bréchnac
Présidente du CNRS



Arnold Migus
Directeur général du CNRS

Le CNRS, 70 ans d'avancées scientifiques et l'avenir devant lui

Ces mois d'octobre 2009 le CNRS forge son avenir et celui d'une grande partie de la recherche française avec son nouveau décret organique qui formalise les orientations définies dans son plan stratégique « Horizon 2020 », et avec la signature de son contrat d'objectifs 2009-2013 avec l'État.

Cet avenir, pour se construire, doit s'appuyer sur les racines et les valeurs du CNRS. Ce 19 octobre, il y aura précisément 70 ans, l'État créait, par décret, le Centre national de la recherche scientifique, « organisme public doté de la personnalité civile et de l'autonomie financière ». Ce décret, couronnait une décennie d'efforts, inspirés et déterminés, du Prix Nobel de physique Jean Perrin, père fondateur de l'organisme. Le CNRS succédait au CNRSA, Centre national de la recherche scientifique appliquée, créé un an auparavant par la loi du 11 juillet 1938 sur l'organisation de la nation en temps de guerre; celle-ci stipulait que le ministère de l'Éducation nationale devait préparer la mobilisation scientifique. Notre organisme se voyait ainsi désigné comme le garant d'une ambition nationale pour la science. Dans le même temps, il se trouvait engagé dans un élan collectif en faveur de la défense de la liberté, une valeur que Jean Perrin plaçait au faite des idéaux de la communauté scientifique : « Il n'est pas de science possible où la pensée n'est pas libre », venait-il de déclarer en annonçant la naissance du CNRS.

Cette ambition et cet élan n'ont, depuis 70 ans, jamais cessé. Passé la douloureuse épreuve de la guerre, la recherche scientifique s'est engagée sur un nouveau front, celui de la connaissance. Le CNRS y a apporté une contribution déterminante, au point que l'on serait bien en peine d'énumérer toutes les avancées scientifiques qui, à toutes les époques et jusqu'à aujourd'hui, ont vu le jour dans ses laboratoires. Parmi ces avancées audacieuses, citons notamment les travaux de magnétisme et de magnéto-optique d'Aimé Cotton, les premières expériences de chimie solaire de Félix Trombe, le rôle pilote du Centre dans l'émergence de la génétique en France, avec Philippe L'Héritier

ou Georges Teissier, ou dans celle de la chimie des substances naturelles, avec Pierre Potier. Rendons hommage aux illustres travaux d'Irène et de Frédéric Joliot-Curie, de Louis Néel, de Boris Ephrussi et, plus près de nous, de Nicole Le Douarin et saluons aussi les recherches récentes de l'économiste Jean Tirole, du généticien Jean Weissenbach, du physicien Serge Haroche, nos derniers médaillés d'or du CNRS, ou des récents Prix Nobel, Luc Montagnier, Albert Fert et

Claude Cohen-Tannoudji. Il faudrait surtout ne pas oublier le rôle de toutes celles et tous ceux, chercheurs, ingénieurs, techniciens et personnels administratifs, qui ont contribué à ces avancées décisives. « S'il révélait un seul grand savant, notre effort à tous serait payé plus qu'au centuple », aimait à répéter Jean Perrin en défendant la création du Centre. Qui se risquerait aujourd'hui à dire que le pari n'a pas été gagné ? Et, s'il

l'a été, c'est essentiellement grâce aux liens que le CNRS est parvenu à tisser, non seulement avec d'autres établissements, mais aussi entre les disciplines qu'il fédère.

Aux grandes avancées scientifiques s'en ajoutent d'autres, tout aussi fondamentales. Laboratoire d'expérience pour les idées nouvelles, le CNRS a souvent été le fer de lance de grandes évolutions en matière d'organisation et d'administration de la recherche. Précurseur, il l'a été en France, avec la mise en place de ses premières administrations déléguées, dix ans avant que notre pays adopte ses grandes lois de décentralisation. Très récemment, avec les contrats de service, le CNRS a été le premier organisme à souhaiter un engagement réciproque sur la qualité des services entre le laboratoire et sa tutelle. Dans le cadre de l'autonomie des universités, ce contrat a inspiré le cahier des charges élaboré en commun avec celles-ci ; cahier des charges que doit respecter tout établissement qui souhaite bénéficier de la délégation globale de gestion financière des laboratoires. Précurseur, il l'a aussi été en Europe avec notamment ses outils structurants à un moment où la coopération scientifique entre les pays du continent était encore à ses tout premiers balbutiements. Précurseur, le CNRS l'a enfin été dans le monde : notons, par exemple, que sa politique d'unités mixtes, plébiscitée par les universités, inspire désormais des grands pays telle la Chine. Rappelons enfin que le CNRS a conçu de toutes pièces une structure moderne de transfert des résultats, l'Agence nationale de valorisation de la recherche (Anvar), treize ans avant les États-Unis.

De tels exemples pourraient être multipliés à l'infini. Ils scandent l'histoire de notre organisme qui est devenu un acteur incontournable de la recherche nationale et internationale mais aussi de la société qui, de plus en plus, lui demande de répondre à ses besoins et à ceux de la planète. Ce sont autant d'enjeux pour les 70 prochaines années, pour le CNRS et ses personnels d'aujourd'hui et de demain.

ASTRONOMIE

Trente bougies sur un plateau

Perché à plus de 2 500 mètres d'altitude, l'observatoire de l'Institut de radioastronomie millimétrique scrute l'Univers invisible à l'œil. Visite de ce temple de l'astronomie pour fêter le trentième anniversaire de l'Institut.

Remontant des parois à pic depuis un petit village des Hautes-Alpes situé en contrebas, l'hélicoptère s'élève d'un coup au-dessus du bord du précipice. Apparaît soudain, sous le soleil matinal, une immense plateforme naturelle où poussent, au milieu des pierres et des plaques de neige, quelques rares herbes, mousses et spécimens protégés d'*Ambrosia* helvétique. Visibles au premier plan, six immenses antennes sont pointées vers le ciel. Nous sommes à cent kilomètres de Grenoble, sur un plateau désertique balayé par les vents, où est installé à 2 550 mètres d'altitude l'interféromètre du plateau de Bure, l'un des deux observatoires de l'Institut de radioastronomie millimétrique (Iram). C'est en 1979 que l'institut a été créé par le CNRS et la Société Max-Planck pour le développement de la science (MPG), en Allemagne, auxquels s'est joint en 1990 l'Institut géographique national espagnol. Basé à Grenoble, l'Iram possède également, dans la Sierra Nevada, en Espagne, à 2 850 mètres d'altitude sur le Pico Veleta, un télescope de trente mètres. L'établissement, où travaillent 130 personnes, est spécialisé dans l'observation de l'espace dans une partie non visible du spectre lumineux : celle des ondes millimétriques. Interféromètre et télescope peuvent ainsi étudier des phénomènes imperceptibles pour les instruments optiques.

HAUT LIEU SOUS HAUTE SURVEILLANCE

Les six antennes de quinze mètres de diamètre chacune forment un seul et même instrument. Leur gigantisme est souligné par la présence de minuscules silhouettes se déplaçant à leurs pieds. Derrière elles, à deux ou trois cents mètres de là, l'énorme hangar dans lequel les mécaniciens procèdent à l'entretien et aux réparations de ces machines de titans semble, lui aussi, démesuré au regard des bâtiments d'habitation qui y sont accolés. Au loin, enfin, sur fond de paysage des Écrins, on distingue les premiers pylônes de l'ancien téléphérique. C'est là que, coup sur coup, en juillet et en décembre 1999, deux terribles accidents se soldèrent par la mort de vingt-cinq personnes. Cette tragédie, vécue comme un traumatisme par la population de la vallée et l'institut, a été à l'origine d'un renforcement considérable des procédures de sécurité qui rythment la vie ici. Outre qu'elles prévoient désormais la présence tout au long de l'année d'un infirmier-anesthésiste pouvant joindre à tout moment l'hôpital de Gap, celles-ci réglementent les « sorties pour intervention », pour des

© Photos : Kalsisen/CNRS Photographique



Un opérateur à l'intérieur d'une antenne. Vue du miroir secondaire et de la vallée voisine, la combe de Mai.

L'interféromètre de Bure est constitué de six antennes de 15 mètres de diamètre chacune.

réparations par exemple, et obligent les sept membres du personnel présents¹ à être en permanence reliés entre eux par radio.

En attendant la fin de la construction du nouveau téléphérique en 2010, les visites sont elles aussi strictement encadrées : les candidats à un séjour à l'Observatoire doivent être munis d'un « certificat médical de séjour en altitude ». Et, à moins qu'ils n'aient la chance d'effectuer le trajet par la voie des airs, ne peuvent s'y rendre et en repartir qu'en 4x4, en chasse-neige puis à pied, qu'accompagnés par un guide de haute montagne, au cours de « rotations », organisées ou non en fonction des conditions météo, plusieurs fois par semaine, depuis la station de ski de Super Dévoluy. Et à cette loi d'airain nulle

Les spécialistes procèdent ici dans le hangar (au fond, ci-dessus) à l'entretien et aux réparations d'une antenne.



Pour fabriquer notamment les systèmes de réception des antennes, les chercheurs disposent dans leur centre de Grenoble d'une salle blanche et de plusieurs ateliers.



exception : la veille, un 3 août, le directeur de l'Iram en personne, Pierre Cox, n'a pas été autorisé à monter pour cause de tempête de neige. Il a dû faire demi-tour et rentrer à Grenoble!

FRANCE ET ESPAGNE, MAIN DANS LA MAIN

Malgré ces difficultés, l'interféromètre fonctionne pourtant tous les jours de l'année et les activités sur le plateau ne cessent jamais. C'est qu'à l'Iram, le jeu en vaut réellement la chandelle. Jeunes étoiles enfouies dans des nuages denses, molécules interstellaires parfois inconnues sur Terre, poussières cosmiques ou formations stellaires dans des galaxies des confins de l'Univers... Les phénomènes observables dans le domaine millimétrique sont légion. Les astronomes cherchent ainsi à enrichir leurs connaissances sur le cycle de la matière interstellaire depuis le moment où elle s'aggrave au sein des nuages de gaz et de poussières pour former des étoiles jusqu'à celui où elle est rejetée dans l'espace lorsque ces astres arrivent en fin de vie. Et cela d'autant plus facilement à l'Iram que le laboratoire dispose sur ses deux sites de moyens complémentaires. En effet, si l'observatoire du Pico Veleta est adapté à l'étude de zones étendues du ciel, celui du plateau de Bure, est, lui, conçu pour observer les détails d'objets célestes.

Dans la salle de contrôle, Sascha Trippe, astronome de service, montre la « liste des projets hebdomadaires », un tableau d'une trentaine de lignes concentrant l'essentiel des informations sur les observations sélectionnées cette semaine par le comité de programme de l'institut. Cette journée, Sascha Trippe a décidé de la consacrer « à scruter une source cosmique intense découverte il y a huit jours par le satellite américain *Glast* ». En l'occurrence un « sursaut gamma », l'une de ces mystérieuses bouffées d'énergie venues du fond de l'espace, aux origines encore controversées. Très tôt ce matin, l'astronome a donc demandé à l'opérateur, Emmanuel Salgado, de pointer les énormes antennes, que l'on aperçoit par les fenêtres, vers cette source lointaine, située

plus de cinq milliards d'années-lumière de la Terre. Opérant en réseau selon une technique appelée « interférométrie », ces six antennes peuvent en effet combiner leurs signaux. Cela permet aux astronomes d'obtenir

des images atteignant une résolution équivalente à celle d'un télescope dont le diamètre correspondrait à l'écart maximum entre les antennes. Soit, explique Pierre Cox au bout d'une longue allée bétonnée sur laquelle sont installés des rails destinés au déplacement de ces dispositifs : « jusqu'à 760 mètres ! » De quoi réaliser des vues détaillées d'une pièce de un centimètre à cinq kilomètres!

PLUIE DE RÉSULTATS

Les instruments de l'Iram – qui reçoit plus de cinq cents demandes d'observations par an – ont ainsi été à l'origine de plusieurs découvertes majeures au cours de leur histoire trentenaire. Plus d'un tiers des 140 molécules interstellaires répertoriées à ce jour y ont été identifiées, comme le propylène ou l'aminooacétonitrile. Leur présence dans les galaxies les plus jeunes y a également été établie. C'est là aussi que fut observé en avril dernier l'événement cosmique le plus lointain que l'on connaisse : un sursaut gamma situé à 13 milliards d'années-lumière de notre planète! Enfin, l'institut est réputé pour sa capacité à détecter des « disques circumstellaires », des amas de matière qui orbitent autour d'étoiles jeunes et dans lesquels se forment les planètes.

L'explication de ce succès doit d'ailleurs beaucoup au centre de Grenoble où les scientifiques conçoivent et développent les instruments dédiés à l'observation des ondes millimétriques. Ici, tandis que des ingénieurs comme Marc Torres mettent la dernière main à des « corrélateurs » qui traiteront demain en temps réel les signaux recueillis par l'interféromètre du plateau de Bure, d'autres, à l'instar de Dominique Billon-Pierron, de Bastien Lefranc et de Jean-Yves Chenu, conçoivent dans une salle blanche et dans des ateliers remplis de toutes sortes de machines sophistiquées, les « jonctions supraconductrices » et les « systèmes de réception » (qui fonctionneront à -269°C , proche du zéro absolu) des antennes. Et pas seulement pour des besoins internes. Les compétences des équipes grenobloises sont en effet reconnues dans le monde entier. L'Iram s'est ainsi engagé à fournir des « récepteurs » au consortium international Alma, chargé de la construction d'ici à 2014 d'un interféromètre géant constitué de 64 antennes, à 5 100 mètres d'altitude, sur le site chilien de Llano de Chajnantor. Cela dans l'attente de la finalisation de Noema (Northern Extended Millimeter Array), un vaste projet de doublement des antennes du plateau de Bure. Et une véritable cure de jouvence qui permettra aux chercheurs de l'Iram de sonder l'Univers avec encore plus d'acuité.

Vahé Ter Minassian

1. Trois équipes constituées chacune de deux opérateurs, deux mécaniciens, un technicien-électronicien, un cuisinier et un infirmier se relaient chaque semaine.

CONTACT

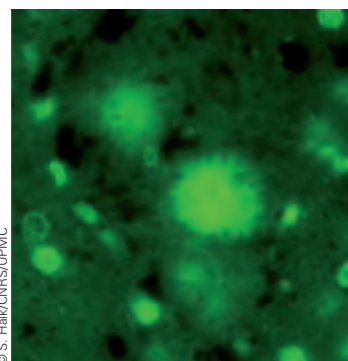
→ **Pierre Cox**
Institut de radioastronomie millimétrique, Grenoble
cox@iram.fr

MÉDECINE

Creutzfeldt-Jakob est bien un agent double

Milieu des années 1990 : apparition d'une nouvelle variante de la maladie de Creutzfeldt-Jakob, sans doute causée par une contamination par l'agent de la maladie de la vache folle. Liée à l'accumulation d'une forme anormale d'un prion, molécule produite naturellement chez l'humain, qui entraîne la dégénérescence des neurones, elle a fait à ce jour plus de 180 victimes dans le monde, dont 23 en France¹.

Jusqu'ici, on suspectait cette pathologie apparue dans l'Hexagone et au Royaume-Uni de provenir du même agent dans les deux pays... mais sans que cela ne soit jamais montré. Des travaux récemment publiés² ont enfin permis d'apporter des preuves à ces soupçons. En comparant les données cliniques de patients des deux côtés de la Manche, Stéphane Haïk et Jean-Philippe Brandel, neurologues au Centre de recherche de l'institut du cerveau et de la moelle épinière (CRICM)³ de la Salpêtrière,



© S. Haïk/CNRS/UPMC

et leurs collègues britanniques de l'unité nationale de surveillance de la maladie de Creutzfeldt-Jakob ont montré que Britanniques et Français sont bien touchés par la même maladie, probablement provoquée par la même souche de prion de carcasses bovines britanniques. Pour cela, l'équipe a étudié les 23 cas français ainsi que les 162 cas anglais. « Notre étude consistait en une comparaison des données cliniques des patients (leurs symptômes, les résultats de leur IRM, etc.), une analyse

Les victimes anglaises et françaises de la variante de la maladie de Creutzfeldt-Jakob présentent des lésions cérébrales similaires.

du gène codant pour la protéine prion, une étude des lésions cérébrales et une analyse fine des propriétés biochimiques de la protéine prion pathologique », précise Stéphane Haïk. La conclusion : les patients britanniques et français présentaient bien des données cliniques, épidémiologiques, biochimiques et génétiques similaires. Cette proximité suggère qu'ils ont été infectés par la même souche de prion. Ce résultat pourrait se voir confirmé, et même étendu à l'Europe, par une autre recherche menée actuellement à partir d'extraits de lésions contenant la souche impliquée, prélevés chez les patients des différents pays européens touchés. Quoi qu'il en soit, l'étude franco-britannique a aussi confirmé un autre point. Tous les patients étudiés, et donc touchés par la maladie,

présentent une portion identique du codon 129, fragment de gène codant pour la protéine prion. Pour le moment, il est impossible de savoir si un profil génétique pour ce codon pourrait protéger totalement de la maladie ou seulement allonger la durée d'incubation. Dans ce dernier cas, le nombre de malades pourrait se révéler plus élevé que prévu dans les années à venir.

Kheira Bettayeb

1. La nouvelle variante s'attaque à des personnes plus jeunes que les formes classiques de la maladie (29 ans en moyenne, contre 65 ans).
2. *Annals of Neurology*, mars 2009, vol. 65, n° 3, pp. 233-235.
3. Centre CNRS / Inserm / Université Paris-VI.

CONTACTS

Centre de recherche de l'institut du cerveau et de la moelle épinière de la Salpêtrière, Paris

→ **Stéphane Haïk**
Stephane.haik@upmc.fr

→ **Jean-Philippe Brandel**
jean-philippe.brandel@psl.aphp.fr

COGNITION

Notre œil voit d'abord en gros

Lorsque l'on voit un être vivant ou un objet, le reconnaît-on d'abord finement en tant que chien, voiture ou table pour ensuite le mettre dans une catégorie plus large – animal, véhicule, meuble – ou inversement ? Depuis 1976 et les travaux de la psychologue américaine Eleanor Rosch, il était admis qu'un objet était d'abord catégorisé au niveau de base comme « chien », « voiture » ou « table » avant qu'un concept plus abstrait « animal », « véhicule » ou « meuble » ne puisse se former. Cette capacité d'abstraction était même considérée comme spécifique de l'humain, l'animal n'ayant pas accès à ce type de concept. Or, surprise, dans une étude récemment publiée¹ des chercheurs du Centre de recherche cerveau et cognition (Cerco)², à Toulouse, ont montré qu'en fait... c'est l'inverse ! « Nos données montrent que celles de 1976 ont été trop vite généralisées au système visuel », souligne Michèle Fabre-Thorpe, directrice du Cerco et co-auteur de l'étude. C'est que les résultats de l'équipe d'Eleanor Rosch et de ceux qui les ont reproduits ensuite ont été obtenus lors de tests où des volontaires devaient

désigner des objets par leur nom. Or ces expériences où l'accès au vocabulaire, et donc au système du langage, était crucial pouvaient masquer le fonctionnement du seul système visuel.

Les chercheurs du CNRS ont placé dix-huit volontaires dans des conditions où ils devaient, non pas répondre oralement, mais réagir le plus vite possible avec le doigt en relâchant un bouton quand ils voyaient une image contenant la cible qu'on leur demandait de chercher (un chien, un oiseau, un animal, etc.). Les images n'étaient affichées que pendant 26 millisecondes (ms) pour les encourager à agir encore plus vite, le seuil de perception des humains étant de près de 25 ms.

Résultat ? Les volontaires ont été en moyenne plus rapides d'une quarantaine de millisecondes à relâcher le bouton lors de la recherche d'une



© M. Fabre-Thorpe

Expérience menée pour savoir si notre œil perçoit en premier un chien ou un animal. Les volontaires devaient relâcher très vite le bouton s'ils voyaient un chien.

BRÈVE

Nouvelle molécule contre le VIH

Une molécule pourrait faire progresser les futures thérapies anti-sida. Développée par des chercheurs de deux universités et de trois organismes¹, elle est capable de bloquer l'entrée du virus du sida (VIH) dans les cellules. Jusqu'à présent, la plupart des traitements disponibles empêchent la réplication du virus dans l'organisme, sans l'éradiquer, et en occasionnant de lourds effets secondaires. La nouvelle stratégie des chercheurs, dont les travaux ont été récemment mis en ligne dans la revue *Nature Chemical Biology*, permet donc d'agir plus en amont. Elle consiste en l'alliance d'un mime de la molécule CD4, récepteur cellulaire reconnu par le VIH, et d'une molécule d'héparane sulfate, un sucre complexe présent à la surface des cellules. Ce composé, appelé CD4-HS, a été synthétisé. Il inhibe l'entrée virale. Sur des cellules en culture, son activité est très élevée. Prochaine étape : les tests in vivo.

1. Il s'agit du CNRS, du CEA, de l'Institut Pasteur, de l'université Joseph Fourier et de l'université Paris-Sud-XI.

> www2.cnrs.fr/presse/communiqu/1666.htm

catégorie large comme un animal, par rapport à la recherche d'une catégorie plus fine comme un chien ou un oiseau. D'où la conclusion que notre système visuel construit d'abord une représentation grossière avant de pouvoir la détailler. « Il est plus logique que notre système visuel catégorise grossièrement dans un premier temps car au départ il "voit" juste une image rudimentaire et floue de la scène. Alors, il n'a pas eu le temps de traiter beaucoup d'informations visuelles », termine Michèle Fabre-Thorpe.

Kheira Bettayeb

1. Étude publiée en ligne, le 17 juin 2009 sur www.plosone.org, journal en libre accès à comité de lecture international.
2. Centre CNRS / Université Toulouse-III.

CONTACT

→ **Michèle Fabre-Thorpe**
Centre de recherche cerveau et cognition (Cerco), Toulouse
michele.fabre-thorpe@cerco.ups-tlse.fr

PSYCHOLOGIE SOCIALE

Tour du monde de l'impolitesse



© J. Lunoff/Zacharias/Getty Images/Blend Images

Un passant jette un mouchoir usagé par terre, à deux pas d'une poubelle. Dans un bus, un passager tonitrué sans vergogne au téléphone. Vont-ils être alpagués par ceux qui assistent à la scène ? Sans doute si elle se déroule en Espagne. Mais c'est moins probable si elle a lieu aux États-Unis ou en Grande-Bretagne, selon Markus Brauer, chercheur CNRS au Laboratoire de psychologie sociale et cognitive (Lapsco)¹ qui a comparé les réactions des habitants de huit pays occidentaux² face à 46 comportements incivils comme s'incruster dans une file d'attente, taguer un mur, uriner dans la rue, ou encore voler un magazine³.

Son but ? Comprendre pourquoi certains expriment leur désapprobation face à ces incartades, et d'autres pas. Le chercheur a ainsi établi qu'au Portugal, en Espagne ou en Italie, pays définis comme « collectivistes »⁴, les habitants seraient enclins à reprocher son comportement au malotru plus qu'en Grande-Bretagne ou aux États-Unis, pays « individualistes », comme notre Hexagone, mais de manière moins prononcée. « Dans les cultures "collectivistes", les individus se perçoivent comme plus dépendants les uns des autres. Ils ont le sentiment que tout ce qui concerne la communauté fait partie intégrante de leur identité propre », explique-t-il. Cette enquête conforte une hypothèse qu'il a précédemment formulée : une personne protestera d'autant plus contre l'auteur d'une incivilité sociale qu'elle se sent personnellement affectée. « Tout dépend donc de la façon dont l'individu se définit lui-même »,

conclut le chercheur. « Pour certains, le "soi" s'arrête à la porte de leur appartement. Tandis que pour d'autres, il inclut leur quartier, le parc, voire la ville. »

Pour ces derniers, chaque incivilité, notamment celles qui dégradent leur environnement, sera perçue comme une attaque personnelle. Et leur réaction, même si elle s'exprime par une remarque courtoise, s'apparente psychologiquement à de l'auto-défense. Conclusion : pour lutter contre ces actes ordinaires de vandalisme, rien de tel que de se sentir... partout chez soi !

