



**Enquête
au Japon,
quatre ans après
Fukushima**

MÉDAILLE DE
L'INNOVATION :
**le quatuor
gagnant**

**Après les attentats,
les sciences
humaines
se mobilisent**

**Le LHC
redémarre
vers une nouvelle
physique**

innovatives

SHS

Salon de la valorisation
en sciences humaines

16 et 17 juin 2015 et sociales

Centre des Congrès de la Villette
Cité des sciences et de l'industrie

www.cnrs.fr/innovatives

© Fotolia / © Institut Pascal, Liger © Photothèque/Archivision / Alain Leobon



**Le CNRS recrute des ingénieurs,
cadres et techniciens (h/f)**

Gestionnaires
administratifs
et financiers

Ingénieurs en sciences
des matériaux

Mécaniciens

Administrateurs des
systèmes d'information

etc.

**Vos talents
sont nombreux,
nos métiers
aussi.**



Les travailleurs handicapés peuvent aussi être recrutés par voie contractuelle.



Concours ouverts du 8 au 30 juin 2015
Plus d'informations : www.cnrs.fr

suivez Emploi CNRS

CNRS LE JOURNAL

Rédaction :

3, rue Michel-Ange - 75794 Paris Cedex 16

Téléphone : 01 44 96 53 88

E-mail : journal-du-cnrs@cnrs-dir.fr

Le site Internet : <https://lejournald.cnrs.fr>

Anciens numéros :

<https://lejournald.cnrs.fr/numeros-papiers>

Directeur de la publication :

Alain Fuchs

Directrice de la rédaction :

Brigitte Perucca

Directeur adjoint de la rédaction :

Fabrice Impériali

Rédacteur en chef :

Matthieu Ravaut

Chef de rubrique :

Charline Zeitoun

Rédacteurs :

Laure Cailloce, Claire Debôves,
Yaroslav Pigenet

Assistante de la rédaction et fabrication :

Laurence Winter

Ont participé à ce numéro :

Stéphanie Arc, Nicolas Baker, Julien Bourdet, Anne Brucy, Clea Chakraverty, Sebastián Escalón, Sylvain Guilbaud, Denis Guthleben, Martin Koppe, Louise Lis, Jonathan Rangapanaiken, Aurélie Sobocinski, Philippe Testard-Vaillant

Secrétaire de rédaction :

Isabelle Grandrieux

Conception graphique :

Céline Hein

Iconographes :

Anne-Emmanuelle Héry,
Marie Mabrouk

Impression :

Groupe Morault, Imprimerie de Compiègne
- 2, avenue Berthelot - Zac de Mercières
- BP 60524 - 60205 Compiègne Cedex
ISSN 0994-7647 AIP 0001583
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.



En couverture : photo prise
le 7 février 2015, place
de la République, à Paris.

PHOTO : J. SAGET/AFP PHOTOS

P

lusieurs mois après les attentats de janvier 2015, les acteurs de l'ensemble des sciences humaines et sociales (SHS) continuent de produire analyses et perspectives sur des événements qui ont mis la France en état de choc. Quasiment toutes les disciplines des SHS – littérature, philosophie, histoire, anthropologie, sociologie, science politique – ont été mises à contribution dans cette quête de sens et de connaissance. Le CNRS y a participé à travers une série d'articles sur l'histoire de la laïcité, les courants de l'islam, la radicalisation de la jeunesse, etc., publiés sur Cnrslejournald.fr et dont une partie vous sont proposés dans ce numéro.

Parallèlement, l'Alliance nationale des sciences humaines et sociales (Athéna), dont la mission est de produire une réflexion prospective sur les sciences humaines et sociales, a établi, à ma demande, un premier bilan des recherches et des publications réalisées depuis une quinzaine d'années sur les thématiques de la marginalisation sociale, de l'éducation,

de la situation de la jeunesse dans les banlieues, de la pratique religieuse dans sa diversité et de ses relations à la citoyenneté et à la République. Ce bilan a également été étendu aux recherches sur le racisme et l'antisémitisme, le rôle des religions dans la construction des identités culturelles, l'intégration des populations musulmanes, la place de l'école dans cette intégration ainsi que le rôle des prisons dans l'ensemble des processus de radicalisation.

Il en ressort que la recherche est loin d'être démunie, mais qu'elle doit explorer aujourd'hui de nouvelles pistes. Ainsi avon-nous sans doute négligé d'investir, avec les méthodes et le sens critique des sciences

humaines et sociales, sur les questions qui concernent la sécurité humaine et toutes les formes de terrorisme et de violence. Nous devons aussi encourager les travaux sur l'islam contemporain dans les pays non arabophones et sur les formes de citoyenneté actuelles ainsi que sur les processus de radicalisation en Europe et hors d'Europe, et ce dans une perspective comparatiste.

Les récents événements tragiques démontrent que le combat engagé contre le terrorisme et l'intégrisme est également une bataille contre l'obscurantisme et la méconnaissance des causes qui ont abouti à la situation à laquelle nous sommes confrontés aujourd'hui. Faire de la science, c'est aussi repousser les limites de l'ignorance.

*“Le combat
contre le terrorisme
est aussi une
bataille contre
l'obscurantisme.”*

Par Alain Fuchs

Président du CNRS,
président de l'alliance Athéna



© F. VERNHET/CNRS PHOTO THÈQUE



© V. MONCORGE/LOOK AT SCIENCES

GRAND FORMAT

13

Après les attentats, la recherche mobilisée	14
Des humains et des maths	26
Le Japon, quatre ans après Fukushima	32

Chantal Abergel,
les virus
dans la peau

6

© G. SOULINAT/COULEUR-CASSIS

EN PERSONNE 5

Un quatuor pour l'innovation	8
Christophe Coudroy, nouveau directeur général délégué aux ressources du CNRS	9
Francesco d'Errico, anthropologue révolutionnaire	10
Anne Cambon-Thomsen, la dame d'éthique	11

42

Ces drones
qui volent pour
la recherche

© R. SALEH/ARABIA

EN ACTION 39

Redémarrage du LHC : vers une nouvelle physique ?	40
Une navette spatiale pour l'Europe	44
Quand les citoyens imaginent la science	45
Apollon, un laser au zénith	46
Demain, l'électronique flexible ?	48
L'Inde parie sur ses mathématiques	50
Mécanobiologie : les cellules sous pression	53
Coup de froid sur la microscopie	54

63

La folie tatouage

© BRIDGE/MAN IMAGES/DROITS RÉSERVÉS

LES IDÉES 55

Danger, nos émotions prennent le pouvoir !	56
Pour une éthique de la recherche en robotique	58
Les sciences à l'âge du libre accès	59
Cogitez si vous voulez, les décisions sont irrationnelles	61
Des parasites intestinaux chez les soldats de 14-18	62

CARNET DE BORD

Laurent Chauvaud nous raconte un souvenir de recherche	64
---	----

LA CHRONIQUE DE DENIS GUTHLEBEN

Gros temps sur le climat	66
--------------------------------	----

RECTIFICATIF

Une erreur s'est glissée dans un article de notre précédent numéro consacré aux start-up issues des laboratoires du CNRS (p. 44) : leur chiffre d'affaires cumulé est de 700 millions d'euros par an et non de 7 millions d'euros comme indiqué.

EN PERSONNE



Une virologue qui a découvert le géant Mimivirus, un anthropologue qui a réhabilité Néandertal et une biologiste qui veut unifier les biobanques.

ILLUSTRATION : LEANDRO LIMA/OXY ILLUSTRATIONS POUR CNRS LE JOURNAL

Chantal Abergel, les virus dans la peau

PAR PHILIPPE TESTARD-VAILLANT

Biologie. Cette virologue vient de décrocher le prix Coups d'élan pour la recherche française pour ses travaux pionniers sur les virus géants.

Pour attraper le virus de la virologie, rien de mieux que de gagner Marseille et de pousser les portes du laboratoire Information génomique et structurale (IGS)¹, à deux pas des calanques. Solaire, tonique, persuasive, celle qui copilote depuis 2010 ce haut lieu de la recherche sur les virus géants avec son mari, le bio-informaticien Jean-Michel Claverie, a le don de vous inoculer sa passion pour ces créatures qui révolutionnent la biologie et secouent le cocotier de l'évolution. « *Je ne renonce jamais* », lance Chantal Abergel, après vous avoir expliqué que « *la ténacité* » (teintée d'un brin de susceptibilité) est son principal trait de caractère, et que l'année 2014 l'a « *archi-comblée* » en lui offrant la médaille d'argent du CNRS ainsi que le prix Coups d'élan pour la recherche française décerné par la Fondation Bettencourt Schueller.

S'ils pouvaient parler, les virus XXL piégés dans l'azote liquide, au rez-de-chaussée du laboratoire, vous diraient que, pour cette chercheuse fille d'un père marocain kinésithérapeute et d'une mère au foyer originaire du centre de la France, l'aventure des virus géants a commencé en 2003 avec la découverte d'*Acanthamoeba polyphaga mimivirus*². « *Notre équipe a contribué à identifier comme étant un virus ce micro-organisme qui avait été isolé en 1992 au sein d'une amibe trouvée dans une tour de climatisation d'un hôpital de Bradford, en Angleterre, et que l'on avait pris pour une bactérie avant de l'oublier au fond d'un congélateur* », explique-t-elle.

Une découverte géante

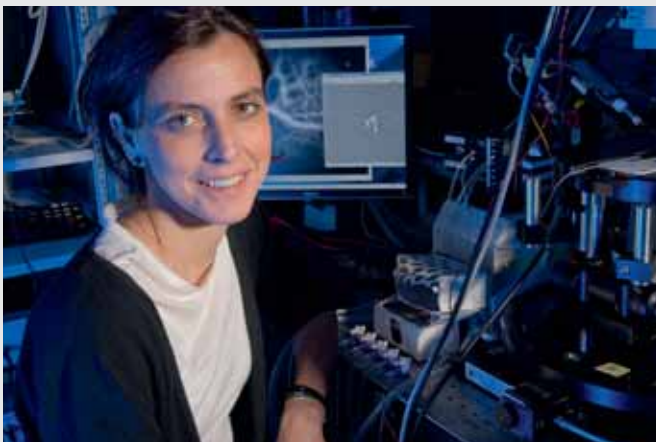
Non content d'afficher un diamètre incroyable pour un virus (0,75 millième de millimètre, ce qui le rend visible au microscope optique), ce monstre 350 fois plus gros que son collègue de la grippe possède un génome composé de plus d'un millier de gènes, alors qu'un virus standard en contient tout au plus quelques dizaines. Encore plus étrange, quatre de ses gènes codent pour des enzymes absentes de tous les autres virus connus, mais présentes chez les bactéries, les archées et les eucaryotes (animaux, plantes, champignons), autrement dit chez tous les organismes vivants !

« *C'est un peu comme si nous avions découvert une puce de la taille d'un bœuf* », résume Chantal Abergel. Surtout, *Mimivirus* remet en question la définition même des virus, jusqu'alors exclus du monde vivant et relégués au rang d'« objets » parasites. Plus question, désormais, de décrire un virus comme un minuscule cambrioleur capable de s'introduire furtivement dans une cellule, de prendre le contrôle de son noyau et de forcer son « otage » à lui fabriquer des centaines ou des milliers de descendants, le tout grâce à un tout petit nombre de gènes.

Résultat de ce coup de (et du) tonnerre : l'ex-élève qui « *n'aimait pas l'école* », mais qui « *s'est régalée dès le premier cours à la fac d'Aix-Marseille* » où elle a soutenu un doctorat sur la cristallisation des protéines en 1990, décide d'« *investir totalement le champ des virus géants* », comme le reste du laboratoire. Une stratégie payante puisque Chantal Abergel, après une mission à la station biologique marine de Las Cruces, sur la côte Pacifique du Chili, accroche en 2011 un nouveau trophée au tableau

Trois autres chercheurs récompensés

La physicienne Valentina Emiliani est également lauréate du prix Coups d'élan. Directrice du laboratoire Neurophotonique³, elle est récompensée pour avoir affiné la technique de l'optogénétique. Celle-ci permet d'explorer le fonctionnement du cerveau in vivo en activant sélectivement, avec de la lumière, certains groupes de neurones. Les biologistes Frédéric Saudou et Manuel Théry sont aussi lauréats du prix.



1. Unité CNRS/Aix-Marseille Univ. 2. Le terme *Mimivirus* est la contraction de *Microbe-mimicking virus*, virus imitant le microbe. 3. Unité CNRS/Univ. Paris Descartes.

Son parcours en 5 dates

- 1961** Naît le 1^{er} décembre à Marseille
- 1990-94** Effectue son post-doctorat au National Institute of Health de Bethesda, aux États-Unis
- 2004** Participe à la découverte de *Mimivirus*
- 2010** Est nommée directrice adjointe du laboratoire Information génomique et structurale
- 2014** Reçoit la médaille d'argent du CNRS et le prix Coups d'élan pour la recherche française

nous a convaincus que les virus géants devaient être très abondants sur Terre. »

L'histoire n'a pas tardé à le montrer. *Pandoravirus salinus*, *Pandoravirus dulcis* et *Pithovirus sibericum* sont venus tour à tour agrandir la famille des virus géants, lesquels ne présentent, a priori, aucun danger pour l'homme. « Les Pandoravirus doivent leur nom au fait que l'équipe qui a travaillé sur ces virus est majoritairement féminine. D'après la mythologie grecque, Pandora est la première femme, dit Chantal Abergel. Nous les avons aussi baptisés de la sorte à cause de leur forme en amphore (la boîte de Pandore est une jarre dans les mythes grecs), et parce que l'étude de ces virus, dont 93 % des gènes ne ressemblent à rien de connu ni chez les autres virus ni dans le monde cellulaire, nous projette vers l'inconnu. »

Le début d'une longue histoire ?

« Esthétiquement magnifiques », les virus géants, selon l'hypothèse « provocatrice » échafaudée par l'IGS, seraient les lointains descendants d'entités biologiques qui, voilà des millions, voire des milliards d'années, seraient devenues les parasites d'autres organismes plus performants qu'elles (les futures cellules) pour préserver leur capital génétique et survivre.

En forme olympique malgré « la grosse pression » qu'elle et l'ensemble du laboratoire s'appliquent pour rester leader dans leur domaine, Chantal Abergel confesse adorer Marseille pour ses habitants, ses couleurs, sa mer, son soleil (« plus d'une semaine de pluie me rend folle »)..., même si le couple Abergel-Clavierie a choisi d'habiter à Cassis, « en plein milieu des vignes ». Au fait, travailler en binôme avec son conjoint ne pose aucun problème ? Aucun. « Nous sommes parfaitement complémentaires », répond

l'intéressée en ajoutant, tout sourire, que « l'histoire des virus géants ne fait que commencer... » II

de chasse de l'équipe marseillaise : *Megavirus chilensis*. « Ce virus encore plus gros et plus complexe que *Mimivirus* a une allure très militaire avec ses "cheveux" courts (les glycoprotéines qui recouvrent les virus et les font ressembler à des bactéries pour leurrer les amibes et se faire "manger" par elles), alors que son lointain cousin *Mimivirus* fait très hippie avec ses longs cheveux sucrés !,

plaisante-t-elle. Plus sérieusement, *Megavirus chilensis*, dont le contenu en gènes dépasse celui de plus de 150 bactéries, nous a fourni la preuve que *Mimivirus* n'était pas un phénomène de foire, un cas unique. Et il

“C'est un peu comme si nous avions découvert une puce de la taille d'un bœuf.”

Un quatuor pour l'innovation

Événement. Le 10 juin, Jean-Michel Morel, Sylviane Muller, Patrick Maestro et Jérôme Chevalier recevront la médaille de l'innovation du CNRS au siège de l'organisme. Cette récompense distingue des chercheurs dont les travaux sont remarquables sur les plans technologique, économique ou sociétal.

PAR LA RÉDACTION



Jean-Michel Morel

Spécialiste de l'analyse et du traitement d'images, ce mathématicien de 61 ans, fervent théoricien, ne se doutait pas à ses débuts que ses travaux allaient changer la vie des industriels et du grand public. Depuis, ses puissants algorithmes de débruitage d'images (pour en supprimer les perturbations ou « bruit ») améliorent la miniaturisation des caméras des téléphones portables, notamment ceux conçus par la société DxO Labs. Et, en partenariat avec le Cnes, son équipe du Centre de mathématiques et de leurs applications¹ a aidé à la conception de satellites d'observation de la Terre et à la cartographie de cette dernière en relief à haute précision. Son credo : théoriser et résoudre tous les problèmes que les industriels lui soumettent. Depuis quelques années, il a aussi enfourché un nouveau cheval de bataille : le partage et l'expérimentation en ligne des algorithmes, via le journal *Ipol*, ouvert aux chercheurs et aux industriels, premier outil du genre qu'il a créé sur Internet.



Sylviane Muller

Entrée au CNRS en 1981, elle dirige depuis 2001 l'unité Immunopathologie et chimie thérapeutique du CNRS, à Strasbourg. C'est dans ce laboratoire que cette biologiste née en 1952 a découvert avec son équipe l'effet thérapeutique du peptide P140 sur le lupus. Le lupus est une maladie auto-immune qui affecte plus de 5 millions de patients dans le monde et contre laquelle il n'existe aucun traitement spécifique. Un candidat médicament a été développé à partir de P140 : le Lupuzor. Les essais cliniques réglementaires menés auprès de 150 patients ont montré que l'administration du produit est bien tolérée et que le Lupuzor fait régresser les symptômes de manière statistiquement très supérieure au placebo. Une demande d'autorisation de mise sur le marché doit prochainement être constituée. Lauréate de la médaille d'argent du CNRS en 2009, Sylviane Muller est également à l'origine de 26 brevets. Elle est par ailleurs cofondatrice de deux entreprises, dont ImmuPharma, détentrice exclusive de la licence du Lupuzor et cotée à la bourse de Londres.



1. Unité CNRS/ENS Cachan/Univ. Paris-Saclay. 2. Unité CNRS/Solvay. 3. Unité CNRS/Solvay/Univ. de Bordeaux. 4. Unité CNRS/Solvay/ENS Lyon/Univ. de Lille-I/UCCS/Ecnu/Fudan. 5. Unité CNRS/Insa de Lyon/UCBL.

Patrick Maestro

Membre fraîchement élu de l'Académie des technologies, ce chimiste de 62 ans est une pointure dans le domaine des matériaux. Son péché mignon ? Les composés à base d'oxydes de terre rares que l'on retrouve aujourd'hui, en partie grâce à lui, dans les lampes à basse consommation (les LED), dans les catalyseurs de postcombustion des voitures ou comme pigments dans les plastiques. Mais Patrick Maestro, 60 publications et 15 brevets à son actif, a également innové dans l'art de faire travailler de concert recherche publique et monde industriel. Nommé directeur scientifique de Rhodia en 2007, puis de Solvay en 2011, il a grandement contribué à leur rapprochement avec le CNRS à travers, notamment, la mise en place d'unités mixtes en France telles que le Laboratoire polymères et matériaux avancés² ou le Laboratoire du futur³, et même à l'étranger avec l'unité mixte internationale E2P2L⁴, créée à Shanghai en 2010.



Jérôme Chevalier

Directeur du laboratoire Matériaux : ingénierie et science⁵ depuis janvier 2014, il est un spécialiste reconnu internationalement de la conception de céramiques innovantes et notamment de biocéramiques. Ce chercheur de 44 ans a proposé des améliorations majeures pour augmenter la durabilité des prothèses orthopédiques et dentaires en céramique. Il est également à l'origine de nouveaux composites utilisés en chirurgie pour remplacer les tissus osseux et de matériaux supports de la régénération tissulaire. Ses travaux s'étendent aussi au-delà du domaine biomédical : il a ainsi contribué à la mise au point de nouvelles céramiques à coefficient de dilatation nul pour la fabrication de miroirs spatiaux ou encore de supports de catalyse destinés à l'industrie pétrolière.

Christophe Coudroy, nouveau directeur général délégué aux ressources du CNRS



Le 23 février, Christophe Coudroy, administrateur civil hors classe, a été nommé directeur général délégué aux ressources du CNRS par Alain Fuchs. Il prolongera l'action dirigeante du président de l'organisme dans le domaine des ressources humaines et financières. Il succède à ce poste à Xavier Inglebert, devenu secrétaire général de la préfecture du Rhône, préfet délégué à l'égalité des chances. Né en 1977, diplômé de Sciences Po Paris (1998) et ancien élève de l'ENA (2002), Christophe Coudroy était depuis octobre 2011 directeur des ressources humaines du CNRS. Après avoir commencé sa carrière à la Direction générale de l'administration et de la fonction publique, il a effectué une mobilité à la Direction du budget (ministère de l'Économie, des Finances et de l'Industrie). Après des fonctions de conseiller social au cabinet Fonction publique, il est devenu secrétaire général de l'Institut national de prévention et d'éducation pour la santé.

TÉLEX _ TÉLEX _ TÉLEX _ TÉLEX _ TÉLEX _ TÉLEX _ TÉLEX _

Pierre Coural, administrateur civil hors classe, a été nommé directeur des ressources humaines du CNRS en remplacement de Christophe Coudroy (lire ci-dessus).

Administratrice générale des Finances publiques, Marie-Laure Inisan-Ehret est la nouvelle directrice des comptes et de l'information financière du CNRS.

Directrice de l'innovation et des relations avec les entreprises du CNRS, Marie-Pierre Comets a été nommée présidente du Haut Comité pour la transparence et l'information sur la sécurité nucléaire.

25 lauréats de l'ERC Consolidator Grant 2014 sont hébergés par le CNRS, ce qui en fait à nouveau le premier organisme européen de cet appel.

Éric Buffenoir prend la tête de la circonscription Centre Limousin Poitou-Charentes du CNRS.

Les noms des lauréats 2015 de la médaille d'argent, de la médaille de bronze et de la médaille de cristal du CNRS ont été dévoilés en février.

Retrouvez les noms des 78 lauréats sur :

» www.cnrs.fr/fr/recherche/prix.htm

PRÉCOCE

Né en Italie en 1957, Francesco d'Errico met au jour ses premiers silex paléolithiques taillés à l'âge de 7 ans, dans la région des Pouilles. Vingt ans plus tard, il entame un doctorat en Préhistoire et géologie du Quaternaire au Muséum national d'histoire naturelle de Paris, qu'il achève en 1989. Il poursuit sa carrière à Mayence, Madrid et Cambridge. Fort de ses expériences, il rejoint le CNRS en 1994 au sein du laboratoire Pacea et y devient responsable de l'équipe Préhistoire, paléoenvironnement, patrimoine.

GLOBE-TROTTER

Surnommé « le globe-trotter de la science » par ses collègues, il a participé à une cinquantaine de missions, traversé 17 pays sur quatre continents, collaboré à quelque 280 communications et publié 260 articles dans des journaux de premier rang. Il est également responsable de plusieurs projets internationaux, dont une subvention accordée par le Conseil européen de la recherche.

AUDACIEUX

Il consacre ses recherches à l'évolution cognitive des hominés fossiles et des premiers hommes modernes à travers l'analyse de leurs représentations symboliques, de leurs comportements techniques et de leur relation à l'environnement. Il a notamment démontré que parures, gravures, pigments et outils en os étaient déjà utilisés en Afrique il y a plus de 80 000 ans, invalidant le modèle d'une révolution symbolique concomitante de l'arrivée des hommes modernes en Europe il y a 40 000 ans.

NÉANDERTALOPHILE

Il a réhabilité par la même occasion nos cousins en montrant que les expressions graphiques n'étaient pas l'apanage de l'homme moderne et que certaines cultures néandertaliennes avaient produit des gravures abstraites qui marquaient leur espace d'habitation.

Francesco d'Errico, anthropologue révolutionnaire

PAR YAROSLAV PIGENET

Remettant en cause l'idée d'une révolution cognitive propre à l'homme moderne, ce préhistorien a beaucoup fait pour réhabiliter l'image de l'homme de Néandertal. Directeur de recherche au laboratoire De la Préhistoire à l'Actuel : culture, environnement et anthropologie¹, il a reçu en 2014 la médaille d'argent du CNRS ainsi que le prix international Fabio Frassetto remis par le président de la République italien.

1. Pacea (CNRS/Univ. de Bordeaux/MCC).

Anne Cambon-Thomsen, la dame d'éthique

PROPOS RECUEILLIS PAR CHARLINE ZEITOUN

Bioéthique. Comment classer et conserver les tissus prélevés sur des milliers de patients ? Médecin et biologiste, spécialiste des questions éthiques, Anne Cambon-Thomsen¹ est un pilier de l'infrastructure européenne des biobanques. Aujourd'hui, elle milite pour la reconnaissance des échantillons utilisés en recherche.