Stéphanie Arc

1. Laboratoire CNRS / Université Clermont-Ferrand-II.
2. Mille quarante-huit répondants provenant des États-Unis, d'Angleterre, d'Allemagne, de Belgique, de France, d'Italie, d'Espagne, du Portugal.
3. L'étude menée avec Nadine Chaurand, de l'université Pierre-Mendès-France de Grenoble, a été publiée en ligne (avant impression) en juin 2009 dans la revue *European Journal of Social Psychology*, n° 38, pp. 1689-1715.
4. Pour distinguer les pays collectivistes et individualistes, les chercheurs ont utilisé un indicateur qui reflète le degré moyen d'intégration d'un individu aux différents groupes qui constituent la société (famille proche, famille éloignée, etc.). Pour en savoir plus : http://www.geert-hofstede.com/geert_hofstede_resources.shtml

CONTACT

→ **Markus Brauer**
Laboratoire de psychologie sociale et cognitive, Clermont-Ferrand
markus.brauer@univ-bpclermont.fr

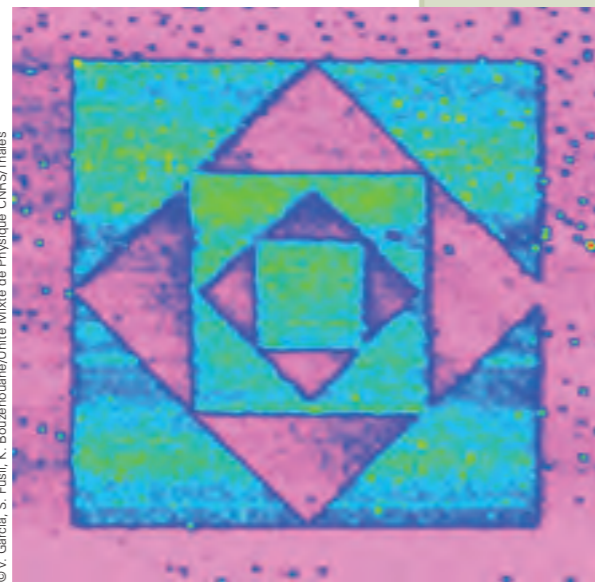
ÉLECTRONIQUE

Au secours des mémoires qui flanchent

Les performances des mémoires de nos outils technologiques laissent parfois à désirer. Électroniciens et chercheurs en matériaux se sont penchés sur cet épineux problème. Et ont récemment trouvé des solutions prometteuses.

Avec l'essor des téléphones portables, des baladeurs numériques et autres appareils nomades, l'industrie électronique est confrontée à un incroyable défi : mettre au point des mémoires informatiques non volatiles – c'est-à-dire capables de conserver les données quand l'appareil est éteint –, qui soient à la fois solides, fiables et faiblement consommatrices d'énergie ! Or ce casse-tête pourrait avoir trouvé un début de solution grâce aux travaux de scientifiques français et britanniques. L'équipe d'Agnès Barthélémy, de l'Unité mixte de physique CNRS-Thalès¹, s'est intéressée à une technologie encore peu connue du grand public : celle des mémoires dites ferroélectriques, réputées notamment pour leur rapidité. Elles souffraient d'un handicap majeur : l'information qu'elles contiennent disparaît lorsqu'on la lit. Banco : les chercheurs se sont affranchis de cet obstacle² qui limitait ce type de mémoire au secteur des jeux vidéo.

Le principe ? Les données sont contenues dans un matériau ferroélectrique : à l'intérieur de celui-ci, les charges ont la propriété d'être polarisées, c'est-à-dire organisées pour former des dipôles dirigés dans un même sens, un peu à la manière de petites boussoles indiquant toutes le nord. Comme cette polarisation peut-être inversée localement par l'application d'un champ électrique extérieur et qu'elle perdure ensuite, les physiciens ont ainsi imaginé d'utiliser ces solides pour stocker de l'information en associant aux orientations « haut » et « bas » les valeurs « 0 » et « 1 » de l'informatique binaire. Problème : pour identifier la « valeur » du dipôle, les électroniciens n'avaient jusqu'ici d'autres choix que d'appliquer un second champ



Les chercheurs ont réussi à observer les domaines de polarisations opposées (carrés concentriques verts et violets) de cet échantillon sans les modifier !

électrique. Ce qui, explique Manuel Bibes, chargé de recherche au CNRS, « revient à modifier, une fois sur deux, son état et donc à faire disparaître les données au fur et à mesure qu'on les lit ! » Agnès Barthélémy, Manuel Bibes et leurs collègues sont les premiers à avoir découvert une solution alternative. Pour y parvenir, l'équipe a procédé en trois temps. En premier lieu, elle a produit de minces couches de un à deux millièmes de millimètre d'épaisseur d'un matériau appelé tita-

UNE GRANDE FAMILLE

Dans la grande famille des mémoires informatiques, il y a d'une part les mémoires « volatiles », comme les Ram des ordinateurs par exemple, qui stockent les données tant qu'elles sont alimentées en électricité. Et d'autre part les mémoires « non volatiles », qui les conservent après l'extinction des appareils. Bien que leur usage soit largement répandu, ces derniers composants présentent des inconvénients aux yeux des industriels. Une technologie comme celle des « disques durs » est, en effet, bon marché et fiable. Mais elle n'est pas adaptée à toutes les applications en raison de sa fragilité. Quant aux systèmes « flashes » qui équipent les clés USB, les baladeurs numériques et les téléphones portables, ils ont l'avantage de la robustesse. Par contre, ils consomment beaucoup d'énergie au cours des phases de lecture et d'écriture et leur durée de vie est limitée. D'importants efforts de recherche et développement sont donc actuellement menés à travers le monde pour tenter de découvrir d'autres solutions.

nate de baryum dont (et c'est une découverte en soi) elle avait établi au préalable la ferroélectricité à température ambiante. Dans la seconde phase, elle a disposé ces échantillons entre une électrode et la pointe d'un microscope à force atomique³. Avant, enfin, d'y faire circuler du courant par « effet tunnel ». Ce curieux phénomène quantique – qui permet à un électron de traverser un matériau isolant dès lors que son épaisseur est réduite à quelques atomes – a été astucieusement mis à profit par ces chercheurs pour identifier l'état de polarisation du titanate de baryum... sans le modifier ! Et donc pour lire les données cryptées dans cette mémoire ferroélectrique en évitant de les détruire. Cette avancée majeure pourrait se traduire un jour par la présence de ce type de mémoire dans nos appareils de poche.

Vahé Ter Minassian

1. Unité associée à l'université Paris-XI.
2. *Nature*, n° 460 (7251), du 2 juillet 2009, pp. 81-84.
3. L'utilisation d'un microscope à force atomique permet l'étude des surfaces de matériaux.

CONTACT

→ Manuel Bibes
Unité mixte de physique CNRS/Thalès, Palaiseau
manuel.bibes@thalesgroup.com

LE CHIFFRE

50% C'est la perte de vitesse de croissance que devrait subir

Lophelia pertusa, un corail d'eau froide très répandu en Europe, vers l'an 2100, à cause de l'acidification des océans. Cela pourrait menacer l'existence des récifs d'eaux froides, selon des travaux publiés dans la revue *Biogeosciences* par une équipe du Laboratoire d'océanographie de Villefranche.

> www2.cnrs.fr/presse/communiqu/1660.htm

ARCHÉOLOGIE

Une bien vieille renaissance !



© Leclercq/Andia.fr

Alors que l'on pensait que la refondation de la ville de Saint-Quentin remontait au VII^e siècle, la découverte de deux sarcophages du V^e siècle sous la basilique bouleverse les connaissances.

Fondée sur l'emplacement du tombeau de Saint-Quentin, la basilique du même nom est l'une des plus grandes constructions gothiques de France.

Contre toute attente, au moins 200 bougies peuvent être ajoutées au gâteau d'anniversaire de la ville de Saint-Quentin. Ce nouvel « âge » est attesté par la découverte de deux sarcophages du V^e siècle, sous la basilique de la capitale picarde. Une découverte scientifique doublement importante, puisque ces sarcophages font partie des plus anciens trouvés dans le Nord de la Gaule !

Certains textes laissaient entendre que la ville avait redémarré à Saint-Quentin autour du VII^e siècle, 400 ans après la destruction de la cité antique d'Augusta Viromandorum située au même emplacement. « Aujourd'hui, nous avons la preuve indiscutable que Saint-Quentin reprit vie au moins deux siècles plus tôt », assure Christian Sapin, directeur du Centre d'études médiévales (CEM)¹ d'Auxerre et responsable des campagnes de fouilles menées sous la basilique depuis cinq ans avec l'aide du ministère de la Culture et de la Communication, et des collectivités. Durant ces cinq campagnes, l'équipe découvre 6 ou 7 étages de sols successivement foulés par les fidèles venus



© Cem, Auxerre

se recueillir sur la tombe de Quentin, un Romain chrétien venu évangéliser la région, exécuté et devenu martyr. « Des hommes et des femmes ont souhaité se faire enterrer auprès de la tombe de saint Quentin, et ce sont eux, en un sens, qui sont à l'origine de la renaissance médiévale de l'ancienne cité antique », explique Christian Sapin.

Pour estimer l'ancienneté des niveaux, les scientifiques datent au carbone 14 des matériaux organiques comme le bois, des ossements ou du charbon trouvés à proximité. Ils usent de la même technique avec la douzaine de sarcophages retrouvés sur ce site. Parmi celles découvertes en juin dernier, deux sépultures se sont donc avérées plus anciennes que prévu : elles datent du V^e siècle. Encore plus loin dans le sol et dans le temps, une structure en bois autour d'une fosse vide a été confectionnée au IV^e siècle. Il pourrait s'agir du premier emplacement de la tombe de Quentin. Mais au départ, l'endroit n'était certainement qu'un lieu de pèlerinage. Selon les archéologues, on peut raisonnablement penser que Saint-Quentin, en tant que ville, date du V^e siècle.

Surprise : la nouvelle datation concorde avec la légende qui auréole la fondation de la

cité. L'histoire raconte qu'un Romain du nom de Quentin se serait rendu jusqu'en Gaule pour prêcher le christianisme durant la seconde moitié du III^e siècle. Mais un préfet romain l'aurait fait arrêter à Amiens. Quentin aurait été exécuté et son corps jeté dans la Somme. Un demi-siècle plus tard, Eusébie, une dame romaine aveugle, aurait miraculeusement retrouvé la vue alors que la dépouille du martyr rejaillissait du fleuve. Dans sa gratitude, Eusébie aurait alors fait édifier à Quentin une première et humble chapelle. C'est à cet endroit précis qu'aurait été fondée la ville de Saint-Quentin... autour des IV^e ou V^e siècles, donc. En cette période de transition entre Antiquité et Moyen Âge, le christianisme commençait seulement à émerger en Gaule. Mais déjà au V^e siècle le rayonnement du saint était tel que la chapelle

est devenue un lieu d'inhumation puis de pèlerinage. Et l'archéologue de continuer : « Notre découverte est une preuve supplémentaire de la christianisation précoce du Nord de la Gaule. »

L'année 2010 verra se dérouler la dernière campagne de fouilles. Christian Sapin reconnaît avoir la sensation qu'il reste encore des éléments à découvrir dans ce site certes restreint mais très dense. À l'avenir, cette relecture de l'histoire de la cité picarde pourra encourager d'autres fouilles pour étudier, par exemple, le développement des premiers habitats médiévaux dans la ville.

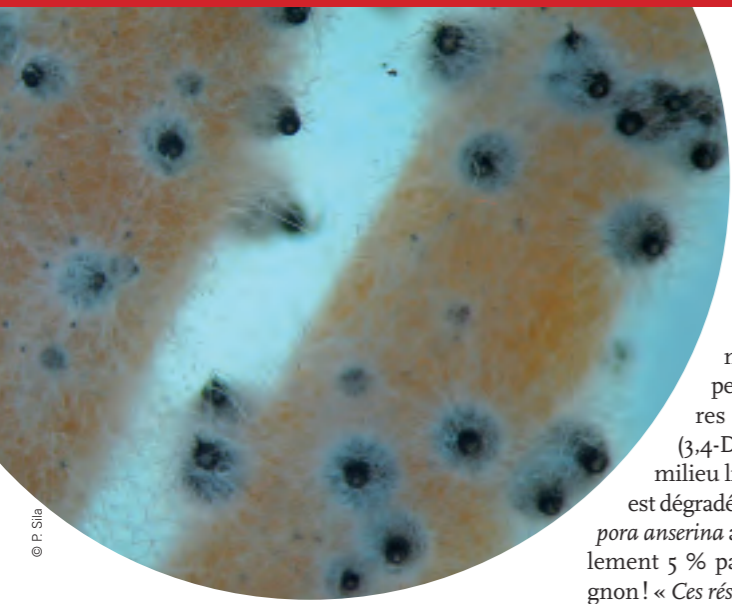
Caroline Dangléant

Le sarcophage de Saint-Quentin creusé sans doute au IX^e siècle dans une colonne antique en marbre est conservé dans la crypte carolingienne. Ci-contre, sous une mosaïque trouvée au XIX^e siècle, un sarcophage du V^e siècle vient d'être dégagé.

1. Le Cem d'Auxerre dépend de l'unité « Archéologie, terre, histoire, sociétés » (Artheis, CNRS / Université de Bourgogne / Ministère de la Culture et de la Communication).

CONTACT

→ Christian Sapin
Centre d'études médiévales (CEM), Auxerre
sapin.christian@wanadoo.fr



Podospora anserina se développe essentiellement par reproduction sexuée grâce à ses fructifications : ces excroissances en formes de poires poilues mesurent quelque 0,75 mm.

zyme PaNAT2 est inactivé. Et les mettent à l'épreuve d'un dérivé de pesticide trouvé dans certaines terres agricoles, la 3,4-dichloroaniline (3,4-DCA). Lors de ces tests réalisés en milieu liquide, environ 45 % du polluant est dégradée par la souche normale de *Podospora anserina* au bout de trois jours, contre seulement 5 % par la souche mutée du champignon ! « Ces résultats sans ambiguïté prouvent que la voie enzymatique de PaNAT2 est bien impliquée dans la capacité de ce champignon à se nourrir de certaines molécules aromatiques » assure Jean-Marie Dupret. L'étape suivante va s'avérer tout aussi concluante. Afin de simuler une expérience de remédiation, autrement dit de décontamination du sol,

ENVIRONNEMENT

Un champignon qui mange la pollution

Après quelques décennies d'agriculture intensive, les recherches pour purger nos sols des nombreuses substances d'origine industrielle vont bon train. Une solution prometteuse nous vient aujourd'hui... d'un banal champignon filamenteux, *Podospora anserina*. Fruit d'une collaboration entre trois laboratoires¹ associés au CNRS, une étude publiée en mai² prouve que *Podospora anserina* est en effet capable de « digérer » des molécules polluantes en les modifiant chimiquement grâce à une de ses enzymes. Résultat : là où une autre espèce vivante aurait succombé, le champignon assimile le polluant et le transforme en un autre composé non nocif. Et le milieu s'en trouve assaini.

L'idée a germé lors de la rencontre de deux chercheurs. Philippe Silar³ explique à son confrère Jean-Marie Dupret⁴ à quel point les champignons représentent un incroyable réservoir d'enzymes aux propriétés étonnantes. Les scientifiques décident alors de tester la résistance de plusieurs espèces de moisissures à une classe majeure de polluants, les amines aromatiques. Deux d'entre elles survivent, ce qui signifie que ces champignons possèdent les enzymes leur permettant de mettre hors d'état de nuire ces composés aromatiques. Entre les deux rescapées, les scientifiques choisissent de concentrer leurs efforts sur *Podospora anserina*, déjà bien connue des laboratoires. À partir de ce champignon, les biochimistes identifient, clonent et purifient une enzyme impliquée dans ces mécanismes de résistance, qu'ils nomment PaNAT2. Reste à définir précisément son rôle. Pour cela, et grâce à la parfaite connaissance du génome de ce champignon, l'équipe de Philippe Silar fabrique des souches mutées pour lesquelles le gène de l'en-

vironnement ajoutent 0,5 g de champignon toutes les 24 h à un mélange de terre et de 3,4-DCA. Au bout de trois jours, ils y plantent des graines de laitue, une plante choisie pour sa sensibilité connue au 3,4-DCA. Mais même avec une concentration extrême de polluant, la salade germe sans problème. Une preuve irréfutable de l'action assainissante de *Podospora anserina*. Qui dispose d'un autre atout non négligeable en tant que candidat à la restauration de l'équilibre des sols : son mode de multiplication. En effet, il se développe essentiellement par reproduction sexuée. Pour éviter une prolifération incontrôlable, il suffit d'inoculer des souches non compatibles sexuellement dans le milieu et le champignon disparaît au bout de quelques temps. Mais avant d'imaginer des tests sur un champignon entier, l'équipe de chercheurs doit encore éclaircir quelques points : comment produire ce champignon en grande quantité ? Est-il préférable de l'enfouir ou suffit-il de le déposer à la surface de la terre ? Etc. Après ces études préliminaires, les scientifiques envisageront un partenariat pour tester la méthode en grandeur nature.

Caroline Dangleant

1. Unité de biologie fonctionnelle et adaptative (Université Paris-VII), Institut de génétique et microbiologie (CNRS / Université Paris-XI), « Interfaces, traitements, organisation et dynamique des systèmes » (CNRS / Université Paris-VII).
2. Édition en ligne de la revue *Journal of Biological Chemistry*.
3. Chercheur à l'Institut de génétique et microbiologie, professeur de l'université Paris-VII.
4. Directeur de l'unité de biologie fonctionnelle et adaptative de l'université Paris-VII.

CONTACT

→ **Jean-Marie Dupret**

Laboratoire « Réponses moléculaires et cellulaires aux xénobiotiques », unité BFA, Paris
jean-marie.dupret@univ-paris-diderot.fr

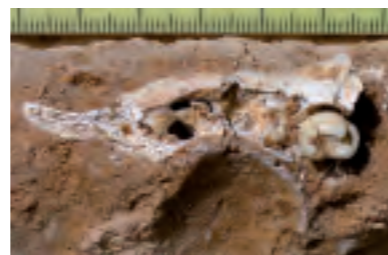
BRÈVE

Une mandibule très parlante

Une partie de mandibule humaine, appartenant à un jeune individu et estimée¹ à 500 000 ans environ, a été récemment découverte dans la carrière Thomas 1, à Casablanca, par une équipe franco-marocaine² d'archéologues codirigée par Jean-Paul Raynal, du laboratoire « De la Préhistoire à l'actuel : culture, environnement et anthropologie » (Pacea)³. Ce sont les seuls restes d'enfant de cette période trouvés au Maghreb. En 1969, la carrière avait déjà livré la moitié d'une mandibule, puis des dents, et, en 2008, une mandibule complète d'adulte, des fragments crâniens et des vertèbres. Vu la morphologie de l'ensemble de ces fossiles, les chercheurs les attribuent à *Homo rhodesiensis*, immédiatement antérieur à *Homo sapiens*, l'homme moderne. Ces découvertes poussent donc à revoir l'ancienneté de *rhodesiensis*, jusqu'alors évaluée à 300 000 ans environ. Et elles indiquent l'existence d'une population de ce type précis d'*Homo* clairement établie dans la région il y a un demi million d'années. Le site marocain se révèle aussi fondamental pour évaluer l'éventuelle contribution des hominidés nord-africains aux premiers peuplements d'Europe du Sud. Enfin, il s'agit du plus ancien témoignage de ces humains déjà tout proches de devenir des hommes modernes.

➤ **Contact : J.-P. Raynal, jpraynal@wanadoo.fr**

1. Elle a été trouvée dans le même niveau sédimentaire et à proximité d'une dent datée par résonance de spin électronique.
2. Avec l'Institut national des sciences de l'archéologie et du patrimoine.
3. Laboratoire CNRS / Université Bordeaux-I / Ministère de la Culture et de la Communication.



Morceau de mandibule d'enfant, trouvée en mai au Maroc, et vieille de 500 000 ans.

ÉCOLOGIE

Des alpinistes à l'assaut d'une terre inconnue

Un groupe d'explorateurs, dont fait partie une chercheuse du CNRS, va fouler l'une des dernières terres vierges du globe, en Patagonie.



© Y. Estienne

L'esprit des grands explorateurs, Darwin, Humboldt ou Bougainville, anime l'expédition française qui, fin septembre, est partie à la conquête de l'une des dernières régions inexplorées du monde, la cordillère de Darwin, à l'extrême Sud de la Patagonie. Les participants ? On y trouve des alpinistes, des scientifiques, des photographes, mais aussi un cinéaste et un écrivain. Comme à l'âge d'or de l'exploration du monde, toutes les dimensions de la découverte seront au rendez-vous dans cette expédition de six semaines baptisée, avec à propos, « Un rêve de Darwin ». « À l'origine du projet, il y a un groupe de guides de haute montagne qui voulaient monter une expédition dans une région inexplorée du globe. Assez vite, leur regard s'est porté sur la cordillère de Darwin. Même si certains sommets côtiers de cette chaîne ont été abordés, jamais personne n'a tenté de la traverser dans toute sa longueur », raconte Sandra Lavorel, directrice de recherche du CNRS au Laboratoire d'écologie alpine (Leca)¹ de Grenoble et membre de l'équipée. « Yvan Estienne, le leader de l'expédition, voulait ajouter à l'expédition une composante scientifique. Voilà pourquoi il m'en a parlé. » Et ce n'est pas au hasard que Sandra Lavorel a été contactée : elle est passionnée d'alpinisme... et spécialiste des écosystèmes des régions aux climats extrêmes. Pour une fois, ce sont les caractéristiques de l'expédition qui ont déterminé le choix de la recherche et des expériences à réaliser : « C'est l'inverse de la démarche habituelle », admet volontiers la chercheuse. « Les alpinistes voulaient partir au début du printemps austral, lorsque la neige recouvre encore

En Patagonie, le temps peut changer violemment et les vents dépasser les 200 km/h. Voilà les conditions que Sandra Lavorel affrontera pour mener ses observations sur les écosystèmes. L'équipe effectuera une traversée de 100 km à travers cols, sommets et glaciers inconnus.

les montagnes et rebouche les crevasses. C'est pour cette raison que j'ai choisi de m'intéresser aux arbres, les seuls à ressortir de la couverture neigeuse, et en particulier au hêtre subantarctique, *Nothofagus pumilio*. » La chercheuse va étudier les facteurs qui limitent la croissance des hêtres à partir d'une certaine altitude. Car même si ce genre originaire de l'hémisphère Sud est bien adapté aux conditions rigoureuses, il y a une limite en altitude qu'il ne peut dépasser. « Des recherches effectuées en Nouvelle-Zélande sur d'autres espèces voisines de hêtres montrent que sa limite altitudinale n'est pas seulement d'ordre climatique : s'il ne s'agissait que des températures, la forêt de hêtres pourrait monter plus haut. » Les chercheurs néo-zélandais ont mis en évidence une sorte de barrière invisible que les hêtres ne peuvent dépasser. Quelle est donc la vraie nature de cette frontière ? La chercheuse tentera de tester deux hypothèses. D'une part, la disponibilité des nutri-

ments dans le sol. Si, au-delà d'une certaine altitude, l'arbre ne trouve plus à sa disposition assez de phosphore et d'azote, il ne pourra pas se développer. L'autre hypothèse, complémentaire, concerne la diversité microbienne des sols. Pour se nourrir, les arbres sont soumis à l'activité des bactéries et des champignons du sol qui recyclent les nutriments. La frontière des arbres pourrait être due à des différences dans la quantité et les espèces de micro-organismes présents dans les sols forestiers. Sandra Lavorel ne participera pas à la traversée de la cordillère de Darwin avec l'équipe d'alpinistes. En revanche, elle fera plusieurs incursions vers les sommets à partir du bateau, le *Nueva Galicia*, qui servira de base logistique. Lors de ses expéditions, elle posera des camps de ravitaillement pour les alpinistes et collectera, aux endroits où la neige le permet, des échantillons du sol et de feuilles. Ces échantillons seront ensuite analysés par un laboratoire chilien² avec lequel le Laboratoire d'écologie alpine collabore depuis plusieurs années.

L'un des aspects fondamentaux de cette recherche est qu'elle s'effectue dans un terrain vierge. « Lorsque nous effectuons des recherches dans les Alpes, par exemple, nous savons que nous travaillons dans des terrains qui ont été défrichés, colonisés, utilisés pour l'agriculture tout au long de l'histoire. En revanche, en Patagonie, il n'y a aucune interférence humaine : toutes les caractéristiques physiologiques des espèces sont en rapport direct avec les conditions climatiques. » L'expédition promet donc de belles observations sur l'évolution et l'adaptation des espèces aux climats les plus rudes. Observations précieuses à l'heure où le changement climatique touche de plein fouet les régions subantarctiques. Nul ne doute que Darwin lui-même n'aurait pas manqué l'occasion d'explorer la cordillère qui porte son nom !

Sebastián Escalón

1. Laboratoire CNRS / Université Grenoble-I / Université Chambéry.
2. Instituto de Ecología y Biodiversidad, Universidad Católica de Chile.

CONTACT

→ **Sandra Lavorel**

Laboratoire d'écologie alpine de Grenoble (Leca),
sandra.lavorel@ujf-grenoble.fr



PROGRAMME

Hydrogène : une énergie durable pour l'avenir

Air Liquide¹ pilote depuis fin 2008 le programme « Horizon hydrogène énergie » auquel participe le CNRS. Objectif : développer et commercialiser les premières applications de l'énergie provenant de l'hydrogène. Dominique Bernal, directeur des technologies avancées du groupe, expose les défis à relever.

Quels marchés le programme « Horizon hydrogène énergie » (H₂E), lancé fin 2008, cible-t-il ?

Dominique Bernal : H₂E a pour but la commercialisation à grande échelle de piles à combustibles (PAC²) dans les secteurs qui ont besoin d'électricité sans fil, pour lesquels les solutions actuelles sont peu adaptées (batteries à autonomie trop limitée, groupes électrogènes bruyants, polluants, peu fiables...). Ce sont par exemple les flottes captives³ de chariots élévateurs, de véhicules administratifs et de transport collectif urbain. Nous cibons également la fourniture d'électricité de secours pour les sites sensibles (hôpitaux, bases de données informatiques...) et pour les sites isolés telles les antennes de télécommunications non raccordées au réseau électrique. Enfin, nous travaillons au développement de PAC en tant que source d'électricité portable pour les pompiers, le Samu, le secteur de l'événementiel... Pour y parvenir, le programme fédère une vingtaine de partenaires⁴ autour d'Air Liquide, parmi lesquels le CNRS figure en bonne place (*lire l'encadré*). D'une durée de sept ans, H₂E dispose d'un budget de près de 190 millions d'euros dont 67,6 d'aides apportées par l'établissement public Oséo. Une fois cette étape franchie, la filière sera prête pour l'émergence de l'« hydrogène-énergie » dans le secteur automobile, prévue pour 2015.

Quels sont les verrous à lever ?

D.B. : Pour rentrer dans une phase d'industrialisation des PAC, il faut encore améliorer leur performance, leur fiabilité et réduire leur coût de production. Créée en 2001 et spécialisée dans la fabrication de PAC, notre filiale Axane a déjà bien avancé sur ces différents points. Ainsi, une de ses PAC est parvenue à alimenter une antenne relais de téléphonie mobile durant 10 000 heures en continu. En outre, ses travaux ont permis de réduire leur coût de fabrication par dix, pour aboutir à une fourchette de 5 000 à 10 000 euros

par kilowatt. Sur cette thématique, plusieurs pistes d'amélioration sont explorées par H₂E. Pour le cœur de la pile, nos travaux s'orientent par exemple sur la diminution de la quantité de platine, et la recherche de nouveaux matériaux pour les plaques bipolaires⁵.

Les recherches se concentrent aussi sur les technologies de stockage de l'hydrogène...

D.B. : Tout à fait. L'objectif est de mettre au point des bouteilles et réservoirs à forte densité de stockage qui allient résistance, sécurité, légèreté et ergonomie. Ainsi, nous misons sur le stockage sous forme gazeuse à haute pression (350 à 700 bars), supporté par des matériaux composites en fibre de carbone. Enfin, nous allons développer les technologies permettant de produire de l'hydrogène par électrolyse, à partir d'électricité d'origine éolienne et photovoltaïque. À l'heure actuelle, l'hydrogène est majoritairement obtenu par transformation du gaz naturel. Mais déjà, si l'on regarde l'ensemble du cycle de vie, la propulsion de véhicules par une PAC permet de diviser jusqu'à un facteur deux les émissions de CO₂ par rapport aux carburants pétroliers. Face à la raréfaction des ressources fossiles annoncée, à l'essor de la demande énergétique et au réchauffement climatique, l'hydrogène-énergie est donc vraiment une des solutions pour l'avenir.

Le programme H₂E a-t-il d'autres objectifs ?

D.B. : Le programme contribuera aussi à l'adaptation de la réglementation sur l'hydrogène pour encadrer ces applications énergétiques. À partir des résultats des travaux qui seront menés, les autorités définiront les normes en matière de sécurité d'utilisation. Sur ce point, le programme

LE CNRS MOBILISÉ

Avec huit laboratoires impliqués¹, le CNRS est l'un des partenaires majeurs du programme H₂E. À titre d'exemple, le **Laboratoire d'énergétique et de mécanique théorique et appliquée (Lemta²)** travaillera à l'amélioration de la partie active des piles à combustibles (PAC) : « Notre unité va recevoir un million d'euros de l'Etat pour apporter au programme son expertise dans la conception, l'instrumentation et l'analyse du fonctionnement des PAC, précise Olivier Lottin, chercheur au Lemta. Nos travaux pourraient générer le dépôt de brevets. En outre, ce partenariat nous permet d'entrer en contact avec les industriels internationaux à la pointe du domaine. » Deux autres laboratoires impliquant le CNRS travaillent aussi sur les PAC, trois sur les matériaux composites pour le stockage de l'hydrogène et deux sur les aspects liés à la sécurité d'utilisation. Plus généralement, Air Liquide et le CNRS ont plus d'une cinquantaine de collaborations en cours dans le cadre d'un partenariat conclu en 2002.

J.-P. B.

1. Institut pluridisciplinaire de recherche sur l'environnement et les matériaux ; Laboratoire de mécanique physique ; Laboratoire de mécanique et de physique des matériaux ; Laboratoire d'études thermiques ; Laboratoire d'énergétique et de mécanique théorique et appliquée ; Laboratoire d'électrochimie et de physicochimie des matériaux et des interfaces ; Laboratoire matériaux organiques à propriétés spécifiques ; Laboratoire de combustion et de détonation.
2. Laboratoire CNRS, Nancy Université.

Contact : Olivier Lottin, olivier.lottin@ensem.inpl-nancy.fr

Fauteuil médicalisé fonctionnant avec une pile à combustible et de l'hydrogène.

© Air Liquide/Hydrain



l'avenir

s'attelle d'ailleurs au développement de technologies sûres, notamment pour les dispositifs de connexion des bouteilles d'hydrogène. Enfin, H₂E mettra en place des démonstrations grandeur nature et des actions pédagogiques afin de familiariser le plus large public avec ce nouveau vecteur d'énergie propre.

Propos recueillis par Jean-Philippe Braly

- Air Liquide est le leader mondial des gaz pour l'industrie, la santé et l'environnement. La société produit 7 milliards de m³ d'hydrogène par an, contribuant pour 1,2 milliard d'euros à son chiffre d'affaires.
- Dispositif électrochimique qui transforme directement en électricité l'énergie contenue dans la molécule d'hydrogène. La PAC ne rejette que de l'eau, sans aucune émission de CO₂.
- Une flotte est dite captive lorsque les véhicules qui la composent s'approvisionnent en carburant, en énergie, dans un lieu qui lui est propre et non dans des stations publiques.
- Parmi eux : Axane, Hélion, Composites Aquitaine, Vicarb, Impy Alloys, des PME, l'Institut de soudure, le CEA, l'Ineris et le CNRS.
- Les plaques bipolaires assurent la conduction des électrons.

CONTACT

→ Dominique Bernal
Air Liquide
dominique.bernal@airliquide.com

BRÈVE

Deux journées pour le verre

Les 5 et 6 novembre prochains, chercheurs et industriels se retrouveront à Orléans pour partager leurs savoirs concernant le verre, ce matériau si présent au quotidien et en perpétuelle évolution. Lors des journées Verre 2009, organisées par l'Union pour la science et la technologie verrières, les professionnels échangeront ainsi autour des technologies utilisées par l'industrie, et des avancées récentes sur la physique des verres. Par exemple sur la connaissance de la

structure du matériau en dessous de l'échelle nanométrique, sur les vitrocéramiques, ou encore sur les verres dits exotiques. Autres sujets abordés, les défis scientifiques pour des applications comme la vitrification des déchets nucléaires. Le CNRS est partenaire de cet événement, aux côtés d'acteurs de la recherche (CEA, université d'Orléans, etc.), et d'industriels (Saint-Gobain, Baccarat, etc.).

> Pour en savoir plus : <http://verre2009.cnrs-orleans.fr/>

ALZHEIMER

Un remède venu du fond des mers



© Y. Fontana/CNRS Photothèque

La guerre chimique qui fait rage entre organismes marins pourrait sauver des vies humaines. C'est l'espoir des partenaires, dont le CNRS, du projet Pharmasea qui vient d'être labellisé par le pôle de compétitivité Mer Bretagne. Son ambition : s'attaquer à la maladie d'Alzheimer à l'aide de molécules d'origine marine. En particulier en développant un nouveau modèle d'étude de la maladie sur la souris et en recherchant un traitement.

Les membres de Pharmasea – deux PME et quatre centres de recherche académiques – ne partent évidemment pas de zéro. Le porteur du projet n'est autre que la jeune entreprise ManRos Therapeutics², cofondée en 2007 par le biologiste Laurent Meijer, du laboratoire « Phosphorylation de protéines et pathologies humaines »³ de la Station biologique de Roscoff, et Hervé Galons, chimiste à l'université Paris-V. L'équipe CNRS de Laurent Meijer étudie depuis plusieurs années les vertus antitumorales ou antineurodégénératives de molécules sécrétées par les éponges et les ascidies, des invertébrés marins, pour éloigner leurs prédateurs. Chez l'humain, ces molécules sont susceptibles d'agir sur les protéines kinases, capitales dans la vie et la mort des cellules. Ces recherches ont mené à la découverte de la roscovitine, une molécule aujourd'hui brevetée par le CNRS et testée en phase clinique contre le glaucome, cette pathologie oculaire pouvant conduire à la perte de la vue, et deux types de cancers. C'est justement pour donner un coup de fouet aux travaux sur ces molécules que Laurent Meijer, associé à Hervé Galons, a créé ManRos Therapeutics⁴. Une petite société qui entend triompher avec « vitesse et souplesse », comme le précise Laurent Meijer, des obstacles administratifs et financiers liés à la recherche pharmaceutique. Pour l'instant, ManRos Therapeutics teste quatre familles de molécules

marines en phase pré-clinique (sur des enzymes, des cellules ou des animaux) contre la maladie d'Alzheimer donc, mais aussi contre les cancers, les leucémies et la polykystose rénale. Ensuite viendront – peut-être – les essais sur l'humain.

La société, qui compte huit employés (biologistes ou chimistes), a acquis les licences d'exploitation de ces molécules auprès du CNRS qui, propriétaire des brevets, profitera des possibles « retombées ». « Le but, à ManRos, ce n'est pas de gagner de l'argent. Le vrai bonheur, c'est de trouver de nouveaux traitements », explique Laurent Meijer. Et l'ambition est affirmée. ManRos Therapeutics espère se développer des deux côtés de l'Atlantique, comme le laisse deviner son nom : « Man » pour Manhattan et « Ros » pour Roscoff. L'implantation aux États-Unis (où se trouvent de nombreux investisseurs), au même titre que les distinctions et les articles de presse – ManRos figure parmi les 100 start-up « les plus prometteuses » de France dans un récent magazine économique⁵ – devrait faciliter la quête de financements. Notamment pour des projets ambitieux comme Pharmasea.

Mathieu Hautemulle

- ManRos Therapeutics / C.RIS Pharma / CNRS / université Rennes-1 / université Paris-V / CEA.
- www.manros-therapeutics.com
- Unité de service et de recherche CNRS.
- Laurent Meijer a saisi l'opportunité, offerte aux chercheurs du CNRS par la loi Allègre sur l'innovation et la recherche, de consacrer à l'économie 20% de son temps de travail.
- Capital, août 2009.

CONTACT

→ Laurent Meijer
Station biologique de Roscoff
meijer@sb-roscoff.fr



Xavier Briffault, chercheur en sociologie et épidémiologie de la santé mentale au Centre de recherche « Psychotropes, santé mentale, société » (Cesames)¹

La dépression en mal de thérapies

La plus grande enquête menée au sein de la population² et dédiée à la dépression en France vient d'être publiée par l'Institut national de prévention et d'éducation pour la santé (Inpes). Ce trouble est-il très répandu ?

Xavier Briffault : Oui, puisque selon notre étude, près de 18 % des Français ont présenté, au cours de leur vie, un « épisode dépressif majeur » (EDM), sévère pour 50 % d'entre eux. Chaque année, environ 2 millions de Français connaissent un tel épisode. Et il ne s'agit pas d'« un coup de blues ». La « dépression », telle qu'elle est définie dans notre enquête, se traduit soit par une tristesse et un désespoir profonds, soit par une perte totale d'intérêt et de plaisir. Et au minimum par quatre des symptômes suivants : fatigue extrême, ralentissement psychomoteur, perte ou prise de poids importantes, insomnies récurrentes, pensées morbides, idées suicidaires... Le tout durant au moins deux semaines, tous les jours, toute la journée. Elle entraîne aussi une perturbation des activités habituelles ou bien une souffrance cliniquement significative. Cela dit, il n'y a pas d'épidémie de dépression en France : ces chiffres n'ont guère varié depuis vingt ans, et s'avèrent sensiblement les mêmes dans tous les pays occidentaux.

Quelles sont les personnes les plus touchées ?

X.B. : Tout le monde, à tout âge, peut être concerné par un épisode dépressif... Mais il est vrai que les femmes sont deux fois plus souvent touchées que les hommes. La dépression est en effet liée à certains facteurs de risques : le fait d'avoir eu des parents en conflit, humiliants, peu aimants, ou encore incestueux, d'avoir été victime d'agression sexuelle ou de violence physique et morale,

d'avoir rencontré des difficultés d'accès aux études, de connaître le chômage ou la précarité professionnelle, la dépendance financière ou d'avoir à charge d'élever un grand nombre d'enfants. Or plus souvent que les hommes, les femmes sont exposées à nombre de ces risques. Elles seront donc 23 % à vivre un EDM au cours de leur vie, contre 12 % des hommes.

Ces Français et Françaises qui souffrent de dépression ont-ils recours aux soins ?

X.B. : Assez peu, et souvent pas de la façon la plus adéquate... Ainsi, un tiers de ceux qui ont vécu un épisode dépressif n'ont jamais consulté de professionnel « pour raison de santé mentale ». Ce sont les femmes ainsi que les personnes plus diplômées, de catégories sociales plus élevées, qui y ont davantage recours. Parmi ceux qui consultent, 31 % vont uniquement voir un généraliste. Quant aux traitements, ce sont les médicaments (antidépresseurs, somnifères, anxiolytiques...) qui l'emportent (52 % des cas) face à la psychothérapie (26 %). Or, selon les recommandations internationales, celle-ci devrait être un traitement de base, particulièrement pour les dépressions peu sévères. C'est ainsi davantage le cas dans d'autres pays européens tels que les Pays-Bas, où la psychothérapie est mieux valorisée.

Pourquoi cette réticence à aller voir un « psy » ?

X.B. : D'abord, parce qu'une majorité de personnes pensent qu'une thérapie s'avère longue et coûteuse. Et elles ont du mal à savoir qui fait quoi... La moitié des personnes interrogées déclare ne pas connaître

la différence entre un psychologue et un psychiatre³. Ensuite, en raison des représentations qu'elles ont sur la dépression : certes, 85 % d'enquêtés la considèrent bien comme une maladie. Mais pour un tiers des répondants – qui lui prêtent des causes biologiques – elle se soigne avant tout par antidépresseurs. Seulement un quart des répondants – qui la considèrent plutôt liée à des causes psycho-sociales – privilégieraient la psychothérapie. Enfin, moins d'un quart pensent qu'on peut s'en sortir tout seul.

En quoi cette enquête peut-elle faire évoluer la situation ?

X.B. : Nous avons, grâce à cette consultation et notamment à son volet sur les représentations de la population sur la dépression, conçu la première campagne française d'information sur le thème⁴ en novembre 2007. Un livret grand public met ainsi l'accent sur l'efficacité de la psychothérapie. Par ailleurs, notre travail montre qu'il faut adapter les « soins » à chaque individu, en instaurant

des stratégies thérapeutiques médico-psychologiques bien sûr, mais aussi sociales, notamment sur le terrain professionnel. Et tenter, en amont, d'améliorer les conditions de vie, d'éducation, de travail ou de parentalité, pour faire en sorte que

la dépression ne se déclenche pas. Car mieux vaut prévenir que (tenter de) guérir...

Propos recueillis par Stéphanie Arc

1. Centre CNRS / Inserm / Université Paris-V.
2. Xavier Briffault a codirigé, avec Béatrice Lamboy, de l'Inpes, l'enquête menée de 2005 à 2008 sur 6 500 personnes qui a donné lieu à l'ouvrage intitulé *La dépression en France : enquête Anadep 2005*, éd. Inpes, coll. Études santé.
3. Le premier possède une formation universitaire spécialisée en psychologie (niveau bac + 5), le second est un médecin spécialisé.
4. www.info-depression.fr.

« Il n'y a pas d'épidémie de dépression en France. »

Marie Balasse Croque l'élevage à pleines dents

Mâchoires récentes de petits cochons corses voisinant une caisse de dents de bovins vieilles de 8 000 ans... Il règne dans le bureau de Marie Balasse un joyeux désordre. Et pas le moindre signe extérieur de richesse. Pourtant, la jeune chercheuse du laboratoire « Archéozoologie, archéobotanique : sociétés, pratiques et environnements »¹, à Paris, a gagné l'année dernière une bourse européenne de près de 900 000 euros destinée à financer son projet sur cinq ans². La voici à la tête d'une équipe de huit personnes avec des crédits à gérer, des missions et des salaires à prévoir, des résultats à publier et des comptes à rendre tous les 18 mois. Son projet ? Étudier les techniques d'élevage des sociétés préhistoriques. Plus précisément, elle souhaite « évaluer les contraintes environnementales et physiologiques de l'élevage en Europe et déterminer dans quelle mesure les éleveurs du Néolithique³

ont modulé le système biologique avec des choix zootechniques. » En d'autres termes, elle veut distinguer, dans le processus d'évolution des animaux domestiques, ce qui relève de l'environnement ou du facteur humain. Comment cette jeune femme de 36 ans est-elle devenue une spécialiste reconnue de l'élevage préhistorique ? Après des études d'archéologie, Marie s'initie à l'archéozoologie et passe un doctorat en sciences de la Terre à l'université Paris-VI où elle apprend

« Mes recherches relèvent des sciences humaines et sociales, mes méthodes des sciences de la Terre. »

les techniques d'analyse isotopique des restes osseux. Depuis, elle conjugue les deux disciplines. « Mes recherches relèvent des sciences humaines et sociales, mes méthodes des sciences de la Terre », précise-t-elle. Elle entre au CNRS en 2001 et applique ses connaissances techniques aux problèmes archéozoologiques. Elle y excelle, à tel point qu'elle reçoit dès 2005 la médaille de bronze du CNRS. Très vite, elle se spécialise dans l'étude des pratiques d'élevage au Néolithique. Les élevages européens du XXI^e siècle résultent de savoir-faire plurimillénaires. Le mouton, la chèvre, le bœuf et le porc ont été domestiqués vers 8 500 av. J.-C. dans les montagnes anatoliennes, dans l'actuelle Turquie. La

plupart des populations animales domestiques européennes du Néolithique descendent de ces premières lignées. Mais leur diffusion hors de leur niche écologique naturelle implique parfois des modifications de leur comportement alimentaire et reproductif. Ce sont ces modifications que la scientifique veut décrypter.

Comment retrouver les conditions de vie d'animaux disparus depuis si longtemps ? À côté des méthodes d'ostéologie classique, il existe un témoin décisif : les dents. « Une dent de chèvre, même vieille de 9 000 ans, détient des informations précieuses », explique-t-elle. L'émail dentaire garde en effet en mémoire la période de croissance de l'animal, depuis la saison de sa naissance jusqu'à ses phases de lactation ou de transhumance, en passant par ses stress nutritionnels. Encore faut-il savoir le faire parler. Cette enquête repose notamment sur des analyses isotopiques très fines et un matériel de pointe, que la récente bourse a permis au MNHN d'acquérir. Aujourd'hui, le projet de Marie Balasse et de son équipe, baptisé Sianhe, comporte trois volets. D'abord l'étude de la gestion alimentaire des troupeaux du VII^e au III^e millénaire avant notre ère : les isotopes stables du carbone révèlent la nature de la nourriture, terrestre ou marine. Parmi les animaux examinés, les étonnants moutons de l'archipel des Orcades, au Nord de l'Écosse. Nourris exclusivement d'algues – qu'ils vont parfois chercher à la nage –, ces moutons présentent des adaptations physiologiques qui entravent aujourd'hui leur retour sur des pâtures terrestres. Une piste du projet est d'étudier, en comparant des dents fossiles et des données actuelles, l'ancienneté de ces adaptations, peut-être liée à celle de cette pratique. Les chercheurs s'intéressent en deuxième lieu au contrôle de la reproduction et à la saisonnalité des naissances au Néolithique. Pour cela, ils analyseront cette fois les isotopes stables de l'oxygène dans des restes dentaires de moutons, bovins et cochons issus de différents sites européens. Enfin, ils étudieront, grâce aux isotopes stables de l'azote, la durée de lactation chez les bovins au Néolithique moyen, essentiellement dans le sud de la France et en Roumanie. On le voit, le projet de Marie Balasse recèle une multitude de facettes. Un challenge qu'elle aborde avec sérénité.

Françoise Tristani

→ Retrouvez les « Talents » du CNRS sur www.cnrs.fr/fr/recherche/prix.htm

1. Laboratoire CNRS / Muséum national d'histoire naturelle.
2. La bourse *Starting Independent Investigator Grants*, lancée par le Conseil européen de la recherche (ERC), récompense 300 jeunes chercheurs européens sélectionnés parmi plus de 9 000 candidatures.
3. Le Néolithique est apparu à des époques différentes selon les endroits : il y a environ 9 000 ans au Moyen-Orient, il y a 3 000 ans en Amérique du Nord.

CONTACT

→ Marie Balasse

Laboratoire « Archéozoologie, archéobotanique : sociétés, pratiques et environnements », Paris balasse@mnhn.fr



© C. Lebedinsky / CNRS Photobanque

CONTACT

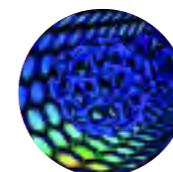
→ Xavier Briffault

Centre de recherche « Psychotropes, santé mentale, société » (Cesames), Paris xavier.briffault@wanadoo.fr



LES PROMESSES TENUES

DES NANOS



Les nanotechnologies font déjà partie de la vie courante. Les nanotubes de carbone, par exemple, sont employés pour réaliser des clubs et des balles de golf ou des cadres de vélo. Mais les nanos sont aussi présentes dans des produits cosmétiques (crèmes solaires, anti-vieillessement...), les pneumatiques, l'électronique, les peintures et les vernis, les systèmes antibactériens de certains lave-linge...

Il y a tout juste quatre ans, *Le journal du CNRS* consacrait sa une à l'essor fulgurant des nanosciences et des nanotechnologies qui, cela ne faisait guère de doute, allaient révolutionner de nombreux domaines dont la médecine et l'électronique. Alors qu'en est-il aujourd'hui? Les applications sont-elles au rendez-vous? Dans quels domaines? Y a-t-il eu des échecs? Quels sont les nouveaux défis pour la recherche? Comment s'est positionnée la France dans ce secteur à la croissance exponentielle? Pour le lancement ce mois-ci du grand débat sur les nanotechnologies organisé par la Commission nationale du débat public (CNDP), nous avons voulu dresser un bilan d'étape. Verdict : les nanos semblent bel et bien tenir leurs promesses... Dossier réalisé par Philippe Testard-Vaillant

Couverture du *Journal du CNRS* d'octobre 2005. Quatre ans après, où en sont les nanos?