Assez tôt dans votre carrière de biologiste, vous vous êtes tournée vers les aspects éthiques. Était-ce par nécessité, face aux problèmes rencontrés en tant que chercheuse ?

Anne Cambon-Thomsen : C'est pratiquement cela !

En 1997, je me suis retrouvée avec des collections d'échantillons humains congelés (sang, cellules, ADN, etc.) utilisés lors de mes précédentes recherches, or je devais quitter les deux laboratoires de biologie que j'avais dirigés pendant douze ans. Mes organismes de recherche ne savaient pas vraiment me dire quoi en faire ! Les premières lois de bioéthique, promulguées en 1994, commençaient à encadrer ces problématiques, mais il restait des zones de flou. Ces questions m'intéressaient aussi beaucoup intellectuellement. J'en avais eu un aperçu à travers mes travaux sur la transplantation et sur la génétique des populations. J'ai donc décidé de suivre en parallèle un cursus universitaire de deux ans d'éthique de la santé. C'était un vrai privilège de démarrer une nouvelle aventure à 47 ans.

Vous décidez alors de ne pas revenir à la recherche en biologie alors que la génétique vient de faire des bons de géant. Pourquoi ?

A. C.-T. : À la fin des années 1990, on était en effet sur le point d'en connaître beaucoup sur le génome humain. À mes yeux, les questions les plus passionnantes ne concernaient plus les découvertes en génétique elles-mêmes, mais plutôt ce qu'on allait en faire et comment. Par exemple : quelles informations révéler aux patients lors d'un test génétique lorsqu'on en découvre plus que ce que l'on cherchait au départ ? Ce n'est qu'aujourd'hui que le séquençage complet de l'ADN met chercheurs, praticiens et patients face à ce type de dilemmes². Mais ces questions émergeaient et allaient se poser concrètement un jour. En 1998, j'ai donc monté une équipe interdisciplinaire dont les travaux étaient concentrés sur les considérations éthiques dans les recherches en génétique et les décisions en santé publique³. Elle regroupe

à présent des médecins, des juristes, des sociologues, des philosophes, etc. Les biobanques, infrastructures qui permettent de conserver les échantillons biologiques (tumeurs, cellules, extraits d'ADN, etc.) et les données qui y sont associées, ont été l'un de nos premiers sujets.

Depuis février, vous êtes directrice du nouveau service éthique, légal et sociétal du Centre de coordination des biobanques européennes. La route a été longue avant d'organiser ce type de structure...

A. C.-T. : En effet ! Pour conserver des échantillons biologiques, il faut par exemple des congélateurs et des cuves d'azote liquide qui fonctionnent des dizaines d'années, sans panne. Il faut aussi organiser les bases de ...



© F. PLASCHIS PHOTO THEQUE

1. Directrice de recherche émérite au CNRS au sein de l'unité Épidémiologie et analyses en santé publique : risques, maladies chroniques et handicaps (Inserm/UPS).

2. Lire notre dossier « Ce que prédisent nos gènes » : www.lejournal.cnrs.fr 3. Génomique, biothérapies et santé publique : approche interdisciplinaire.



© F. PLASCONIS PHOTOTHÈQUE

“Chaque bioressource doit avoir un identifiant unique qui doit être cité dans les articles scientifiques.”

... données associées aux échantillons. Or, il y a trente ans, on n'avait pas les mêmes préoccupations : les échantillons prélevés s'épuisaient vite au fil des expériences menées par les chercheurs. Ce sont la miniaturisation des techniques et les progrès de la cryogénie et de l'informatique qui ont tout changé. Il a fallu mettre en place de véritables infrastructures. Constituer une collection d'échantillons était une activité en marge, alors qu'aujourd'hui manager une biobanque est une activité en soi. Notre équipe, qui publiait beaucoup d'analyses sur les dimensions sociétales de ces sujets, s'est retrouvée un peu au « front » pour aider à mettre sur pied ces structures. Le Centre de coordination des biobanques européennes (ou Biobanking and Biomolecular Resources Research Infrastructure), réseau qui regroupe 12 pays dont la France, installé en Autriche depuis 2013, est l'aboutissement d'une dizaine d'années de travail pour lequel mon équipe a été souvent sollicitée.

Quelle est l'importance des biobanques dans la recherche actuelle ?

A. C.-T. : Elle est considérable. Aujourd'hui, on fait de la biologie à grande échelle, on produit une quantité importante de données sur de larges échantillons afin d'améliorer la pertinence des analyses statistiques. Pour cela, il faut disposer de ressources biologiques nombreuses et fiables, et donc conservées et classées correctement dans des biobanques accessibles aux chercheurs. Démarrer des travaux sur le diabète ou n'importe quelle maladie à composante génétique nécessite en effet de constituer ou d'utiliser des collections d'échantillons (ou bioressources) issus de familles touchées. On peut également retravailler sur les mêmes échantillons au gré des progrès des technologies, ce qui apporte parfois de nouveaux résultats sur un même sujet. Les biobanques, organisées, surveillées et reconnues, sont devenues un partenaire de la recherche scientifique. Et elles n'auraient pas pu voir le jour sans l'encadrement éthique de leurs activités, ne serait-ce que pour l'organisation de la prise en compte du consentement

des donneurs. Il s'agit tout de même de manipulations et d'utilisations d'éléments du corps humain...

Vous proposez d'adopter une norme pour citer, dans les publications scientifiques, l'utilisation des bioressources. Pourquoi est-ce nécessaire ?

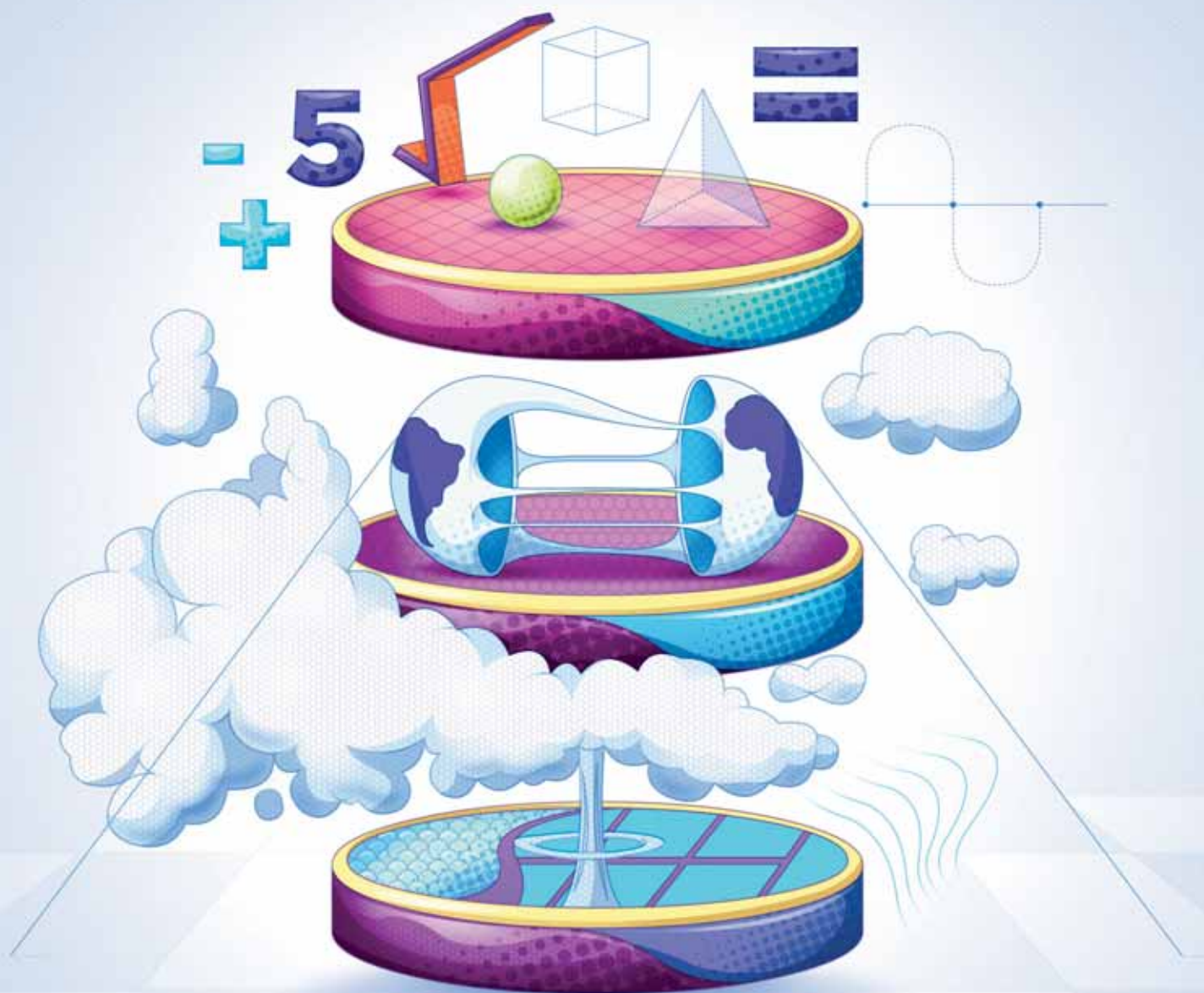
A. C.-T. : D'abord, parce qu'elles ne sont pas toujours citées. Et, quand elles le sont, ce n'est jamais de la même façon : parfois il y a un remerciement à la fin de la publication, ou bien une référence à un autre article où est citée la bioressource, etc. Cela complique la traçabilité de l'utilisation d'une collection afin d'en reconnaître la contribution à la recherche scientifique. Je pilote l'initiative internationale Brif (Bioresource Research Impact Factor) qui vise à mettre en place un système standardisé. Nous proposons que chaque bioressource ait un identifiant unique et nous venons de publier des recommandations sur la façon de citer ces ressources quand on rédige un article scientifique⁴. Nous avons maintenant besoin que les institutions comme le CNRS, l'Inserm, les universités et les éditeurs de publications scientifiques les adoptent et demandent aux chercheurs de les suivre.

Vous avez coordonné la candidature de Toulouse, choisie pour accueillir l'Esof⁵ (Rencontres européennes de la science) en juillet 2018. Pourquoi vous impliquer dans ce projet ?

A. C.-T. : Grâce à ce forum, ma ville natale sera la première en France à décrocher le label Esof de « Cité européenne de la science » ! Et surtout, ce rendez-vous incontournable en recherche et technologie, plus grand forum qui couvre toutes les disciplines au niveau européen, est très orienté sur les questions « science et société », dont vous savez qu'elles me passionnent depuis plus de trente ans. C'est aussi un moment clé où seront discutés les grands axes de la future politique scientifique en Europe. Or les conséquences des développements des technologies me tiennent particulièrement à cœur. Tout cela en fait un beau projet de fin de carrière. ||

4. Les principales recommandations sont déjà sur Equator : www.equator-network.org/reporting-guidelines/cobra/ 5. Lire CNRS Hebdo du 19 mars 2015.

GRAND FORMAT



*La religion, la laïcité, l'engagement
et la République après Charlie,
le Japon après Fukushima et
les mathématiciens devant l'objectif.*

ILLUSTRATION : LEANDRO LIMA/OXY ILLUSTRATIONS POUR CNRS LE JOURNAL



Après les attentats, la recherche mobilisée

UNE ENQUÊTE RÉALISÉE PAR ANNE BRUCY ET LA RÉDACTION

SOCIÉTÉS

Depuis les événements de janvier dernier, la société française ne cesse de débattre de la laïcité, de la place des religions ou encore des phénomènes de radicalisation. Autant de sujets sur lesquels travaillent les chercheurs depuis de nombreuses années. Cnrslejournal.fr a choisi de leur donner la parole à travers une série d'émissions audio, d'articles et de billets. Voici une sélection de ces textes.



Patrice Bourdelais, directeur de l'Institut des sciences humaines et sociales du CNRS, revient sur les abondantes recherches déjà réalisées et expose les mesures à prendre d'urgence.



© C. PRÉSILLON/CNRS PHOTO THÈQUE

Au lendemain des attentats de Paris, perpétrés les 7, 8 et 9 janvier 2015, les médias ont beaucoup parlé – ou reparlé – de la radicalisation religieuse, de la jeunesse des banlieues, de la pratique religieuse et de ses relations à la citoyenneté. Ces questions n'ont pas surgi brutalement début janvier...

Patrice Bourdelais : En effet, depuis au moins une quinzaine d'années, les chercheurs en sciences humaines et sociales (SHS) ont conduit beaucoup d'études sur ces thématiques, publiées sous la forme d'articles et de livres. Elles ont révélé de nombreux processus liés entre eux, notamment ceux de la ségrégation sociale, des difficultés dans les écoles, de la radicalisation religieuse dans les prisons ou dans certains quartiers. Mais il me semble qu'en dépit d'une production de grande qualité et de publications signalant les risques, les résultats de ces recherches ont ...

Le 11 janvier, près de 4 millions de personnes ont manifesté en France après les attentats, comme ici à Paris.

© R. BORDICET/IMAGES

... en réalité trouvé peu d'échos durables au-delà du cercle des spécialistes. Ces travaux ont rarement abouti à des actions concrètes parce qu'ils analysaient des processus complexes qui ne correspondaient peut-être pas aux attentes des politiques ou qui auraient demandé des politiques malaisées à mettre en place.

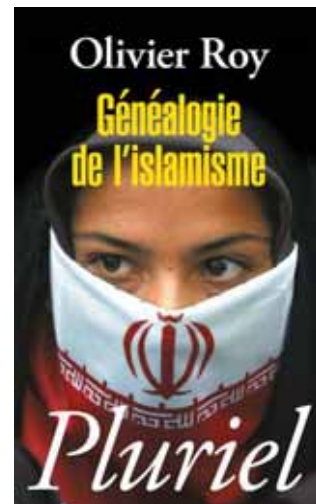
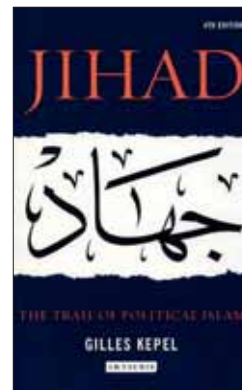
Les travaux de Farhad Khosrokhavar, pionnier dans l'étude sur l'islam dans les prisons (lire pp. 18-19), ou ceux d'Olivier Roy et de Gilles Kepel n'étaient-ils pas déjà largement relayés avant les attentats ?

P. B. : Oui, et c'est heureux ! Mais, en dehors des travaux de quelques experts très en vue, la plupart des productions, que nous avons d'ailleurs recensées en janvier dans une note transmise au ministère de l'Enseignement supérieur et de la Recherche, n'ont pas été assez lues. Les thématiques étudiées sont très vastes. Pour ce qui concerne l'islamologie, il faut continuer à travailler sur diverses questions : la façon dont la religion se construit, comment s'organisent ses branches, quelles en sont les différentes lectures et quelles sont les implications sociales et politiques. Des études se sont aussi centrées sur des questions qui faisaient débat dans l'opinion, en particulier le halal en France et la place des religions dans l'espace public. Elles ont montré qu'en dépit des phénomènes de radicalisation religieuse et sociale, qui sont marginaux, l'islam en France se laïcise petit à petit. Il y a aussi eu beaucoup de travaux dans le domaine des études globales et aréales [qui portent sur une aire culturelle, NDLR], fortement soutenues par le CNRS. Ils permettent de disposer d'approches comparées et d'étudier, par exemple, comment des différences culturelles se sont transformées et traduites en conflits en Turquie, en Iran et au Pakistan. Et comment on passe, notamment, de la simple « friction culturelle » au conflit identitaire ouvert.

Pour quelles raisons le transfert des résultats de la recherche vers les responsables politiques ne fonctionne-t-il pas bien selon vous ?

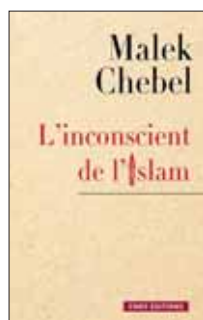
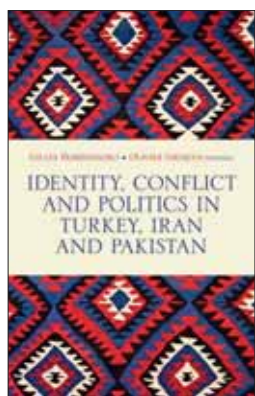
P. B. : On peut, entre autres, évoquer la disparition, au cours des années 2000, des petites structures intermédiaires, des groupes de travail, organisés par les ministères dans les années 1980, qui permettaient précisément ce

“Le danger est qu'une fois l'émotion retombée rien ne bouge...”



des résultats de recherche. C'est aussi de cette époque que date l'excellente collaboration construite entre le CNRS et le ministère de la Justice, en particulier avec la direction de l'administration pénitentiaire. Il existe même des structures pérennes de recherche¹ et des programmes gérés de façon conjointe. Cela s'est traduit par des mesures précises sur les manières d'enseigner dans les prisons, d'y apprendre un métier, d'y préparer la réinsertion des détenus. Mais, entre le moment de la diffusion des résultats d'une recherche et celui qui offre les conditions favorables à une mise en place des mesures qui en sont issues, des années peuvent s'écouler. Parfois, faute de ressources humaines, elles ne peuvent s'appliquer que progressivement alors que le besoin est immédiat. C'est le cas, par exemple, lorsqu'on considère le manque d'imams dans les prisons ou dans les hôpitaux.

1. Il s'agit d'une Unité mixte de recherche, le Cespip (CNRS/Ministère de la Justice/UVSQ), et du Groupement d'intérêt public « Droit et justice ».



Sans toutes les citer, quelles autres recommandations trouve-t-on dans la note dont vous parliez ?

P. B. : L'une des recommandations propose de faciliter l'accès aux terrains de recherche dans le monde arabo-musulman. Nous soutenons donc particulièrement les Umifre (Unités mixtes des Instituts français de recherche à l'étranger), partenariats entre le CNRS et le ministère des Affaires étrangères et du Développement international, qui offrent aux chercheurs la possibilité de s'établir dans des laboratoires partenaires à l'étranger. Elles leur procurent des points d'immersion exceptionnels et leur permettent de tisser des coopérations avec les institutions des pays où elles sont établies. Il me semble par ailleurs que, comparé à d'autres pays comme les États-Unis, l'investissement réalisé en termes d'effectifs n'a pas été à la hauteur des enjeux. Le nombre de chercheurs travaillant sur l'islamo-logie et sur l'histoire des pays arabes, sur l'islam contemporain dans les pays non arabophones, sur les formes de la citoyenneté d'aujourd'hui ou sur les processus de radicalisation reste modeste. Le CNRS recrutera donc dès les prochains concours, à l'automne, des chercheurs sur ces thématiques. J'espère que ce sera aussi le cas dans les autres établissements de recherche (universités, grandes écoles, etc.). Le danger est qu'une fois l'émotion retombée rien ne bouge... Nous devons montrer que le milieu de la recherche sait aussi gérer les nécessités à court terme.



Quelques-uns des nombreux ouvrages de chercheurs publiés depuis quinze ans sur les thématiques liées aux attentats et à la laïcité.

Que faudrait-il mettre en place pour améliorer les recherches et fluidifier le transfert des résultats vers la société ?

P. B. : Avec les acteurs de la recherche en SHS, nous avons identifié un certain nombre de mesures à prendre d'urgence. Elles sont listées dans une note de l'Alliance nationale des sciences humaines et sociales Athena, qui est présidée par Alain Fuchs, président du CNRS, et dont l'assemblée générale s'est tenue jeudi 19 février. Dans cette note, il est ainsi proposé de renforcer certaines structures qui ont notamment pour mission d'améliorer la formation des professionnels dans les administrations publiques et dans les entreprises. Je pense en particulier à l'IISM (Institut d'études de l'islam et des sociétés du monde musulman), créé en 1999 avec le soutien du ministère de l'Intérieur. Nous aimerions aussi renforcer le Groupement d'intérêt scientifique « Moyen-Orient et mondes musulmans », créé il y a deux ans. Lieu de réflexion et d'échange pour tous les spécialistes concernés, il a déjà permis de mieux coordonner la recherche, menée principalement en région parisienne, dans les universités d'Aix-Marseille, de Lyon et de Strasbourg. Nous proposons aussi d'organiser, sur le modèle des Community services des universités américaines, des structures permettant aux chercheurs de mettre leurs connaissances et leur expertise au service de la communauté locale. Par exemple, les spécialistes pourraient proposer leur collaboration aux associations qui travaillent sur le terrain pour renforcer le lien social, aux structures publiques de proximité et bien sûr aux enseignants du secondaire qui le souhaitent.

Le CNRS et ses partenaires d'Athena proposent aussi de faire du risque terroriste un nouvel objet de recherche. De quoi s'agit-il ?

P. B. : Le CNRS s'est déjà mobilisé, grâce à sa Mission pour l'interdisciplinarité, sur les questions des risques environnementaux. Il nous semble qu'à présent le « risque terroriste », proprement humain, devrait lui aussi devenir un objet d'étude pour les SHS. Depuis les attentats, ce sujet de recherche peut prendre toute sa place. La violence ne peut plus être perçue comme seule conséquence des discriminations et de la marginalisation sociale. La dimension religieuse ne peut plus être négligée. Mais, pour faire du risque terroriste un objet de recherche pertinent, il faudra poursuivre les collaborations déjà en place entre les chercheurs en SHS et ceux des sciences de l'information et du numérique. Il s'agit notamment d'impliquer les SHS dans le développement des techniques de détection des risques, par l'usage du Big Data par exemple. Il faudra aussi réfléchir sur les façons d'articuler l'usage de ces techniques avec le respect des libertés individuelles. Nous avons là un défi sociétal majeur sur lequel les recherches doivent apporter les éclairages indispensables à l'action. ▮

Ces jeunes qui se radicalisent



Spécialiste de l'islam et auteur d'un ouvrage récent sur la radicalisation, le sociologue Farhad Khosrokhavar² analyse les causes de ce phénomène en France.

D'après vous, il existerait deux groupes d'« aspirants » jihadistes aux ressorts distincts. Qui sont-ils et pourquoi se radicalisent-ils ?

Farhad Khosrokhavar : Le premier est fait de jeunes exclus qui ont intériorisé la haine de la société et se sentent profondément victimisés, les « désaffiliés ». Ils pensent ne pas avoir d'avenir dans le modèle dominant « travail, famille, insertion dans la société ». L'adhésion à l'islam radical est un moyen pour eux de sacrifier leur haine, de la légitimer et de justifier leur agressivité. Ils ont quelques caractéristiques communes : vie d'exclusion dans les banlieues, déviance, emprisonnement, récidive, adhésion à une version radicale de l'islam, voyage initiatique en Afghanistan, au Pakistan, au Yémen ou en Syrie, et enfin la volonté de rupture avec la société au nom de la guerre sainte. Le second groupe est totalement différent puisqu'il s'agit de jeunes des classes moyennes qui n'éprouvent pas de haine vis-à-vis de la société, vivent dans des quartiers sans problèmes et n'ont pas de casier judiciaire. Ceux-là nourrissent une volonté de venir en aide à leurs frères en religion et sont animés d'un romantisme naïf. Leur engagement correspond à une sorte de mise à l'épreuve de soi, un rite de passage à la vie adulte pour post-adolescents, notamment chez les jeunes filles et les convertis.

Comment décrire ce processus de radicalisation ?

F. K. : Chez les jeunes désaffiliés, le moteur est surtout la transcription de leur haine de la société dans une religiosité qui leur donne le sentiment d'exister et d'inverser les rôles. D'insignifiants, ils deviennent des héros. De jugés et condamnés par la justice, ils deviennent juges d'une société qu'ils qualifient d'hérétique et d'impie. D'individus inspirant le mépris, ils deviennent des êtres violents qui inspirent la peur. D'inconnus, ils deviennent

des vedettes... On parle dans ce cas d'une vision de soi fondée sur l'indignité et la volonté d'en découdre avec la société entière. Chez les classes moyennes, l'influence de la Toile, celle des « copains » ou des vidéos nourrissent cet attrait pour la radicalisation. Il existe aussi une volonté de rupture avec le monde familial de l'individualisme. Une dimension anti-Mai 68 est perceptible dans ce mouvement : on préfère le mariage strict selon la loi religieuse, on préfère la guerre à l'amour, on se forge une identité en adhérant à un groupe (Al Qaeda) ou un État (Daech) hyper-répressifs. Les nouvelles formes de radicalisation dénotent la désinstitutionnalisation de la vie sociale et la fragilité croissante de l'ego chez des jeunes dont l'adolescence semble se prolonger indéfiniment. Parents et enfants vivent dans des mondes différents. La soumission à Dieu, autorité transcendante, pallie la dilution de l'autorité parentale, voire sociétale.