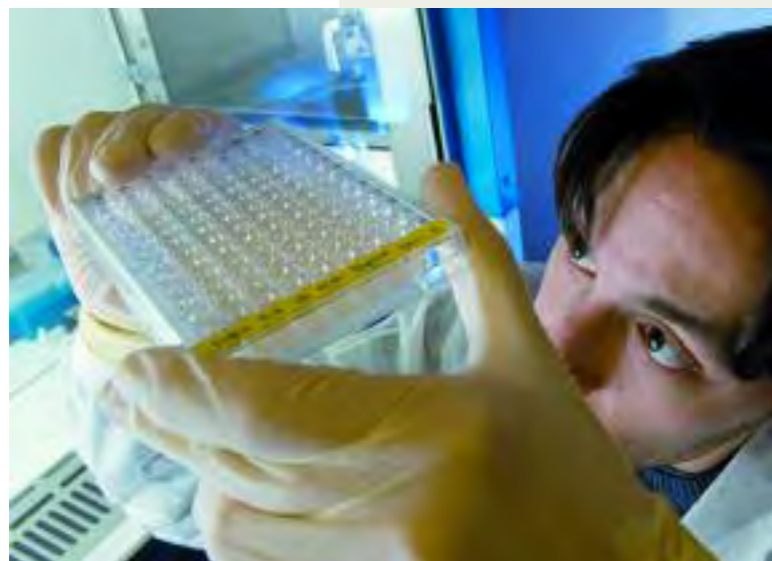
Elles courent, elles courent, les nanosciences et les nanotechnologies, au point de s'imposer aujourd'hui parmi les domaines prioritaires de la recherche et de l'innovation en Europe, aux États-Unis et en Asie. Et comme un pan de plus en plus majeur de l'économie planétaire. Estimé actuellement à 100 milliards d'euros, le marché international des nanos, prévoient les analystes, devrait franchir la barre des 1 700 milliards d'euros en 2014 et représenter 15 % de la production manufacturière mondiale! Le temps des débuts incertains semble loin, quand le physicien américain Richard Feynman affirmait en 1959, dans une conférence provocatrice, que l'on pourrait écrire toute l'*Encyclopaedia Britannica* dans une tête d'épingle et résumait sa vision de l'avenir en une formule prophétique : « There is plenty of room at the bottom »¹. Après s'être développées dans les labos, les nanos n'en finissent pas d'étonner et font déjà largement partie de la vie courante, qu'il s'agisse de la nanoélectronique omniprésente dans l'informatique, de l'encapsulation de médicaments dans des nanoparticules ou des nanodispositifs pour l'analyse et le diagnostic médical. Sans oublier les revêtements nanostructurés à base de nitrure de titane pour augmenter la durée de vie des outils de coupe, la nanofiltration des eaux usées, les nanocristaux d'argent dans les pansements pour constituer une barrière antimicrobienne, les nanoparticules inorganiques intégrées comme additifs dans les peintures pour accroître leur résistance à l'abrasion, les nanocatalyseurs, les emballages nanocomposites et tutti quanti. « Dans cette course à la miniaturisation, l'électronique était sans doute la discipline la plus à la pointe il y a cinq ans, commente Jean-Michel Lourtios, directeur de l'Institut d'électronique fondamentale (IEF)². Aujourd'hui, les recherches mariant les micro- et nanotechnologies à la biologie et à la médecine suscitent une motivation comparable, et contribuent à des progrès très importants dans ces deux domaines. »

CE QUE CACHE LE TOUT NANO

Mais au fait, de quoi parle-t-on, au juste? Les nanosciences « visent à l'exploration des propriétés physiques, chimiques et mécaniques nouvelles que manifeste la matière à l'échelle du milliardième de mètre, et les nanotechnologies à leur mise en >

> œuvre dans toutes sortes de produits finaux commercialisables », rappelle Claude Weisbuch, du Laboratoire de Physique de la matière condensée (PMC)³. Pour créer du nano, il existe deux recettes : il y a d'abord l'approche descendante qui consiste à réduire de manière progressive la taille des objets pour pénétrer in fine dans la zone se situant en dessous de 100 nm. Et l'approche inverse qui consiste à manipuler la matière atome par atome pour construire des nano-objets. Pour les « puristes » comme Christian Joachim, du Centre d'élaboration des matériaux et d'études structurales (Cemes) du CNRS, les nanotechnologies se limitent d'ailleurs à cette dernière voie : « Leur définition est devenue beaucoup trop élastique et 95% de ce qui se dit nano relève de l'abus de langage. » Aux experts de vider cette querelle... Toujours est-il que, s'agissant des constructions atome par atome ou des expériences avec une seule molécule, les prouesses se sont multipliées en cinq ans grâce aux microscopes à effet tunnel (STM) et à force atomique (AFM)⁴. « Très récemment, s'enthousiasme Christian Joachim, des chercheurs du centre de recherche d'IBM Research à Zurich sont parvenus à cartographier les liaisons chimiques à l'intérieur même d'une molécule de pentacène. » Un peu comme une radio permet de voir à l'intérieur du corps humain. Les avancées les plus fascinantes concernent toutefois la mécanique. « Nous savons fabriquer des molécules-moteurs, des molécules-engrenages, des molécules-brouettes, etc., dont les dimensions font 1 à 2 nanomètres. Il y a même en ce moment un petit concours sur la planète pour construire la première molécule-voiture équipée de quatre roues et d'un moteur ! Personne ne peut dire à quelles applications pourraient servir ces molécules-machines. Mais ces travaux nous apprennent déjà les règles de conception de machineries ou de circuits dans une seule molécule. »

Incubation de nanomédicaments avec des cellules cancéreuses de souris. L'objectif de cette recherche est la découverte d'un nouveau médicament anticancéreux.



© H. Reguey/CNRS Photothèque

LA FRANCE, PLUS NANOSCIENCES QUE NANOTECHNOLOGIE

La place de la France dans la compétition internationale très agressive que se livrent les principaux acteurs du secteur ? Avec quelque 3 500 publications sur le thème par an, l'Hexagone décroche une très honorable cinquième place derrière les États-Unis, le Japon, la Chine et l'Allemagne. Du côté de la recherche technolo-

gique, l'élève tricolore occupe en revanche un rang bien plus modeste (moins de 2% des brevets mondiaux). Dans ce domaine, « notre pays figure dans la catégorie des tours d'ivoire, dit Alain Costes, du Laboratoire d'analyse et d'architecture des systèmes (Laas) du CNRS. Cela signifie que nous avons des difficultés à transformer les résultats de notre recherche scientifique en innovations techniques porteuses de croissance économique, via

DES MÉDICAMENTS de précision

Déjà, une dizaine de nanomédicaments, concernant notamment le traitement du cancer (Endorem, Caelyx, Doxil...) et de mycoses profondes (Ambisome), sont sur le marché. Ces nanoparticules soixante-dix fois plus petites qu'un globule rouge et biodégradables peuvent délivrer leurs principes actifs à un organe, un tissu ou une cellule malade. Celles de première génération sont reconnues par l'organisme comme des corps étrangers et donc éliminées via le foie. Elles s'avèrent donc très utiles, mais uniquement pour les pathologies hépatiques. La deuxième génération, dite furtive parce que recouverte de polymères hydrophiles et flexibles la rendant invisible au système immunitaire, a pu étendre les indications. Séjournant beaucoup plus longtemps dans la circulation sanguine générale, ces nanovecteurs peuvent traiter d'autres pathologies comme les maladies dégénératives cérébrales.



© F. Caillaud/CNRS Photothèque/SAGAS/SCIENCE

Les liposomes, des vésicules de quelques dizaines à quelques centaines de nanomètres, constituent d'excellents nanovecteurs de médicaments.

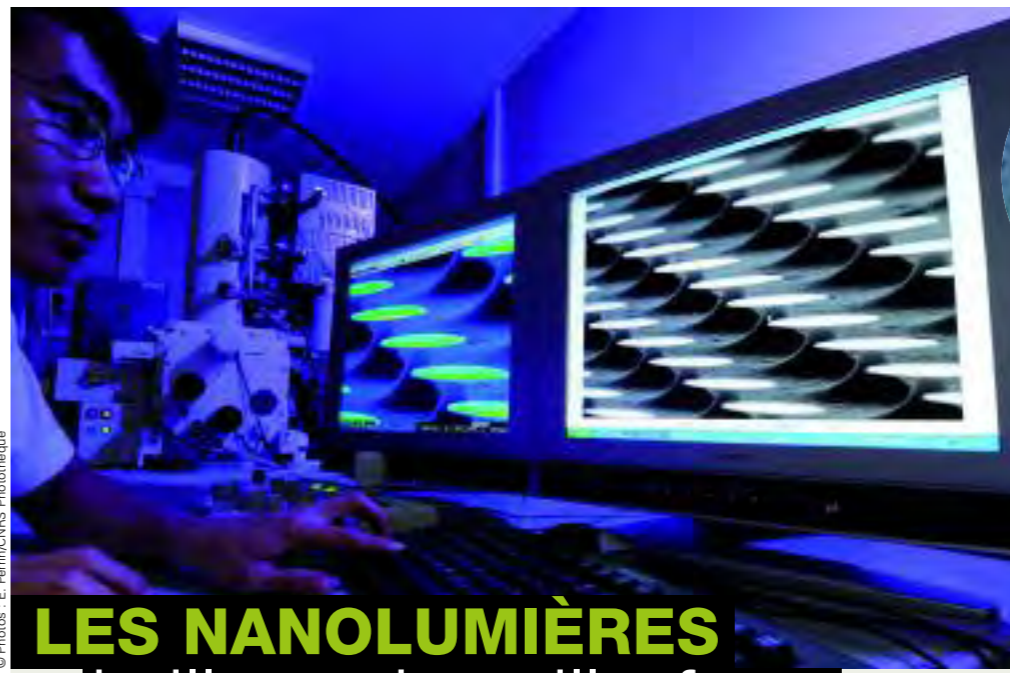
L'heure est aux vecteurs de troisième génération. Leur avantage ? « On peut équiper ces nanotransporteurs de "têtes chercheuses" (vitamines, hormones, anticorps, peptides...) qui vont reconnaître de manière

sélective les cellules pathologiques cibles », se félicite Patrick Couvreur, directeur du laboratoire « Physicochimie, pharmacotechnie, biopharmacie »¹. Autre avantage de ces missiles hyperminiaturisés : en y intégrant des nanoparticules métalliques, la libération du médicament, au lieu d'intervenir de manière passive, au fil du temps, peut être activée à volonté par des ultrasons ou par chauffage radiofréquence.

Une autre application des nanovecteurs semble très prometteuse. Il ne s'agirait plus de délivrer aux cellules des substances médicamenteuses mais des portions d'ADN. « Remplacer entièrement un gène défectueux ou absent reste toujours extrêmement problématique, dit Patrick Couvreur. En revanche, les nanovecteurs pourront acheminer de petits fragments d'acides nucléiques afin d'inhiber l'expression d'un gène cancéreux ou viral. »

1. Laboratoire CNRS / Université Paris-XI.

→ Patrick Couvreur
patrick.couvreur@u-psud.fr



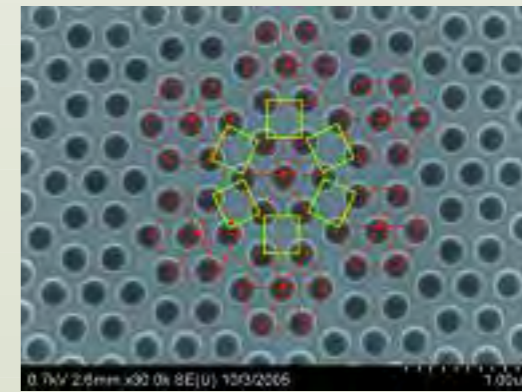
© Photos : E. Perrin/CNRS Photothèque

LES NANOLUMIÈRES brillent de mille feux

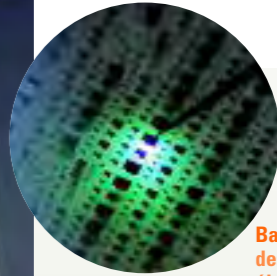
Nul besoin d'une boule de cristal pour prédire que les diodes électroluminescentes (LED), à base de matériaux semi-conducteurs, essentiellement le nitrure de gallium, s'apprêtent à envahir notre quotidien. C'est déjà fait. Pas un mois ne passe sans que des ingénieurs ne leur trouvent une nouvelle utilité dans les téléviseurs et les télécommandes, les automobiles ou les téléphones portables, pour l'éclairage public ou domestique... « On cherche actuellement à y incorporer des nanocristaux au lieu des couches "classiques" convertissant le bleu en jaune comme dans les tubes fluorescents (les néons) », explique Jean-Yves Duboz, directeur du Centre de recherche sur l'hétéroépitaxie et ses applications (CRHEA) du CNRS. En effet, ces nanocristaux, quand ils sont traversés par des électrons (un courant électrique), émettent des photons (de la lumière). Seulement, les photons émis peuvent, selon leur taille, être source de différentes couleurs.

« Pour obtenir un éclairage blanc, on "mélange" astucieusement des photons rouges, bleus et verts, ce qui suppose de coupler trois LED, dit Jean-Yves Duboz. Pour notre part, nous essayons de mettre au point des LED n'utilisant qu'un seul cristal capable d'émettre directement toutes les couleurs. Pour cela, nous y insérons des éléments nanométriques, des espèces de "grumeaux" de taille variée émettant qui du bleu, qui du vert, qui du rouge... et produisant, à eux tous, de la lumière blanche. C'est la solution idéale sur le papier. Même, si pour le moment, nos LED manquent de puissance. »

Les cristaux photoniques pourraient permettre bientôt d'améliorer l'efficacité des LED.



© IEEE 2006



Banc de mesure des propriétés électroluminescentes de LED.

Quid du rendement des systèmes actuels ? Franchement satisfaisant. Les LED blanches commercialisées à ce jour affichent une efficacité lumineuse de 100 lumens¹ par watt (lm/W), contre 60 à 80 lm/W pour les lampes à fluorescence et 16 lm/W pour les ampoules à incandescence. « Des prototypes frisent les 200 lm/W, poursuit Jean-Yves Duboz. Toutefois, les LED sont très efficaces quand elles fonctionnent sous faible courant. Mais aux plus forts courants qu'il faudrait pour assurer l'éclairage public et industriel à coût réduit, leur efficacité chute encore un peu (75 lm/W). » Faire appel aux cristaux photoniques (des espèces de cages à lumière constituées d'un agencement périodique de nanostructures et fonctionnant grosso modo comme les panneaux catadioptriques installés le long des routes) pourrait « améliorer la directionnalité des LED, autrement dit, les empêcher de chacher

de la lumière dans toutes les directions », renchérit Henri Benisty, du Laboratoire Charles-Fabry de l'Institut d'optique (LCFIO)².

1. Le lumen est l'unité de mesure du flux lumineux.
2. Unité CNRS / Université Paris-XI.

→ Jean-Yves Duboz
jean.yves.duboz@crhea.cnrs.fr
→ Henri Benisty
henri.benisty@institutoptique.fr

le dépôt de brevets. Or, sans une réaction d'envergure, face à de nouveaux entrants redoutablement performants (Taïwan, Corée du Sud, Singapour, Israël, Russie...), nous serons progressivement distancés du peloton des nations qui ambitionnent de jouer un rôle de premier plan, au niveau mondial, dans l'exploitation économique des nanotechnologies. » D'où le lancement, en mai dernier, du plan Nano-Innov. Doté dès cette année d'un budget de 70 millions d'euros géré par l'Agence natio-

nale de la recherche (ANR) et déjà garanti pour 2010, ce programme repose sur la création de trois grands centres d'intégration technologiques à Saclay, en région parisienne, Toulouse et Grenoble. « Ces trois pôles complémentaires vont permettre, pour la première fois dans ce domaine-clé, d'associer intimement recherche scientifique et développement industriel », insiste Pierre Guillon, directeur de l'Institut des sciences et technologies de l'information et de l'ingénierie (INST2I).

L'objectif n'est pas du tout d'arrêter de faire des nanosciences, mais de « sensibiliser un certain nombre d'équipes académiques de très haut niveau aux aspects applicatifs de leurs travaux », renchérit Alain Costes. À terme, chaque centre d'intégration disposera d'équipements mutualisés couvrant tout le spectre des nanotechnologies, et se trouvera ainsi dans les meilleures conditions pour travailler main dans la main avec l'industrie. >

Un labo sur une

TÊTE D'ÉPINGLE

Avec les nanobiotechnologies, les technologies de nanofabrication sont directement exploitées, pour développer des outils utiles à la biologie ou à la médecine, comme ici des biopuces.



Biocapteurs et biopuces font des sauts de géant et figurent parmi les pistes les plus dynamiques des nanobiotechnologies. Les premiers, encore au stade du prototype, « servent à détecter une « espèce biologique » particulière (ADN, protéines, virus...), par exemple dans un système très complexe comme une goutte de sang, dit Anne-Marie Gué, du Laboratoire d'analyse et d'architecture des systèmes (Laas). Les possibilités ouvertes par les nanotechnologies sont très riches : on peut utiliser, par exemple, des nanofils ou des nanopoutres en silicium sur lesquels

on dépose un appât (des brins d'ADN, des anticorps...) pour sélectionner la molécule que l'on veut pêcher ». Lorsque la « cible » se fixe sur une micropoutre ultra-sensible, cette dernière se met à vibrer d'une manière qui va signifier la « capture » de la molécule recherchée, le reste du système se chargeant de l'analyser. « À l'Institut d'électronique fondamentale (IEF)¹, nous développons un nano-biocapteur original : chacune des poutres est creusée d'un canal interne pour permettre la circulation du fluide biologique. La poutre elle-même n'est donc pas plongée dans le fluide, intervient Jean-Michel Lourtioz. Grâce à cette astuce, les variations d'amplitude ou de fréquence de vibration sont plus facilement détectées. »

Qu'en est-il des biopuces, déjà utilisées dans quelques laboratoires médicaux ? Au lieu d'identifier une seule molécule dans un échantillon biologique, « le but est de réaliser un très grand nombre d'opérations à la fois », dit Anne-Marie Gué. Pour cela, les biopuces sont

composées d'un support solide (verre, plastique, silicium) couvert de plots minuscules sur lesquels on dépose des molécules d'ADN, des protéines ou des groupements chimiques qui pourront capturer de manière spécifique l'ADN ou l'ARN complémentaire (puces à ADN), ou des protéines (puces à protéines). « Une puce à ADN permet d'analyser simultanément de quelques dizaines à plusieurs milliers de séquences d'ADN différentes afin de détecter, par exemple, la présence d'un virus ou la signature d'une pathologie ».

Contrairement au biocapteur, la lecture du signal, pour le moment, n'est généralement pas intégrée dans la biopuce, mais effectuée par une instrumentation extérieure. « Biopuces et nanobiocapteurs trouvent là un point de convergence très prometteur par la possibilité d'insérer, au niveau de chacun des plots, un biocapteur, commente Anne-Marie Gué. Mais l'ambition des nanobiotechnologies ne s'arrête pas là et pose le défi d'intégrer sur de toutes petites surfaces des procédés d'analyse complets. Biocapteurs et biopuces deviennent alors des « laboratoires sur puce ». » Dans ces laboratoires sur puce pourraient même être intégrés des lasers, faits à partir des nanostructures semiconductrices de la famille du nitrure de gallium (GaN) et de l'oxyde de zinc (ZnO), en vogue au Centre de recherche sur l'hétéroépitaxie et ses applications (CRHEA). « Nous testons la faisabilité d'un nanolaser à base de nanofils de GaN émettant dans l'ultraviolet, dit Jesús Zúñiga Pérez. D'une centaine de nanomètres de largeur, ce laser, intégré à un laboratoire sur puce, servirait à exciter des molécules organiques dans un échantillon biologique » et à analyser la composition des dites molécules. Mais pour parvenir à mettre au point ces laboratoires de poche, il faudra maîtriser les fluides dans des volumes inférieurs au nanolitre ainsi que la manipulation des espèces biologiques jusqu'au niveau de la cellule unique.

1. Unité CNRS / Université Paris-XI.

→ Anne-Marie Gué
anne-marie.gue@laas.fr

→ Jean-Michel Lourtioz
jean-michel.lourtioz@ief.u-psud.fr

→ Jesús Zúñiga Pérez
jesus.zuniga.perez@crhea.cnrs.fr

➤ Le CNRS est un des grands acteurs de ce plan. Il faut dire qu'avec environ 170 laboratoires et près de 2 000 chercheurs impliqués, les nanos font incontestablement partie des priorités scientifiques depuis plusieurs années. Et la nouvelle organisation – prévue par le Contrat d'objectifs 2009-2013 du CNRS avec l'État – vient d'en apporter une nouvelle preuve. Au centre de celle-ci, figurent en effet trois grands Pôles interdisciplinaires, dont un baptisé... « Origine et maîtrise de la matière, Nanosciences, Nanotechnologies ».

L'ÉTHIQUE EN QUESTION

Mais tout en nourrissant de grands espoirs, tant ses champs d'application sont vastes, l'infiniment petit suscite en retour des craintes. « Les nanos véhiculent leur lot de peurs, reconnaît Robert Plana, du Laas. Leur avènement intervient dans un contexte global de contestation de la science et de la technologie. S'il convient d'explorer les incertitudes et les risques associés aux nanotechnologies ainsi que les effets sur la société, il importe également de ne pas agiter le chiffon rouge en criant : Alerte ! Alerte ! avec une naïveté scientifique confondante. »

Parmi les polémiques, explique Claude Weisbuch, « certains affirment que l'on ne voit pas les objets des nanotechnologies et que l'on peut être exposé sans le savoir ». Le plus souvent, en fait, ces objets ne seront pas accessibles sous leur forme nanométrique, mais dans un matériau-système à l'échelle humaine, bien visible, comme par exemple un circuit intégré. Par contre, les nanotechnologies permettront d'accéder à « des moyens qui poseront sans doute des problèmes accrus en matière de protection des libertés individuelles et collectives, en facilitant des techniques déjà présentes : fichage génétique des individus, fichage informatique, surveillance des déplacements... ».

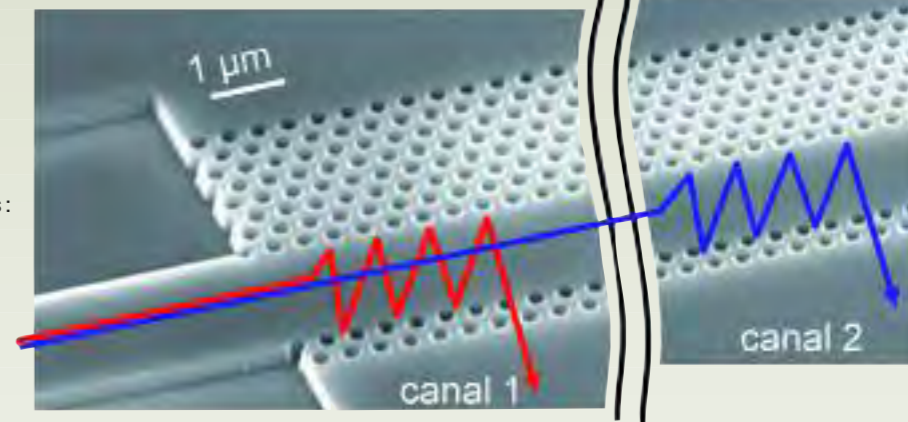
Reste une question-clé : la fabrication massive de matériaux nanostructurés par l'humain peut-elle faire craindre une invasion de nanoparticules non contrôlées, certaines néfastes pour la santé, dans notre environnement ? Parmi les préoccupations sociétales liées à la flambée des nanotechnologies, « ce problème est certainement le plus médiatisé, constate d'abord Stéphanie Lacour, du Centre d'études sur la coopération juridique internationale (Cécoji)⁵. Un lien direct a été

établi, dès le départ, entre les nanotechnologies et les précédents de l'amiante et des biotechnologies, en particulier des OGM » qui ont profondément marqué le public. Or, jusqu'à ces derniers mois, « il n'existait aucun texte juridique spécifique applicable aux nanotechnologies, ni en France ni au niveau européen, indique notre juriste. Les choses sont en train de bouger. En mars et avril 2009, le Parlement européen a adopté deux résolutions sur la présence des nanoparticules dans les produits cosmétiques et dans les aliments. Et la Loi Grenelle, dont l'article 42 cible les risques liés aux nanoparticules, a été promulguée le 3 août dernier. » Surtout, une nouvelle discipline prend son essor : la nanotoxicologie, vouée à qualifier et quantifier la dangerosité des nanomatériaux. « Il existe aujourd'hui près de 2 000 articles sur la toxicité des nanoparticules, contre à peine une cinquantaine il y a cinq ans, se félicite Éric Gaffet, du Groupe de recherche sur les nanomatériaux⁶. Mais le manque de toxicologues et d'écotoxicologues travaillant sur le sujet, tant au niveau national qu'international, se fait cruellement ressentir. La difficulté vient de ce qu'un gramme de nanoparticules de TiO₂ [dioxyde de titane], >

Le futur de L'OPTIQUE

En matière de nanophotonique (l'étude du comportement de la lumière à l'échelle du nanomètre), un sujet stimule de façon exemplaire l'imagination des chercheurs :

la plasmonique, domaine où la lumière surfe à la surface des métaux grâce aux électrons libres de ces derniers. C'est une petite révolution qu'a été la découverte, en 1998, par Thomas Ebbesen, aujourd'hui directeur de l'Institut de science et d'ingénierie supramoléculaire (Isis)¹ d'un phénomène très inattendu baptisé « transmission optique extraordinaire » ou « tamis à photons ». « Un tamis à photons est un réseau de trous percés dans une surface métallique nanostructurée, régulièrement espacés et présentant un diamètre de 100 ou 200 nm, donc bien inférieur à la longueur d'onde de la lumière visible, dit Henri Benisty, du LCFIO. Or, quand on éclaire cette surface, la quantité de lumière qui en sort est plus importante que celle qui frappe les trous. Même la lumière



qui tombe à côté des trous est ainsi canalisée de l'autre côté de l'échantillon. »

Des propriétés hors normes que les chercheurs tentent de mettre à profit pour peaufiner la manipulation nanoscopique de la lumière. « On a l'espoir de provoquer des modifications ultra-localisées, bien plus concentrées que celles que permet un laser, en lithographie, en biologie, par exemple dans les compartiments d'une cellule, ou encore pour l'écriture d'informations dans les disques durs », poursuit Henri Benisty. Enfin, la plasmonique pourrait améliorer le rendement des cellules

Structure nanophotonique permettant l'aiguillage des informations optiques (ici deux canaux portés par deux longueurs d'onde proche). Ce type de système pourrait intégrer un jour les puces électroniques.

Rien n'empêche d'envisager que des connexions optiques remplacent prochainement les connexions électroniques jusque dans les circuits. « Densifiées comme elles le sont aujourd'hui, ces dernières posent des problèmes de parasitage et de consommation, dit Henri Benisty. Des architectures contrôlées nanométriquement sont à l'étude pour exploiter l'optique à l'intérieur d'une puce et transporter les flux d'information les plus massifs ou les plus gourmands en énergie. »

1. Institut CNRS / Université de Strasbourg.

→ Henri Benisty, henri.benisty@institutoptique.fr

Cette biopuce permet d'analyser des milliers de séquences d'ADN ou de protéines.