Quel est l'impact de la prison sur ces jeunes désaffiliés en rupture complète avec la société ?

F. K. : La prison renforce ce sentiment de haine de l'autre et d'indignité de soi. Souvent, la radicalisation précède l'islamisation. C'est en prison que l'on approfondit la version de l'islam radical en prenant langue avec des détenus qui sont des imams autoproclamés et qui affirment que l'islam, c'est le jihad dans le sens de la guerre ouverte contre les « hérétiques ». Dans des maisons d'arrêt en manque de surveillants et en surpopulation, on a toutes les raisons du monde de haïr l'institution, la société et ceux qui vous ont mis sous les verrous.

La politique étrangère de la France joue-t-elle un rôle dans ce processus ?

F. K. : Il n'y a pas de modèle général. Pour Mohamed Merah³, il y a une dimension de politique étrangère puisqu'il s'attaquait prioritairement aux militaires musulmans impliqués sur le terrain de combats (Afghanistan et ailleurs). Dans le cas de Khaled Kelkal⁴, on trouve le reproche fait à la France d'avoir soutenu les militaires qui ont dénié au Front islamique du salut algérien son succès électoral. Les actions de Mehdi Nemmouche⁵ et Amedy Coulibaly sont, elles, clairement liées au conflit israélo-palestinien et au sentiment que la France a changé de

2. Centre d'analyse et d'intervention sociologiques (CNRS/EHESS). 3. Mohamed Merah est l'auteur présumé des tueries de Toulouse et de Montauban qui ont fait sept morts en mars 2012. 4. Membre du Groupe islamique armé, Khaled Kelkal est l'un des auteurs présumés de la vague d'attentats commis en France en 1995. 5. Mehdi Nemmouche est soupçonné d'être l'auteur du quadruple assassinat commis au Musée juif de Belgique le samedi 24 mai 2014. 6. Le 22 juillet 2011, Anders Behring Breivik a fait exploser une bombe dans le quartier des ministères à Oslo, puis tué 77 personnes en ouvrant le feu sur un camp d'été de la jeunesse travailliste sur l'île d'Utøya.



Radicalisation,
Farhad Khosrokhavar,
Éditions de la
Maison des sciences
de l'homme,
coll. « Interventions »,
décembre 2014,
192 p., 12 €

camp et ne soutient plus les Palestiniens, mais elles relèvent aussi d'un antisémitisme, d'un rejet frontal des Juifs détaché de tout contexte politique.

Quel est l'impact des médias et des réseaux sociaux ?

F. K. : Le processus de radicalisation a un lien étroit avec la médiatisation et les réseaux sociaux. Puisqu'on ne peut pas vaincre militairement l'adversaire, il faut lui inspirer la peur, le tétaniser, et les images se répandent d'autant plus facilement qu'elles sont atroces. Chez les candidats au jihadisme, on constate une fascination pour la violence crue dans un monde onirique de toute-puissance. Cela permet l'affirmation de soi comme exécuteur de la sentence divine. Mondialement médiatisée, l'image de soi revalorisée par cette horreur « sainte » contribue à répandre la terreur et fait partie intégrante de l'action jihadiste.

La couverture médiatique des événements accentue-t-elle ce processus ?

F. K. : Oui. Mais, même sans cela, l'« auto-médiatisation » par Web interposé ferait office de substitut. Merah portait

une caméra au cou pour se filmer en train d'exécuter ses victimes ; de même, les frères Kouachi ont tenté de se faire filmer. Les médias, surtout la télévision, jouent un rôle essentiel, mais qui serait assuré autrement s'ils se censuraient. Il y a une identité terroriste – jihadiste ou à la Breivik⁶ en Norvège – qui se décline désormais sous une forme indissociable de sa mise en image.

Y a-t-il un modèle européen, voire français, de radicalisation ?

F. K. : Il y a un modèle européen de radicalisation avec une spécificité française. Le modèle européen est fait de cette dichotomie entre jeunesse désaffiliée et jeunesse de classe moyenne. La spécificité française, c'est cette sous-culture des banlieues caractérisée par l'exclusion sociale et une image d'indignité de soi. Mais il s'agit d'une différence de degré plutôt que de nature.

À vous lire, l'islamisme ne serait pas la cause première de la radicalisation, mais plutôt un refuge. Dans ces conditions, quels sont les remèdes pour enrayer la radicalisation ?

F. K. : Les conditions d'émergence du jihadisme en Europe sont sociales, économiques et culturelles. Mais, sitôt mis en branle, le jihadisme devient une « logique de conviction », une « spiritualisation de la mort », une forme d'affirmation de soi où la vie est mise au service d'un idéal mortifère et où l'individu peut se trouver entraîné dans un engrenage qui le happe totalement. C'est pourquoi la déradicalisation doit accorder une place significative au religieux et au désendoctrinement. Une logique sectaire entre en jeu, qui dépasse les sectes ordinaires puisqu'elle rejoint une universalité qui lui donne une dimension beaucoup plus globale, de nature à fasciner des individus de culture, d'âge et de classe sociale différents.

C'est souvent lors d'un séjour en prison que des jeunes en rupture avec la société glissent vers un islam radical.



Image de propagande, diffusée en mars 2014, montrant des combattants de l'État islamique en Irak et au Levant.



© AL-FURQANI MEDIA/AFP PHOTO/HC

La tradition laïque de la France est-elle un atout ou un obstacle pour lutter contre la radicalisation ?

F. K. : La tradition laïque donne aux musulmans ordinaires le sentiment d'être mal aimés. Certains s'affirment alors dans une forme d'orthodoxie. Le problème est à mon sens moins la laïcité que sa « rigidification » et son invocation à chaque fois que le problème de l'islam apparaît dans l'espace public : le foulard est perçu par certains laïcs comme un signe de fondamentalisme. La focalisation trop passionnelle sur le foulard est l'un de ces cas où l'on passe insensiblement du rejet du fondamentalisme à celui du religieux tout court. Les musulmans doivent intérioriser les normes laïques, mais la société doit aussi respecter les musulmans dans leur spécificité. Une jeune femme portant le foulard peut-elle être républicaine ou non ? À mon sens,

“Il y a une identité terroriste qui se décline désormais sous une forme indissociable de sa mise en image.”

oui, si on lui en donne la possibilité. L'adhésion active des musulmans à la lutte contre l'extrémisme religieux est fondamentale dans le combat contre le jihadisme et la France est mal préparée à cela, en raison même de la suspicion dont les musulmans orthodoxes sont les cibles. Il faut transformer leur adhésion passive à la lutte contre le jihadisme en une adhésion active, et pour cela il faudra reconnaître que le fait d'être religieux n'est pas synonyme du rejet du vivre-ensemble républicain. Pour combattre efficacement l'extrémisme islamiste, il faut l'adhésion active de toute la société. Une laïcité pondérée ne se-

rait en rien contradictoire avec la reconnaissance mezza voce de certains particularismes qui ne portent pas atteinte à l'intégrité de l'espace public. ■

Aux sources de la laïcité en France

Depuis les attentats de janvier, le mot « laïcité » est sur toutes les lèvres. Mais d'où vient ce concept et quand la France l'a-t-elle adopté ? Décryptage, avec le chercheur Philippe Portier, de ce terme qui ne semble plus couler de source.



Aujourd'hui, la laïcité se définit par deux grandes idées : l'autonomie du sujet et la neutralité de l'État, explique Philippe Portier, directeur du groupe Sociétés, religions, laïcités⁷. La première est fondée sur la liberté de conscience et d'opinion, autrement dit sur la capacité de construire son existence indépendamment de l'ordre de Dieu, la seconde, sur une extériorisation de l'État vis-à-vis de toute conception religieuse du monde. » Mais le mot ne date pas d'hier. Il faut remonter aux textes bibliques rédigés en grec pour en trouver la première trace. Le mot « laos » désignait le peuple et le distinguait des prêtres. À l'intérieur de l'Église, « laïcus », « laï », « laïque » désignera toute personne qui n'est ni dans l'Église ni dans les ordres. C'est en 1871 que le mot « laïcité » apparaît : le lexicographe Émile Littré le recense dans le journal *La Patrie*. Il faut toutefois attendre 1878 pour que le concept soit forgé et introduit par le philosophe de l'éducation Ferdinand Buisson dans son *Dictionnaire de pédagogie*.

1789 : le crime de blasphème est abandonné

En France, l'édit de Nantes est, en 1598, la première manifestation de tolérance religieuse qui accorde aux protestants la liberté de culte. Mais c'est au siècle des Lumières que le concept de laïcité prend forme avec Condillac, Diderot, Voltaire et Condorcet. « Aie le courage de te servir de ton propre entendement », telle est la devise des Lumières. En 1789, avec la Révolution française et le principe d'autodétermination, apparaissent les premiers traits juridiques de la laïcité. *La Déclaration des droits de l'homme et du citoyen* précise que « nul ne doit être inquiété pour ses opinions, même religieuses, (...) pourvu que leur manifestation ne

trouble pas l'ordre public établi par la loi » et institue « la libre communication des pensées et des opinions ». « C'est à ce moment que les crimes de lèse-majesté divine et de blasphème sont abandonnés, indique Philippe Portier. En 1792, l'état civil devient une prérogative de l'État. Les principes sont posés, et la laïcité, dans le sens qu'on vient de lui donner, sera admise par tous les régimes qui se succéderont. »

Dès lors, l'État laïque, indépendant de tous les clergés, se dégage de toute conception théologique. La Révolution installe une Église dite constitutionnelle, ce qui suppose que le clergé prête serment à la Constitution. Il faut attendre 1794 pour que la Convention nationale supprime le budget de l'Église constitutionnelle et précise, en 1795, que la République ne salariera aucun culte. « Avec le Concordat de 1801 se poursuit l'idée d'un État neutre qui ne se soumet pas à Dieu, précise Philippe Portier. Napoléon et son juriste Portalis délimitent les domaines respectifs de l'Église catholique et de l'État, qui perdureront jusqu'à la loi de 1905. Tout en affirmant la souveraineté de l'État, le système concordataire entend placer la religion au fondement de la morale sociale. On se souvient de la formule de Portalis : "L'État arrête le bras du voleur, la religion transforme son cœur". »

1881 : Jules Ferry pose les bases de l'école laïque

C'est entre 1850 et 1886 que prend corps le principe de l'école laïque et républicaine, première étape concrète avant la séparation de l'Église et de l'État. « L'éducation est prioritaire, car il s'agit de transformer les individus en citoyens ...



Le slogan « Coexist », popularisé par l'artiste Combo, reprend les symboles des grandes religions monothéistes.

7. Unité CNRS/EPHE.



Laïcité, laïcités.
Reconfigurations
et nouveaux défis,
Jean Baubérot,
Micheline Milot et
Philippe Portier (dir.),
coll. « 54 », janvier 2015,
398 p., 27 €



Lire l'intégralité de l'article
sur lejournal.cnrs.fr

... rationnels, raconte Philippe Portier. *Est toutefois maintenue l'idée qu'une société ne peut pas vivre sans que sa morale publique soit inspirée du religieux.* » On le voit très clairement avec la loi Falloux de 1850 : elle comporte toujours dans ses programmes pour le primaire « l'instruction morale et religieuse ». Victor Hugo plaidera en vain contre cette loi à l'Assemblée nationale : « Je veux l'État chez lui et l'Église chez elle. [...] Je ne veux pas mêler le prêtre au professeur... »

1946 : la laïcité devient constitutionnelle

Dans ce combat pour la laïcité, on retiendra aussi l'éphémère Commune de Paris en 1871, qui écrit dans son *Journal officiel* : « C'est surtout dans l'école qu'il est urgent d'apprendre à l'enfant que toute conception philosophique doit subir l'examen de la raison et de la science... » Dix ans plus tard, en 1881, Jules Ferry, ministre de l'Instruction publique, pose les bases de l'école gratuite, laïque et obligatoire. « En 1905, explique Philippe Portier, le vote de la loi de séparation de l'Église et de l'État installe le principe de séparation entre la sphère privée et la sphère publique. » Cette loi remplace le régime de Concordat de 1801 (sauf en Alsace-Moselle, alors allemande, où le Concordat est toujours en vigueur). La loi précise que « la République assure la liberté de conscience et le libre exercice des cultes » et qu'elle « ne salarie ni ne subventionne aucun culte ». Les lieux de culte sont la propriété des communes – seul leur entretien est à la charge des communautés religieuses –, à l'exception de ceux construits après 1905, qui sont financés par les religions et leur appartiennent.

Cette laïcité, Jean Zay, ministre de l'Éducation nationale du Front populaire, devra la conforter en 1936-1937 par deux circulaires interdisant la propagande politique et confessionnelle dans les établissements scolaires. Elle sera aussi remise en cause en 1940 avec le programme scolaire du régime de Vichy articulé autour de la nouvelle devise « Travail, famille, patrie », qui rétablit les devoirs envers Dieu dans les écoles. Il faudra attendre la Constitution de 1946 et la reprise de son préambule par la Constitution de la V^e République en 1958 pour que la laïcité devienne constitutionnelle.

Dans le même temps, l'article 2 de la loi de 1905 connaît des vicissitudes. « L'État, notamment avec la loi Debré, décide de financer l'école privée sous contrat, et la frontière entre l'Église et l'État vacille », rappelle Philippe Portier. À partir des années 1980, l'installation durable des populations musulmanes vient questionner directement la loi de 1905. Celle-ci

ne prévoit pas, en effet, le financement des mosquées, inexistantes sur le territoire métropolitain au moment du vote de la loi ; la charge de leur construction incombe donc aux fidèles eux-mêmes et introduit une inégalité de fait avec les religions installées de longue date. En 1989, l'« affaire du foulard », qui voit trois jeunes filles exclues d'un collège de Creil pour avoir refusé d'ôter leur voile, soulève la problématique du port des signes religieux, une question qui ne s'était jamais posée avant et que la loi n'avait pas prévue.

« Depuis lors, les sphères publique et privée tendent à nouveau à s'interpénétrer. Avec la loi de 2004 interdisant le port de tout signe religieux à l'école et celle de 2010 interdisant la dissimulation du visage dans l'espace public (dite loi du voile intégral), l'État intervient dans des sphères qu'il avait laissées à l'autonomie des sujets et remet en cause le dispositif séparatiste de la loi de 1905 », remarque Philippe Portier. Ce sont le plus souvent les magistrats qui décident ; les recours en justice se multiplient – on se souvient de l'épilogue de l'affaire de la crèche Baby-Loup, avec le licenciement d'une employée qui portait le voile, une décision validée par la Cour de cassation en 2014 – et on ne compte plus les rapports sur la laïcité. Parallèlement, les créations institutionnelles se succèdent, illustrant les tergiversations de l'État sur le sujet : le Haut Conseil à l'intégration, créé en 1989 puis supprimé en 2012, est remplacé de

puis 2013 par un Observatoire de la laïcité, proposé par Jacques Chirac dès 2007. De cet observatoire naîtra la mise en place d'une Journée de la laïcité le 9 décembre.

2015 : trois interprétations différentes de la laïcité

Plus d'un siècle après la loi de 1905, la laïcité fait désormais l'objet d'interprétations différentes, considérées par certains comme de dangereux reculs et par d'autres comme de sages adaptations. « Le mot "laïcité" recouvre aujourd'hui trois grandes conceptions, explique Philippe Portier. Une conception plutôt différentialiste, tentée d'accorder des droits spécifiques à chaque communauté, et portée par le think tank Terra Nova ou des sociologues comme Michel Wieviorka ; une laïcité classique, incarnée par la Fédération nationale de la libre pensée, dont le principe est de ne pas intervenir dans le champ des religions ; enfin, une laïcité contrôlée, qui a aujourd'hui le vent en poupe. » Cette dernière entend contenir la religion dans la sphère privée. Le débat est d'importance, car ce sont tout simplement les règles du vivre-ensemble de la société française qui sont en jeu. II

“Aujourd'hui,
la laïcité se définit
par deux grandes
idées : l'autonomie
du sujet et
la neutralité
de l'État.”

“Oui, les musulmans sont en accord avec la République”



© J. PANCONVILLE SEUIL

L'image de musulmans tiraillés entre leur supposée identité religieuse et leur adhésion aux valeurs de la République n'est pas fondée. La politiste Nadia Marzouki⁸ nous explique pourquoi dans ce billet.



Parmi les nombreuses interrogations suscitées par les attentats de janvier, la question de la prétendue incompatibilité de l'islam avec la laïcité est, une fois de plus, apparue au premier plan. Face à la énième réitération de ce débat dans les champs médiatique et politique, on sent une certaine lassitude, voire du découragement, chez les chercheurs spécialistes de l'islam en France. Car cela fait au moins depuis les années 1990 que les enquêtes de sciences sociales ont fait apparaître la non-pertinence de questions du type « peut-on réformer l'islam ? » ou « l'islam est-il compatible avec ? ». Ce que montrent tous

ces travaux, c'est que la question de la sécularisation n'a de sens que lorsqu'elle est posée au niveau des pratiques concrètes et que, de ce point de vue, la majorité des musulmans français s'accrochent très bien des règles de la laïcité. Plutôt que demander si l'islam est compatible avec la laïcité ou comment le réformer, il convient aujourd'hui de se demander pourquoi le fait accompli de la sécularisation des musulmans français est toujours en question.

Une vision caricaturale de l'islam

Le débat public repose encore largement sur une conception caricaturale du rapport que les musulmans entretiendraient au dogme, à la norme et à l'autorité. Dès lors que l'on envisage la subjectivité musulmane comme intégralement déterminée par son obéissance à un corpus théologique, à une autorité religieuse ou à une communauté d'origine, l'obsession actuelle des journalistes et responsables politiques pour la question de la réforme de la théologie et de l'éducation des imams se comprend mieux. Pourtant, les enquêtes de sciences sociales n'ont cessé de montrer comment la migration a produit non pas un repli identitaire et communautaire, mais une déconnexion importante entre la quête de religiosité et la culture dite d'origine⁹. Dans son livre sur les imams en France¹⁰, le sociologue Romain Sèze parle de « bricolage » et de « braconnage » pour décrire le rapport des imams et de leurs fidèles à la norme religieuse. Les imams jouent un rôle essentiel dans la déconnexion entre religion et culture d'origine, en rejetant un grand nombre de pratiques comme relevant de la « tradition » et en appelant à une contextualisation des principes du droit islamique. Beaucoup d'entre eux recourent au raisonnement par analogie (*al-qiyās*) afin de redéfinir certaines normes. Loin du fantasme de l'islam rigoriste et communautaire, Romain Sèze décrit la religion qu'enseignent les imams comme un islam « fragile ».

L'enquête de Christine Rodier¹¹ sur les pratiques de consommation halal menée auprès d'une population habitant en Moselle depuis les années 1970 et originaire du sud du Haut Atlas marocain montre également en quoi aborder l'application d'une règle religieuse dans la ...



© M. BUNEL/NUPI PHOTO/CORBIS

Manifestation organisée place de la Bastille, à Paris, le 14 mars 2015 pour dénoncer l'islamophobie.

8. Centre d'études sociologiques et politiques Raymond-Aron (CNRS/EHESS). 9. *L'islam mondialisé*, Olivier Roy, Le Seuil, 2002. 10. *Être imam en France*, Romain Sèze, Éditions du Cerf, 2013. 11. *La Question halal. Sociologie d'une consommation controversée*, Christine Rodier, PUF, 2014.



Différents travaux se sont penchés sur les pratiques de consommation halal chez les jeunes générations.

... seule perspective de la soumission est erroné. La sociologue fait apparaître toute la part d'individualisme, d'inventivité et de réflexivité qui caractérise l'appropriation de cette prescription. Elle déplore le simplisme des oppositions binaires entre le halal et la laïcité ou la modernité. L'adoption de cette pratique, loin d'être un indice de communautarisation ou de rejet de la laïcité, reflète l'individualisation importante de la religiosité. À la différence des premières générations de musulmans, chez les jeunes générations de pratiquants, le halal est devenu un « concept éthique à la base d'une hygiène de vie qui va au-delà de la simple prescription alimentaire¹² ».

Un processus d'individualisation de la religiosité

Ceux que Christine Rodier décrit comme des « mangeurs consommateurs » se distinguent de leurs aînés en ce qu'ils « désirent manger des plats dits français auxquels ils s'identifient (comme la plupart des jeunes de cette classe d'âge), étant eux-mêmes nés sur sol français ». À côté de cette figure du « consommateur », Christine Rodier évoque également celle du mangeur « revendicatif », qui trouve que ses parents ne sont pas assez pieux, et celle de l'« ascète », qui souhaite afficher une identité spécifique. Mais, dans les trois cas, manger halal découle d'un choix libre et individuel. Cette pratique révèle un rapport réflexif aux prescriptions et normes religieuses « en faveur d'une éthique sollicitant davantage l'engagement personnel et la recherche d'une ascèse¹³ ».

On pourrait multiplier les exemples de travaux de sciences sociales qui font apparaître, à partir de cas différents, ce même processus d'individualisation de la religiosité et d'intégration inventive au contexte laïc républicain. Ainsi de la recherche du sociologue Elyamine Settoul¹⁴ sur l'intégration des Français musulmans dans l'armée française, ou des travaux en cours de Warda Hadjab sur les relations amoureuses entre jeunes musulmans français. Ces derniers parviennent à conjuguer des normes issues de la tradition que veulent leur transmettre les parents et une expérimentation subjective de la vie séculière européenne. L'image de l'islam comme « problème » ou source de conflit est doublement invalidée. D'une part, parce que la majorité des conflits qui naissent de la rencontre de ces normes sont résolus au sein de la famille, de l'environnement amical, de la mosquée, des espaces associatifs, des réseaux sociaux. D'autre part, parce que, pour nombre de ces jeunes, l'appropriation de la norme religieuse est précisément une ressource qui les aide à s'affirmer contre une pression familiale. C'est ainsi qu'ils parviennent à justifier le mariage avec une personne d'une autre origine, voire d'une autre religion, contre l'avis des parents, au nom des valeurs « islamiques » de l'amour ou de la famille.

Quant aux formes d'expression religieuses les plus piétistes, systématiquement présentées dans les médias sous l'angle de l'oppression de la femme musulmane, elles ne peuvent pas non plus être comprises dans la seule

12. et 13. « Manger halal, pour diversifier ses pratiques alimentaires », Christine Rodier, *Le Monde*, 20 mars 2012. 14. « Présence musulmane croissante dans l'armée », Elyamine Settoul, *Le Monde*, 26 mars 2012. 15 et 16. « Hijab and the City et la construction d'une féminité pieuse », Claire Donnet, actes de colloque, coll. « Fira-HAL-SHS », janvier 2012, pp. 1-9. 17. Arrêt de Strasbourg, affaire « SAS contre France », 1^{er} juillet 2014.



L'Islam, une religion américaine ?, Nadia Marzouki, Le Seuil, coll. « La couleur des idées », 2013, 320 p., 22 €

perspective binaire de l'opposition au féminisme ou au sécularisme. Le travail de Claire Donnet sur les pratiques de femmes qui cultivent une forme de piété intégraliste – respect strict des temps de prières, du halal, port du voile... – montre que la recherche de cette féminité pieuse a en réalité deux enjeux : critiquer la conception libérale du féminisme, mais aussi déconstruire les normes machistes et patriarcales au sein de leur propre environnement. Autrement dit, ces femmes mettent en avant leur respect des « fondamentaux » de l'islam pour pouvoir en parallèle s'affirmer et réaliser différents objectifs : travailler, étudier, prendre la parole...

Étudiant la démarche des participantes au site islamique féminin Hijab and the City¹⁵, Claire Donnet affirme que « ces blogueuses, au croisement de multiples rapports de domination, se réapproprient les représentations essentialisées de la femme et s'en servent stratégiquement pour changer leur condition au sein de leur groupe confessionnel. Elles s'insèrent dans l'ordre normatif préexistant pour le changer¹⁶ ». Les travaux très riches sur le féminisme islamique font apparaître la même ambivalence face au sécularisme libéral, qui est rejeté en tant qu'il est associé à une forme d'impérialisme culturel, mais dont l'idée centrale – celle des droits individuels – est acceptée et réappropriée.

Séparer le religieux du culturel

L'affaire du jugement « SAS contre France »¹⁷ est de ce point de vue éclairante. Pour protester contre la loi interdisant le port de la burqa dans l'espace public, une requérante française a saisi la Cour européenne des droits de l'homme de Strasbourg en mettant en avant un argumentaire tout à fait cohérent avec le registre libéral de la défense des droits des individus. Son argument ne consistait en effet pas à se plaindre de l'impossibilité pour elle de vivre enfermée dans sa « communauté » musulmane, mais à dénoncer l'incompatibilité de la loi de 2010 avec des articles précis de la Convention, notamment avec l'article 9 qui défend la liberté religieuse des individus. Qu'ils optent pour une stratégie de transformation du religieux en éthique en réinterprétant des normes

strictes en valeurs ouvertes, ou au contraire qu'ils défendent une conception plus fondamentaliste du religieux en voulant détacher l'activité pieuse de l'influence des folklores culturels des pays « d'origine », dans les deux cas les musulmans acceptent, voire renforcent, l'idée fondamentale du sécularisme, celle de la séparation entre l'espace du religieux et celui du politique.

Paradoxalement, alors que la plupart des musulmans français insistent pour qu'on fasse la distinction entre l'islam comme religion et ce qui relève des traditions ou de la culture d'origine, le débat public et politique repose largement sur l'idée selon laquelle le seul islam acceptable, c'est l'islam folklorisé des instituts de « cultures d'islam » et des festivals de musique soufie, ou l'islam athéisé promu par

les intellectuels d'origine musulmane non croyants et non pratiquants. Ce malaise à l'égard de la religion comme telle, dès lors qu'elle n'est pas neutralisée en « fait religieux historique » ou en culture folklorique, est contradictoire avec les injonctions à rejeter la communautarisation.

Alors que la question de l'institutionnalisation de l'islam revient au centre du débat public, il faut rappeler que l'institutionnalisation étatique, de tradition gallicane, n'implique pas la sécularisation, au contraire. Il paraît plus important et plus urgent de créer les conditions pour que se poursuive le processus en cours d'individualisation et de pluralisation des pratiques

de l'islam en France, et de cesser d'assigner les musulmans à une « communauté » d'identité ou de culture, qui devrait pouvoir être unifiée et représentée. Loin des fantasmes de l'islam conquérant et communautaire, il est temps pour les médias et les responsables politiques de voir les musulmans français tels qu'ils sont et tels que les décrivent les chercheurs depuis plusieurs décennies. **II N. M.**

Dans le débat public, le seul islam acceptable est l'islam folklorisé des festivals de musique soufie.



Retrouvez tous les contenus de notre dossier, dont des émissions audio, pour mieux connaître l'islam ou comprendre les débats sur la laïcité sur lejournal.cnrs.fr

Des humains et des maths

NUMÉRIQUE ■

Mathématiques. Langage universel de la science, poésie de l'Univers ou bien simple instrument ? Plongez dans le monde des mathématiques à travers le quotidien des chercheurs de l'Institut Henri-Poincaré, où se côtoient équations, figures et beautés conceptuelles.

PAR NICOLAS BAKER
PHOTOS VINCENT MONCORGÉ/
LOOK AT SCIENCES



La Maison des mathématiques,
Cédric Villani, Jean-Philippe Uzan,
Vincent Moncorgé, Le Cherche Midi,
coll. « Beaux livres », octobre 2014,
144 p., 25 €





“

Le monde et ses phénomènes sont compréhensibles par une approche mathématique. Il est légitime de vouloir comprendre pourquoi les mathématiques sont si efficaces dans cette démarche scientifique. Est-ce que cela nous révèle une propriété profonde de la réalité ?

”

Jean-Philippe Uzan

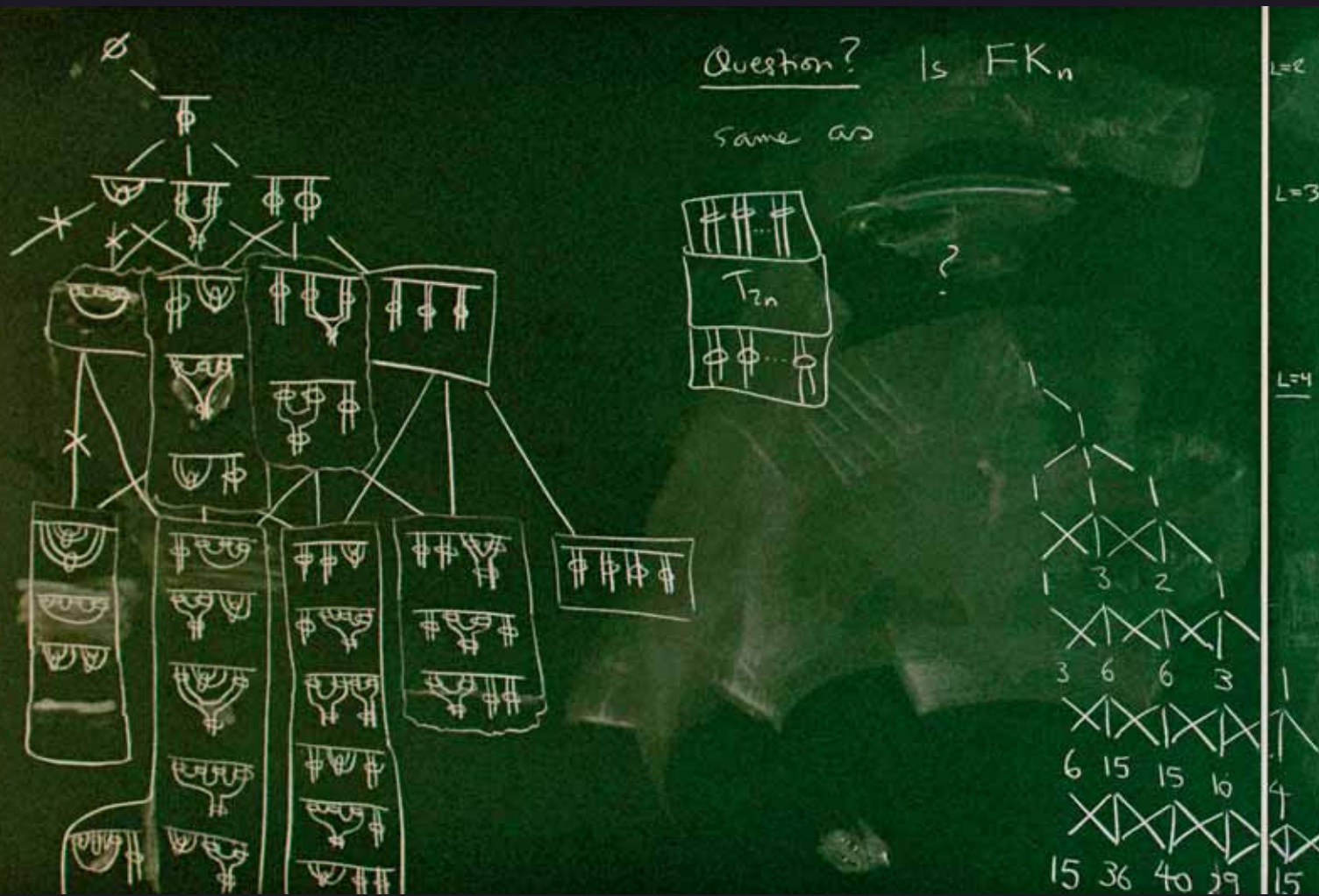
Jérôme Le Rousseau et son fils,
Ambroise



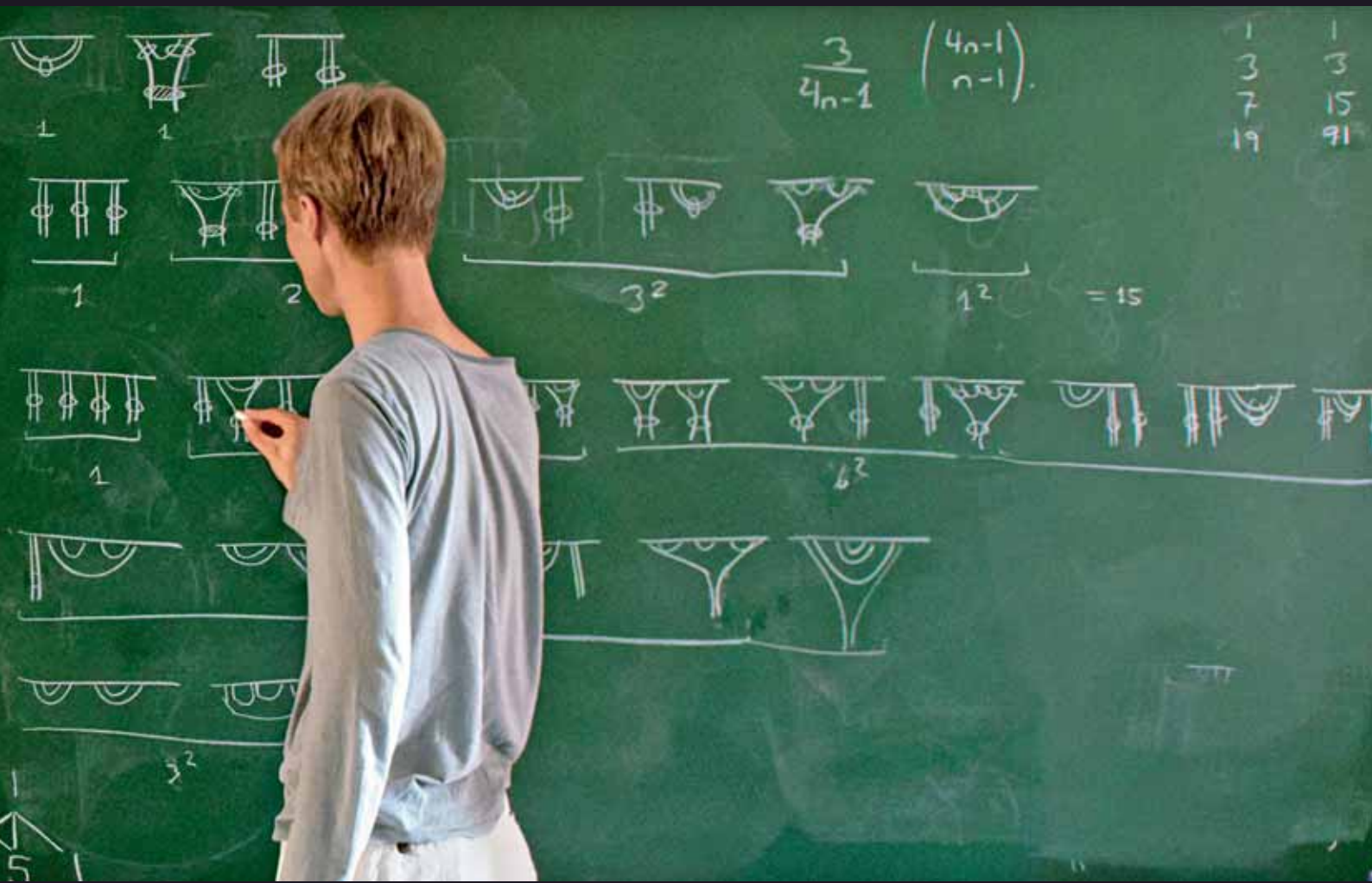
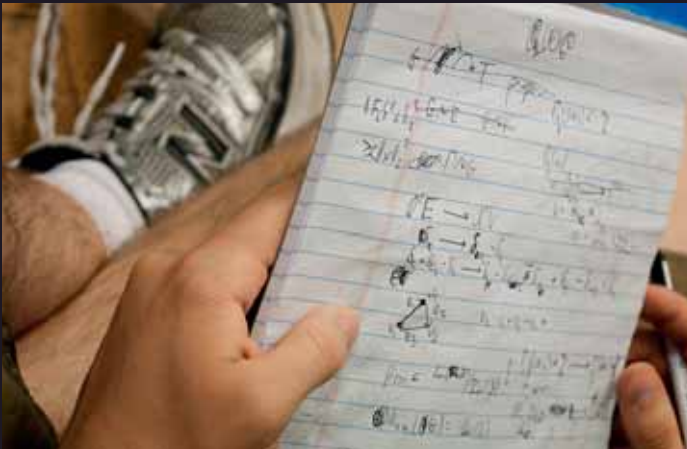
L'esthétique qui découle de la construction mathématique d'une théorie est souvent mise en avant, presque comme un gage de validité ou comme une indication que nous sommes sur la bonne piste.



Jean-Philippe Uzan



Yi Wang



Jesper Jacobsen



Cédric Villani et Max Fathi

“

D'une part, cette discipline est une formidable machine au service de la résolution de problèmes pratiques ; d'autre part, c'est une activité intellectuelle et artistique qui s'enorgueillit de sa sophistication et de sa beauté.

”

Cédric Villani



“

*J'ai autant de plaisir
à déchiffrer des partitions
de Chopin que
des livres d'équations.*

”

Alain Connes



Visionner l'intégralité du diaporama
sur lejournal.cnrs.fr

Alain Connes

Le Japon, quatre ans après Fukushima

RÉALISÉ PAR LOUISE LIS, ENVOYÉE SPÉCIALE AU JAPON

SOCIÉTÉS



TERRE



Alors que le pays, qui doit accueillir les Jeux olympiques de 2020, redouble d'efforts pour développer les énergies renouvelables, la vie des populations reste en suspens autour de la centrale accidentée.



Inauguré en 2014, le FREIA abrite des recherches sur le photovoltaïque, l'éolien, l'hydrogène et la géothermie.

Au pays du solaire levant

Le grand hall du Fukushima Renewable Energy Institute (FREIA) est encore un peu vide, comme le sont plusieurs des salles de ce grand bâtiment flambant neuf. Il longe un champ de panneaux solaires, une éolienne ainsi que des installations de géothermie qui rendent

explicite l'objectif de ce démonstrateur à ciel ouvert : donner à voir un pays résolument tourné vers les énergies renouvelables. Avec 260 chercheurs, dont 150 « à demeure », ce centre de l'AIST (National Institute of Advanced Industrial Science and Technology), l'organisme de recherche majeur du ministère de l'Industrie,

représente à ce jour la réponse la plus visible de la recherche nipponne au drame de la centrale nucléaire de Fukushima Daiichi.

Inauguré en avril 2014, le FREIA occupe plus de 5 hectares, en lisière de la ville de Koriyama, à une centaine de kilomètres de la centrale, dans une ville qui porte les traces du désastre :

29%

C'est la part du nucléaire dans la production électrique du Japon avant Fukushima. Pour compenser l'arrêt temporaire, décidé en 2013, de toutes ses centrales nucléaires, le pays a augmenté les parts du charbon et du gaz naturel dans son mix énergétique.

appareil de mesure de la radioactivité à la sortie de la gare, logements provisoires pour les déplacés... « *Koriyama*, nous assure d'emblée Michio Kondo, directeur général de l'institut, a fait beaucoup d'efforts pour nettoyer les sols. »

Cet incontestable « coup de communication » marque aussi un retour du pays dans la course aux énergies renouvelables (ENR : solaire, éolien, géothermie, hydro-électricité et biomasse), terrain qu'il a occupé en pionnier pour l'abandonner ensuite. « *Le pays a été précurseur dans les années 1970 avec le programme Sunshine. Mais un coup d'arrêt a été donné en 2004 au financement du photovoltaïque. Depuis, le Japon a relancé des politiques de soutien, mais le mal est fait* », explique Pierre Destruel, fin connaisseur de l'archipel et un des principaux artisans de la création du Laboratoire international associé NextPV.

Des cellules à haut rendement

Si le pays a perdu du terrain sur les plans industriel et commercial, se laissant devancer par l'Allemagne et surtout par la Chine, il n'a jamais reculé au plan de la recherche. NextPV, qui travaille sur les cellules solaires à très haut rendement, en est la preuve. Un de ses objectifs : « *Faire la démonstration expérimentale de concepts théoriques visant des ruptures technologiques sur les coûts ou sur les performances* », résume Jean-François Guillemoles, à la tête du laboratoire depuis quelque mois.

Fruit d'une association entre le Research Center for Advanced Science and Technology (RCAST) de l'université de Tokyo et le CNRS, avec d'autres partenaires académiques français, NextPV est aujourd'hui capable de produire une nouvelle génération de cellules photovoltaïques qui

atteignent un rendement de 44 %, contre 20 % pour des cellules produites en série. Une performance qui n'aurait pas été possible sans les liens étroits du RCAST avec le monde industriel et les équipements expérimentaux de très haut niveau dont dispose le laboratoire. Un apport essentiel dans un domaine où « *si l'on veut faire de la bonne science, il faut de la bonne technologie* », rappelle Jean-François Guillemoles.

Le « *Japan is back* » cher au Premier ministre Shinzo Abe, revenu au pouvoir en septembre 2012, vaut apparemment aussi pour la recherche et l'innovation, et ce tout particulièrement dans le domaine de l'énergie. En témoigne le budget R & D, en hausse de 1 % pour l'année fiscale 2014-2015, soit une dépense totale de 34 milliards d'euros équivalant à 3,7 % du PIB du Japon. Et, si une baisse du même budget a été annoncée pour l'année à venir, celle-ci ne devrait pas affecter les budgets liés au développement des ENR.

Vers un autre « mix » énergétique

Le 4^e Strategic Energy Plan, adopté en avril 2014, décrit un pays déterminé à aboutir à un « *mix énergétique* », en accélérant « *l'introduction aussi loin que possible* » des ENR « *dans les trois ans à venir* », avec l'objectif de parvenir à un taux de 13,5 % d'énergies ...

RENDEMENT

Conversion de la lumière du soleil en électricité.



Première voiture à hydrogène produite en série, la Mirai (« futur » en japonais) est sortie des chaînes de production du constructeur Toyota fin 2014.

... renouvelables dans la production électrique totale d'ici à 2020 et à un taux de 20 % d'ici à 2030 (en France, celui-ci est d'un peu plus de 14 % à l'heure actuelle).

Le Japon y prend clairement ses distances vis-à-vis du nucléaire – la population reste majoritairement hostile au redémarrage des installations – sans y renoncer pour autant. « *La dépendance à l'énergie nucléaire sera réduite autant que possible par les économies d'énergie et le développement des énergies renouvelables, ainsi que par l'amélioration de l'efficacité de l'énergie thermique. Dans le cadre de cette politique, nous examinerons avec soin la proportion d'électricité qui devra être fournie par l'énergie nucléaire, compte tenu des contraintes énergétiques du Japon en termes de production stable d'énergie, de réduction des coûts, de réchauffement climatique et de maintien des technologies nucléaires et des ressources humaines* », peut-on lire dans le document. Dans un pays où les décisions

font l'objet d'un consensus longuement négocié en amont entre les acteurs, privés et publics, cette feuille de route donne le « la ».

Bras armé du Premier ministre en matière scientifique, le Council for Science, Technology and Innovation (CSTI) prend la transition énergétique très au sérieux. « *Nous avons complètement revu notre politique énergétique depuis le tremblement de terre et misons désormais sur un mix* », assure Kazuo Kyuma, membre

du CSTI. Chargé de mettre en musique et de financer la stratégie nationale de recherche du pays, le CSTI vise à abattre les cloisons entre les disciplines, les ministères et les secteurs d'activité. Ce brassage entre recherche et industrie se décline en programmes « SIP » (Cross-Ministerial Strategic Innovation Promotion Program), dotés de 390 millions d'euros en 2014 et dont 40 % relèvent de l'énergie, et en programmes « Impacts », dotés de 430 millions d'euros sur cinq ans. Ceux-ci financent des projets R & D à fort potentiel susceptibles de conduire à des innovations de rupture.

Les personnalités choisies pour diriger ces programmes mêlent des représentants des fleurons de l'industrie nipponne comme Toyota, Mitsubishi et Hitachi aux représentants des plus grandes universités du pays comme celles de Tokyo, Kyoto ou Yokohama. Adopté pour cinq ans, chaque SIP reste sous l'œil vigilant du CSTI, qui les évalue chaque année. Cinq ans au bout desquels « *le Japon doit avoir des réalisations visibles* », souligne Kazuo Kyuma. Visibles dès 2020.

23%

C'est la part du Japon dans l'investissement financier mondial réalisé en 2015 dans les technologies du solaire.



Amaury Delamarre, du Laboratoire international associé NextPV, à Tokyo, travaille à la fabrication de couches anti-réfléchissantes pour des cellules solaires.

Rendez-vous en 2020

Pays hôte des Jeux olympiques cette année-là, le Japon entend utiliser à plein ce rendez-vous pour booster ses efforts. Pas un responsable d'organisme de recherche qui n'ait compris le message. La Nedo (New Energy and Industrial Technology Development Organization), organisme de recherche chargé des questions énergétiques créé au début des années 1980, travaille à cette « société de l'hydrogène » que le Japon entend justement dévoiler au monde entier en 2020. Avec un budget global de 1,17 milliard d'euros, la Nedo a développé plusieurs grands projets autour des énergies renouvelables. Dans ce domaine, elle axe ses efforts sur le photovoltaïque, la biomasse, l'éolien, la géothermie et, bien sûr, l'hydrogène, qui représente à lui seul 8 % du budget de l'organisme.



“Les liens anciens tissés avec le Japon sont un atout majeur du CNRS”

Tout en travaillant d'arrache-pied à la production d'un hydrogène sans émission de CO₂ (à l'horizon 2040), le pays a commencé à produire des voitures à hydrogène. La Mirai, première voiture à hydrogène, est sortie des chaînes de production de Toyota en 2014, et Honda lancera son modèle l'an prochain. Un système de distribution se met en place : il n'existe pour l'instant que quatre stations à hydrogène mais l'objectif, ambitieux, est d'en installer une centaine en 2016 à Tokyo, Nagoya, Osaka et Fukuoka ainsi que le long des autoroutes reliant ces villes, indique Eiji Ohira, directeur du département Fuel Cell and Hydrogen Technology de la Nedo. Le but affiché du gouvernement japonais est de rendre le coût d'achat et d'utilisation des FCV (Fuel Cell Vehicles) comparable à celui des véhicules hybrides à l'horizon 2025. Parallèlement, la Nedo et les équipes de l'AIST œuvrent à la construction d'électrolyseurs – ces « centrales » à hydrogène – qui soient capables de produire de l'hydrogène à bas coût.

Le choix de l'hydrogène

Vu de France, ce pari peut sembler étrange tant notre pays, contrairement à l'Allemagne, reste très loin d'une « société de l'hydrogène ». Rien de tel au pays du Soleil-Levant, où cette option a été prise il y a une trentaine d'années. « Les Japonais suivent une feuille de route claire et structurée. Une fois qu'ils ont fait un choix, ils s'y tiennent », confirme Alette Quint, directrice de la stratégie, de la réglementation et des affaires externes d'Air Liquide, qui a signé un accord de coopération avec Toyota donnant naissance à une « coentreprise » pour assurer la fourniture d'hydrogène destiné à des véhicules à pile à combustible. Des maisons et des quartiers tout hydrogène ont commencé à apparaître dans le pays. La société japonaise est-elle prête à absorber ces changements majeurs ? Les chercheurs en sciences humaines et sociales, absents du débat, gagneraient sans doute à s'en mêler. ||

Nouveau directeur du bureau du CNRS Asie du Nord, à Tokyo, Philippe Codognot fait le point sur sa mission et sur la présence du CNRS au Japon.

Vous avez été nommé directeur du bureau du CNRS Asie du Nord (Japon, Corée du Sud et Taïwan) le 1^{er} février. Quelles priorités vous fixez-vous pour le Japon ?

Philippe Codognot : Mon rôle est d'assurer le rayonnement du CNRS au Japon en soutenant le développement des accords scientifiques déjà signés entre le CNRS et ses partenaires : les agences de moyens telles la Japan Society for the Promotion of Science (JSPS) et la Japan Science and Technology Agency (JST), les grands instituts tel le National Institute of Advanced Industrial Science and Technology (AIST) et les grandes universités. Mon rôle est aussi de mettre en place de nouvelles collaborations en m'appuyant sur la connaissance que j'ai acquise de ce pays, où je vis depuis une dizaine d'années. Un responsable de bureau doit être capable d'identifier de nouvelles thématiques fructueuses pour les deux parties. Je pense notamment à l'interdisciplinarité, qui est une force au CNRS et qui peut nous aider à déterminer de nouveaux projets à l'international. De façon classique, il revient aussi à un responsable de bureau de faire de la veille sur les grands projets des pays qu'il couvre. Le gouvernement adoptera son 5^e plan quinquennal pour la science et la technologie en 2015. Dans un pays planifié comme le Japon, les décisions contenues dans ce document auront un impact phénoménal. Il est donc décisif de bien les analyser. Enfin, j'entends travailler à l'échelle de la région en essayant de développer des réseaux couvrant les trois pays de la zone.