LE NANOTUBE

toujours au top

Impossible de dresser la liste exhaustive de tous les nanomatériaux objets de recherches ou déjà présents dans la vie courante. À tout seigneur, tout

honneur : les nanotubes de carbone, découverts en 1991 et devenus des figures emblématiques des nanosciences. Présentant l'aspect de cylindres creux dont la surface est formée par un ou plusieurs feuillets de carbone enroulés sur eux-mêmes, ces nanomatériaux se distinguent, entre autres, par leurs propriétés mécaniques – ils sont cent fois plus résistants que l'acier et six fois plus légers, acceptent de grandes déformations en flexion et en torsion – et leurs qualités exceptionnelles pour la conduction électrique.

Les nanotubes de carbone, employés aujourd'hui dans de nombreux objets comme les raquettes de tennis, les cadres de vélos, les carrosseries de Formule 1, « poursuivent hardiment leur bonhomme de chemin

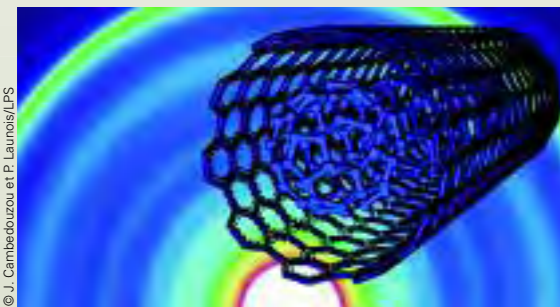
Les « peapods », à base de nanotubes de carbone, forment une famille de nouveaux matériaux dont les applications sont aussi prometteuses que variées.

(7000 publications et 2500 brevets dans le monde en 2008), dit Pascale Launois, du Laboratoire de physique des solides (LPS)¹ à Orsay. *Un point qui nous intéresse, au laboratoire, est l'arrivée assez récente des nanohybrides : il s'agit de nanotubes à l'intérieur desquels on insère des molécules diverses pour essayer de moduler à volonté leurs propriétés mécaniques ou électroniques*. La cavité cylindrique de certains nanotubes, ceux constitués d'une seule paroi, permet d'y synthétiser des chaînes moléculaires qui n'existent nulle part ailleurs. Par exemple,

« Les peapods, ainsi appelés à cause de leur ressemblance avec des cosses de petits pois, sont formés de chaînes périodiques de molécules de fullerène C60² dans des nanotubes. Or les fullerènes ou d'autres molécules, ainsi confinées à l'échelle nanométrique, possèdent des propriétés physiques inédites. Cela reste prospectif, mais on peut envisager des applications en termes de filtration, de désalinisation de l'eau de mer ou de stockage des déchets radioactifs ».

1. Laboratoire CNRS / Université Paris-XI.
2. Le fullerène C60 est la forme la plus courante de la molécule ; il contient 60 atomes de carbone organisés en une structure semblable à celle d'un ballon de football.

→ Pascale Launois, launois@lps.u-psud.fr



© J. Cambardozou et P. Launois/LPS

Les nanos voient L'AVENIR EN VERT

Certaines équipes fourmillent d'imagination pour exploiter le pouvoir dépolluant des nanoparticules d'oxydes métalliques (fer, titane, cérium, aluminium...), histoire de traiter les eaux usées ou d'assainir des sols contaminés. « Une surface enduite d'un nanofilm d'oxyde de titane, lorsqu'elle est exposée à la lumière du soleil, rend inactifs les polluants organiques (pesticides) et les micro-organismes potentiellement pathogènes (bactéries, virus) contenus dans l'eau. Cette technique reste toutefois marginale et n'est exploitée que pour le traitement d'effluents hébergeant un nombre limité d'espèces polluantes », explique Jean-Yves Bottero, chercheur au Centre

européen de recherche et d'enseignement de géosciences de l'environnement (Cerege)¹. Un autre procédé consiste à fabriquer des membranes céramiques à base de nanoparticules d'oxy-hydroxyde de fer (les ferroxanes) pour la nanofiltration d'effluents liquides pollués. Une « chimie verte » porteuse d'espoirs, en particulier pour les pays en voie de développement où l'eau est souvent impropre à la consommation. Même si ces travaux n'ont pas encore franchi le seuil des labos.

1. Unité CNRS / IRD / Université de Provence / Université Paul-Cézanne / Collège de France.

→ Jean-Yves Bottero, bottero@cerege.fr

→ Jérôme Rose, rose@cerege.fr



© E. Perrin/CNRS Photographie

L'Eldorado de L'ÉLECTRONIQUE

Année après année, la finesse des circuits intégrés n'en finit plus de battre des records. La voilà qui affiche désormais en production quelque 45 nm¹, contre 90 nm en 2004, l'objectif visé par l'industrie du silicium étant de descendre à 15, voire 10 nm. L'intérêt ? Plus les éléments de base des circuits – les transistors – sont petits, plus on peut en mettre sur une puce. Et plus on gagne en puissance de calcul.

Alors pour pousser les circuits aux confins de la miniaturisation, les équipes « défrichent toutes sortes de pistes, comme l'utilisation de transistors à base de nanotubes de carbone ou de nanofils de silicium, ou encore à base de graphène, un cristal composé d'atomes de carbone » dit Jean-Marie Lourtioz, directeur de l'Institut d'électronique fondamentale. Les experts ès nanosciences tentent aussi de développer des structures à l'échelle atomique ou moléculaire. « Utiliser un et un seul atome ou une et une seule molécule comme brique électronique élémentaire et disposer ainsi d'un mode de traitement de l'information nettement plus rapide est la voie ultime », dit Henri Mariette, responsable d'une équipe CEA-CNRS à l'Institut Néel du CNRS. Pour

l'heure, ces systèmes électroniques dits « quantiques » en sont à leurs prémices. Autre champ très actif : l'électronique de spin, ou spintronique. Alors que l'électronique traditionnelle utilise uniquement la charge électrique de l'électron pour propager des signaux à l'intérieur d'un réseau de transistors, cette discipline fait appel aux propriétés magnétiques des électrons. Un effet physique déjà mis à profit pour stocker l'information dans les disques durs des ordinateurs et des serveurs. Désireux d'approfondir leurs travaux, les chercheurs rêvent d'exploiter l'orientation du spin des électrons² pour leur faire mémoriser de l'information dans des circuits combinant électronique et magnétisme. Plus concrètement, la spintronique « a donné naissance à plein d'autres nouveaux effets physiques en

dehors de la célèbre magnétorésistance géante³, dit Frédéric Nguyen Van Dau, directeur de l'Unité mixte de physique CNRS / Thalès⁴. Certains phénomènes, comme le « transfert de spin », permettent même d'envisager des mémoires fonctionnant sans que l'on ait besoin d'appliquer localement le champ magnétique pour les écrire, comme aujourd'hui. Cette technique devrait faciliter le développement de la filière des mémoires dites MRAM qui présentent

Machine sous ultra-vide permettant d'élaborer des nanostructures à base de semi-conducteurs (puits, fils et boîtes quantiques).

l'avantage d'être rapides et de conserver l'information sans apport d'énergie ».

Électronique quantique, spintronique... Une troisième électronique pourrait bien émerger grâce aux nanosciences : l'électronique plastique. Georges Hadziioannou, du Laboratoire de chimie des polymères organiques (LCPO)⁵, planche ainsi sur les polymères semiconducteurs, des matériaux à base de carbone présentant des propriétés similaires à celles du silicium. À la clé : des écrans d'affichage souples de grande surface et des cellules photovoltaïques pliables. « L'électronique plastique n'a pas l'ambition de détrôner l'électronique classique mais de la compléter, dit-il. Les polymères semiconducteurs présentent l'énorme avantage d'être flexibles, d'où, par exemple, la possibilité de les glisser dans des habits. Surtout, ils sont plus faciles à produire, donc moins chers, que les circuits intégrés traditionnels. »

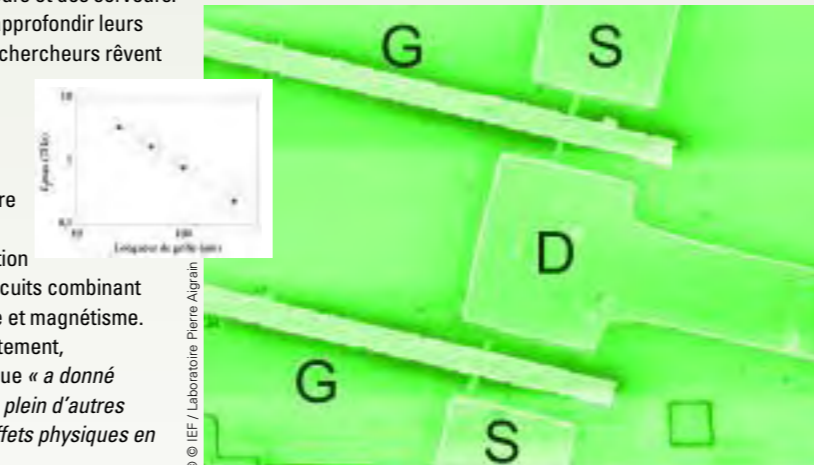
Vue intérieure montrant les supports sur lesquels sont fabriquées ces nanostructures.

1. Cette taille est en fait celle de la « grille », l'une des trois électrodes qui constituent un transistor.
2. Les électrons peuvent être considérés comme de petits aimants, dont l'orientation est définie par le spin.
3. Découverte par Albert Fert, Prix Nobel de physique. Lire *Le journal du CNRS*, n° 215, article « En avant la spintronique » www2.cnrs.fr/presse/journal/3681.htm
4. Unité CNRS / Thalès associée à l'université Paris-XI.
5. Laboratoire CNRS / Université Bordeaux-IX.

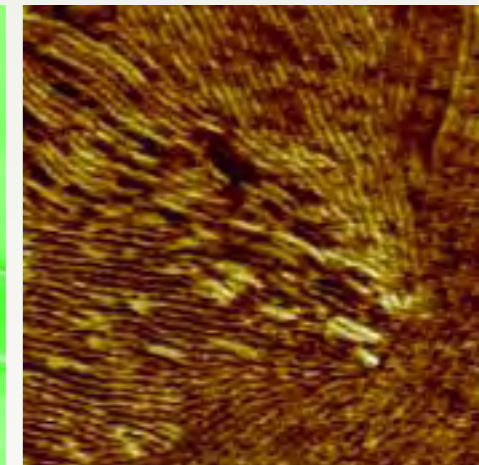
→ Henri Mariette, henri.mariette@grenoble.cnrs.fr
→ Frédéric Nguyen Van Dau, frederic.vandau@thalesgroup.com
→ Georges Hadziioannou, hadzi@enscpb.fr
→ Jean-Michel Lourtioz, jean-michel.lourtioz@ief.u-psud.fr

Les transistors à nanotube de carbone unique deviennent de plus en plus performants. La montée en fréquence de ces dispositifs augmente leur capacité de traitement.

Exemple de nanostructures à base de copolymères servant à concevoir des cellules photovoltaïques.



© IEF / Laboratoire Pierre Aigrain



© M. Urien/Université Bordeaux 1/LCPO-IMS

> par exemple, peut contenir jusqu'à dix millions de milliards de nanoparticules qui n'ont pas toutes la même taille, la même réactivité chimique, la même stabilité dans le temps. » Caractériser la distribution de chaque paramètre (taille, forme, persistance dans les tissus...) dans un échantillon demeure un casse-tête, puisque « tout type de nanoparticule présente une toxicité potentielle spécifique dépendant de son cycle de vie, poursuit le même chercheur. Il faudrait cinquante ans, estime-t-on, pour tester, avec les moyens humains et techniques actuels, la toxicité de toutes les nanoparticules déjà commercialisées. »

Mais peut-on d'ores et déjà assurer que les nanomatériaux constituent une réelle menace sanitaire ? Rien ne permet de l'affirmer, ni le contraire d'ailleurs. « Les nanomatériaux doivent être considérés comme potentiellement dangereux, ainsi que l'indique le rapport de l'Agence française de sécurité sanitaire de l'environnement et du travail paru en juin 2008⁷, résume Éric Gaffet. Des tests de toxicité pratiqués sur des modèles animaux et cellulaires montrent une dangerosité spécifique de certains nanomatériaux et le franchissement de certaines barrières biologiques. Mais il est pour l'instant très difficile d'extrapoler ces résultats à l'homme. »

Sait-on se protéger des nanoparticules, lorsque celles-ci se retrouvent sous forme d'aérosols ? L'efficacité des systèmes actuels, celle, notamment, des filtres à fibres disposés dans les systèmes de ventilation ou les masques respiratoires que portent les opérateurs, est globalement satisfaisante. Les filtres les plus performants parviennent à capturer plus de 99,99 % des particules de 4 nm. Les particules entre 100 et 500 nm, elles, sont moins faciles à piéger, ce qui

dément l'idée très répandue selon laquelle seul « l'effet tamis »⁸ conditionne l'efficacité des filtres. Mais les progrès sont là : « En utilisant des filtres à fibres chargés électriquement et en jouant ainsi sur les effets électrostatiques pour modifier la trajectoire des particules et favoriser leur capture, on parvient déjà à neutraliser entre 95 % et 99 % des grosses nanoparticules », dit Dominique Thomas, du Laboratoire des sciences du génie chimique (LSGC) du CNRS.

Dernier point : les scientifiques réfléchissent-ils assez à l'impact éthique et sociétal de leurs recherches ? Pas vraiment, au goût de la philosophe et historienne des sciences Bernadette Bensaude-Vincent, du comité d'éthique du CNRS (Comets). « Les chercheurs français reconnaissent la nécessité d'évaluer la toxicité éventuelle des nanotechnologies, dit-elle. Mais la plupart d'entre eux éprouvent encore des réticences à parler de la façon dont elles pourraient changer nos comportements sur le long terme. » Et de regretter qu'aucun lieu, « sauf dans quelques laboratoires, ne soit à la disposition des chercheurs pour qu'ils puissent y faire état de leurs questionnements, de leurs états d'âme, de leurs doutes ». Favoriser le dialogue direct entre les scientifiques et le public est une autre nécessité, plaide Jacques Bordé, du Comets. « Cela suppose une formation des chercheurs afin que ceux-ci apprennent à regarder leur recherche, et à en parler, autrement que sous l'unique angle du défi scientifique, mais aussi sous l'angle des enjeux éthiques pour notre monde. Réfléchir sur la finalité des nanotechnologies ne diminue en rien la créativité des équipes. La nanoéthique peut même la stimuler. »

1. « Il y a plein de place en bas. »

2. Unité CNRS / Université Paris-XI.

3. Unité CNRS / École polytechnique.

4. Le microscope à effet tunnel utilise une aiguille métallique ultrafine que l'on promène à une distance de quelques atomes seulement de la surface à étudier. Les atomes présents à la surface de l'échantillon sont ainsi repérés, révélés sur l'écran de l'appareil et peuvent être manipulés. Alors que le microscope à force atomique fonctionne selon le même principe, mais sert à explorer les échantillons non conducteurs, en particulier, la matière biologique.

5. Unité CNRS / Université de Poitiers.

6. Groupe de recherche faisant partie de l'Institut de recherche sur les archéomatériaux (CNRS / Université de technologie de Belfort-Montbéliard / Université Bordeaux-III / Université d'Orléans).

7. Le rapport intitulé *Nanomatériaux et sécurité au travail* est disponible en ligne sur le site de la Documentation française.

8. On parle d'effet tamis, lorsque la taille d'une particule est supérieure à celle des pores l'empêchant ainsi de les traverser.

CONTACTS

→ **Bernadette Bensaude-Vincent**
bensaude@u-paris10.fr

→ **Jacques Bordé**, jacques.borde@cnrs-dir.fr

→ **Alain Costes**, costes@laas.fr

→ **Éric Gaffet**, eric.gaffet@utbm.fr

→ **Pierre Guillon**, pierre.guillon@cnrs-dir.fr

→ **Christian Joachim**
christian.joachim@cemes.fr

→ **Stéphanie Lacour**, lacour@ivry.cnrs.fr

→ **Jean-Michel Lourtioz**
jean-michel.lourtioz@ief.u-psud.fr

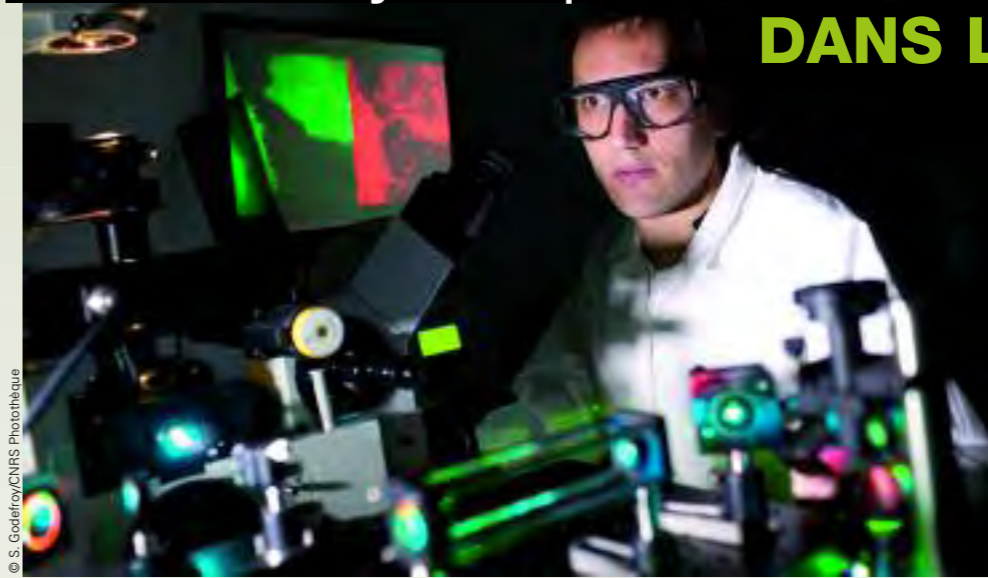
→ **Robert Plana**, plana@laas.fr

→ **Dominique Thomas**
dominique.thomas@ensic.inpl-nancy.fr

→ **Claude Weisbuch**
claude.weisbuch@polytechnique.edu

Des envoyés spéciaux

DANS LE CORPS



Un microscope à fluorescence permet de suivre le déplacement de molécules au sein de cellules.

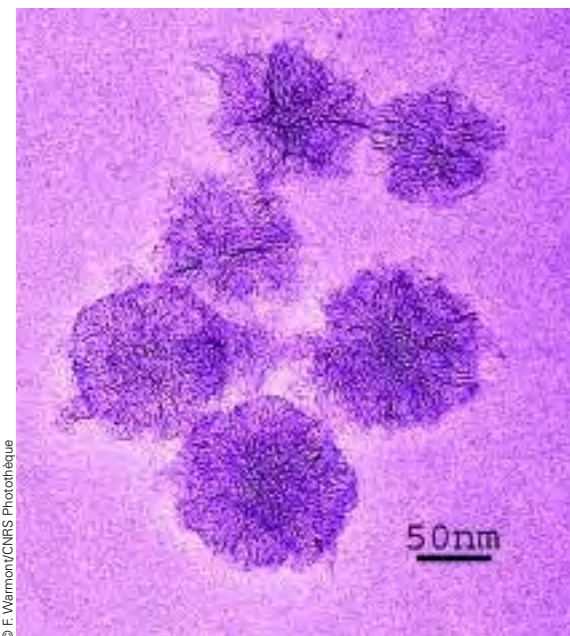
De toutes les nanoparticules sorties de la manche des physicochimistes au cours de ces dernières années, les nanocristaux semiconducteurs (ou « boîtes quantiques ») sont les préférées des biologistes. Ces objets se composent de quelques centaines à quelques dizaines de milliers d'atomes arrangés selon un ordre cristallin, et leur taille est généralement comprise entre 2 et 8 nm. Ils peuvent servir de sondes capables d'explorer et visualiser des processus biologiques à l'échelle d'un petit nombre de molécules. Pour l'instant l'exploit n'est possible que dans des cellules en culture mais à terme les chercheurs se prennent à rêver d'une utilisation in vivo.

La ruse ? Arrimer ces boîtes quantiques à des molécules biologiques telles que des protéines (enzymes, anticorps) ou des acides nucléiques (ADN, ARN). Puis, les exciter avec de la lumière (un laser, par exemple). Elles deviennent alors fluorescentes, et l'on peut choisir leur longueur d'onde d'émission en jouant sur leur taille (plus les nanoparticules sont petites, plus l'émission est décalée vers le bleu), donc distinguer un processus biologique d'un autre. « Ces nanoparticules agissent en fait comme de minuscules ampoules que l'on peut suivre à la trace au microscope, plusieurs dizaines de minutes d'affilée, explique Maxime Dahan, du Laboratoire Kastler-

Brossel (LKB)¹. Elles nous renseignent en temps réel sur le mouvement et la position des acteurs biologiques auxquels elles sont couplées. Ces techniques d'imagerie à l'échelle d'une nanoparticule individuelle, à peine émergentes il y a cinq ans, se sont largement perfectionnées depuis et trouvent des applications de plus en plus nombreuses. Elles nous permettent de "regarder" non plus seulement la membrane, mais aussi ce qui se passe à l'intérieur de la cellule, une région jusqu'ici très difficile d'accès. À terme, en attachant des sondes de différentes couleurs à différentes protéines, il sera possible d'enregistrer simultanément le mouvement de tous ces acteurs, d'étudier leurs interactions in vivo » et de mieux appréhender la complexité des mécanismes intimes des organismes vivants. Rendre l'imagerie biologique ultrasensible, identifier des tumeurs les plus petites, à l'échelle de la centaine de milliers de cellules plutôt que du milliard, aider les chirurgiens à localiser, pendant une intervention, des lésions métastatiques difficiles à identifier : l'avenir de ce type de nanoparticules semble tout tracé.

¹ Unité CNRS / École normale supérieure / Université Pierre-et-Marie-Curie.

→ **Maxime Dahan**
maxime.dahan@lkb.ens.fr



Des nanos pour STOCKER L'ÉNERGIE

La solution absolue contre la pollution automobile, la pile à combustible (PAC) utilisant de l'hydrogène pur, donc ne générant aucun rejet, finira-t-elle par voir le jour en partie grâce aux nanotechnologies ? Les chercheurs ont de quoi se frotter les mains s'agissant, entre autres, de la manière de stocker le gaz qui prétend à la succession des énergies fossiles. Le recours à des matériaux poreux représente

Les nanocornets, des structures en forme de dahlia, promettent d'être de bons candidats pour le stockage de l'hydrogène.

sans aucun doute la solution la plus fiable et la plus économique. Cela permettrait d'une part de confiner l'hydrogène, d'autre part de le relarguer facilement pour

qu'il se combine avec l'oxygène de l'air, phénomène indispensable à la production d'électricité alimentant le moteur fonctionnant avec la PAC. Parmi ces matériaux, les nanoformes de carbone (c'est-à-dire toutes les structures de carbone), « du fait de leur faible masse et de leur grande capacité d'adsorption, s'avèrent de très sérieux candidats, dit Marie-Louise Saboungi, directrice du Centre de recherche sur la matière divisée (CRMD)¹. En ce moment, les travaux se concentrent sur les nanocornets de carbone découverts dans les années 1990. Il s'agit de matériaux de deux à trois nanomètres de longueur qui s'agrègent pour former des structures en

forme de dahlia de 80 à 100 nanomètres de diamètre. Ils présentent des interactions avec l'hydrogène beaucoup plus fortes que les nanotubes de carbone. Ces minuscules cornets piègent donc plus facilement l'hydrogène que leurs cousins ». Et ce n'est pas tout. Alors que les nanotubes de carbone exigent d'être stockés à des températures basses (inférieures à -200 °C), les nanocornets retiennent la plupart de l'hydrogène adsorbé jusqu'à des températures de l'ordre de 20 °C. Problème : leur coût de fabrication relativement élevé à ce jour...

¹ Unité CNRS / Université d'Orléans.

→ **Marie-Louise Saboungi**
saboungi@cnrs-orleans.fr

POUR EN SAVOIR PLUS

À LIRE

> **Les nanotechnologies**, de Dominique Vinck, coll. « Idées reçues », éd. Cavalier bleu, 2009

> **Nanosciences, La révolution invisible**, de Christian Joachim et Laurence Plévert, éd. Du Seuil, 2008

> **Nanomonde, Des nanosciences aux nanotechnologies**, de Roger Moret, CNRS Éditions, 2006

> **Bio-nano-éthiques ? Perspectives critiques sur les bionanotechnologies**, de Vanessa Nurock, Raphaël Larrère et Bernadette

Bensaude-Vincent, éd. Vuibert, 2008

> Les nanosciences :

Tome 3, Nanobiotechnologies et nanobiologie, de Marcel Lahmani, Patrick Boisseau, Philippe Houdy, éd. Belin, 2007

> **Les nanosciences : Tome 2, Nanomatériaux et nanochimie**, de Marcel Lahmani, Catherine Bréchnignac et Philippe Houdy, éd. Belin, 2006

EN LIGNE

> **Nanotechnologies et santé** un dossier de la collection Sagascience du CNRS

www.cnrs.fr/cw/dossiers/dosnano/accueil.htm

À VOIR

> **Nanosciences, Nanotechnologies** (2008, 160 min) de Hervé Colombani, Marcel Dalaise, Alain Monclin et François Tisseyre, produit par CNRS Images – http://videotheque.cnrs.fr/index.php?urlaction=doc&id_doc=1909

Contact : **Véronique Goret** (Ventes), CNRS Images – Vidéotheque Tél. : 01 45 07 59 69 – videotheque.vente@cnrs-belleuve.fr

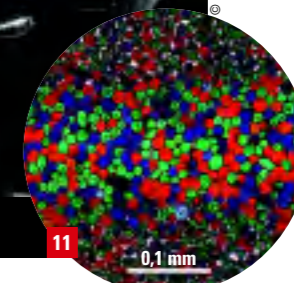
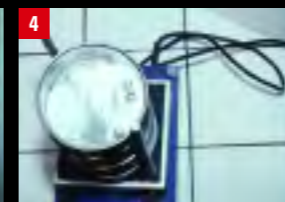


PHOTOGRAPHIE

Lumière sur

l'autochrome

La famille Lumière n'a pas innové que dans le cinéma. Dans la photographie aussi, ses inventions ont compté. À l'aube du xx^e siècle, elle commercialise la plaque autochrome, premier procédé industriel de photographie en couleurs, à base de... fécule de pommes de terre. Deux chercheurs viennent d'apporter un éclairage sur ce produit conçu non sans mal et longtemps protégé par le secret.