Quelles sont selon vous les forces de la présence du CNRS dans cette zone ?

P. C. : Dans un pays où tout prend du temps à se mettre en place, un des atouts majeurs du CNRS est l'ancienneté des liens qu'il a tissés avec le Japon. Les premiers accords de collaboration remontent à 1973 ! En vingt

ans de présence, le bureau du CNRS a développé des relations de confiance avec ses homologues. Nous sommes présents dans le domaine des sciences de l'information, de la robotique, de l'ingénierie et des systèmes, en mathématiques, en biologie, en physique, etc. Notre premier laboratoire commun, le Limms (Laboratory for Integrated Micro-Mechatronic Systems), devenu depuis une Unité mixte internationale (UMI), a fêté en janvier ses 20 ans. Il a développé ce qui est à ce jour le seul laboratoire international de l'Union européenne au Japon¹. Le CNRS compte désormais quatre UMI, une Unité mixte des Instituts français à l'étranger (Umifre) avec la Maison franco-japonaise, sept Laboratoires internationaux associés (LIA) et treize groupements de recherche internationaux (GDRI). Cette présence dans le pays nous donne un avantage incontestable. J'en ai moi-même bénéficié quand j'ai créé le JFLI (Japanese-French Laboratory for Informatics) en commun avec l'université de Tokyo, l'université Keio et le National Institute of Informatics. De manière générale, les Japonais sont plutôt habitués à voir les chercheurs étrangers venir et repartir rapidement, ce qui place les relations dans un perpétuel commencement.

Et quelles sont les faiblesses ?

P. C. : La présence du CNRS au Japon n'est pas assez connue des chercheurs français. Une grande partie d'entre eux ignore que nous pouvons les aider à monter des projets dans cette zone. Il est vrai aussi que le Japon n'est pas un pays facile : les relations ici n'ont pas la décontraction que l'on trouve dans les pays anglo-saxons ; nous sommes dans un pays de formalités et de formalisme. Nombre de chercheurs français redoutent de ne pouvoir s'adapter. Mais c'est aussi un grand pays de science qui s'ouvre de plus en plus et qui est donc demandeur d'échanges et de collaborations internationales. ||

1. Eujo-Limms : CNRS/UT-IIS (Japon)/EPFL (Suisse)/Imtek (Allemagne)/VTT (Finlande)/Mesa+ (Pays-Bas).



Logements provisoires pour personnes déplacées dans la municipalité de Minamisoma.

“À Fukushima, la population est dans une situation inextricable”

Quatre ans après l’explosion de la centrale nucléaire de Fukushima, le sort des populations concernées est loin d’être réglé. La chercheuse Cécile Asanuma-Brice¹ décrypte la politique qui vise à inciter ces personnes à réintégrer les zones encore contaminées.

Combien de personnes restent déplacées à la suite de la catastrophe de Fukushima ? Dans quelles conditions vivent-elles ?

Cécile Asanuma-Brice : Le gouvernement japonais fait état de 118 812 personnes déplacées², dont 73 077 à l’intérieur du département de Fukushima et 45 735 à l’extérieur, ce qui représente une baisse puisque les mêmes statistiques officielles affichaient 160 000 personnes déplacées en 2011, quelques mois après la catastrophe. En réalité, le nombre de personnes déplacées est bien plus élevé que cela. Car le système d’enregistrement mis en place par l’Administration est extrêmement contraignant et une partie non négligeable des habitants

n’a pas voulu s’y plier. J’ai personnellement interviewé plusieurs familles regroupées au sein d’associations qui ont refusé cet enregistrement, car cela aboutissait à leur faire perdre des droits, notamment quant à la gratuité de leur suivi médical.

Dans un premier temps, le gouvernement japonais a ouvert à la gratuité le parc des logements publics vacants sur l’ensemble du territoire aux personnes qui souhaitaient s’installer ailleurs. Cette mesure était positive, même si elle ne s’est pas accompagnée de politiques d’aide à l’emploi qui auraient permis une intégration durable des nouveaux migrants dans les territoires d’accueil. En outre, cette directive a pris fin en décembre 2012.

1. Résidant au Japon depuis près de quinze ans, Cécile Asanuma-Brice travaille au bureau du CNRS à Tokyo et est chercheuse associée au centre de recherche de la Maison franco-japonaise de Tokyo et au Laboratoire international associé « Protection humaine et réponse au désastre » (HPDR) créé par le CNRS et d’autres institutions françaises et japonaises à la suite de la catastrophe de Fukushima. Le 11 mars 2011, un tremblement de terre suivi d’un tsunami avait provoqué l’explosion, le lendemain, d’une centrale nucléaire dans cette région. 2. Résultats de l’enquête de la préfecture de Fukushima au 30 janvier 2015.

Simultanément, des logements provisoires ont été construits, mais en partie sur des zones contaminées selon la carte de répartition de la contamination produite par le ministère de la Recherche du gouvernement japonais.

D'après la loi, la vie dans ces logements est limitée à deux ans en raison de l'inconfort des lieux. Mais le provisoire est en train de durer. Les réfugiés qui vivent sur ces terrains vacants aux marges des villes ont à leur charge la consommation d'électricité, de gaz et d'eau, et sont également contraints d'acheter les aliments qu'ils produisaient autrefois, la plupart d'entre eux étant fermiers. Le revenu de compensation de 100 000 yens [environ 780 euros, NDLR] par mois qui leur est versé par Tepco, l'entreprise de gestion de la centrale, est insuffisant pour couvrir ces frais. Enfin, des logiques de discrimination commencent à apparaître, pointant les réfugiés comme des « assistés », ce qui est extrêmement mal considéré dans un pays qui place très haut la valeur du travail.

Les populations expriment-elles le souhait de rentrer chez elles ? Quel est l'état d'esprit dominant ?

C. A.-B. : Beaucoup de familles sont installées loin de leur village d'origine tandis que les pères continuent de travailler dans le département où elles vivaient. Une majorité d'entre elles sont propriétaires de leur maison ou appartement ; elles ont emprunté pour cela et il leur est par conséquent très difficile de tout abandonner sans l'application d'un droit au refuge, soit l'assurance d'une compensation financière et d'une aide à la recherche d'emploi dans la région d'accueil. Cela serait envisageable si l'on considère les sommes faramineuses consacrées à la décontamination inefficace des territoires. Ces habitants sont mis dans une situation inextricable et cela se traduit par un taux de divorce élevé, de même que ceux des suicides et des dépressions nerveuses...



Néanmoins, le gouvernement entretient soigneusement l'idée d'un retour possible et tend à rouvrir progressivement les zones qui étaient interdites à l'habitation. Ainsi, la zone de réglementation spéciale qui recouvrait les neuf collectivités locales autour de la centrale a été totalement supprimée, ce qui recouvre une population de 76 420 personnes. Un peu moins de deux tiers d'entre elles – 51 360 personnes exactement – se trouvent dans

la zone de « préparation à l'annulation de la directive d'évacuation » – dont le taux de contamination est en deçà de 20 millisieverts (mSv) –, ce qui signifie qu'elles peuvent se déplacer librement dans cette zone durant la journée afin d'entretenir leur habitat ou d'y travailler. L'annulation de la directive a été effective en partie en 2014. Dans la zone de restriction de résidence, qui concerne 25 % des habitants (19 230 personnes), il est permis d'entrer et de sortir librement pendant la journée mais pas de travailler.

Vous dénoncez l'abus du concept de résilience, utilisé pour, dites-vous, « assigner la population à demeure ».

C. A.-B. : Pour convaincre les gens de revenir, les pouvoirs publics s'appuient sur le concept de résilience qui fait, en l'espèce, l'objet d'un abus épistémologique : des approches concernant la résilience psychologique, écologique et urbaine sont mélangées afin de suggérer l'abandon de la fuite à ceux qui obéiraient encore à leur instinct primaire d'angoisse face aux dangers ! La communication sur le risque joue un rôle important pour faire passer ce concept de résilience. Il faut faire admettre ...

En attendant que le gouvernement japonais ne leur trouve une destination finale, les déchets radioactifs ont été entreposés dans des centres de stockage, les kariokiba, tel celui d'Otsube.





Publicité pour la vente de fruits et légumes en provenance de la région de Fukushima. En orange, il est écrit : « Soutenons les agriculteurs de Fukushima ! »

... que nous vivons désormais dans « la société du risque » pour reprendre le titre d'un ouvrage d'Ulrich Beck qui a théorisé cette idée. La société du risque, selon lui, c'est une société où l'état d'exception menace d'y devenir un état normal. Dans le cas présent, les normes de protection sont bouleversées pour limiter la surface de la zone d'évacuation et permettre l'illusion d'un retour à la normal.

Ainsi, le taux de radioactivité dans l'air comme au sol excède par endroits de dix à vingt fois le taux de contamination internationalement admis comme acceptable pour la population civile, soit 1 mSv/an. Dès le mois d'avril 2011, les autorités ont relevé cette norme à 20 mSv/an dans la région la plus polluée, et il est actuellement question de la faire passer à 100 mSv/an ! Même chose dans l'alimentation, où le taux d'acceptabilité maximal de la radioactivité a varié.

Cette stratégie de communication a disposé en 2014 d'un budget de plus 2 millions d'euros. Cela a permis, si j'ose dire, « d'éduquer » aux risques sanitaires pour mieux rassurer, par le biais, par exemple, de l'organisation d'ateliers sur la radioactivité et le cancer destinés aux écoliers des classes primaires de la région de Fukushima, de la distribution de manuels scolaires apprenant à gérer la vie dans un environnement contaminé, ou encore de campagnes télévisuelles pour des produits frais en provenance de la zone contaminée vantant

l'efficacité de la décontamination, qui n'a toujours pas été prouvée.

Cette stratégie repose sur un programme déjà appliqué à Tchernobyl.

C. A.-B. : Les acteurs impliqués dans la gestion du désastre japonais sont en partie les mêmes que ceux qui ont « géré » la crise nucléaire de Tchernobyl. C'est le cas notamment de Jacques Lochard, directeur du CEPN (Centre d'étude sur l'évaluation de la protection dans le domaine nucléaire), ainsi que du docteur Yamashita Shunichi, membre de la commission d'enquête sanitaire, l'un des premiers à avoir prôné le relèvement de la norme de sécurité à 100 mSv/an, ou encore du professeur Niwa, de l'université médicale de Fukushima. Ce psychiatre argumente en faveur d'un retour des habitants en réponse aux taux de dépression et de suicide croissants liés à la douleur de l'éloignement de leur pays natal. De fait, les réfugiés sont privés de liberté de décision sur leur propre sort puisqu'on ne leur donne ni les moyens de pouvoir partir ni ceux de se réintégrer totalement. Autrement dit, on les contraint à devoir gérer leur quotidien dans un environnement contaminé.

C'est justement l'objet du programme Ethos Fukushima, qui fait suite au programme Ethos Tchernobyl, l'un comme l'autre dirigés par Jacques Lochard et dans lesquels les docteurs Yamashita et Niwa jouent un rôle fondamental. Ce programme est basé sur le calcul du coût/bénéfice en matière de radioprotection et vise à apprendre aux habitants à gérer leur quotidien dans un environnement contaminé, la migration étant jugée trop coûteuse.

Ce programme a également pour but de relancer l'économie dans les régions touchées par la catastrophe, en incitant à la consommation de produits alimentaires issus des zones contaminées. Des accords sont ainsi

passés avec des chaînes de supermarchés présentes sur l'ensemble du territoire et qui orientent leur distribution vers la vente d'articles quasi exclusivement en provenance des territoires touchés.

Comment réagissent les populations concernées ?

C. A.-B. : Ce lavage de cerveau fonctionne en partie, même si la résistance est de taille compte tenu de l'enjeu sanitaire. Il est vrai que cette politique de communication va très loin dans la manipulation des esprits. C'est ainsi que sont organisés des ateliers qui consistent à faire redécouvrir aux enfants qui sont partis la culture du terroir de leur origine. Du personnel administratif de la préfecture de Fukushima, entre autres des psychologues, prend donc contact avec des familles sur leur lieu de refuge, leur expliquant qu'ils souhaitent organiser des rencontres entre les enfants du même âge des anciennes classes dissoutes de la région afin qu'ils ne perdent pas contact. Là, ils les font cuisiner ensemble en leur expliquant, notamment, la provenance de chaque ingrédient (par exemple le terroir des grands-parents).

Ainsi, on crée la nostalgie chez l'enfant, que l'on culpabilise d'avoir abandonné ses amis et son pays natal. Tout cela est monté de toutes pièces, mais fonctionne malheureusement. L'enfant, alors qu'il commençait enfin à reconstruire de nouveaux repères dans sa ville d'accueil, rentre dans sa famille en demandant la date à laquelle ils vont retourner chez eux, à Fukushima... Certaines familles ne sont pas dupes et luttent pour l'organisation de réseaux d'accueil des réfugiés qui visent à les aider à mieux s'insérer et organisent des séances durant lesquelles on explique les pièges dans lesquels il ne faut pas tomber. **||**

EN ACTION



Le LHC reprend du service, les drones cherchent, l'électronique s'assouplit, les lasers montent en puissance et l'Inde se réapproprié les maths.

ILLUSTRATION : LEANDRO LIMA/OXY ILLUSTRATIONS POUR CNRS LE JOURNAL



Redémarrage du LHC : vers une nouvelle physique ?

Particules. Après deux ans de travaux, le grand collisionneur de hadrons a été remis en marche début avril, avant une reprise des expériences prévue au début de l'été. Tour d'horizon des découvertes espérées.

PAR SYLVAIN GUILBAUD

Les protons étaient fin prêts pour le tour de chauffe. Bientôt, quarante millions de ces particules s'entrechoqueront chaque seconde à l'intérieur du grand collisionneur de hadrons (LHC) du Cern, à la frontière franco-suisse, qui vient de redémarrer pour une nouvelle campagne de mesures. Lors de la précédente, qui s'est achevée en février 2013, cet accélérateur de particules avait permis de débusquer le boson de Higgs, la clé de voûte du « modèle standard », la théorie physique la plus précise à l'heure actuelle dans la description des interactions fondamentales. L'enjeu est désormais de dépasser les frontières de cette théorie pour découvrir des territoires inexplorés.

Pour atteindre ce but, les physiciens s'appuieront toujours sur les quatre grandes expériences qui analysent les collisions de protons qui se produisent dans le gigantesque anneau de 27 kilomètres de circonférence : Atlas, CMS, Alice

et LHCb. Mais cette fois, les collisions auront lieu à une énergie beaucoup plus grande : 13 TeV, soit 13 000 milliards d'électrons-volts, contre 8 TeV précédemment. Cette énergie libérée à chaque choc entre protons se transforme en masse, c'est-à-dire en une ribambelle de nouvelles particules. Plus l'énergie est grande, plus la probabilité d'observer des particules lourdes et rares augmente.

Cap sur la supersymétrie...

Ces nouvelles particules pourraient être celles de la supersymétrie, « l'hypothèse théorique favorite pour aller au-delà du modèle standard », explique Yves Sirois¹, responsable de l'expérience CMS pour la France. À chaque particule que nous connaissons correspondrait une particule jumelle dite supersymétrique. « Cela expliquerait la valeur de la masse du boson de Higgs que l'on a découvert, poursuit Yves Sirois. Cette valeur est très troublante parce qu'elle place le vide dans une situation instable, comme si l'Univers entier risquait de se désintégrer à chaque instant ! » Avec la supersymétrie, on saurait pourquoi le vide est aussi stable qu'on l'observe. « Cette théorie semble aussi nécessaire pour unifier toutes les interactions, y compris la gravitation », ajoute Costas Bachas², directeur du Laboratoire de physique théorique de l'ENS. « Neutralino, gluino, squark... Il y a tout un bestiaire supersymétrique que l'on pourrait découvrir avec le LHC », renchérit Laurent Vacavant³, responsable de l'expérience Atlas au Centre de physique des particules de Marseille. Sans oublier que, si la théorie de la supersymétrie s'avère juste, ce n'est pas un, mais cinq bosons de Higgs qui devraient exister !

1. Laboratoire Leprince-Ringuet (CNRS/École polytechnique). 2. Unité CNRS/ENS/UPMC. 3. Unité CNRS/Aix-Marseille Univ.

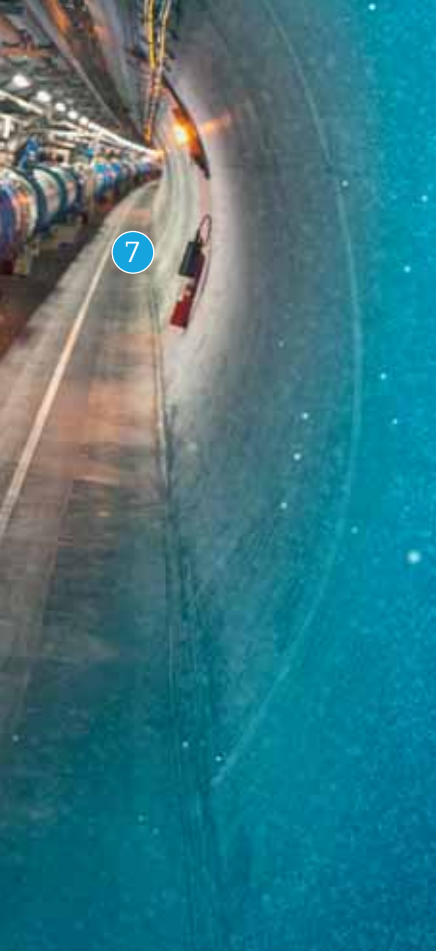


SCHÉMA DES AMÉLIORATIONS APPORTÉES AU LHC

1. De nouveaux aimants.
2. Des jonctions électriques renforcées.
3. Des aimants plus sûrs.
4. Des faisceaux d'énergie plus élevée.
5. Des faisceaux plus serrés.
6. Des groupes de protons plus petits mais plus rapprochés.
7. Une tension plus haute.
8. Un système cryogénique amélioré.
9. Une électronique qui résiste aux radiations.
10. Un vide plus sûr.

© 2015 CERN

Certaines de ces particules seront peut-être trop lourdes pour être directement découvertes, même avec plus d'énergie. « *Lenjeu scientifique du LHC n'est pas seulement de trouver de nouvelles particules*, prévient Tiziano Camporesi, porte-parole de l'expérience CMS, *la grande majorité des résultats que nous publions concernent des mesures de précision.* » Plutôt que de guetter l'arrivée d'un nouveau spécimen de particules, il s'agit de mesurer dans les plus fins détails ce que l'on connaît de la théorie pour traquer d'éventuels écarts par rapport aux prédictions. Ces écarts trahiraient l'existence de nouvelles particules ou de nouveaux phénomènes sous-jacents. Pour cela, il n'y a pas que l'énergie qui compte, la capacité à accumuler des données aussi. Avec un nombre de collisions par seconde multiplié par deux, le LHC nouvelle saison offrira aux physiciens la possibilité de réaliser des analyses statistiques plus poussées des événements rares. Un exemple avec le boson de Higgs : on connaît sa masse avec une précision extraordinaire, et on sait qu'il donne leurs masses aux autres particules en interagissant avec elles. Mais on ne connaît pas aussi précisément la valeur de tous ces couplages. Or, une fois créé, ce boson peut se désintégrer en plusieurs particules, selon divers « canaux », certains plus probables que d'autres. « *En observant les canaux de désintégration rares du boson de Higgs, on pourrait voir un léger décalage avec nos prédictions qui serait le signe d'une nouvelle physique* », espère Ursula Bessler, directrice adjointe scientifique à l'Institut national de physique nucléaire et de physique des particules du CNRS.

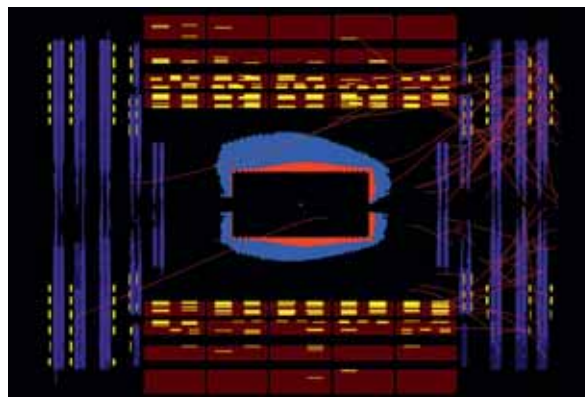
Le LHC aidera peut-être à résoudre quelques-uns des grands mystères qui perdurent dans notre compréhension du cosmos. La matière noire, par exemple, qui compose

plus d'un quart de l'énergie de l'Univers, reste indétectable malgré les effets gravitationnels à l'échelle des galaxies qu'elle cause. De quoi est-elle faite ? Si elle est constituée de particules massives, celles-ci n'interagissent que très peu avec la matière ordinaire. Dans le cas où elles apparaîtraient après une collision, elles s'échapperaient donc du détecteur sans être vues. « *Mais en faisant un bilan d'énergie, nous constaterions un manque que nous pourrions attribuer à la matière noire. Une particule supersymétrique comme le neutralino serait un bon candidat, mais il y en a d'autres* », souligne Yves Sirois.

... et sur la mystérieuse antimatière

Une autre grande question est celle de l'antimatière, dont on connaît déjà l'existence. À toute particule de matière correspond une particule d'antimatière, similaire mais de charge opposée. Le Big Bang devrait avoir créé matière et antimatière dans les mêmes proportions. Pourquoi y a-t-il donc tant de matière et si peu d'antimatière dans l'Univers ? Comprendre les subtilités des interactions fondamentales, notamment avec l'expérience LHCb, apportera peut-être des indices à ce problème épineux. L'expérience Alice reconstituera, elle, le plasma quarks-gluons qui a régné dans l'espace moins d'une microseconde après le Big Bang. Les quarks, ce sont ces particules élémentaires de matière assemblées entre elles par les gluons pour constituer d'autres particules comme les protons et les neutrons. Aujourd'hui liés, quarks et gluons ont pu se déplacer librement dans ce court instant chaud et dense qui a suivi la naissance de l'Univers ; des conditions recréées au LHC à chaque collision.

Les théoriciens imaginent découvrir beaucoup d'autres phénomènes plus exotiques : un boson de Higgs « composite », des traces de dimensions spatiales supplémentaires, des signatures de microtrous noirs... Mais il reste aussi la possibilité que l'on n'observe aucune trace d'une nouvelle physique. « *Personne ne le souhaite, mais cette non-découverte serait aussi un résultat*, indique Costas Bachas. *N'excluons rien. Peut-être même y aura-t-il une surprise que personne n'a prévue ?* » Réponse dans plusieurs mois, voire plusieurs années, le temps d'analyser les données. ■



© 2015 CERN, FOR THE BENEFIT OF THE CMS COLLABORATION

► Le détecteur CMS a vu circuler son premier faisceau de protons le 5 avril dernier.

TERRE ● NUMÉRIQUE ■

Ces drones qui volent pour la recherche

PAR LAURE CAILLOCE



Les drones ne servent pas qu'à survoler illégalement Paris ! Biologistes, architectes ou météorologues s'en emparent pour mener de nouveaux projets. Leur coût désormais accessible, leur maniabilité et leur poids plume en font un outil rêvé pour ces chercheurs qui y embarquent caméras et capteurs miniaturisés. Dotés de GPS et d'outils de navigation, les drones sont même capables de suivre un plan de vol pré-enregistré... Dans quelques années, ce sont ainsi des flottes d'engins que les chercheurs pourront déployer dans le ciel pour collecter toujours plus de données ! En attendant ces escadres d'un genre nouveau, zoom sur cinq projets menés actuellement au CNRS.

✚ Lire l'intégralité de l'article sur lejournal.cnrs.fr



© D. GRÉMILLET/CFEE

RECENSER LA FAUNE SAUVAGE

Les biologistes se sont appropriés les premiers cet outil idéal pour effectuer le comptage de populations animales. « Il est indispensable de ne pas déranger les animaux, indique David Grémillet, biologiste au Centre d'écologie fonctionnelle et évolutive¹, dont l'équipe vient de conduire un test auprès d'une population de flamants roses de Camargue. Nous voulions savoir jusqu'où nous pouvions aller sans provoquer de réaction de la part des oiseaux. Nous avons donc varié les angles, la vitesse d'approche, la couleur du drone et la distance finale entre le drone et les flamants. » Les résultats ont réservé une surprise aux chercheurs, puisqu'ils ont pu approcher l'appareil jusqu'à 4 mètres des oiseaux sans que

▶ Drone survolant un groupe de flamants roses en Camargue.

ceux-ci ne montrent de réaction de stress, probablement parce que l'objet ne ressemble à aucun prédateur connu. À terme, les drones pourraient aussi permettre de télécharger les données des appareils de mesure fixés sur les individus en liberté – position GPS, fréquence cardiaque, dépense énergétique, température... – sans avoir à les recapter.

PERCER LES SECRETS DES NUAGES

Comment les nuages se forment-ils, comment évoluent-ils, qu'est-ce qui déclenche la pluie ? Les drones pourraient bientôt apporter une réponse à ces questions. À l'horizon 2017, le projet SkyScanner, conduit notamment par le Centre national de recherches météorologiques (CNRM) et le Laboratoire d'analyse et d'architecture des systèmes (LAAS) du CNRS, ambitionne de faire voler au cœur de ces nébulosités trois drones capables de communiquer entre eux. « Nous en sommes encore au stade de la démonstration, explique Greg Roberts, spécialiste des interactions aérosols-nuages au CNRM-Game². Au final, nous envisageons de faire voler des flottes de dizaines de drones qui enregistreront

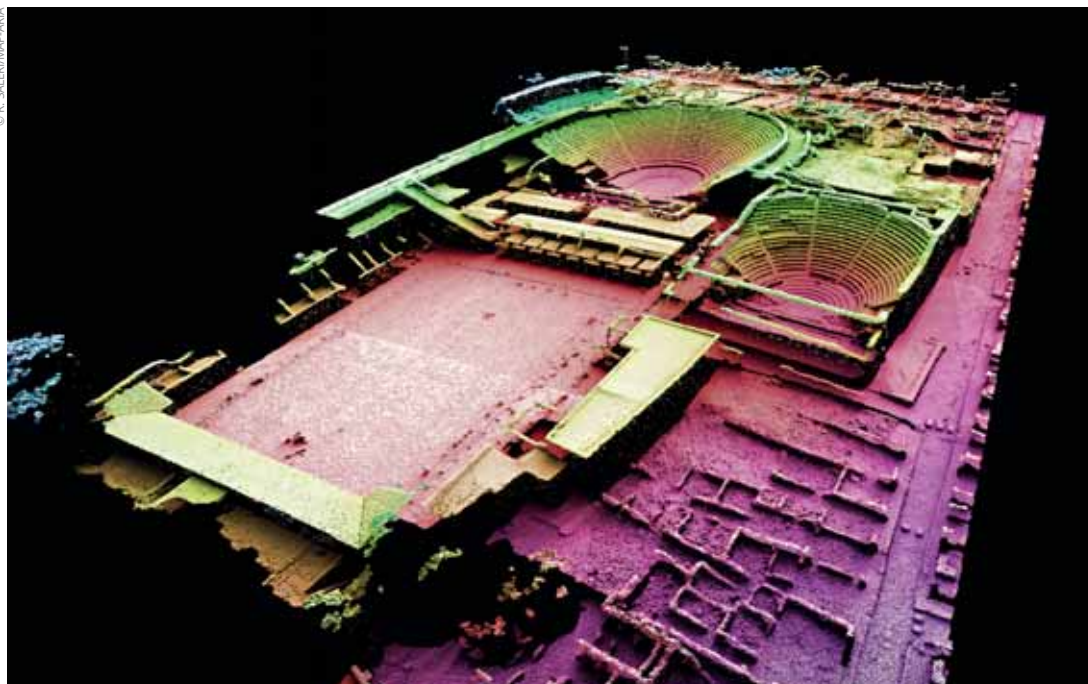
en simultané toutes les données pertinentes : température, humidité et pression, rayonnement solaire, turbulences, nombre d'aérosols, taille des gouttelettes d'eau... »

1. Unité CNRS/Univ. de Montpellier/Univ. Paul-Valéry/SupAgro Montpellier/EPHE/IRD/Inra. 2. Groupe d'étude de l'atmosphère météorologique (CNRS/Météo France). 3. Unité CNRS/MCC. 4. Unité CNRS/UBO. 5. La France est dotée depuis 2012 d'une loi réglementant l'usage des drones : altitude maximale autorisée, zones de survol interdites... Un certificat délivré par la Direction générale de l'aviation civile est nécessaire pour manœuvrer ces engins. 6. Unité CNRS/Univ. Toulouse Jean-Jaurès/MCC/EHESS/Inrap.

MODÉLISER LE PATRIMOINE

Produire un relevé pierre à pierre de la zone des théâtres à Pompéi, soit 15 000 m² de ruines, grâce à un vol de drone de 50 minutes : c'est le défi qu'ont relevé les architectes du laboratoire Modèles et simulations pour l'architecture et le patrimoine (MAP)³. « En tout, 850 photos ont été prises suivant un plan de vol très précis télé-chargé sur le drone, raconte Renato Saleri. Nous avons ensuite utilisé un logiciel de photogrammétrie, un procédé dérivé des outils utilisés par l'IGN [l'Institut national de l'information géographique et forestière], pour produire le document final. » Le principe : exploiter les très fortes redondances entre les clichés (80 % minimum) pour rendre le relief et reconstituer les ouvrages en 3D. Le document produit après 24 heures de calcul permet de constituer des archives qui serviront notamment pour les travaux de restauration futurs.

▼ Il a fallu 50 minutes de vol et 850 clichés pour modéliser la zone des théâtres à Pompéi.



ÉTUDIER L'ÉROSION DU LITTORAL

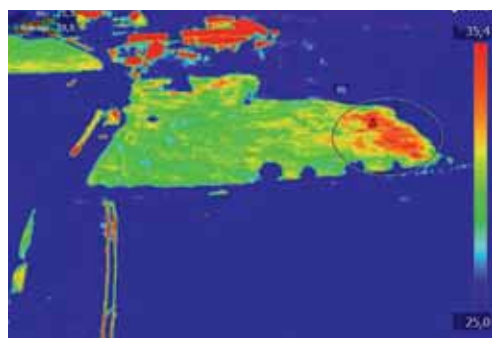
Face à l'assaut répété des tempêtes, les plages de l'Atlantique voient leur surface diminuer inexorablement. Un phénomène que les scientifiques du laboratoire Domaines océaniques (LDO)⁴ ont pour mission de mesurer. Pour ce faire, les drones sont un allié de choix. « En faisant voler ces appareils entre 0 et 150 mètres, la limite autorisée par la loi⁵, on obtient des cartographies avec des résolutions de moins de 3 centimètres », précise Jérôme Ammann, du LDO. Couplés aux vues prises par les imageurs sous-marins, ces clichés permettent de modéliser la plage en 3D et d'étudier la mécanique de l'érosion. Les drones volent en auto-pilote, suivant un plan de vol établi qui sera répété d'une année sur l'autre pour faciliter les comparaisons. La précision des informations récoltées et le temps gagné sont incomparables : « Avec une balise GPS, il fallait deux jours pour couvrir une plage à pied. Aujourd'hui, le drone s'acquitte de la même tâche en un quart d'heure ! », se félicite Jérôme Ammann.

TRAQUER LES VESTIGES ENFOUIS

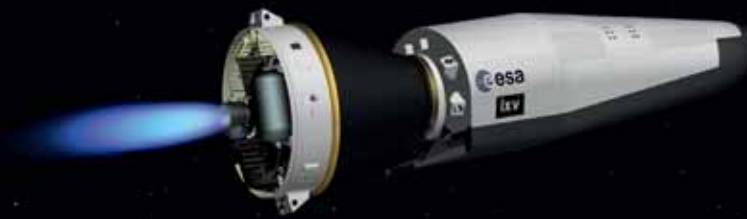
Jusqu'à présent, on utilisait l'avion pour tenter de déceler les traces de vestiges archéologiques enfouis dans les champs. Désormais, ce sont les drones qui prennent le relais. Avantage : « Ils permettent de répéter les survols

autant de fois que nécessaire et d'approcher au plus près des surfaces à explorer », explique Nicolas Poirier, du laboratoire Travaux et recherches archéologiques sur les cultures, les espaces et les sociétés (Traces)⁶. Ils sont équipés d'appareils photo numériques classiques ou de caméras thermiques à infrarouge, remises au goût du jour depuis l'arrivée de ces engins. « La thermographie a été testée en archéologie dans les années 1970 et abandonnée car trop compliquée à utiliser dans les avions, explique le chercheur. Aujourd'hui, ces caméras sont numériques, miniaturisées et permettent de détecter les anomalies thermiques du sol causées par la présence de fondations. » Le principe : les murs présentant une plus grande inertie thermique que les sédiments, ils se réchauffent moins vite quand la température augmente, et inversement. Les caméras peuvent aussi détecter les variations thermiques des céréales dans un champ : les plants dont les racines buttent sur des fondations souffrent de stress hydrique et chauffent plus que les autres. « Avec cette technique, on voit carrément apparaître le plan des bâtiments, c'est magique ! », s'enthousiasme le chercheur. À terme, les scientifiques de Traces espèrent utiliser les drones dans l'archéologie préventive pour repérer les sites enfouis avant même l'entrée en scène des bulldozers. ||

▲ Grâce aux caméras thermiques embarquées à bord de drones, on peut repérer les fondations de sites archéologiques.



© N. POIRIER/TRACES



► Vue d'artiste de l'IXV en vol lors de l'allumage de ses propulseurs.

UNIVERS

Une navette spatiale pour l'Europe

PAR JULIEN BOURDET

C'est un drôle d'engin qui s'est élançé le 11 février de la base spatiale de Kourou en Guyane. Baptisé IXV (pour Véhicule expérimental intermédiaire), cet appareil sans pilote et sans ailes, développé par l'Agence spatiale européenne (ESA), a été mis sur orbite par une fusée avant de redescendre en vol plané. Capable de revenir intact sur Terre, il préfigure le premier vaisseau européen de transport spatial réutilisable. Ses successeurs pourraient ravitailler la Station spatiale internationale, mais aussi ramener du fret sur Terre, réparer des satellites ou encore récupérer des échantillons provenant de Mars. Dans un avenir plus lointain, l'IXV pourrait même servir de modèle à un engin de transport des astronautes. Aujourd'hui, l'Europe s'appuie sur la Russie et les États-Unis pour envoyer ses hommes dans l'espace. Mais « si l'Europe décide un jour de devenir indépendante, l'ESA devra être prête technologiquement, explique Isabelle Sourbès-Verger, du Centre Alexandre-Koyré¹. L'objectif de cette mission consiste donc à acquérir la capacité de revenir sur Terre depuis l'espace ». Avant d'en arriver là, l'IXV devait d'abord réussir un vol test de 100 minutes. Après avoir atteint une altitude de plus de 400 kilomètres, l'engin de 5 mètres de long et

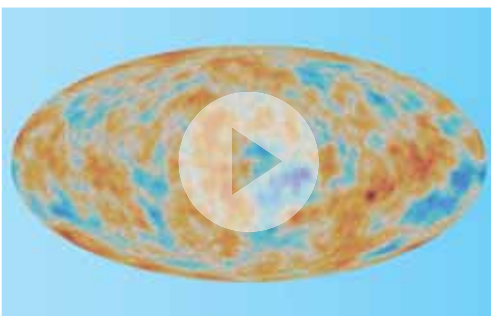
de 2 mètres de large est rentré dans l'atmosphère terrestre à une vitesse de 7,5 km/s. Ses propulseurs et ses volets inclinables lui ont permis de contrôler sa trajectoire, et ses parachutes, d'amerrir dans le Pacifique. L'IXV a recueilli une multitude de données sur son aérodynamisme, le fonctionnement des systèmes de contrôle de vol et l'échange de chaleur entre les gaz de l'atmosphère et sa surface. Le bouclier thermique de l'IXV, constitué de fibres de carbone placées à l'intérieur d'une matrice de céramique faite en carbure de silicium, « a été conçu pour résister à de très hautes températures en s'abîmant le moins possible », explique Marianne Balat-Pichelin, du laboratoire Procédés, matériaux et énergie solaire du CNRS, à Odeillo. Pour reproduire ces températures, les chercheurs ont placé les échantillons au foyer du four solaire d'Odeillo et montré que le bouclier thermique ne subissait aucune altération jusqu'à 1800°C². Le prochain test devrait avoir lieu vers 2020 avec un prototype capable de se poser sur un sol dur. II

+

Lire l'intégralité de l'article sur lejournal.cnrs.fr

1. Unité CNRS/EHESS/MNHN. 2. « Passive/Active Oxidation Transition for CMC Structural Materials Designed for the IXV Vehicle Re-entry Phase », M. Balat-Pichelin et al., *J. Eur. Ceram. Soc.*, fév. 2015, vol. 35 (2) : 487-502.

Vidéo



+

Visionner la vidéo sur lejournal.cnrs.fr

UNIVERS

La jeunesse de l'Univers dévoilée par Planck

Le satellite européen Planck a cessé de collecter des données depuis le mois d'août 2013, mais l'analyse de ses nombreuses observations va continuer d'occuper les astrophysiciens pendant encore une bonne dizaine d'années. Ainsi, il y a deux ans, les chercheurs de la collaboration Planck ont publié la carte la plus précise jamais établie des variations de température du fond diffus cosmologique, la toute

première lumière émise jusqu'à nous par l'Univers, 380 000 ans après le Big Bang. Les astrophysiciens s'intéressent désormais à la polarisation de ce rayonnement fossile, un phénomène qui est dû à l'interaction de la lumière avec la matière qu'elle a traversée. Ils sont ainsi en mesure de retracer l'histoire mouvementée de notre Univers depuis sa plus tendre enfance jusqu'à aujourd'hui.

Quand les citoyens imaginent la science

VIVANT  SOCIÉTÉS 

Sciences participatives. Permettre aux citoyens de proposer des sujets de recherche, c'est l'objet des forums ouverts organisés par le Muséum national d'histoire naturelle et le CNRS.

PAR LAURE CAILLOCE

Vous organisez une série de trois forums ouverts sur la biodiversité, dont les deux premiers se sont tenus en avril à Paris et à Corte. De quoi s'agit-il ?

Anne-Caroline Prévot¹ : Nous nous plaçons dans la continuité des Observatoires participatifs de la biodiversité créés dans le cadre du programme Vigie-Nature du Muséum national d'histoire naturelle. Ceux-ci permettent de collecter des données essentielles sur les papillons, les oiseaux ou encore les zones littorales grâce aux observations fournies par des milliers de citoyens. Avec les forums ouverts, nous franchissons une étape supplémentaire, car nous demandons au grand public de définir lui-même le thème d'un nouvel observatoire dédié au changement climatique et à la biodiversité. Le but est de brasser les propositions de personnes venues de tous les horizons pour faire émerger des thématiques inédites. Le forum a été pensé pour trouver une réponse à une question complexe en un minimum de temps en sollicitant un maximum de personnes.

Comment fonctionne précisément un forum ouvert ?

A.-C. P. : Le concept a été imaginé aux États-Unis et commence à être utilisé



▼ Lors d'un forum ouvert, les participants peuvent afficher leurs idées sur un grand mur.

en France. L'idée, c'est que la parole de chacun a le même poids, qu'il soit expert ou simple citoyen. Personne ne sait qui sont les autres participants, ce qui facilite les échanges. On commence la journée en se mettant en cercle. Les personnes qui ont des idées les affichent sur un grand mur. Puis les participants décident du thème qu'ils souhaitent approfondir. C'est le deuxième temps, celui de la discussion en petits groupes. À la fin de la session, chaque groupe fait une restitution de ce qui a été dit et on vote pour un projet.

Les trois forums se déroulent sur une seule journée. C'est suffisant pour trouver LA bonne idée ?

A.-C. P. : C'est le principe du forum ouvert : les personnes qui sont là sont les bonnes personnes, et la réponse trouvée dans le temps imparti, la bonne réponse. Le Muséum s'est engagé à créer l'observatoire imaginé

au cours de ces sessions dès 2016. Concrètement, les journées sont scindées en deux : la matinée permet de choisir le thème de l'observatoire, et l'après-midi, d'esquisser les protocoles d'observation. Puisqu'il y a trois journées, ce sont trois projets qui vont émerger. Le Muséum, associé au CNRS, fera son choix parmi ceux-ci.

Qu'attendez-vous de ces brainstormings géants ?

A.-C. P. : Nous n'avons aucune idée de ce qui pourra arriver. Nous espérons être surpris et, si possible, voir émerger des questions que nous ne nous serions jamais posées tout seuls ! ||



Forum ouvert sur le changement climatique et la biodiversité, le 9 juin, à Marseille



Lire l'intégralité de l'article sur lejournal.cnrs.fr

» www.forumsouverts-cop21.fr

1. Chercheuse au Centre d'écologie et des sciences de la conservation (CNRS/MNHN/UPMC).



Apollon, un laser au zénith

UNIVERS

MATIÈRE

Physique. Une fois sa construction achevée sur le site de Paris-Saclay, Apollon sera le laser le plus puissant du monde. Les premières expériences ouvertes aux utilisateurs sont prévues pour 2018.

PAR MARTIN KOPPE

PÉTAWATT

Un pétawatt vaut 10^{15} watts, soit un million de milliards de watts.

Quand on ambitionne d'être le laser le plus puissant du monde, on peut bien porter le nom d'un dieu solaire. Apollon, dont l'assemblage final est prévu en juin, doit en effet devenir le premier laser à atteindre 5 **pétawatts**, soit cinq fois plus que les meilleurs lasers du marché. Il est même configuré pour atteindre 10 pétawatts ! Un véritable fleuron technologique, étape essentielle du projet européen Extreme Light Infrastructure, qui confirme la très bonne place de la France dans la course planétaire aux lasers géants. « Dans le cas d'Apollon, c'est l'intensité du faisceau lumineux et du champ électrique correspondant qui atteindra des records », précise Pascale

Roubin, directrice adjointe scientifique de l'Institut de physique du CNRS.

Porté par le CNRS en partenariat avec l'École polytechnique, le CEA, et l'IOGS, l'Ensta et l'université Paris-Sud, le projet est financé par la Région Île-de-France et le conseil général de l'Essonne. Il a impliqué plusieurs laboratoires du plateau de Saclay¹ depuis son lancement en 2006. Il est coordonné au sein du Luli, le Laboratoire pour l'utilisation des lasers intenses. Une collaboration loin d'être superflue pour doter Apollon de ses caractéristiques record, celles-ci réclamant des efforts importants sur les trois éléments clés des lasers : le faisceau primaire ou faisceau pilote, l'amplification de ce faisceau

1. Laboratoire Charles-Fabry (CNRS/Institut d'optique Graduate School), Laboratoire d'optique appliquée (CNRS/Ensta ParisTech/École polytechnique), Laboratoire pour l'utilisation des lasers intenses (CNRS/CEA/École polytechnique/UPMC), Laboratoire Leprince-Ringuet (CNRS/École polytechnique).

2. Site de l'ancien accélérateur linéaire de Saclay du CEA.

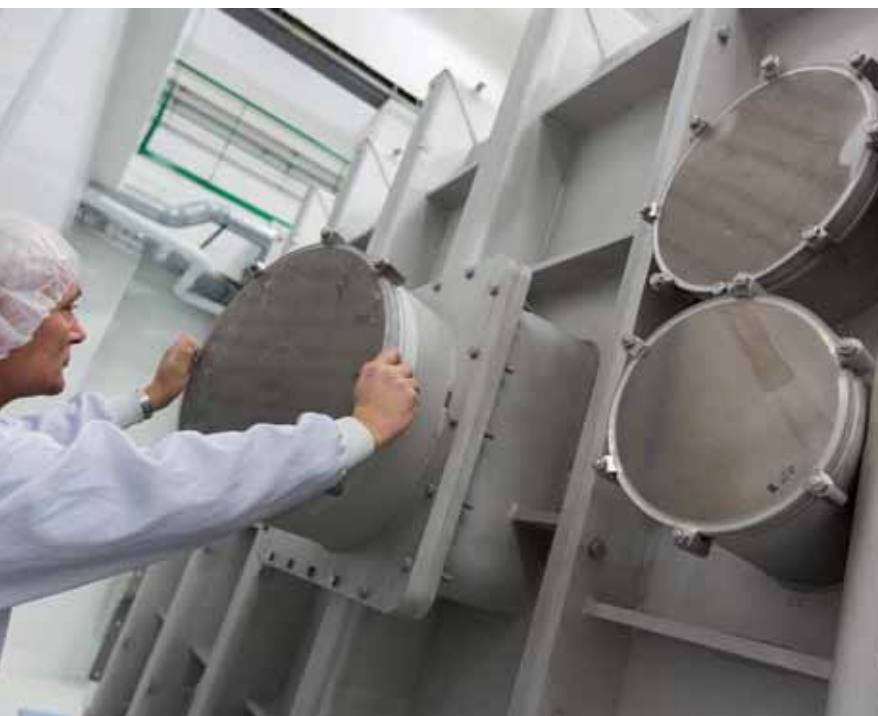
► Jean-Michel Boudenne, responsable du bureau d'études du Luli, au milieu de l'enceinte de compression.



© D. FOURNET/LULI

▼ Ces cristaux de saphir dopé au titane (TiSa) utilisés pour l'amplification mesurent entre 15 et 175 mm de diamètre.

▲ L'une des sorties du faisceau compressé.



© J. BARANDÉCOLE POLYTECHNIQUE

et sa compression. Une gageure car, pour des lasers de cette taille, il est particulièrement ardu de contrôler tous les éléments optiques qui permettent de produire et de transporter les faisceaux de photons, de maîtriser leur qualité sur de grandes surfaces ainsi que la croissance de très grands cristaux.

À la poursuite du vide

Pas moins de 4 000 m² ont été réservés à Apollon sur le site de l'Orme des Merisiers². À elle seule, la salle laser mesure 750 m², auxquels il faut ajouter deux salles radio-protégées de 250 et de 400 m². Les chercheurs espèrent atteindre une énergie de 140 joules à la fin de l'année. Les premières manipulations devraient avoir lieu en 2017, après le passage en régime **femtoseconde**, suivies

d'une montée en puissance et des expériences ouvertes aux utilisateurs en 2018.

Mais quel est l'intérêt de produire un tel laser ? Pour François Amiranoff, ancien directeur de Luli et actuel responsable du projet Apollon, il s'agit d'explorer de nouveaux pans de la physique. Parmi ceux-ci, la physique relativiste, c'est-à-dire le fonctionnement de la matière lorsque les particules se déplacent à une vitesse proche de celle de la lumière. « Apollon nous permettra d'obtenir des sources d'électrons et d'ions de très forte énergie, s'enthousiasme-t-il. Alors que le record actuel pour des ions est de l'ordre de la centaine de mégaelectronvolts, on pourrait atteindre plusieurs gigaélectronvolts. Nous restons dans le domaine de la science fondamentale et, même si

les applications pour la société ne sont pas pour tout de suite, les possibilités sont nombreuses. »

Ces sources de rayonnements et de particules permettront en effet d'étudier et de simuler différents mécanismes liés à des événements cosmiques violents : supernovæ, pulsars, sursauts de rayons gamma... La brièveté des impulsions donne également la possibilité d'observer des phénomènes de l'ordre de la femto ou de l'**attoseconde**, durée caractéristique de la rotation d'un électron autour d'un noyau. Mais le laser Apollon ouvre également des possibilités dans le domaine des propriétés physiques du vide.

« Le vide n'est pas vide, poursuit François Amiranoff. Il y a en permanence des particules dites virtuelles qui se créent et qui s'annihilent, en particulier des paires électrons-positrons. Elles se recombinent en un temps extrêmement bref, mais un champ électrique suffisamment fort pourrait les séparer avant qu'elles ne se recombinent et forcer leur transformation en particules réelles. Il faut pour cela un laser puissant que l'on puisse focaliser sur de toutes petites dimensions. »

FEMTOSECONDE

Une femtoseconde vaut 10⁻¹⁵ secondes, soit un millionième de milliardième de seconde.