1 Autoportrait autochrome d'Édouard Blanc, ingénieur chimiste aux usines Lumière de Monplaisir (Lyon), vers 1907.

2 Auguste et Louis Lumière, inventeurs et industriels, en 1895.

3 4 5 6 7 Plusieurs étapes de la reconstitution d'une autochrome : séchage puis tri de la fécule, solutions colorantes pour la teinture, saupoudrage de noir de carbone et enduction du second vernis.

8 9 Essais d'autochromes, vers 1902-1905, avec plaque négative (8) et plaque positive (9), au laboratoire de Louis Lumière.

10 Une presse destinée au « laminage » – l'écrasement des grains – a été restaurée et classée monument historique.

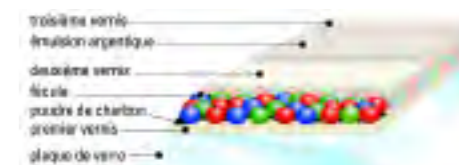
11 Féculés laminés. Louis Lumière découvrit l'intérêt du « laminage » accidentellement, en rayant d'un angle le réseau de féculés. Résultat : une meilleure transparence.

12 Schéma d'une plaque autochrome. « On expose par le dos la plaque ainsi préparée, on développe et on inverse l'image qui présente alors, par transparence, les couleurs de l'original photographié », expliquait Louis Lumière en 1904.

Bientôt, le monde entier sera fou de couleur, et Lumière en sera responsable. » Telle était l'intuition du photographe américain Alfred Stieglitz, lors de la commercialisation de la plaque autochrome en 1907. Le succès fut bien au rendez-vous pour le premier procédé industriel de photographie en couleurs. Et pour les frères Lumière, qui en vendront des millions en plusieurs décennies. Pour mieux comprendre toutes les facettes de ce produit, deux chercheurs ont décidé de le ressusciter, plusieurs dizaines d'années après la fin de sa production.

Bertrand Lavédérine et Jean-Paul Gandolfo sont donc partis sur les traces des Lumière. Respectivement directeur du Centre de recherche sur la conservation des collections¹ et professeur à l'École nationale supérieure Louis-Lumière, ils ont recréé les étapes de fabrication de l'autochrome. D'abord la sélection de minuscules grains de fécule de pommes de terre, leur teinture en violet, vert ou orange, leur mélange. Puis, sur une plaque de verre vernie,

le saupoudrage de millions de ces grains et de noir de carbone pour combler les interstices. Enfin le laminage – le pressage de la plaque – et un second vernissage. La dernière étape est la plus difficile à recréer à la main sur de petites plaques, dans la quasi-obscurité du laboratoire. La pose d'une émulsion noir et blanc au gélatino-bromure d'argent, substance sensible à la lumière, ultime couche de l'autochrome, est en effet particulièrement délicate. Le dispositif repose en fait sur la « *synthèse additive* » des couleurs, principe qui permet de recréer toutes les nuances colorées à partir de seulement trois couleurs (rouge, vert et bleu) et qui sera également mis à profit pour les écrans de télévision. Dans l'autochrome, la couche photosensible est impressionnée par les rayons lumineux, préalablement filtrés par les grains de fécule teints. Après la prise de vue et le développement, les grains d'argent de cette couche vont masquer plus ou moins certaines féculés colorées. « *Celles-ci étant extrêmement fines, l'œil ne peut les discerner. Et il se crée alors dans l'œil* >





© Musée Albert-Kahn / Dép. des Hauts-de-Seine



14

13 Paris, 1918. L'auteur, Auguste Léon, a travaillé pour les Archives de la planète, vaste témoignage photo- et cinématographique de l'époque, fondées par le banquier Albert Kahn. Aujourd'hui, le musée Albert-Kahn conserve quelque 72 000 autochromes.

14 Des enfants dans le rôle de petits soldats. Autochrome de Léon Gimpel, collaborateur de presse, en 1915.

15 Sur cette autochrome d'Édouard Blanc (1908), champs et forêt contrastent avec les coquelicots.

16 Gabriel Doublier, responsable d'une usine à Paris, pose devant les machines destinées au mélange des féculs, en 1931.

17 18 19 Fécule de pomme de terre non triée (17), triée et teintée (18) et fécule de riz non triée (19).



15

© E. Blanc

> un mélange optique des différentes couleurs de fécule... d'où résulte la palette de couleurs de l'autochrome », précise Bertrand Lavédrine.

L'image apparaissait en visionnant le positif transparent dans un appareil, ou en le projetant comme une diapositive. Simple, en apparence. Mais il a quand même fallu sept ans à la puissante société familiale Lumière, spécialisée dans la photo et le cinéma, pour passer du principe de l'autochrome (formulé en premier par le Français Louis Ducos du Hauron) à sa réalisation industrielle. Le choix de la fécule par exemple, grande spécificité de l'invention, a nécessité des mois de réflexion. Les grains de pommes de terre ont été préférés à ceux de riz, qui s'imprègnent moins bien des colorants.

Bertrand Lavédrine et Jean-Paul Gandolfo ont bataillé pendant des années, eux aussi. Pour faire toute la lumière sur ces autochromes, ils n'en ont pas seulement testé la fabrication.

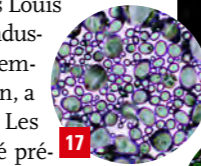
Comme ils le racontent dans *L'autochrome Lumière*, ils ont aussi interrogé les enfants de témoins de l'époque, décortiqué des cahiers de laboratoire, analysé les colorants d'anciennes plaques. Et étudié une presse de laminage, que les Lumière, sans doute pour en garder l'exclusivité, n'avaient pas brevetée. Le laminage – une phase capitale qui, en écrasant les grains les uns contre les autres, augmente la transparence de leur réseau – était bien évo-

qué dans un brevet, mais de façon évasive. Dans l'ignorance, les concurrents restaient donc à distance. Il le fallait : à la lisière des XIX^e et XX^e siècles, la photographie, dont l'invention fut annoncée en 1839, est en effervescence. De nombreuses expérimentations portent sur la couleur, défi principal, problème prioritaire. Les recherches se sont accélérées avec les progrès de la science sur la reconstitution des couleurs et les phénomènes lumineux.

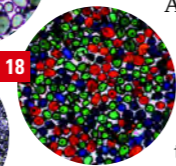


16

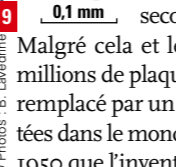
© Institut Lumière



17



18



19

0,1 mm

© Photos : B. Lavédrine

Avec l'autochrome, la photographie prend enfin des couleurs. Mais tout n'est pas si rose. Le procédé s'avère fragile, la production d'un cliché autochrome difficile. Le temps de pose, de l'ordre de la seconde, exclut presque l'instantanéité.

Malgré cela et leur prix élevé, en trente ans, des millions de plaques autochromes, dont le verre sera remplacé par un support souple en 1931, sont achetées dans le monde. Ce n'est qu'au milieu des années 1950 que l'invention tombera en désuétude : l'usine Lumière cesse la fabrication de ses films Alticolor, descendants directs de la plaque autochrome. Une plaque que nous pouvons désormais mieux conserver, car nous la connaissons mieux.

Mathieu Hautemulle

→ Pour en savoir plus

Les auteurs ont aussi contribué au site : www.autochromes.culture.fr

Dans le dossier *Sagascience* « Art et Sciences » :

www.cnrs.fr/cw/dossiers/dosart/decouv/indexFLASH.html

À voir : *Les autochromes Lumière*, réalisé par François Tisseyre, CNRS Images, 2005

http://videotheque.cnrs.fr/index.php?urlaction=doc&id_doc=1787

1. Centre CNRS / ministère de la Culture et de la communication / Muséum national d'histoire naturelle.

CONTACT

→ Bertrand Lavédrine

Centre de recherche sur la conservation des collections, Paris
lavedrin@mnhn.fr

Antoine Billot

Économiste

Comme un roman

Antoine Billot, professeur d'économie mathématique au sein du laboratoire « Paris Jourdan sciences économiques »¹ à l'université Paris-II, membre junior de l'Institut universitaire de France, et accessoirement Médaille de bronze du CNRS, existe-t-il vraiment ? À quelques heures à peine du rendez-vous fixé à son bureau de l'université Panthéon-Assas, la question a de quoi laisser perplexe. Certes, au téléphone, une voix masculine a bien accepté l'entretien. Mais au fil des pages consultées sur Google, point d'Antoine Billot ! Ou plutôt si. Un étrange homonyme, écrivain, auteur de nombreux romans traduits en hébreu, grec et italien, colonise sans vergogne les 10 premières pages du moteur de recherche. Pour retrouver la piste du chercheur, il faut se rendre sur le site de Paris-II. Et là, surprise ! Sur la page « enseignant » s'étale à nouveau la photo de l'écrivain cannibale de Google. Une tête d'éternel étudiant à la BHL, avec sa chevelure mi-longue, un brin romantique. Car c'est bien notre chercheur. Un étrange Dr Jekyll et Mister Hyde, économiste le jour et romancier la nuit.

Mais qu'allait donc faire ce passionné de littérature en économie ? Mystère... Même cet expert de la « théorie de la décision et de l'incertain » n'en sait trop rien. Sous le feu des questions, il prend sa machine à remonter le temps. Et se souvient d'un jeune bachelier « bon en maths et en philo », s'intéressant surtout à la politique. Persuadé que l'économie y mène. « En réalité, j'étais totalement ignorant de ce qu'était la science économique, admet-il en riant. D'ailleurs, je n'ai pas compris grand-chose durant mes deux premières années de fac. » Le vrai déclin se produit en maîtrise d'économétrie, en découvrant *La théorie de la Valeur*, de Gérard Debreu, ouvrage publié en 1959 et référence absolue des années 1970. « Ça m'a fasciné ! Il disait des choses fondamentales sur le marché, sur les comportements des agents économiques – consommateurs, entreprises, etc. » Plus précisément, cette théorie démontre que la libre concurrence permet d'obtenir l'équilibre simultané de l'offre et de la demande sur tous les marchés. Le jeune étu-



© A.A. Hermet/Copie

« C'était cela pour moi le nouveau défi en économie : réconcilier la rigueur de l'abstraction et le foisonnement du réel. »

diant fait sa thèse en introduisant dans cette pure abstraction un soupçon de mathématique : « La théorie de Debreu n'analyse le comportement que d'une frange de gens ultra-rationnels alors que la réalité économique me semblait beaucoup plus nuancée. C'était cela pour moi le nouveau défi en économie : réconcilier la rigueur de l'abstraction et le foisonnement du réel. » Antoine Billot adapte donc un outil mathématique – la théorie des sous-ensembles flous – afin de capturer l'hétérogénéité et l'imprécision des comportements. Sa thèse, soutenue en 1988, est immédiatement publiée chez un éditeur américain. Et l'étudiant reçoit la médaille de bronze du CNRS en 1989.

Antoine Billot explore ensuite les nouveaux modèles mathématiques naissants dans le paysage économique. De la théorie de la décision à celle des « jeux coopératifs », en passant par la « théorie de l'espérance d'utilité », il développe sans relâche des outils pour analyser, par exemple, l'incertitude liée aux croyances individuelles des acteurs économiques. Parallèlement, il s'enthousiasme pour la jeune neuro-économie. « On place des personnes dans un IRM et on observe les mouvements dans leur cerveau au moment où ils prennent une décision. Par exemple, cela permet de savoir si, à l'intérieur du cerveau, la notion de risque est localisée au même endroit que la notion de

gain. Si ce n'est pas le cas, il n'y a plus de raison objective de les réunir dans un même axiome économique. La neuro-économie laisse la porte ouverte à tant de nouveaux types de modélisation ! »

Mais pas assez cependant pour nourrir le besoin de gymnastique intellectuelle de ce boulimique de travail. Celui qui avoue aimer se retrouver loin de ses bases parisiennes lorsqu'il enseigne en Suède, en Israël, aux États-Unis ou en Italie, a finalement trouvé une autre échappatoire à son quotidien d'économiste. Une vie de roman. Les siens... Depuis 2003, année de sa rencontre avec le psychanalyste et écrivain Jean-Bertrand Pontalis, Antoine Billot publie un livre tous les deux ans. Roman, récit autobiographique ou articles psychanalytiques, l'économiste s'essaie à tout. Il prend un malin plaisir à réhabiliter le pauvre Charles Bovary, mari d'Emma, qui devient sous sa plume un cynique manipulateur. Ou imagine la rencontre de Ludwig Wittgenstein avec Adolf Hitler, adolescents, à Linz, dans *Le désarroi de l'élève Wittgenstein*. Les critiques littéraires l'encensent. Antoine Billot récidive en 2008 avec *La conjecture de Syracuse*, un roman relatant l'affrontement de deux mathématiciens sur fond de guerre d'Algérie. Son prochain « sujet » ? « Musset, répond-il l'air gourmand. C'est un torturé pour qui tout est vain. Pas un simple romantique, hein. Mais un véritable passionné, un passionné mélancolique. »

Camille Lamotte

1. Unité CNRS / EHESS, Paris / École normale supérieure, Paris / École nationale des Ponts et Chaussées, Paris.

CONTACT

→ Antoine Billot

Paris Jourdan Sciences économiques
Antoine Billot, billot@u-paris2.fr



LE LIVRE

L'autochrome Lumière Secret d'atelier et défis industriels

Par Bertrand Lavédrine et Jean-Paul Gandolfo, avec la participation de Christine Capderou et Ronan Guinée. Éd. du Comité des travaux historiques et scientifiques, coll. Archéologie et histoire de l'art, mars 2009, 400 p., 23 x 26 cm.

ANNIVERSAIRE

Il y a 70 ans naissait le CNRS

Le 19 octobre, le CNRS soufflera ses soixante-dix bougies. Pour l'occasion, le Comité pour l'histoire du CNRS a concocté un programme à la hauteur de l'évènement : colloque, parution d'un livre, exposition de photos, numéro spécial de *La revue pour l'histoire du CNRS*... Le président du Comité, André Kaspi, lève le voile sur les festivités.

Au cœur des célébrations des 70 ans du CNRS, un grand colloque aura lieu à Paris le 19 octobre prochain. Quels seront les thèmes abordés lors de cette rencontre ouverte à tous ?

André Kaspi : Placé sous le haut patronage du président de l'Assemblée nationale, le colloque « La recherche, une passion, des métiers : construire l'avenir » sera l'évènement phare des festivités. Son objectif est de présenter la manière dont les métiers de la recherche ont évolué au fil des années, et l'horizon vers lequel ils s'orientent pour l'avenir. En effet, on n'était pas chercheur au bon vieux temps du savant Jean Perrin, fondateur du CNRS, comme on l'est aujourd'hui, ni comme on le sera demain ! Les instruments se sont beaucoup modifiés, la recherche s'est internationalisée, le dialogue avec la société s'est accru, de nouvelles thématiques émergent, les méthodes de travail se transforment... Et dans les années à venir, la globalisation de la recherche

devrait s'intensifier, la forme des laboratoires changer, la télérecherche pourrait se développer... Tous ces thèmes seront abordés de manière très vivante autour de tables rondes auxquelles participeront des historiens, et plus généralement des chercheurs, ingénieurs et techniciens qui travaillent dans les disciplines dures, les humanités et les métiers de l'administration. Ils nous feront partager leur passion, véritable moteur de leurs activités de recherche. Mais cette journée ne sera pas qu'un évènement interne. Issus de la sphère scientifique, politique et médiatique, plusieurs intervenants extérieurs au CNRS apporteront également leur contribution. Ouvert à tous, ce colloque sera retransmis en direct sur www.cnrs.fr. À cette occasion, un livre spécialement écrit pour cet anniversaire sera présenté¹.

De quoi traite cet ouvrage ?

A.K. : Intitulé *Histoire du CNRS de 1939 à nos jours, Une ambition nationale pour la science*, il retrace les évènements qui ont marqué le centre de recherche durant ses soixante-dix années d'existence. Le livre aborde ainsi tout un pan de l'histoire de la science française et, ce faisant, de l'histoire contemporaine. Car les personnels du CNRS n'ont jamais vécu dans une tour d'ivoire, hier pas plus qu'aujourd'hui ! Ils ont participé à la mobilisation

pour la seconde guerre mondiale, subi les affres de l'occupation nazie, rebâti à la Libération... Au fil des pages, on découvre ainsi à quel point l'histoire du Centre est intimement liée à la conjoncture politique : importance accordée par le général de Gaulle à la recherche scientifique, réorganisation de la recherche publique sous François Mitterrand... On y apprend aussi comment le CNRS s'est investi dans la gestion des instruments de la « Big Science »² avec la création d'instituts nationaux, a mis en place des programmes interdisciplinaires pour mieux répondre aux demandes sociétales, a multiplié les partenariats, valorisé ses découvertes, appris de ses échecs... Écrit par l'historien Denis Guthleben, attaché scientifique au Comité pour l'histoire du CNRS, cet ouvrage passionnant fait apparaître le CNRS tel qu'il est et a toujours été : un laboratoire du mouvement perpétuel où recherche et politique de la recherche n'ont jamais cessé d'être remises sur la paillasse.

Autre évènement, une exposition de photos itinérante et étonnante, par la période de l'histoire du CNRS qu'elle retrace...

A.K. : Il s'agit en effet d'une période assez méconnue : sa « préhistoire » ! Quarante et un clichés totalement inédits de l'entre-deux-guerres constitueront cette exposition nommée « *Quoi de neuf dans le passé ?* ». Extraits des trésors enfouis dans les sous-sols de la photothèque du CNRS, ils présentent les inventions des personnels de l'Office national des recherches scientifiques et des inventions de Meudon, les lointains ancêtres des chercheurs du CNRS. Sorte de Moulinsart francilien, ce lieu ressemblait plus à un concours Lépine permanent qu'à un centre « high-tech » pour chercheurs de pointe ! Le public découvrira ainsi des photos d'inventions des années 1920 et 1930, qui nous paraissent aujourd'hui aussi bien utiles, que parfois farfelues ou cocasses : simulateur de vol, taxi anti-écrasement, voiture électrique, ailes battantes pour décoller verticalement, mur d'isolation phonique, clignotant à câbles, radeau à hélice, lave-vaisselle rudimentaire, casque acoustique pour malentendants... ! Au total sept thématiques sont couvertes : du développement durable à la vie quotidienne, en passant par l'optique, les matériaux,

l'acoustique mais aussi la sécurité et la santé. L'exposition a été présentée en avant-première sur le campus CNRS de Gif-sur-Yvette dans le cadre des Journées européennes du patrimoine les 19 et 20 septembre derniers. Elle est au siège du CNRS à Paris depuis le 1^{er} octobre. Puis elle entamera un tour de France via Lyon, Strasbourg, Caen, Poitiers, Nancy... où elle sera présentée dans des centres de culture scientifique, des collèges, des lycées, des universités, des campus CNRS et des collectivités locales. Dernière étape prévue : Bordeaux dans le cadre du festival Cinémascience du 1^{er} au 6 décembre.

En quoi le numéro d'octobre de *La revue pour l'histoire du CNRS* est-il spécial ?

A.K. : Ce numéro, qui coïncide aussi avec les dix ans de la revue, est exceptionnel à plus d'un titre. Sur la forme tout d'abord, il passe d'un format magazine traditionnel A4 à un format A3 avec un traitement de l'information qui s'apparente à celui d'un quotidien national. Photos, dessins de presse et vulgarisation y tiennent ainsi une place importante pour en faire un numéro particulièrement attrayant et facile à lire. Sur le fond, il décrit la très grande diversité des recherches menées au CNRS via de nombreux témoignages de chercheurs qui exposent en toute liberté ce que le Centre leur a apporté. Par leur intermédiaire, le lecteur découvre les choix de société effectués par le CNRS et son engagement dans les débats de son époque : environnement, développement durable, santé, rôle des experts, importance de la recherche fondamentale, sciences humaines, communication... Jeux mathématiques et mots croisés scientifiques en font même un numéro ludique ! Nous l'avons tiré à 47 000 exemplaires pour une diffusion à l'ensemble des personnels du CNRS. Il sera également disponible au colloque, au festival Cinémascience de Bordeaux, aux Rencontres « Science et citoyens » de Poitiers et sur l'ensemble des manifestations prévues le 19 octobre.

D'autres évènements sont donc programmés ?

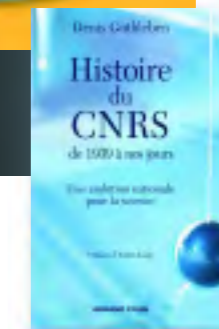
A.K. : Ce jour-là, des évènements seront en effet organisés dans les centres du CNRS sur tout le territoire. Ils prendront la forme d'animations sur les lieux de vie, tels les restaurants administratifs. Menu, décoration et objets souvenirs seront aux couleurs des 70 ans. L'objectif est de créer davantage de lien entre les personnels qui travaillent parfois sur des sujets très divers, et de renforcer le sentiment d'appartenance à un seul et même grand centre de recherche pluridisciplinaire. Le calendrier des manifestations est disponible sur un site internet créé spécialement pour l'anniversaire à l'adresse www.cnrs.fr/70ans. On y trouve aussi toutes les informations nécessaires sur le colloque : programme, biographie des intervenants, bulletins d'inscription... et des extraits vidéo seront mis en ligne fin octobre. Par ailleurs, on peut y télécharger le numéro spécial de *La revue pour l'histoire du CNRS* avec quelques articles enregistrés en audio pour les malvoyants, et y consulter des extraits phares du livre de Denis Guthleben. Le site propose également une visite virtuelle de



L'exposition « *Quoi de neuf dans le passé ?* » est accessible en ligne pour une visite virtuelle.



Un numéro spécial de *La revue pour l'histoire du CNRS* va paraître pour célébrer l'occasion.



L'ouvrage « *Histoire du CNRS de 1939 à nos jours* », (éd. Armand Collin), pour tout savoir sur l'organisme.

l'exposition de photos et le calendrier de sa tournée en France. Enfin, huit cahiers photo et un film illustrant l'histoire du CNRS, ainsi que des films anciens, seront à la disposition des internautes. Bref, tout le nécessaire pour fêter dignement l'évènement !

Propos recueillis par Jean-Philippe Braly

→ En ligne
www.cnrs.fr/70ans

1. Lire « Le CNRS à 70 ans », *Le journal du CNRS*, n° 236, septembre 2009.
2. La Big Science est un terme employé pour qualifier l'évolution qui s'est produite après la deuxième guerre mondiale dans les pays industrialisés, avec la mise en place de projets scientifiques importants, liés à de très grands instruments nationaux ou internationaux.

CONTACT

→ André Kaspi
Comité pour l'histoire du CNRS, Paris
andre.kaspi@cnrs-dir.fr

BRÈVE

Paris présente la météo

Du 20 au 25 octobre, Paris accueille le 6^e forum international de la météo. Côté grand public tout d'abord, chacun pourra participer, au fil des cinq secteurs thématiques (météo, climat, environnement, énergies, espace), à des expériences, des animations et jeux interactifs ou encore s'exercer à la présentation d'un bulletin météo comme à la télévision. Mais le forum est aussi un évènement scientifique de premier ordre, avec le colloque « *La ville face au changement climatique* » qui se tiendra le vendredi 23 octobre, et au cours duquel plusieurs chercheurs du CNRS interviendront. L'organisme, avec son Institut national des sciences de l'Univers (Insu), est d'ailleurs partenaire du forum international organisé par la Société météorologique de France (SMF).

> Pour en savoir plus : www.smf.asso.fr/fim09.html

Le CNRS fête

70 ANS

d'avancées
SCIENTIFIQUES

MRCT

Les technologies en partage

Créée en 2000, unique en son genre, la Mission des ressources et compétences technologiques (MRCT) du CNRS mène des actions transversales autour des technologies. Ses objectifs : fédérer les communautés qui les utilisent et favoriser le partage de savoir-faire.

Du technicien au chercheur en passant par l'ingénieur, quelles que soient les disciplines et les thématiques de recherche, tous sont confrontés un jour ou l'autre à des outils ou des savoirs technologiques. Pour favoriser leur maîtrise par le plus grand nombre, la Mission des ressources et compétences technologiques (MRCT) du CNRS coordonne l'inventaire des technologies et des savoir-faire qui leur sont associés, au sein – pour l'essentiel – de l'établissement. Et en facilite la diffusion dans les laboratoires.