ATTOSECONDE

Une attoseconde vaut 10⁻¹⁸ secondes, soit un milliardième de milliardième de seconde.

Des applications variées

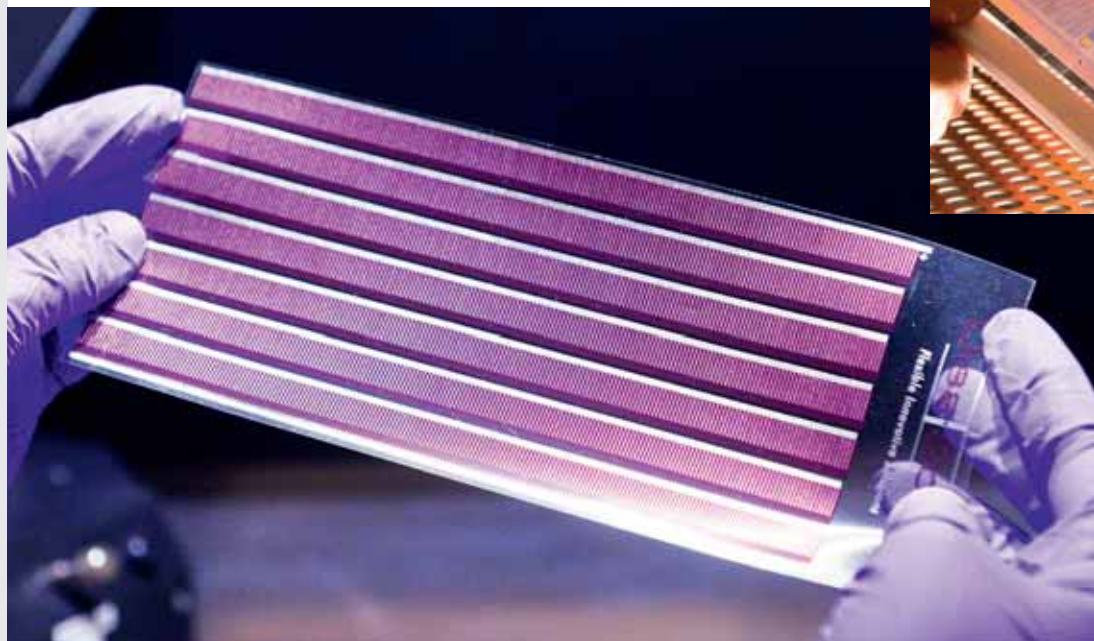
Les chercheurs s'interrogent aussi sur la capacité d'un laser aussi puissant à traiter les déchets nucléaires. Les lasers peuvent aider à produire des réactions nucléaires et ainsi raccourcir la durée pendant laquelle les déchets restent radioactifs. Il faut cependant que l'énergie nécessaire ne soit pas excessive. Ces faisceaux sont également envisagés pour l'imagerie médicale ou le traitement des tumeurs. Toutes ces applications passent par un important travail en amont et par le développement de nouveaux lasers plus économiques et à plus haute cadence. Et Apollon constitue une étape importante sur cette voie. Rendez-vous en 2018 pour les premières expériences. II

+ Lire l'intégralité de l'article sur lejournal.cnrs.fr

MATIÈRE ◀ NUMÉRIQUE ▶

Électronique. Écrans flexibles, capteurs intégrés dans des encres, cellules photovoltaïques enroulables... S'agit-il de simples gadgets ou l'électronique organique promet-elle une révolution technologique ?

▶ Panneau solaire organique flexible fabriqué par la start-up française DisaSolar.



Demain, l'électronique flexible ?

PAR JONATHAN RANGAPANAIKEN

Vous en avez certainement croisé en faisant vos achats : les télévisions courbées de quelques millimètres d'épaisseur en font rêver plus d'un... À leur origine, la technologie Oled, une diode dite organique, ambassadrice d'une nouvelle électronique. Si les composants minéraux, en particulier le silicium, restent omniprésents, le marché de l'électronique organique est en plein essor : il est évalué à plus de 20 milliards de dollars et de nouvelles applications sont encore à venir. L'alternative à l'utilisation des minéraux est apparue en 2000, lorsqu'Alan J. Heeger, Alan G. MacDiarmid et Hideki Shirakawa ont reçu le prix Nobel de chimie pour la découverte des polymères conducteurs.

Les polymères, ce sont ces très longues molécules, issues du vivant ou synthétisées en laboratoire, qui composent les matières plastiques, les fibres naturelles, les caoutchoucs, les colles ou encore les peintures. « Ces matériaux étant manipulables sous forme d'encre, on a envisagé très vite d'imprimer des circuits à bas coût avec des imprimantes à jet d'encre sur des supports souples de grande

surface. Une opération inaccessible avec la rigidité du silicium », raconte Lionel Hirsch, chercheur au Laboratoire de l'intégration du matériau au système¹ et directeur du groupement de recherche Électronique organique. Dès lors, on a assisté à une poussée de technologies organiques. Figure de proue de cette nouvelle vague, l'Oled a envahi nos écrans. Elle présente d'excellents contrastes, permet des écrans ultraplats, courbes et même flexibles... Au vu de ses caractéristiques, elle pourrait bien un jour dominer le marché.

Des encres qui réagissent au toucher

Autre champ d'application, celui des capteurs et dispositifs souples imprimés. « Chez Arkema, nous avons, par exemple, mis au point des encres pour des capteurs de pression et de température ou des encres qui réagissent au toucher », décrit Ian Cayrefourcq, directeur des technologies émergentes au sein de cette société partenaire du CNRS. La technique n'est cependant pas complètement mature. « Le problème majeur des matériaux organiques réside dans leur

1 et 3. Unité CNRS/Univ. de Bordeaux/Bordeaux Aquitaine INP. 2. « Thermal Stabilisation of Polymer-Fullerene Bulk Heterojunction Morphology for Efficient Photovoltaic Solar Cells », L. Derue et al., *Adv. Mat.*, 3 sept. 2014, vol. 26 (33) : 5831-5838. 4. « Block Copolymer as a Nanostructuring Agent for High-Efficiency and Annealing-Free Bulk Heterojunction Organic Solar Cells », C. Renaud et al., *Adv. Mat.*, 24 avril 2012, vol. 24 (16) : 2196-2201. 5. Fraunhofer Center for Organics, Materials and Electronic Devices Dresden. 6. Sous tutelle CNRS/Univ. de Bordeaux/Arkema/Bordeaux INP, en collaboration avec le CEA.



© ARIZONA STATE UNIVERSITY

► Et si demain, nous roulions notre tablette avant de la ranger dans notre sac ?

manque de stabilité et donc leur durée de vie. Prenons une cellule solaire. L'exposition au soleil et le chauffage modifient la taille et la structure des matériaux photovoltaïques organiques. On doit donc les encapsuler pour protéger les dispositifs, explique Lionel Hirsch, qui pointe les progrès en cours. Nous avons réussi cette année à mettre au point un additif qui insensibilise le matériau actif des cellules solaires organiques à la température². »

Le frein de l'encapsulation

L'encapsulation, aujourd'hui nécessaire à toutes les applications, est un frein à la flexibilité. « Les Oled dans les écrans sont encapsulées entre des plaques de verre, explique Georges Hadziioannou, chercheur au Laboratoire de chimie des polymères organiques³. Le verre est un bon encapsulant, mais il n'est pas flexible. L'enjeu de nos recherches est autant de rendre les matériaux actifs plus stables que d'améliorer l'encapsulation souple. Nous aussi, nous avons mis au point un nouvel additif qui améliore le rendement des cellules solaires tout en rendant leur fabrication compatible avec un support souple⁴. » Concernant les écrans, il faudra également remplacer un matériau leur permettant d'être tactiles : l'ITO (oxyde d'indium-étain), qui fait office d'électrode transparente et qui n'aime pas les flexions. Approchée par des collaborateurs allemands⁵, l'équipe de Georges Hadziioannou, en collaboration avec Arkema, a mis au point très récemment une encre conductrice qui forme un film transparent entièrement fait de polymères organiques. Les performances de souplesse et d'imprimabilité sont très prometteuses.

Dans cette compétition internationale autour de l'électronique imprimée, la France se dote de lieux de rencontre entre recherches publique et privée. Portée par George Hadziioannou, en collaboration avec Arkema, ElorPrintTec⁶ est une nouvelle plateforme bordelaise de plus de 1 000 m² dédiée aux technologies imprimées et souples de l'électronique organique. « Investir dans les technologies imprimées ne coûte pas aussi cher que d'investir dans les filières classiques. Les PME peuvent se lancer à moindre risque. L'accès à cette plateforme favorisera davantage ces investissements », explique le chercheur. Difficile de dire à l'heure actuelle quand ces nouveaux marchés dépasseront le stade de niche, mais Ian Cayrefourcq, comme les autres, est confiant, car « l'investissement engagé par les industriels du secteur high tech va être bénéfique à tous les domaines de l'électronique organique ». Encore un peu de patience, donc, avant de tordre votre smartphone dans tous les sens... II

En bref

Contrat d'objectifs

Le 26 mars, le Conseil d'administration du CNRS a adopté le contrat d'objectifs 2015-2018 entre l'État et l'organisme. Comme l'a rappelé Alain Fuchs, président du CNRS : « Tout établissement public de recherche conclut avec l'État des contrats pluriannuels qui définissent, pour l'ensemble de ses activités, les objectifs de l'établissement ainsi que les engagements réciproques des parties. L'exécution de ces contrats fait l'objet d'une évaluation. Ce contrat est un texte de compromis après de nombreuses consultations et discussions avec les organisations syndicales et notre tutelle. Ce n'est pas un texte de politique scientifique. »

Accord-cadre

Le CNRS vient de signer un nouvel accord-cadre avec le groupe Safran. Celui-ci permettra, au travers d'échanges collaboratifs, d'intensifier les efforts de recherche pour l'innovation. Il renforce celui conclu en 2008, qui avait déjà permis la signature de plus de 250 contrats de collaboration de recherche. En lien étroit avec Safran, plus de 110 laboratoires du CNRS participent déjà à des projets scientifiques allant de la physique des matériaux à la simulation numérique en passant par le stockage de l'énergie.

Classement

Le CNRS arrive à la première place du nouveau classement international des institutions scientifiques établi par la revue *Nature*. Ce palmarès repose sur le Nature Index, un indice basé sur le nombre d'articles publiés par institution dans 68 revues scientifiques « de haute qualité ». Avec 4 894 articles référencés en 2014, le CNRS devance l'Académie chinoise des sciences (3 114 articles) et l'Institut allemand Max Planck (2 944 articles).

Innovatives

Le 31 mars, chercheurs et industriels se sont retrouvés au siège du CNRS pour les Innovatives – le rendez-vous de l'innovation organisé par l'organisme –, dédiées cette fois-ci à la voiture du futur. Conférences, exposition et démonstrations leur ont permis d'échanger sur les recherches en cours en matière d'énergie, de sécurité, de matériaux ou encore d'autonomie du véhicule. Prochain rendez-vous : les Innovatives SHS, qui se tiendront à la Cité des sciences et de l'industrie, à Paris, les 16 et 17 juin prochains. Ces rencontres permettront de découvrir près de 70 projets de valorisation dans les domaines du patrimoine, de l'analyse territoriale, de l'éducation et de la santé.



Lire l'article « Quelle voiture pour demain ? » et voir l'infographie « Voiture et mobilité du futur » sur lejournald.cnrs.fr

» <http://innovatives.cnrs.fr>

L'Inde parie sur ses mathématiques

Les panneaux jaunes criards et les petites annonces pour cours de mathématiques placardés dans les rues bruyantes de Bangalore contrastent singulièrement avec la quiétude du campus arboré et très élitiste de l'Indian Institute of Science (IISc). Son département de mathématiques, niché dans un bâtiment studieux, encadré de bougainvilliers et de fuchsias, offre une vision contemplative de cette matière autrefois enseignée dans un sanscrit poétique. Cette image reflète assez bien la situation des sciences en Inde, et surtout celle des mathématiques : une discipline prestigieuse à maîtriser, coûte que coûte, faisant office de tremplin social pour une majorité d'individus. « *La compétition est d'une brutalité*

qu'on ne connaît plus en France, et ce dans tous les domaines, mais l'attrait pour les mathématiques s'est développé encore plus avec la libéralisation économique et le besoin d'ingénieurs », analyse le chercheur Pascal Weil¹, depuis Chennai, où il se rend depuis une vingtaine d'années.

Une discipline prestigieuse

Les mathématiques en Inde sont le fruit d'une histoire longue et riche (*lire l'encadré ci-contre*) et d'échanges précieux, notamment avec la France (*lire l'encadré p. 52*). Au moment de la proclamation de l'indépendance de l'Inde en 1947, bâtir une nation fondée sur la connaissance et l'auto-détermination était au cœur des priorités du Premier ministre Nehru et de

l'élite intellectuelle indépendantiste. C'est ainsi que sont nés les fleurons des institutions scientifiques indiennes : l'Indian Institute of Science (IISc), le Tata Institute of Fundamental Research (Tifr), l'Indian Statistical Institute (ISI), le Bhabha Atomic Research Centre (Barc) et le Chennai Mathematical Institute (CMI).

Mais de quelles mathématiques parle-t-on ? « *Il y a ceux qui pensent les maths de façon mathématique, la minorité, et ceux qui font des maths* », résume sobrement S. Akshay, maître de conférences à l'Indian Institute of Technology (IIT), à Mumbai, une école qui se compare à



© S. EELIS/PREDUX/REA

Polytechnique. Certes, la remise de la médaille Fields en 2014 à Manjul Bhargava, Canadien d'origine indienne, a fait des émules en Inde et suscité beaucoup d'émotion. Mais, sur les cent étudiants de S. Akshay, aucun ne se destine à la recherche : « *Ils ont choisi la filière qui étudie les fondements mathématiques de l'informatique, car l'examen d'entrée est parmi les plus difficiles en Inde. Mais sans connaître réellement la discipline !* » Selon lui, le manque d'information, la pression sociale et la compétition conduisent les jeunes Indiens à choisir les mathématiques par défaut. « *Les gens confondent tout : l'IIT,*

NUMÉRIQUE

International. Malgré des moyens réduits, l'Inde croit en ses mathématiques. Zoom sur cette discipline reine au pays des décimales et du zéro.

PAR CLEA CHAKRAVERTY

1. Laboratoire bordelais de recherche en informatique (CNRS/Univ. de Bordeaux/Bordeaux INP). 2. Le Tifr et l'IIT de Mumbai se sont associés pour organiser des stages ouverts aux étudiants sur concours. Lancé avec le soutien du National Board for Higher Mathematics, le Mathematics Training and Talent Search Programme est un système de stage ouvert à tous sur dossier. 3. IISc de Bangalore/Department of Science and Technology/CNRS/ENS de Paris/École polytechnique/Inria/Univ. de Nice-Sophia Antipolis/UPS.



la science informatique, les maths, la programmation et la réparation d'ordinateurs ! », ironise-t-il. Sans compter les nombreuses entreprises, de Google à Ernst & Young, qui recrutent parmi ses élèves en proposant des salaires exorbitants. Pas étonnant que peu d'entre eux choisissent la recherche.

Dans le reste du pays, l'éducation mathématique est « pathétique » selon les termes de R. Ramanujam, théoricien informatique de renom à l'Institute of Mathematical Sciences (IMSc), à Chennai. Dans les zones rurales, seul un élève sur deux en classe de quatrième sait faire des divisions, une situation imputable notamment à la dévalorisation du métier d'enseignants « pas ou peu formés, absents et sous-payés ». Ce chercheur milite pour une réforme poussée du système éducatif. Un espoir nourri par le développement

© CHRISTIES IMAGES/BRIDGEMAN IMAGES



▼ La vision cosmologique du jaïnisme a influencé les mathématiques indiennes.

▲ Les cours de soutien scolaire pour préparer le concours national d'entrée aux IIT sont pris d'assaut.

Une tradition millénaire

« On peut grossièrement diviser les écoles ainsi : la période védique (XV^e-VI^e av. J.-C.), la période jaïn (V^e av. J.-C.-II^e apr. J.-C.), la tradition Siddhanta (IV^e-V^e apr. J.-C.), le manuscrit Bakhshali

(VII^e-XII^e apr. J.-C.) et l'école dite du Kerala (XIV^e-XVII^e apr. J.-C.) », explique S. G. Dani, de l'Indian Institute of Technology de Mumbai, théoricien des nombres et auteur de nombreux textes sur l'histoire de cette science. Chaque période a fait l'objet de travaux significatifs, novateurs, souvent initiés autour de maîtres à penser ou influencés par la pratique rituelle ou la cosmologie. Théorie des nombres, catégorisation des infinis, théorèmes pythagoriciens, études des décimales font partie des grandes avancées mathématiques indiennes. Au XV^e siècle, l'école du Kerala anticipe les découvertes de Gregory, Leibniz et Newton. Le XX^e siècle connu également un nouvel essor avec le génie flamboyant de Srinivasa Ramanujan et les contributions d'intellectuels liés au mouvement indépendantiste. Mais, alertent les chercheurs, l'histoire des sciences en Inde, floue par manque de données, demeure en proie à une certaine récupération identitaire ultranationaliste, contre laquelle une vigilance scientifique s'impose aujourd'hui.

de nombreuses écoles alternatives et de programmes hors cursus² en mathématiques destinés à valoriser les élèves brillants issus de toutes les classes sociales.

Selon Govindan Rangarajan, enseignant en mathématiques appliquées à l'IISc de Bangalore et directeur de l'Indo-French Centre for Applied Mathematics (Ifcam)³, les jeunes désertent aussi le monde académique. Nitin Singh, docteur, a ainsi rejoint IBM à Bangalore tout en poursuivant une activité de recherche à l'IISc. « Je travaille sur l'optimisation et l'analyse de données. J'aurais aimé rester dans la recherche, cependant je n'ai pas trouvé de poste financièrement viable et prestigieux », explique-t-il.

Des investissements encore insuffisants

Ce manque de jeunes chercheurs peut aussi s'expliquer par le manque de moyens mis en place : pour la période 2011-2012, l'Inde n'a investi que 0,88 % de son PIB dans la R & D, malgré la promesse d'augmenter cette part à 2 % entre 2012-2017. Et seul un tiers des investissements provenait du secteur industriel en 2012. Le défi des années à venir est donc d'inverser la tendance. Govindan Rangarajan constate un frémissement avec une augmentation du nombre de doctorants : le double en dix ans. Depuis cinq ans, l'IISc et le CMI ont lancé des programmes équivalant au premier cycle universitaire en France en mathématiques pures et appliquées. Le gouvernement a aussi annoncé fin 2014 une augmentation du nombre ...

Une riche coopération franco-indienne

Depuis les années 1990, le Centre franco-indien pour la promotion de la recherche avancée (Cefipra), entité dédiée aux partenariats franco-indiens, subventionne différents programmes mathématiques. Par ailleurs, « deux instituts français, sous l'égide du CNRS et du ministère des Affaires étrangères, le Centre des sciences humaines et l'Institut français de Pondichéry, sont chargés de promouvoir les échanges mathématiques et statistiques, notamment appliqués aux sciences sociales, ajoute Srinivas Kaveri, directeur du bureau du CNRS à New Delhi. Le CNRS a aussi pour objectif de fournir les outils essentiels à la recherche à travers des structures miroirs entre laboratoires internationaux associés, réseaux et projets de coopération ». En témoignent les deux récents partenariats franco-indiens dans la discipline : l'Unité mixte internationale Indo-French Centre for Applied Mathematics (UMI Ifcam), qui sert de plateforme à de nombreuses activités (ateliers, stages, échanges), et le Laboratoire international associé Indo-French Formal Methods Lab (LIA Informel)⁴. Ce LIA se concentre sur « une élaboration des méthodes formelles de vérification de systèmes complexes, en ciblant notamment la théorie des automates, des logiques, souligne Srinivas Kaveri, mais il s'attache aussi à développer les aspects quantitatifs des mathématiques appliquées (temps, coûts, énergie), compétition, contrôle et protocoles de sécurité », des domaines en pleine expansion. Toutes ces collaborations s'inscrivent dans une tradition initiée dans les années 1930 par le mathématicien André Weil, puis entretenue au fil des décennies par des figures marquantes tels que le père Racine, proche d'Henri Cartan, Jean-Louis Verdier ou encore Jacques-Louis Lions.

... de bourses scientifiques et de leur montant. Les nouveaux Indian Institutes of Science Education and Research (IISERs, ouverts en 2010, cinq créations prévues en 2015) pourraient permettre un appel d'air, même si certains demeurent sceptiques. En effet, beaucoup de chercheurs émigrent, en particulier vers les États-Unis. « C'est aussi une question de prestige : le MIT et Harvard sont des marques connues des familles indiennes. Ces grandes écoles acceptent les étudiants en programmes intégrés (master + PhD) et les financent », explique Pascal Weil, qui regrette que la France demeure moins choisie par les Indiens en raison de « processus bureaucratiques trop lourds, trop lents et de financements éparpillés ».

Du spatial aux assurances

L'ouverture du champ des mathématiques appliquées pourrait être un autre moyen d'attirer les cerveaux. « Certains domaines, comme la topologie, trouvent leur application, et il existe des aires de recherche qui se sont développées grâce aux sciences informatiques et aux ordinateurs. Les combinatoires et les théories graphiques sont aujourd'hui à la mode », observe Nitin Singh. Le secteur public pourrait également offrir des opportunités, comme en témoigne le nouveau centre de recherche au Kerala développé par l'Indian Space Research Organisation (Isro). « Le gouvernement désespère de



▼ Manjul Bhargava lors de la cérémonie de remise de la médaille Fields 2014, aux côtés d'Ingrid Daubechies, présidente de l'Union mathématique internationale.

trouver des mathématiciens pour ses programmes spatiaux et nucléaires. On voit aussi s'ouvrir le champ des sciences actuarielles ; il est clair que beaucoup d'entreprises d'assurances seront intéressées », observe le professeur Gadadhar Misra, de l'IISc.

Autre témoin de la vitalité des mathématiques appliquées, le Tifr-Centre for Applicable Mathematics (CAM) se dresse fièrement au cœur de Yelahanka New Town, banlieue poussiéreuse de Bangalore. Fort de ses 16 enseignants-chercheurs et de ses 40 étudiants, le centre spécialisé sur les équations différentielles partielles espère bien recruter et s'étendre dans les années à venir. Très optimiste, le corps enseignant met en avant ses liens forts avec le secteur industriel et les nouvelles tendances : « La biologie, la santé, les effets des radiations en météorologie... Tout cela demande une modélisation, mais le secteur industriel n'est pas assez proactif. Ici, nous souhaiterions construire une base d'excellence prête à se disséminer à travers le pays », résume le professeur P. N. Srikanth. Si les liens solides avec la France et les États-Unis contribuent à cet essor, les collaborations avec les pays de la région, notamment la Chine, demeurent, elles, confinées au niveau individuel ou sont encore balbutiantes. Peut-être le prochain défi du géant sud-asiatique ? II

4. Unité CNRS/ENS Cachan/Univ. de Bordeaux/IMSc/CMI/IISc de Bangalore.

Mécanobiologie : les cellules sous pression

VIVANT

Biologie. Cette science en plein essor bouleverse de nombreux domaines de recherche, de l'étude du développement embryonnaire à la lutte contre le cancer en passant l'ingénierie tissulaire.