Pour ce faire, la Mission soutient des réseaux de compétences technologiques. « Aujourd'hui, nous comptons 17 réseaux nationaux et une trentaine de relais régionaux qui assurent une veille technologique dans leur domaine de compétence, précise Michel Cathelinaud, responsable adjoint de la MRCT pour les affaires technologiques. En tout, 500 laboratoires sont concernés, ce qui représente 6000 agents. » Des exemples de réseaux existants ? Nous pouvons citer le réseau des mécaniciens qui, avec ses 1000 membres, regroupe 300 laboratoires, ou le dernier-né, le réseau des microscopies à champs proches qui compte pour le moment 150 membres. Chaque réseau, à travers son groupe de travail, recense les outils et méthodes utilisés et partage les expertises et

expériences acquises au cours de séminaires. D'autre part, des documents technologiques sont conçus et publiés pour mieux transmettre les connaissances.

Autre facette de ces réseaux, celle plus étonnante de laboratoires virtuels de recherche. En effet, des projets de recherche ont déjà été lancés, la thématique devant être obligatoirement et par définition technologique. Par exemple, le réseau « Hautes pressions », dans le cadre du pôle de compétitivité mondial Lyonbiopôle, vient de lancer le projet Hyperbar. Son but : la mise au point d'un nouveau procédé industriel d'inactivation physique de bactéries et de virus pour la fabrication de vaccins. « C'est l'exemple parfait d'un réseau expert identifié comme un laboratoire. Certains réseaux proposent des projets ANR ou des groupements de recherche. D'autres vont jusqu'à des dépôts de brevets. Cela illustre l'importance de la mise en relation des différents acteurs et surtout l'émulsion que cela engendre », ajoute Michel Cathelinaud.

« Nos actions sont transversales et bénéficient à l'ensemble des disciplines scientifiques, poursuit-il. Notre objectif est de faire profiter les membres des réseaux des avancées technologiques et de mutualiser les moyens autour

d'équipements ou de projets d'intérêt général. » C'est dans cette optique que la MRCT commande des actions nationales de formation réservées prioritairement au personnel du CNRS. « Le nombre de réseaux croît et les actions de formations deviennent plus ambitieuses, explique Francine Bizot, responsable adjointe de la MRCT. Depuis 2004, 150 actions ont été financées par la direction des ressources humaines du CNRS au bénéfice de 5000 stagiaires. » Cette année auront donc lieu, parmi la trentaine de formations programmées, la Journée thématique 2009 des microscopies à sonde locale, l'Atelier de formation sur la microélectrode à cavité ou encore les Journées nationales des cristaux pour l'optique. En plus de ces formations, de nombreux forums, ateliers et séminaires sont organisés. « Les réseaux sont très actifs. Ceux qui les animent sont des volontaires. Certes, rejoindre un réseau s'ajoute à l'activité professionnelle, mais l'engouement est réel. » En témoignent les nombreux lauréats des médailles et Cristals du CNRS impliqués dans le pilotage des réseaux.

Et Michel Cathelinaud de rappeler « qu'il n'y a que le CNRS capable de telles activités transversales et complémentaires car toutes les disciplines y sont représentées. La MRCT est unique au niveau national et international ». Actuellement, de nouveaux réseaux concernant la métrologie ou encore le calcul scientifique sont en construction. Et certain-

es réflexions sont menées pour des projets à visée internationale, notamment le réseau sur les technologies des plasmas froids qui approfondit ses échanges avec le Québec. Plus largement, dans le cadre du plan stratégique « Horizon 2020 » du CNRS, la MRCT a précisé récemment plusieurs pistes à explorer : les relations internes au réseau, les liens entre les réseaux et les industriels ou encore le développement des relations européennes et internationales.

Nadia Daki

→ Pour en savoir plus
<http://www.mrct.cnrs.fr>

LES 17 RÉSEAUX DE LA MRCT

1. Réseau de technologie des hautes pressions / HP
2. Réseau des technologies femtoseconde / Lasur
3. Réseau des Cristaux massifs, micro- nano-structures et dispositifs pour l'optique / CMDO+
4. Réseau des technologies et procédés de croissance cristalline / Cristech
5. Réseau « Optique et photonique » / ROP
6. Réseau des plasmas froids / PF
7. Réseau « Nanorgasol »
8. Réseau des utilisateurs de la microélectrode à cavité / Umec
9. Réseau des technologies du vide / RTVIDE
10. Réseau des mécaniciens / RDM
11. Réseau des électroniciens
12. Réseau d'administrateurs systèmes et réseaux / Resinfo
13. Réseau des professionnels de l'information scientifique / Renatis



© H. Raquet/CNRS-Photographie

14. Réseau « Qualité en recherche » / QeR
15. Réseau des centres communs de microscopie / RCCM
16. Réseau « Microscopie photonique de fluorescence multidimensionnelle » / MFM
17. Réseau « Champs proches »

CONTACT

→ Gérard Lelièvre
Directeur de la Mission des ressources et compétences technologiques (MRCT), Meudon
gerard.lelievre@cnrs-dir.fr

ÉCOLOGIE

Un écosystème reprend ses droits

Près de Fos-sur-Mer, des chercheurs du CNRS participent à la restauration d'une ancienne steppe qui avait été remplacée, il y a trente ans, par un verger industriel de 357 ha. Une opération d'envergure... qui pourrait aussi déboucher sur un nouveau comportement des industriels.

On connaissait les restaurateurs de tableaux, qui redonnent aux peintures anciennes leur éclat d'antan. Voici à présent les restaurateurs d'écosystèmes... méditerranéens, pour être exact. Dans la plaine de Crau, près de Fos-sur-Mer, dans les Bouches-du-Rhône, plusieurs acteurs, dont les chercheurs de l'Institut méditerranéen d'écologie et de paléo-écologie (Imep)¹, travaillent en effet d'arrache-pied pour restaurer un paysage naturel de 357 hectares qui avait été remplacé par un verger industriel dans les années 1980. « C'est le plus grand chantier de ce type en France ! », souligne Thierry Dutoit, professeur d'université et chercheur à l'Imep. Bénéficiant de dix millions d'euros sur trente ans, le projet a été lancé par CDC Biodiversité, une filiale de la Caisse des dépôts. Outre le CNRS, il implique aussi le ministère de l'Écologie, de l'énergie, du développement durable et de la mer, des collectivités territoriales, des universités, des centres de recherche, des associations de protection de la nature, des usagers locaux. Concrètement, il vise à réhabiliter un écosystème tout à fait unique qui avait été remplacé par le verger industriel : le « coussoul », une terre née de l'interaction millénaire entre le climat méditerranéen, des sols pauvres et les troupeaux de moutons, formant ainsi la seule steppe aride d'Europe de l'Ouest. Un terrain écologiquement très important, puisqu'il constitue le seul habitat possible pour certaines espèces, tels les oiseaux ayant besoin de milieux pierreux ouverts, comme l'outarde canepetière ou le ganga cata.

Tout a commencé en 2008 quand CDC Biodiversité a acquis les 357 hectares d'anciens vergers. « Nous avons été très rapidement contactés par la CDC car à l'origine nous travaillions sur les espèces steppiques ; nous tentions notamment de savoir pourquoi il y a tant d'espèces dans ces communautés végétales : 70 espèces de végétaux à fleurs par mètre carré... », précise Thierry Dutoit. La première phase de l'opération a duré de janvier à septembre 2009. Elle a consisté à réhabiliter une fonction de l'écosystème, celle d'accueillir des oiseaux. Pour ce faire, il a fallu retirer les 200 000 pêcheurs et les 100 000 peupliers qui constituaient le verger industriel ; ainsi que les 1 000 kilomètres de tuyaux en PVC du réseau d'irrigation. Puis arbres et PVC ont été broyés et recyclés. Ensuite il a fallu aplanir le terrain recouvert de buttes pour en faire un sol de steppe, c'est-à-dire un terrain plat. « Nous sommes inter-



© R. Jaumotte/CNRS/IMEP

Pour retrouver la végétation initiale de ce sol, de la terre des steppes voisines y sera épandue.

répandre sur le terrain aplani ; et enfin apporter du sol des « coussouls » voisins et le répandre sur le terrain afin, toujours, d'introduire des graines, des bulbes et rhizomes d'espèces steppiques. Ces travaux seront financés par CDC Biodiversité, le CNRS et la région Paca. Après la phase de restauration, suivra une phase de gestion sur trente ans de cet espace qui sera in fine rendu aux moutons. « Avec ce projet, on a là un vrai lien entre recherche fondamentale et recherche appliquée. Y participer nous permet d'étudier les espèces de la steppe sur un modèle expérimental grandeur nature, insiste Thierry Dutoit. Jamais je n'aurais rêvé d'une telle occasion ! »

Mais, cette expérience devrait aussi mener à une nouvelle pratique écologique en France : « la compensation écologique par l'offre ». Car depuis la loi de 1976 relative à la protection de la nature, les opérateurs doivent

prover qu'ils ont tout fait pour réduire les dégâts occasionnés par leur activité industrielle, et si possible « compenser » leur action sur l'environnement. Pour ce dernier devoir, il pourra leur être proposé d'acheter des « unités de compensation » de la plaine de Crau, équivalentes à celles qu'ils vont faire disparaître. Une pratique dissuasive : à 35 000 euros l'hectare, les promoteurs de projets pourraient être tentés de moins détruire la nature...

prover qu'ils ont tout fait pour réduire les dégâts occasionnés par leur activité industrielle, et si possible « compenser » leur action sur l'environnement. Pour ce dernier devoir, il pourra leur être proposé d'acheter des « unités de compensation » de la plaine de Crau, équivalentes à celles qu'ils vont faire disparaître. Une pratique dissuasive : à 35 000 euros l'hectare, les promoteurs de projets pourraient être tentés de moins détruire la nature...

Kheira Bettayeb

1. Institut CNRS / IRD / universités Aix-Marseille-I et -III / université Avignon.

CONTACT

→ Thierry Dutoit
Institut méditerranéen d'écologie et de paléo-écologie, Marseille
thierry.dutoit@univ-avignon.fr



Vladimir Solozhenko

Le chimiste qui venait du froid

© M. Roux/CNRS Photothèque

Il vient d'URSS, un pays « qui n'existe plus ». Mais dans son bureau pourtant austère de l'université Paris-XIII à Villetaneuse, où une tour d'ordinateur le dispute à une bibliothèque à moitié vide, aucune place pour le spleen. La pièce est bien à l'image du bonhomme : spartiate. Car depuis 30 ans, Vladimir Solozhenko, directeur de recherche au CNRS et spécialiste des matériaux sous très hautes pressions et températures ne fait strictement que cela, en véritable passionné. Seule faille émotionnelle cependant, ses premières années d'études au département de chimie de l'université de Moscou, la « meilleure d'Union soviétique ». Vladimir Solozhenko, plutôt avare de sentimentalisme, en parle volontiers, avec bonheur et nostalgie. « J'ai commencé mes recherches très jeune, à l'âge de 20 ans, et publié mon premier article deux ans plus tard. J'en étais le seul auteur. On était très libre, on pouvait suivre nos propres idées. Après ma soutenance de thèse en 1984, je suis parti à l'Institut des matières ultra-dures de l'Académie des sciences d'Ukraine, à Kiev. L'industrie de coupe et d'usinage cherchait des applications pour remplacer le diamant. C'est devenu l'objet principal de mes recherches. »

Car dans cet univers impitoyable, le diamant naturel n'est plus éternel depuis longtemps. Le super-abrasif, considéré comme le matériau le plus dur au monde, montre en effet des limites une fois soumis à de fortes températures lors de la coupe : par exemple, il n'est pas stable et réagit chimiquement avec des matériaux ferreux. Devant la nécessité d'une nouvelle génération de matériaux ultradurs, Vladimir Solozhenko se penche sur un matériau moins dur que le diamant mais plus résistant à la chaleur et à l'oxydation, le nitrure de bore cubique (c-BN). Il le mélange avec du carbone pour obtenir un matériau à la fois stable chimiquement et plus dur que le c-BN : le carbonitrure de bore cubique. Mais pour effectuer une synthèse au niveau atomique, il faut exposer le « mélange » des éléments à une très haute température et à une très haute pression. Or à Kiev, les moyens techniques sont limités. Un intense programme international de recherche se met donc en place. Vladimir Solozhenko passe la moitié de son temps loin de Kiev. D'abord au synchrotron de Hambourg, puis en France à Paris, Bordeaux et à l'European Synchrotron Radiation Facility (ESRF) de Grenoble¹. Ou encore aux États-

Unis. Grâce aux images par rayons X obtenues au synchrotron de Grenoble, les chercheurs contrôlent en temps réel comment réagit la structure de l'échantillon. Et à 2 000 °C, pour une pression 250 000 fois supérieure à celle de l'atmosphère, ils obtiennent enfin, en 2001, le matériau le plus dur aujourd'hui connu, après le diamant. Mais entre-temps, le monde de Vladimir Solozhenko vole en éclats. En 1991, l'URSS n'est plus. Le chercheur, qui travaillait à Kiev, devient de fait automatiquement citoyen d'Ukraine. Alors que l'économie du pays s'effondre et que nombre de collègues lâchent leurs recherches pour survivre, Vladimir continue grâce à ses collaborations extérieures. Mais le maintien du labo tient à un fil. Il décide de postuler en France. « Le CNRS est vite apparu comme la meilleure option. Avec l'appui de Brigitte Bacroix et Jean-Pierre Petitot, nous avons monté une structure de recherches au Laboratoire des propriétés mécaniques et thermodynamiques des matériaux du CNRS en 2003. Et grâce aux fonds de l'ANR, nous avons pu nous équiper et faire rapidement des avancées importantes. Ainsi, l'installation d'une presse dite « multi-enclume » a permis d'atteindre les plus hautes pressions accessibles de nos jours sur des volumes macroscopiques de matériaux. » Plus ascète que jamais, Vladimir fait du labo sa nouvelle patrie. « Je ne suis pas sûr d'avoir un jour croisé un Français autre que scientifique, avoue-t-il timidement. D'ailleurs, je ne parle pas votre langue. » Ses yeux d'apatride vacillent un moment. « Mais ici, je suis redevenu ce que je préférerais, un employé au service de l'État. J'aime servir un pays. »

Camille Lamotte

1. L'ESRF est une des plus intenses sources de rayon X au monde. Dix-neuf pays participent à son financement et à son fonctionnement.

CONTACT

→ **Vladimir Solozhenko**
Laboratoire des propriétés mécaniques et thermodynamiques des matériaux, Villetaneuse
vis@ipmtm.univ-paris13.fr

BRÈVES

Bourses européennes

Le Conseil européen de la recherche (ERC) a dévoilé la liste des 219 lauréats, sur 2503 candidats, du 2^e appel à projets pour les bourses « jeunes chercheurs ». En tout, 26 travaillent dans des organismes français, dont 9 chargés de recherche au CNRS : 6 en sciences de la vie, 2 en sciences physiques et ingénierie, et 1 en sciences humaines et sociales. La France est le 2^e pays, derrière le Royaume Uni, et au premier rang en sciences de la vie. Le prochain appel à projets se clôt entre fin octobre et début décembre selon les disciplines.

➤ Pour en savoir plus : <http://erc.europa.eu>

Création de deux nouveaux LIA

Deux laboratoires internationaux associés ont été créés à la rentrée. Le premier, intitulé « Matériaux inorganiques fonctionnels », renforce une collaboration vieille de vingt ans entre des équipes rennaises, notamment du Laboratoire « Sciences chimiques de Rennes »¹, et chiliennes. Il s'agit de poursuivre les recherches sur les matériaux dits actifs pour des domaines aussi variés que l'optique, l'énergie, le transport et le stockage de l'information. Le LIA franco-maghrébin de mathématiques

et de leurs interactions, lui, a été fondé entre le CNRS, l'École polytechnique et les universités de Nice-Sophia-Antipolis, de Pau et des Pays-de-l'Adour, de Clermont-Ferrand, d'une part, et plusieurs organismes d'Algérie, du Maroc et de Tunisie d'autre part. Ensemble, les partenaires favoriseront les projets de recherche en mathématiques en multipliant leurs collaborations et en participant à la formation des doctorants.

1. Laboratoire CNRS / Université Rennes-1 / École nationale supérieure de chimie de Rennes / Insa Rennes.

MÉCANIQUE DES FLUIDES

Les mécanos du numérique

La France et l'Allemagne sont associées dans un programme de recherche innovant en dynamique des fluides. L'objectif ? Réduire les phénomènes de turbulence dans les transports aériens et terrestres.

Aucune erreur d'aiguillage ni incident technique à signaler. Depuis une vingtaine d'années, Français et Allemands du CNRS et de la Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG) pilotent avec brio un programme de recherche innovant en dynamique des fluides. Leur objectif ? La réduction des phénomènes de turbulence dans les transports aériens et terrestres. Il s'agit d'appréhender très finement les phénomènes de turbulence derrière les moteurs d'avion et les voitures, et de réduire les perturbations sonores qui en résultent, notamment dans les jets des turboréacteurs d'avions civils. À la clé : un meilleur aérodynamisme et une consommation allégée de carburant, pour les avions comme pour les voitures. De programmes d'échange bilatéraux en projets communs pour aboutir à la création du Groupement de recherche européen (GDRE) « Mécanique des fluides numérique » pour la période actuelle 2004-2011, les deux pays n'ont cessé depuis la fin des années 1980 de coordonner les efforts des deux communautés autour de thématiques toujours plus ciblées. Vingt ans plus tard, ce sont dix-neuf équipes portées par quatorze laboratoires français et allemands¹ qui participent à ce programme de haut vol pour un budget global estimé à 2,5 millions d'euros par an, financé d'un côté par le CNRS, le ministère de la Recherche et l'Onera, de l'autre par la DFG.

« Cette initiative associe étroitement les connaissances en mécanique des fluides et acoustique, en modélisation et en calcul haute performance », confie Patrick Bontoux, directeur du Laboratoire de Mécanique, modélisation et procédés propres (M2P2)², à Marseille. L'une des approches scientifiques les plus prometteuses est la simulation des grandes échelles (SGE). Cette sorte de maillage numérique permet de simuler les plus gros tourbillons, qui sont les plus énergétiques, tout en modélisant les plus petits, qui passaient à travers les mailles du calcul. Le GDRE doit ce savoir-faire notamment à la mise en œuvre de puissances de calcul importantes dans les centres nationaux³ et à l'acquisition récente par le CNRS des supercalculateurs vectoriel NEC SX8 et IBM Blue Gene. Ce dernier, au 6^e rang mondial, dégage une puissance de calcul équivalente à plus de 15 000 ordinateurs portables de dernière génération. La SGE permet ainsi d'isoler et d'étudier des phénomènes particuliers comme les jets à la sortie de moteurs d'avion, qui ont un impact

certain sur l'environnement atmosphérique et la pollution sonore des transports aériens. Autres phénomènes étudiés : la traînée visqueuse, cette force de résistance exercée par l'air sur le véhicule en mouvement. « Nous tentons de prédire et de réduire cette dernière ainsi que les décollements d'écoulements près des parois des véhicules qui sont aussi générateurs de tourbillons », explique Patrick Bontoux. Une tâche complexe, mais le jeu en vaut la chandelle : la réduction de ces effets (en jouant sur la géométrie du véhicule) entraîne une économie de carburant nécessaire à l'avancée du véhicule.

Ce sont ainsi six ouvrages, près de 200 publications et une quinzaine de colloques qui ont été organisés depuis 2004. Pour l'heure, le GDRE « Mécanique des fluides numérique » a déjà contribué à une meilleure compréhension des mécanismes physiques ainsi qu'à l'amélioration des techniques et des modèles utilisés aujourd'hui dans l'industrie. Ces avancées reposent sur des liens tissés un à un avec divers

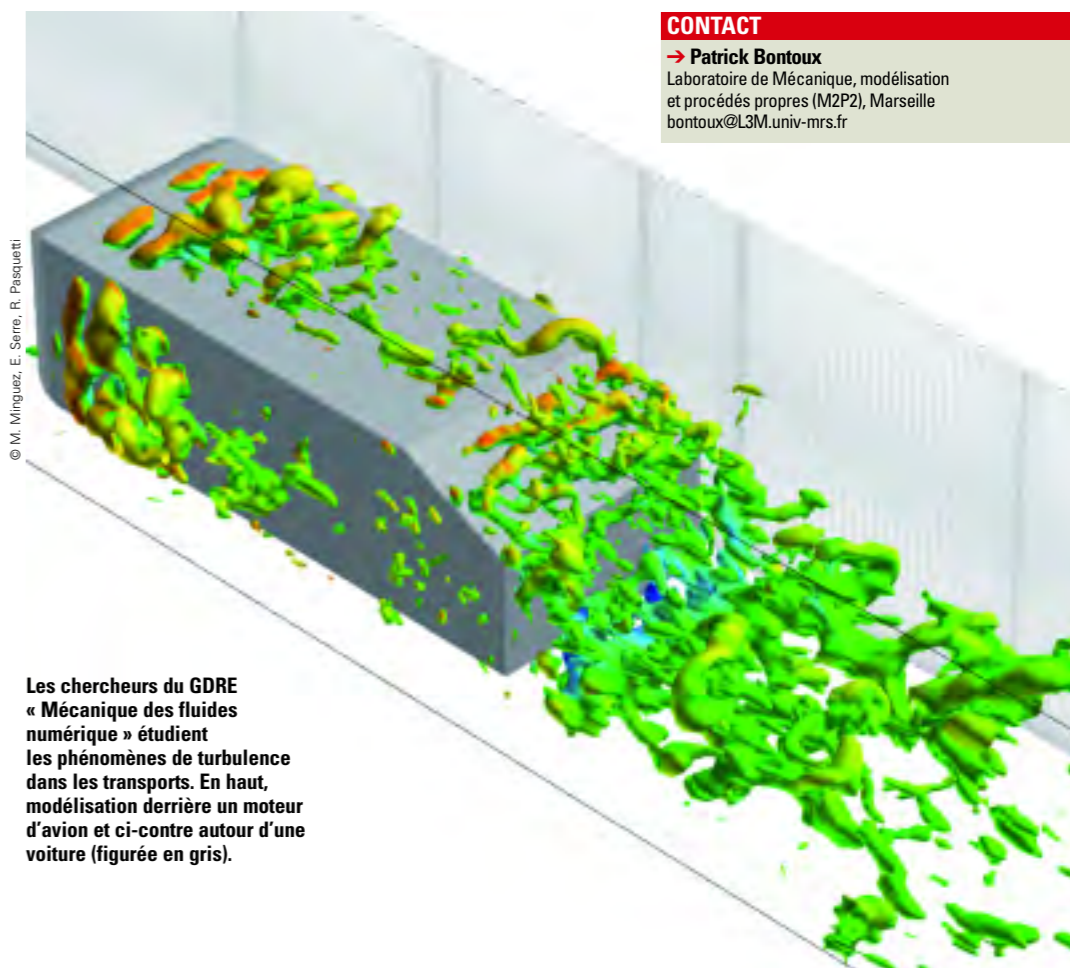
organismes et sociétés comme Dassault Aviation, Snecma, Rolls Royce, MTU, Airbus, Renault, le CEA, le Cnes, la DGA, EDF et l'Onera. Au-delà, l'objectif est de « faire de la simulation numérique un langage commun au niveau européen ». Des discussions sont en cours pour un élargissement du GDRE après 2011. Le nouveau partenariat Prace (« Partnership for Advanced Computing in Europe ») propose de structurer les moyens de calcul à l'échelle européenne sur plusieurs centres internationaux.

Séverine Lemaire-Duparcq

1. Parmi les laboratoires participants, on peut citer : côté français, les LEA de Poitiers, LMFA de Lyon, M2P2 de Marseille, LMF de Nantes, LEGI et LJK de Grenoble, IMFT de Toulouse, LJAD de Nice, LIMSI et, côté allemand, le RWTH de Aachen, TU de Berlin, Darmstadt, Munich, Dresde, ainsi que les universités de Stuttgart, Karlsruhe, Hamburg et Erlangen.
2. CNRS / Universités Aix-Marseille-I, II et III / Centrale Marseille.
3. Institut du développement et des ressources en informatique scientifique (Idris), Centre informatique national de l'enseignement supérieur (Cines), centre de calcul recherche et technologie (CCRT).

CONTACT

→ **Patrick Bontoux**
Laboratoire de Mécanique, modélisation et procédés propres (M2P2), Marseille
bontoux@L3M.univ-mrs.fr



Les chercheurs du GDRE « Mécanique des fluides numérique » étudient les phénomènes de turbulence dans les transports. En haut, modélisation derrière un moteur d'avion et ci-contre autour d'une voiture (figurée en gris).

3 questions à...

Alain Berthoz

La simplicité

Éd. Odile Jacob, septembre 2009, 220 p. – 23 €

Membre de l'Académie des sciences, Alain Berthoz est professeur au Collège de France, où il est directeur adjoint du Laboratoire de physiologie de la perception et de l'action (LPPA, CNRS / Collège de France).

Dans cet essai issu de vos travaux sur la perception et l'action, vous dites y « oser une théorie de la simplicité » : en quoi consiste ce nouveau concept ?

Il faut distinguer *simplicité* et *simplicité*. Dans toutes les activités humaines, scientifiques ou sociales, nous sommes à la fois émerveillés et écrasés par la complexité. D'où l'élaboration de « théories de la complexité » – et de multiples tentatives pour simplifier qui conduisent, autant dans l'étude du vivant que dans celle de la vie sociale, à une caricature. Or la biologie, la physiologie, et les neurosciences ont établi l'existence de processus élégants, rapides, efficaces pour l'interaction du vivant avec le monde. Ces processus ne sont pas « simples » mais élaborent des « solutions », des comportements rapides, fiables, qui tiennent compte de l'ex-

périence passée et qui anticipent sur les conséquences futures de l'action. Ils sont simples, comme le fil d'Ariane. Ces solutions exigent parfois un « détour » – elles ont un prix –, mais donnent l'apparence d'une grande facilité. J'ai esquissé à partir d'un terme utilisé dans d'autres contextes comme la géologie, les mathématiques, le design ou l'ingénierie, une « théorie de la simplicité » afin de rendre compte de ce qui est, à mon avis, l'une des propriétés les plus originales du vivant.

Quelques exemples de ces processus simples ?

Ils existent à différents niveaux de l'organisation du vivant. Par exemple, le très petit nombre de « motifs » qui sont utilisés dans les constructions moléculaires de protéines, la sélection et le filtrage neuronal par



crée des mondes « possibles ». C'est pourquoi ce livre se termine par un bouquet d'extensions du concept à des domaines aussi divers que l'utilisation du dessin par les écrivains, la configuration d'un coin de rue, l'inclinaison d'un toit ou la géométrie d'un jardin.

Vous semblez avoir voulu avec l'élaboration de ce concept répondre à une interrogation inquiète de l'homme face à son monde ?

Oui, nous sortons d'un siècle dominé par le verbe et la norme où a triomphé l'esprit de géométrie contre l'esprit de finesse et qui a oublié, au profit d'une raison désincarnée, ce que j'appelle l'homme sensible, la richesse de l'« écoumène »¹, le rôle de l'émotion. J'ai suggéré des pistes pour reconstruire notre identité mise à mal par l'extraordinaire complexité du monde, notre écartèlement entre le local et le global, l'accélération du temps vécu. Tout cela en remettant au centre la notion d'acte, puisque je suis un physiologiste.

Propos recueillis par A.L.

1. Écoumène : concept forgé par Augustin Berque pour décrire les lieux de vie en échappant à la seule description factuelle de la géographie, de l'économie et en réinsérant le vécu de l'homme sensible.

l'attention, ou encore les « lois de minimum d'énergie » utilisées par le cerveau pour contrôler muscles et articulations dans le comportement moteur. On retrouve ces processus simples dans les fonctions cognitives les plus élevées : la spécialisation des systèmes de mémoires et la multiplication des mécanismes neuronaux dans le traitement de l'espace (imaginer ou se rappeler un trajet), le rôle de l'inhibition, la relation entre raison et émotion. Et, à un niveau symbolique et culturel, le rôle du geste comme solution simplexe (et non simple) pour communiquer des sentiments par exemple.

Ce livre porte, aussi, sur la question de l'*Umwelt*, le fait que chaque espèce ne vit que dans « son » monde. Or, l'originalité du cerveau humain est d'être un créateur de mondes. Les « détours » des processus simples correspondent aussi à cette inventivité du cerveau et de l'esprit humain, aux frontières de ce que les neuropsychologues appellent la « pensée magique » qui

Dictionnaire des œuvres psychanalytiques

Paul-Laurent Assoun, éd. Puf, septembre 2009, 1 488 p. – 39 €

Faisant partie des parutions de l'automne célébrant le 70^e anniversaire de la mort de Freud, ce *Dictionnaire* comble une lacune : il n'existait, en effet, aucun travail sur l'ensemble des œuvres psychanalytiques et post-freudiennes. Et, dans un moment où la psychanalyse est contestée ou concurrencée par les thérapies comportementales et cognitives, cet ouvrage montre combien il est utile de ne pas remplacer les textes par un « bottin de symptômes ».

À travers l'étude de 340 œuvres (quelque 140 textes de Freud, livres et articles fondateurs et quelque 200 écrits post-freudiens), l'auteur restitue dans ce monumental ouvrage la substance des textes de la psychanalyse.



La globalisation humaine

Catherine Wihtol de Wenden, éd. Puf, septembre 2009, 272 p. – 26 €

Ce début de XXI^e siècle voit se mondialiser les migrations, phénomène qui a triplé d'importance en quarante ans et qui constitue la seconde épopée migratoire de l'âge moderne après la grande période des années 1880-1930. Consultante pour la Commission européenne, le Conseil de l'Europe et le Haut Commissariat aux réfugiés, l'auteur analyse ici causes et conséquences de ce flux humain qui pose avec acuité la question du « vivre ensemble », des risques environnementaux, de la gouvernance mondiale et, *in fine*, de la reconnaissance d'un droit à la mobilité comme droit fondamental de l'homme.



Le crime contre l'humanité

Mireille Delmas-Marty, Isabelle Fouchard, Emanuela Fronza et Laurent Neyret, éd. Puf, coll. « Que sais-je ? », septembre 2009, 128 p. – 9 €

En 1997, le Tribunal pénal international pour l'ex-Yougoslavie (TPIY) formulait à la fois juridiquement (« crime », « victime ») et philosophiquement (« en attaquant l'homme, est niée l'humanité »), la spécificité du crime contre l'humanité, notion déjà inscrite dans le statut du Tribunal de Nuremberg mais restée inexploitée juridiquement. Cet ouvrage fait le point sur cette dénomination pénale, en explore la richesse, les ambiguïtés et les développements probables dans les années qui viennent.



Le sacrifice du soldat

Gilles Boetsch et Éric Deroo (dir.), CNRS Éditions, coll. « Corps », septembre 2009, 240 p. – 35 €

Superbement illustré avec plus de 200 documents inédits provenant des archives de l'armée, cet ouvrage décrypte, de la Révolution française à nos jours, un mythe républicain français – celui du « héros mort pour la patrie », avec son cortège de récits et de légendes sur les « gueules cassées » – et l'évolution de ce mythe vers un « zéro mort ». Que représentent ces rites sacrificiels à l'heure de la mondialisation et de l'intégration européenne et quelle place auront-ils dans l'avenir ?



Moyen Âge et Renaissance au Collège de France

Textes rassemblés par Pierre Toubert et Michel Zink avec la collaboration d'Odile Bombard, éd. Fayard, juin 2009, 672 p. – 32 €

Entreprise originale et inédite que cette réunion des leçons inaugurales du Collège de France portant sur le Moyen Âge et la Renaissance en un seul volume. Trente et une chaires sont représentées (certaines totalement oubliées) occupées par des noms illustres – Jules Michelet, Focillon, Chastel, Duby, Étienne Gilson... Un passionnant ensemble où l'on assiste, non seulement au développement moderne des sciences historiques mais à la naissance de la philologie et de l'histoire de l'art en France. L'évolution d'une vie intellectuelle à travers la discontinuité des prestigieuses leçons dont le choix ne présente qu'un impératif : « accompagner la recherche en train de se faire ».



Moraliser le capitalisme ?

Anne Salmon, CNRS Éditions, septembre 2009, 264 p. – 25 €

Le point de départ : l'analyse d'un corpus de textes de grandes entreprises et la mise en perspective historique des trois formes de mobilisation de l'éthique par le système capitaliste – éthique protestante à la naissance du capitalisme rationnel moderne, éthique progressiste dans la phase de rationalisation du travail industriel au XIX^e siècle et actuelle éthique économique des firmes. L'auteur analyse ici avec brio la singularité d'une mobilisation dans laquelle l'éthique est instrumentalisée car produite par les acteurs économiques

pour des finalités économiques. Résultat : une inquiétante érosion des valeurs. Alors, une question se pose : le capitalisme ne serait-il pas en lui-même l'une des sources de démoralisation de la société ?

Le savoir et la finance Liaisons dangereuses au cœur du capitalisme contemporain

Dominique Plihon et El Mouhoub Mouhoud, éd. La Découverte, coll. « Cahiers libres », septembre 2009, 240 p. – 18 €

La combinaison de deux phénomènes du capitalisme actuel (puissance de la finance devenue force planétaire et entrée des économies industrielles dans l'ère de la « société de la connaissance » grâce aux nouvelles technologies), devait être « profitable à tous ». La crise récente a démenti cette vision. Cet essai présente un capitalisme loin des analyses dominantes. Comparant connaissances et ressources financières au profit d'une même minorité de pays et d'acteurs, il engendre un appauvrissement des connaissances et de leur diffusion. Les auteurs explorent ici les conditions d'une possible alternative.



La prospérité du vice Une introduction (inquiète) à l'économie

Daniel Cohen, éd. Albin Michel, septembre 2009, 288 p. – 19 €

Après *Trois leçons sur la société post-industrielle*, toujours avec un grand talent de vulgarisateur et une grande érudition, Daniel Cohen montre ici comment l'économie façonne la société au fil du temps et sur toute la planète. Pour ce faire, il dresse une véritable fresque, de l'Empire romain aux traders de Wall Street, des sociétés agraires du XIX^e siècle au règne des services immatériels de notre époque. Des questions lancinantes en filigrane : comment l'Occident, qui a arraché une part de l'humanité au règne de la faim et de la misère, a-t-il pu finir sa course dans le suicide collectif des deux guerres mondiales ? Quel est le poison, « le vice caché, qui a anéanti l'Europe ? » et « les tragédies européennes pourraient-elles se répéter, en Asie ou ailleurs ? ». Une histoire de l'humanité où l'on voit les disparités de toutes sortes ne faire que stimuler le capitalisme.



Des premières bactéries à l'homme L'histoire de nos origines

Jean-Claude Gall, éd. L'Harmattan, coll. « Biologie, écologie, agronomie », août 2009, 174 p. – 16,50 €



Les premières formes de vie sont apparues sur la Terre il y a presque quatre milliards d'années. Ce sont des organismes microscopiques : les bactéries. Une chaîne ininterrompue d'espèces vivantes les relie à l'émergence de l'homme il y a quelques millions d'années à peine. Parce que la diversité de la biosphère et la place qu'y occupe l'homme ne sont intelligibles qu'à la lumière des transformations advenues au fil de ces durées géologiques, l'auteur, géologue et paléontologue, retrace l'histoire de l'Univers à partir de ces bactéries fossiles pour parvenir jusqu'à nous, « aboutissement provisoire de cette histoire inachevée ».

Voir la musique

Terrain, n° 53, septembre 2009, éd. ministère de la Culture et de la communication / MSH, septembre 2009, 176 p. – 16 €

Sur le thème « que donne à voir la musique, que donne à entendre l'œil? », ce numéro en couleurs de Terrain propose un ensemble de variations illustrées montrant comment le visuel et le sonore musical peuvent converger en de multiples modalités : de Messiaen et Scriabine à Paul Klee en passant par les

chants des Itcha du Bénin qui « font voir une montagne », les expériences de musiciens travaillant en duo avec leur ordinateur ou les trajectoires sur le sol des instrumentistes défilant au carnaval de Tarabuco en Bolivie.



Violences à l'école élémentaire L'expérience des élèves et des enseignants

Cécile Carra. Éd. Puf, coll. « Éducation et société », septembre 2009, 192 p. – 19 €

Bien que le politique s'empare aujourd'hui du sujet, rares étaient les recherches faisant foi sur les violences à l'école élémentaire, cette zone d'ombre se doublant, de plus, d'un point aveugle : celui des écoliers. À partir d'une enquête de victimation et de violence auto déclarée menée dans le Nord auprès de 2000 élèves par des entretiens et des observations de terrain, l'auteure montre le poids des variables socio-économiques et met en évidence l'importance capitale du climat scolaire sur la variation du phénomène de violence selon les écoles. Des données surprenantes pour l'esquisse de premiers contours de la violence en milieu scolaire.



Handicaps Entre discrimination et intégration

Coord. André Rauch, Ethnologie française, 2009 / 3 – Juillet, éd. Puf, 196 p. – 22 €

Prenant en compte les récentes extensions du mot « handicap » (perte d'autonomie en raison de l'âge, victimes de crises économiques...), Ethnologie française consacre l'un de ses « Dossiers » à l'analyse des multiples discours actuels pour « parler » du ou des « handicap(s) », confronter les attitudes des familles à celles des professionnels et relier textes de lois et expériences concrètes en montrant les nombreux écarts survenant entre normes et représentations.

Autrement capables École, emploi, société : pour l'inclusion des handicapés

Éric Plaisance, éd. Autrement, coll. « Mutations », septembre 2009, 208 p. – 20 €

Quatre ans ont passé depuis la loi du 11 février 2005 « pour l'égalité des droits et des chances, la participation et la citoyenneté des personnes handicapées ». Mais les enfants comme les adultes handi-

capés ont toujours des difficultés d'accès à l'école et à l'emploi. Un état des lieux pour une question qui entre dans une ère nouvelle : celle de la citoyenneté démocratique.

EXPOSITIONS

Rubrique réalisée par Céline Bévierre

Ma Terre première : pour construire demain

Du 6 octobre 2009 à juin 2010, Cité des sciences, Paris (XIX^e). Tél. : 01 40 05 70 00 – www.cite-sciences.fr

Faire tenir un château de sable sur une plage relève pour vous de l'exploit ? Vous serez surpris de découvrir les différentes utilisations de la terre en tant que matériau de construction, depuis la Grande Muraille de Chine jusqu'aux réalisations les plus récentes. Matière la plus répandue dans le monde, employée dans les premières cités découvertes en ancienne Mésopotamie, la terre crue revient aujourd'hui sur le devant de la scène pour ses propriétés économiques et écologiques. Des expériences et des manipulations ludiques aident à comprendre les potentialités de la matière granulaire. Après une approche géologique et physique, les usages architecturaux et artistiques du matériau sont mis en valeur avec le « Sensitive wall ». Cet espace multimédia interactif dévoile la beauté et la diversité architecturales des habitations et des constructions en terre. Pour compléter, le « Jardin des œuvres » expose des créations de deux artistes contemporains.



Au pays du Dragon : arts sacrés du Bhoutan

Du 7 octobre 2009 au 25 janvier 2010, Musée Guimet Paris (XVI^e). Tél. : 01 56 52 53 00 – www.guimet.fr

ET AUSSI

TRÉSORS DU BOUDDHISME AU PAYS DE GENGIS KHAN

Jusqu'au 15 novembre 2009, Musée des arts asiatiques, Nice (06). Tél. : 04 92 29 37 00 – www.arts-asiatiques.com

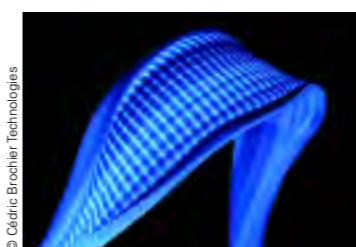
Ces deux musées présentent pour la première fois en Occident des collections uniques sur l'art bouddhique. Le musée Guimet réunit des pièces prêtées par des temples et des monastères du royaume du Bhoutan où le tantrisme est la religion officielle. Des Thangkas (tissus peints ou brodés), des sculptures métalliques, des objets liturgiques du VIII^e s. au XIX^e s., et des vidéos sur la danse rituelle dépeignent l'histoire du pays. À Nice, des œuvres sauvées de la destruction massive des temples mongols qui eut lieu en 1928 illustrent l'art bouddhique en Mongolie et au Tibet, entre le XV^e s. et le XVIII^e s. Où l'on apprend comment les lamas devinrent les dirigeants du Tibet et comment les Mongols se convertirent.



Statue mongole de la déesse Shyama Tara ou Tara verte.

Textiles techniques, matériaux du 21^e siècle

Du 15 octobre 2009 au 16 mars 2010, musées d'Art et d'industrie de Saint-Étienne et musée de Bourgoin-Jallieu (38). Tél. : 04 77 49 73 00 / 04 74 93 00 54.



© Cédric Brochier Technologies

Textile lumineux notamment tissé de fibres optiques.

Quels liens y a-t-il entre le textile et... la chimie, la mécanique, le génie civil ou la médecine ? À Saint-Étienne et Bourgoin-Jallieu, des films, des expériences et des objets du quotidien démontrent les différentes applications des textiles dans les secteurs industriels. L'accent est mis sur les perspectives environnementales et les textiles du futur, de l'« ordinateur prêt-à-porter » aux nanotextiles. À Clermont-Ferrand, des productions textiles de populations sédentaires et nomades provenant de l'oasis de Siwa, du désert du Sinaï à l'Euphrate, des ateliers d'Alep ou de Damas révèlent cette fois les secrets d'un savoir-faire et des coutumes tribales.

ET AUSSI

TAPIS ET TEXTILES DU NIL À L'EUPHRATE

Du 23 octobre 2009 au 28 février 2010, Musée Bargoin, Clermont-Ferrand (63). Tél. : 04 73 42 69 70.

Espèce d'humain

Jusqu'au 14 mars 2010, Forum départemental des sciences de Villeneuve d'Ascq (59). Tél. : 03 20 10 36 36 – www.forumdepartementaldessciences.fr

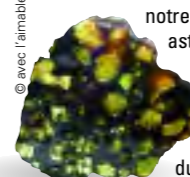
Homme ou animal ? Dès le début du parcours, le visiteur se retrouve face à des portraits de grands singes qui jettent le trouble. Sculptures, photographies, modules interactifs et jeux dévoilent peu à peu les comportements et les mœurs des gorilles auxquels le visiteur se voit directement comparé. Un deuxième espace, « Sur les traces de l'homme », décrit les différentes théories développées au cours de l'histoire et leurs limites pour tenter d'éclaircir le mystère de l'humanité.

ET AUSSI

MÉTÉORITES ET ASTÉROÏDES

Jusqu'au 14 janvier 2010, Collection des minéraux de l'université Pierre-et-Marie-Curie, Paris (V^e). Tél. : 01 44 27 52 88

Vous rêvez d'un voyage sur Mars ou sur la Lune ? La Collection vous offre un avant-goût en vous invitant à toucher des fragments issus de météorites de la planète rouge, de notre satellite et de divers astéroïdes. Vous découvrirez notamment comment les scientifiques exploitent les informations tirées de ces pierres tombées du ciel.



© avec l'aimable autorisation de la NASA/JPL/Caltech

L'ÂME DU VIN CHANTE DANS LES BOUTEILLES

Jusqu'au 20 octobre 2010, musée d'Aquitaine, Bordeaux (33). Tél. : 05 56 01 52 00 – www.bordeaux.fr

Cette exposition dont l'intitulé reprend un célèbre vers de Charles Baudelaire retrace avec poésie l'histoire du vin à travers ses contenants, de l'Antiquité à nos jours en Occident. Amphores, barriques, bouteilles, orfèvreries, calices... Les récipients informent sur l'évolution du contrôle, du service, du commerce et des pratiques culturelles liés au vin. Une exposition à visiter sans modération !

EN LIGNE

Histoire du droit des colonies

www.histoiredroitcolonies.fr

C'est un site original que vient de mettre en ligne le groupe de recherche sur l'histoire du droit des colonies du laboratoire « Dynamique du droit » (CNRS / Université Montpellier-I). Son thème ? Les « colonisations juridiques » ou l'histoire du droit dans certains pays, étudié sous l'angle colonial. Conçu pour tous, des chercheurs aux simples curieux, ce site particulièrement bien agencé et riche en informations présente de nombreux ouvrages et articles ainsi que l'actualité sur les recherches en cours. Certaines rubriques attirent l'attention comme les « Pépites des colonies », page qui regroupe des dessins satiriques ou encore des extraits du Code noir, première réglementation de l'esclavage.



JEUNESSE

Un zoo robotique pour le futur ?

Conférence. Samedi 10 octobre 2009, Nouveau Théâtre de Montreuil (93). Tél. : 01 48 70 48 90 – www.nouveau-theatre-montreuil.com

Cette conférence d'Agnès Guillot, chercheuse à l'Institut des systèmes intelligents et robotiques (Isir, CNRS / Université Paris-VI) est accessible à partir de 10 ans. Il y sera question de robots, d'« animats » ou encore de l'intelligence artificielle qu'il est nécessaire de développer pour que ces animaux robotiques ou leurs pendents virtuels puissent se mouvoir, et même interagir avec les humains. Venez découvrir comment la science-fiction s'invite dans la réalité grâce à la recherche.

L'ÉVÈNEMENT

12^e Rendez-vous de l'Histoire

Le corps dans tous ses états

Du 8 au 11 octobre 2009, Blois (41). Tél. : 02 54 56 09 50 – www.rdv-histoire.com

Une nouvelle fois, vous avez rendez-vous avec l'Histoire. Et plus particulièrement cette année avec celle du corps humain. De nombreux débats et conférences animés par des personnalités du monde scientifique, dont plusieurs du CNRS, aborderont ce sujet relativement neuf en histoire, sous tous les angles : de l'alimentation à la sexualité, en passant par le sport, la maladie, la naissance, le travail, la souffrance ou encore la beauté. 25 000 personnes sont attendues durant ces quatre jours où se tiendront également un grand salon du livre d'histoire, un cycle de films et d'autres événements.

COLLOQUE

Carrières des femmes en entreprises et dans la recherche publique
Quelles solutions pour les valoriser ?

Le 10 octobre 2009, université Paris-VI. Inscription gratuite et obligatoire – www.cnrs.fr/mdpf

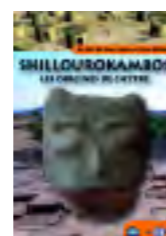
La Mission pour la place des femmes au CNRS et l'association Femmes & Sciences organisent une journée de conférences et tables rondes sur la question de la valorisation des carrières des femmes en entreprise et dans la recherche publique. Le phénomène du « plafond de verre » qui empêche les femmes d'atteindre les postes les plus élevés sera mis en avant en rappelant ses manifestations et ses conditions d'apparition.

CD

Le combat entre l'écrivain et sa langue, par Claude Hagège

Collection à voix haute, éditions Gallimard, septembre 2009, 15 €.

Claude Hagège, professeur au Collège de France où il occupe la chaire intitulée « Théorie linguistique », médaillé d'or du CNRS en 1995, connaît une cinquantaine de langues et a publié plus d'une dizaine d'ouvrages. Dans *Le combat entre l'écrivain et sa langue*, ce grand linguiste nous emmène à la recherche des mots. En citant des extraits de Mallarmé ou de Racine, et en prenant des exemples de la langue d'espéranto ou du langage oral courant, Claude Hagège montre comment l'écrivain ou le poète bouscule l'ordre des mots, leur classification, leur histoire, et mène une recherche pour exprimer le plus justement possible ses émotions.



FILM

Shillourokambos, les origines de Chypre

**De Jean Guilaine (2009, 52 min), coproduit par Passé simple et CNRS Images. Prix 20 € / 45 € (usage privé / institutionnel).
Pour commander : <http://videotheque.cnrs.fr>
Renseignements : videotheque.vente@cnrs-bellevue.fr / 01 45 07 59 69.**

Les fouilles archéologiques effectuées sur le site de Shillourokambos, de 1991 à 2004, ont apporté des éléments précieux sur les origines de Chypre. Une reconstitution du plus ancien village néolithique de l'île a pu être reproduite en images de synthèse.

ÉTONNANTES IMAGES



Micro-dinos

Un origami digne d'un fan de *Jurassic Park* qui se serait piqué de reproduire la longue marche des dinosaures ? Il ne s'agit pourtant ni de papier, ni de mastodontes des temps anciens. Ces microstructures de semiconducteur à base de phosphore d'indium, prises sur le vif par Jean-Louis Leclercq, de l'Institut des nanotechnologies de Lyon¹ sont, en temps normal, destinées à confiner la lumière. Elles devraient former des « ponts » de 100 à 200 micromètres de longueur pour seulement 10 micromètres de largeur. Celles-ci, cependant, ont eu un petit accident. Il arrive, en effet, que l'un des ancrages du pont cède et que ce dernier s'enroule sur lui-même, prenant alors une forme étrange. Cette image a obtenu le premier prix du concours de photographies organisé en juillet dernier lors du colloque du Laboratoire international associé en nanotechnologies et nanosystèmes (LIA-LN2) qui réunit l'Institut des nanotechnologies de Lyon, le Laboratoire des technologies de la microélectronique² de Grenoble et deux laboratoires canadiens, le Centre d'excellence en génie de l'information de l'université de Sherbrooke et le Laboratoire de micro- et nanofabrication à l'Institut national de la recherche scientifique (Canada). **F. D.**

1. Institut Insa Lyon / École Centrale de Lyon / Université Lyon-1.
2. Laboratoire CNRS / Université Grenoble-I / Institut polytechnique de Grenoble.

Le CNRS présente
avec le CEA, le CNES, l'ESA et la Mairie de Paris

Les mystères de l'Univers

du 21 octobre
au 1^{er} novembre 2009

Exposition, animations, conférences
dans les jardins du Trocadéro
Entrée libre
www.cnrs.fr/mysteres-univers



Direct matini

Direct soir

SCIENCE

L'EXPRESS

CIEL ESPACE

Info