PAR SEBASTIÁN ESCALÓN

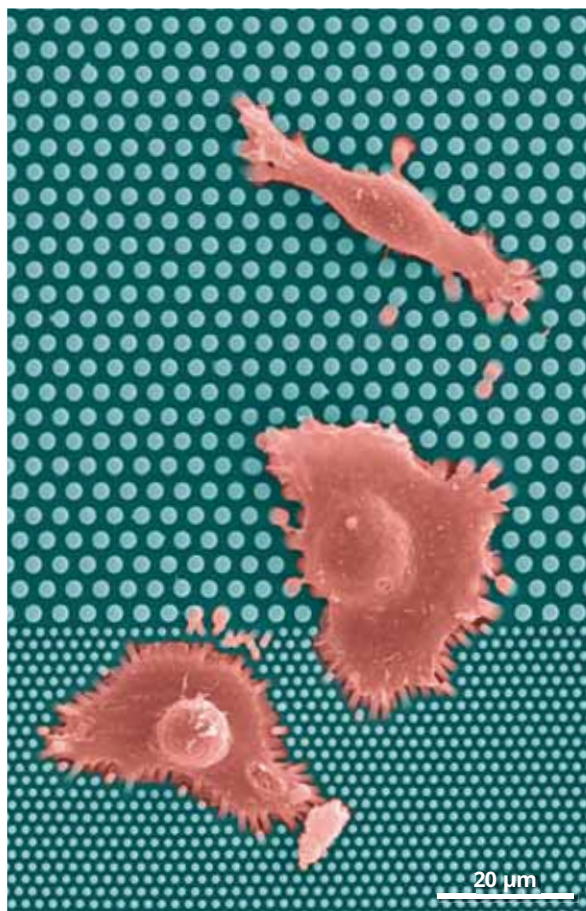
Depuis deux décennies, la mécano-biologie, qui étudie comment les cellules et les tissus répondent aux conditions mécaniques de leur environnement, connaît un renouveau spectaculaire. Elle profite de nouvelles techniques permettant d'observer presque en direct les cellules se déformer, résister à une pression, réorganiser leur cytosquelette – cet ensemble de polymères qui confèrent aux cellules l'essentiel de leurs propriétés mécaniques – ou déclencher des cascades de réactions biochimiques face aux forces mécaniques extérieures. Les chercheurs qui s'intéressent au cancer, à l'infection par des pathogènes ou encore à la cicatrisation se tournent résolument vers la mécano-biologie. Il en est de même pour l'ingénierie tissulaire, qui cherche à créer des tissus ou des organes qui pourront être ensuite implantés sur un patient. « On ne pourra pas obtenir des cellules tendineuses sans une mise sous tension des tissus », précise René-Marc Mège, de l'Institut Jacques-Monod¹.

Une question de signal

L'un des concepts clés de cette science est celui de mécanotransduction, c'est-à-dire la façon dont la cellule intègre le signal mécanique et le transforme en signal biochimique lui permettant de réagir, de s'adapter et même de modifier l'expression de ses gènes. Mieux comprendre ce phénomène est l'un des objectifs de Michel Labouesse², directeur de l'Institut de biologie

▲ Image colorisée de cellules migrant sur des substrats déformables et de rigidités différentes.

Paris-Seine³. En 2011, il a montré avec son équipe comment les contractions des cellules musculaires du ver nématode *C. elegans* sont transmises aux cellules épithéliales, permettant l'allongement de l'organisme. Les forces mécaniques sont transmises via une protéine membranaire qui en



se déformant enclenche une série de réactions enzymatiques conduisant à modifier les propriétés du cytosquelette.

Une interaction perpétuelle

Autre domaine majeur de la discipline : comprendre la perpétuelle interaction mécanique des cellules. « L'adhésion des cellules au milieu extérieur n'est pas un phénomène passif », explique Benoît Ladoux, de l'Institut Jacques-Monod. Ce dernier a prouvé avec son équipe que, placées sur un substrat trop mou, les cellules peinaient à s'agripper. En revanche, des substrats rigides les conduisent à organiser leur cytosquelette de façon à prendre appui et à exercer une forte pression sur l'extérieur.

Le lien qui unit les cellules entre elles explique une partie des propriétés mécaniques d'un tissu ou d'un organe. René-Marc Mège et Benoît Ladoux tentent ainsi de comprendre comment les cellules épithéliales, comme celles qui forment la peau ou la paroi de l'intestin, communiquent via des forces mécaniques afin de coordonner leurs mouvements et de renforcer leur cohésion. « Dans les cancers gastriques diffus, 70 % des cellules ont perdu leur fonction d'adhésion », rappelle René-Marc Mège. Mieux connaître ces processus pourrait donc aussi permettre de mieux comprendre certains cancers. ▮

 Lire l'intégralité de l'article sur lejourn.cnrs.fr

1. Unité CNRS/Univ. Paris Diderot. 2. Précédemment à l'Institut de génétique et de biologie moléculaire et cellulaire (CNRS/Inserm/Univ. de Strasbourg). 3. Unité CNRS/UPMC. Lire « La biologie entre en Seine », *CNRS Le journal*, n° 279, pp. 46-47.

Coup de froid sur la microscopie

VIVANT 

Électronique. Une nouvelle plateforme de microscopie électronique grenobloise permet d'observer le vivant avec une résolution quasi-atomique.

PAR AURÉLIE SOBOCINSKI

Située sur la presqu'île scientifique de Grenoble, elle est installée dans un bâtiment distinct de l'Institut de biologie structurale (IBS)¹ afin que rien ne vienne perturber ses instruments dans leur observation de l'infiniment petit. La plateforme de microscopie électronique de l'IBS/ISBG² est une ressource collective unique en son genre dans le sud de la France³. Mis à disposition de la communauté scientifique, ses trois microscopes électroniques de dernière génération offrent des grossissements jusqu'à 2 500 fois plus puissants que les microscopes optiques. Un des deux cryo-microscopes permet ainsi d'atteindre une résolution de 3 ou 4 angströms (10^{-10} mètres)!

Un saut technologique en biologie

« L'apport de la cryo-microscopie, augmentée par de nouvelles caméras et

de nouveaux logiciels d'analyse d'images, représente un saut technologique en biologie, explique Guy Schoehn, directeur de recherche au CNRS et coordonnateur de la plateforme grenobloise, spécialisée dans les interactions hôte-pathogène et les systèmes infectieux. Grâce à elle, il est possible de visualiser directement et avec une haute résolution l'image des échantillons observés dans une gamme allant de la protéine isolée jusqu'aux macromolécules et au contexte du virus entier. »

Fondée sur une congélation très rapide, la cryo-microscopie requiert des échantillons peu volumineux et concentrés et n'utilise aucun additif, ce qui les préserve. « Il est ainsi possible de s'intéresser à la dynamique de



© D. MOREL/CEA

▼ Grâce à ce cryo-microscope électronique, il est possible d'obtenir des images avec une résolution nanométrique d'échantillons biologiques sous forme congelée-hydratée.

PHAGE

Virus qui détruit certaines bactéries. Forme abrégée de bactériophage.

protéines et complexes moléculaires et d'identifier leurs états fonctionnels. Dans le cas de protéines de virus, ces informations seront primordiales pour, à terme, comprendre comment bloquer la propagation virale », détaille Hélène Malet, post-doctorante à l'EMBL⁴. Ses travaux portent sur la polymérase, protéine centrale dans la répllication des virus à ARN négatif segmentés (comme la grippe), virus qui restaient jusqu'à présent inaccessibles à la microscopie électronique en raison de leur petite taille.

De nouvelles collaborations

« Cette révolution propulse la microscopie électronique au même niveau que les techniques de cristallographie et de résonance magnétique nucléaire (RMN) en biologie structurale », se félicite Daniel Boujard, directeur adjoint scientifique à l'Institut des sciences biologiques du CNRS. Elle hisse le centre grenoblois dans le peloton de tête de la course mondiale et ouvre la voie à de nouvelles collaborations sur des sujets comme la rougeole ou encore les phages. « Nous espérons également développer un sujet sur Ebola et progresser dans la compréhension de la façon dont les

virus dits enveloppés, tel le VIH, détournent les systèmes cellulaires pour en sortir », déclare Guy Schoehn.

L'utilisation de l'équipement, géré depuis janvier 2013 par l'unité mixte de service ISBG, doit désormais s'ouvrir au plus grand nombre. « Vu les coûts d'achat (4,5 millions d'euros financés en partie par les Investissements d'avenir) et de maintenance (120 000 euros par an), on s'oriente, précise Guy Schoehn, vers un système équivalent à celui du Synchrotron pour la cristallographie aux rayons X, incluant équipement de pointe et personnel technique expert – cinq personnes aujourd'hui, issues du CEA et du CNRS –, soit pour des prestations en mode service, soit pour une mise à disposition des instruments après formation. » **||**

1. Unité CNRS/CEA/UJF. 2. Integrated Structural Biology Grenoble (CNRS/CEA/UJF/EMBL). 3. Le seul équivalent en France se situe à l'Institut de génétique et biologie moléculaire et cellulaire de Strasbourg (CNRS/Inserm/Univ. de Strasbourg). 4. European Molecular Biology Laboratory.

LES IDÉES



*Prendre des décisions irrationnelles,
abdiquer devant ses émotions,
se faire tatouer et concevoir
une éthique robotique.*

ILLUSTRATION : LEANDRO LIMA/OXY ILLUSTRATIONS POUR CNRS LE JOURNAL

Danger, nos émotions prennent le pouvoir !

SOCIÉTÉS

Psychologie. Dans notre société de l'instantané et du buzz, nous sommes bombardés d'émotions qui empêchent notre raison de s'exercer. Le philosophe Pierre Le Coz¹, auteur d'un essai sur le sujet, décrypte ce phénomène.

PAR LAURE CAILLOCE

Vous venez de publier un livre sur le « gouvernement des émotions », de quoi s'agit-il exactement ?

Pierre Le Coz : La manipulation de la sensibilité n'est pas un phénomène entièrement nouveau. Platon, déjà, dénonçait la démagogie des leaders d'opinion qui flattaient les bas instincts des citoyens. Mais on assiste depuis le début du XXI^e siècle et l'extension des médias de masse à un mouvement d'accélération. Nous sommes pris dans une logique d'emballlement que la révolution numérique en cours contribue à amplifier. Le gouvernement des émotions, c'est l'avènement d'une société en proie à ce que j'appelle la « captation émotionnelle » : un phénomène de stimulation sensorielle continue – visuelle et sonore –, qui mobilise nos affects au détriment de notre réflexion. Cette captation crée un profond déséquilibre entre la partie sensible de notre être et sa partie rationnelle. Elle nous confronte à un enjeu anthropologique inédit dans l'histoire de l'humanité.

Vous évoquez dans le livre les stratégies de ceux qui manipulent nos émotions...

P. L. C. : Le recours aux faits divers est la première d'entre elles : en dix ans, l'Institut national de l'audiovisuel a noté une augmentation de 73 % des faits divers dans les journaux télévisés. L'information n'est plus sélectionnée en fonction de son degré d'importance réel, mais en fonction de son pouvoir de captation des émotions. L'utilisation des cas particuliers pour manipuler nos émotions est une autre forme de manipulation. Ainsi, sur le thème « on est de moins en moins bien soigné à l'hôpital », on va nous livrer une caméra cachée tournée dans un établissement « inhumain » – qui va en appeler davantage à nos affects qu'à notre réflexion – et l'enquête va s'arrêter là. Cette manière de faire est devenue



© H. HARRIS/GETTY IMAGES

tellement banale que c'est à peine si l'on s'en rend encore compte. Et que dire de ces élus de la Nation qui se répandent sur les plateaux de télévision pour débattre de l'euthanasie en citant le cas de leur « maman » décédée dans la souffrance ? C'est cela le gouvernement des émotions : tirer sur la corde sensible sans examiner les arguments à froid.

Les médias sont-ils les seuls responsables de cette situation ?

P. L. C. : Les médias « classiques » ne sont qu'une dimension d'un écosystème technique qui favorise l'artificialisation des conditions d'existence : TV, ordinateurs, tablettes, smartphones... Ces écrans nous sollicitent en permanence, créant une forme d'addiction émotionnelle. Les réseaux sociaux, notamment, nous font vivre un véritable yo-yo affectif, nous faisant passer en quelques minutes d'un extrême à l'autre. C'est comme si nous étions tous devenus bipolaires ! On voit émerger un homme d'un genre nouveau, que j'ai nommé le « muflé affectif ». L'individu contemporain est nerveux et impulsif, excité par tout et rien. Un peu inquisiteur aussi, lorsqu'il ne supporte pas qu'on ne réponde pas dans l'instant

1. Chercheur au laboratoire Anthropologie bio-culturelle, droit, éthique et santé (CNRS/EFS/Aix-Marseille Univ.), à la faculté de médecine de Marseille.



**Le Gouvernement
des émotions...
et l'Art de déjouer
les manipulations,**
Pierre Le Coz, Albin
Michel, octobre 2014,
208 p., 15 €



à ses messages virtuels ! Les hommes et femmes politiques, censés s'inscrire dans un temps long, ne parviennent pas toujours à résister à cet impératif d'immédiateté, comme on le voit avec les affaires de « tweets à scandale ».

Vous abordez à ce propos le cas de l'affaire Leonarda, cette jeune Rom reconduite à la frontière...

P. L. C. : Dans ce fait divers, on a vu le chef de l'État en personne communiquer par caméras interposées avec cette jeune fille de 15 ans, dans une sorte de télé-réalité politique... Ce n'est pas ainsi, sous le coup de l'émotion et de la pression des médias, que l'on aborde en profondeur le sujet de l'immigration. À la décharge des politiques, il n'est pas facile pour eux d'exister dans cette société du jetable et du virtuel. Ils sont fragilisés et peuvent disparaître à tout moment de la scène médiatique. Ils sont donc prêts à tout pour que l'on parle d'eux. Or, à force de petites phrases et de tweets à chaud, il y a une perte de consistance de la parole politique.

Pour réhabiliter la raison, faut-il « faire la peau » à nos émotions ?

P. L. C. : Cela paraît a priori paradoxal, mais je vais vous répondre non. Les émotions en elles-mêmes ne sont pas mauvaises, bien au contraire : s'il existait, un homme de

raison pure, sans affects, serait un être monstrueux. Hannah Arendt, qui a suivi le procès de Jérusalem, décrivait Eichmann, le responsable nazi qui a envoyé dans les camps des millions de prisonniers, comme un homme sans haine, qui ne détestait pas les juifs, un pur logisticien. Les émotions « morales » comme la compassion, la crainte, l'indignation, etc., sont bénéfiques, car elles nous révèlent nos valeurs. C'est ce qui s'est passé lors des attentats de janvier 2015 et de la marche citoyenne qui a suivi : les émotions que nous avons ressenties – indignation face à ces actes barbares, compassion pour les victimes et leurs proches – nous ont rappelé l'importance de notre attachement à l'égalité et à la dignité des personnes. Ce qui est nocif, en revanche, c'est l'amplitude des émotions que nous subissons quotidiennement et leur côté fruste, binaire... D'autant qu'elles nous sont généralement imposées par les autres et viennent rarement de notre for intérieur.

Mais alors, que proposez-vous pour rendre leur juste place à nos émotions ?

P. L. C. : Pas forcément d'y opposer plus de raison, mais plutôt d'élargir la palette de nos affects, car ce sont eux qui donnent une impulsion à la réflexion et à l'action. Je plaide pour une « démocratie émotionnelle », avec des émotions plus fines, plus nuancées, qui viendraient contrebalancer celles qui sont binaires et parfois malsaines (voyeurisme, pitié, délectation morbide). Pour cela, il faut aiguïser notre curiosité et notre sens de l'émerveillement à travers les sciences, les arts, la littérature... et même la nature. Je plaide pour une « éthique du futur » au service des jeunes générations. Il est urgent de leur montrer qu'il existe des espaces d'expression de la sensibilité autres que les messages virtuels dont elles sont bombardées. ||

“Les réseaux sociaux nous font vivre un véritable yo-yo affectif.”



Pour une éthique de la recherche en robotique

Raja Chatila

Directeur de l'Institut des systèmes intelligents et de robotique¹



Lire l'intégralité de l'article sur lejournal.cnrs.fr

Attisant les imaginations à travers les œuvres d'anticipation depuis l'Antiquité, interpellant l'homme sur sa nature même, souvent mal vulgarisée par les médias, la robotique est un domaine en plein essor. En effet, l'avancée des recherches a permis de parvenir à une maturité suffisante pour que certaines applications concrètes commencent à voir le jour. Au-delà du contexte manufacturier déjà ancien, des robots ou des techniques issues de la robotique sont dorénavant présents dans plusieurs secteurs comme l'exploration planétaire, l'agriculture, la médecine et la chirurgie, la défense ou les transports.

Le chercheur doit avoir conscience que la démarche biomimétique peut brouiller la frontière entre un être vivant et un artefact.

Comme toute nouvelle technique, la robotique porte en germe une multiplicité d'usages qui peuvent mettre en question les normes juridiques admises et provoquer des questionnements moraux ou éthiques. Elle nécessite donc une prise de précautions dès la conception des recherches, non pour fixer au chercheur un cadre normatif strict qui briderait sa créativité, mais pour lui suggérer de s'interroger sur les conséquences de ses travaux et d'adopter une démarche responsable.

Il est donc assez naturel que la première saisine de la Commission de réflexion sur l'éthique de la recherche en sciences et technologies du numérique d'Allistene² (Cerna) traite de la robotique.

Après deux années de travaux, celle-ci a rendu son premier avis, remis à la secrétaire d'État à l'Enseignement supérieur et à la Recherche, Geneviève Fioraso, le 6 novembre dernier. Cet avis est composé de 17 préconisations propres à la robotique et de 9 préconisations concernant les sciences du numérique en général, dont la portée est plus globale. Elles s'adressent au « chercheur » au sens large, c'est-à-dire aux individus ou équipes dont les travaux se situent en amont des applications techniques, ainsi qu'à leurs établissements.

Trois grands thèmes identifiés

La commission a commencé par élaborer une définition du robot et de la robotique afin de circonscrire le champ de ses réflexions. Celui-ci concernera ainsi le robot matériel qui interagit dans le monde physique (à l'exclusion donc de programmes rapides de traitement de l'information sur la Toile, parfois appelés robots ou « bots », ou d'entités virtuelles). La commission a analysé des cas d'usage de la robotique, en particulier les robots auprès des personnes (comme les robots compagnons) et au sein des groupes, les robots dans le contexte médical et les robots dans la défense et la sécurité. Elle a identifié trois grands thèmes de recherche traversant les applications et les domaines d'usage sur lesquels des préconisations éthiques ont été élaborées : l'autonomie et les capacités décisionnelles, l'imitation du vivant et l'interaction affective et sociale avec les humains, et la réparation et l'augmentation de l'humain par la machine.

Considérons trois exemples. L'une des préconisations rappelle que « *le chercheur doit être attentif à évaluer les programmes de perception, d'interprétation et de prise de décision et à en expliciter les limites. En particulier, les programmes qui visent à conférer une conduite morale au robot sont soumis à de telles limites* ».

Il s'agit de souligner ici que l'incomplétude et les incertitudes qui entachent les données et les résultats des programmes de traitement et de raisonnement limitent la confiance que l'on doit leur accorder et que cela doit être explicitement évalué et énoncé. D'autant plus que certains travaux prétendent pouvoir doter des systèmes robotiques de capacités de décision fondées sur des « règles morales ».

Un certain nombre de travaux visent à imiter l'expression d'émotions. La Cerna considère que le chercheur devra s'interroger sur la nécessité de cet objectif et étudier, « *au regard des fonctions utiles du robot, la pertinence et la nécessité de susciter des émotions* ». Elle ajoute que, « *si une ressemblance quasi parfaite est visée, le chercheur doit avoir conscience que la démarche biomimétique peut brouiller la frontière entre un être vivant et un artefact. Le chercheur consultera sur ce brouillage le comité opérationnel d'éthique de son établissement* ».

Des dispositifs amovibles

Pour ce qui concerne la robotique médicale, la Cerna en réfère d'abord à l'éthique médicale. Mais, s'il s'agit de l'augmentation de l'humain par la machine, elle affirme que, « *dans le cas des dispositifs robotisés visant l'augmentation, le chercheur veillera à la réversibilité de celle-ci : les dispositifs doivent être amovibles, sans dommage pour la personne, autrement dit, sans que la personne perde l'usage de ses fonctions initiales* ».

Ces préconisations devront être diffusées sur le plan national, mais aussi partagées par les chercheurs dans le monde (une version anglaise sera préparée à cette fin). Leur valeur ne pourra être reconnue que si les acteurs de la recherche les adoptent. La recherche avançant, de nouvelles questions seront probablement posées. Il sera important d'évaluer la mise en œuvre de ces préconisations et de les compléter en fonction des pratiques. **II**

1. Unité CNRS/UPMC/Inserm. 2. L'Alliance des sciences et technologies du numérique (CDEFI/CEA/CNRS/CPU/Inria/Institut Mines-Telecom).

À lire

GÉNIES

On parle beaucoup des héros militaires de la Seconde Guerre mondiale, moins des scientifiques et des aventuriers, ces rêveurs qui, par la force de leurs idées, ont pesé de tout leur poids dans le conflit.



Werner Heisenberg et Leo Szilard les physiciens, Alan Turing le mathématicien, Hugh Dowding le héros de la bataille d'Angleterre... Tous les quatre ont été les acteurs cruciaux

autant que discrets de cette aventure qui les dépassait. C'est leur destin hors du commun que le mathématicien Cédric Villani et le dessinateur Baudoin ont décidé de raconter dans ce « livre dessiné » inclassable. Des histoires haletantes, tracées en noir et blanc.

Les Rêveurs lunaires.

Quatre génies qui ont changé l'histoire, Cédric Villani et Baudoin, Gallimard-Grasset, avril 2015, 192 p., 22 €

INSTRUMENTS

Le laboratoire de Lavoisier, qu'il organisa à l'Arsenal à partir de 1775, contenait pas moins de 123 catégories différentes d'instruments. S'y ajoutaient produits chimiques, livres, registres, carnets... Grâce à cet essai sur la culture matérielle savante du XVI^e siècle à nos jours, on voit ce que l'on ne perçoit pas ou plus dans les résultats publiés par les chercheurs : la masse imposante de l'outillage à disposition, sa grande diversité, son accroissement constant. Françoise Waquet y démontre que les outils de travail ne sont pas de simples à-côtés des idées et qu'ils participent étroitement à la connaissance.

L'Ordre matériel du savoir. Comment les savants travaillent (XVI^e-XXI^e siècles), Françoise Waquet, CNRS Éditions, avril 2015, 362 pages, 25 €



ÉDUCATION

Dans ce nouvel ouvrage consacré à l'éducation, Edgar Morin plaide pour une refonte profonde de la mission des enseignants.

Ainsi que Rousseau l'envisageait en son temps, il s'agit avant tout d'« enseigner à vivre » : permettre à chacun de s'épanouir individuellement et de vivre solidairement, de se préparer aux dangers quotidiens du risque d'erreur et d'illusion. Tout un programme... pour repenser ceux de l'Éducation nationale.

Enseigner à vivre. Manifeste pour changer l'éducation, Edgar Morin, Actes Sud/Play Bac, coll. « Domaine du possible », septembre 2014, 122 p., 16 €



© L. DACOS/CC BY

Les sciences à l'âge du libre accès

Marin Dacos

Directeur du Centre pour l'édition électronique ouverte¹

La littérature « chiantifique » passe pour être illisible. Peut-elle intéresser d'autres personnes que les chercheurs en blouse blanche ? Contre toute évidence, oui. On découvre chaque jour des usages nouveaux produits par l'existence de contenus scientifiques de très haute qualité sur le Web. En sciences humaines et sociales (SHS), le succès des portails en accès ouvert dépasse largement la communauté scientifique. Ainsi, OpenEdition a reçu 48,5 millions de visites en 2014. Et, surprise : les deuxième et troisième pays qui lisent le plus ce portail sont les États-Unis et l'Allemagne.

Cette forte ouverture du lectorat est la conséquence d'un bouleversement qui s'est produit ces vingt dernières années. Inventé par des universitaires, le Web a immédiatement été investi par les chercheurs pour y partager leurs travaux. Et ceux-ci ont opté pour une solution simple et radicale : l'accès ouvert. Dès 1991, ils partageaient entre eux sur ArXiv des milliers d'articles de physique. La France a développé l'archive ouverte HAL, qui a reçu 9 millions de visiteurs uniques en 2014. Son portail dédié aux SHS fête cette année son dixième anniversaire. Peu à peu, de nombreuses disciplines ont suivi le mouvement, soit par le dépôt par les chercheurs eux-mêmes de leurs articles dans une archive ouverte, sur le modèle d'ArXiv, soit par la mise en ligne de revues entières en accès ouvert, sur le modèle de SciELO, Redalyc ou Revues.org.

La lame de fond enclenchée par cette invention a bouleversé le rapport au savoir des sociétés contemporaines. Que les chercheurs aient accès plus simplement aux travaux de leurs collègues est une évidence, et c'est bon pour la science. Mais la véritable révolution de l'accès dépasse largement le seul public scientifique. Et c'est bon pour la société. D'autant que ce changement va bien au-delà des articles ou des livres, objets traditionnels de l'édition scientifique. On peut désormais consulter des carnets de recherche, ces espaces dans lesquels un chercheur décrit à ses collègues ou à un public plus large ses travaux. Ces carnets font souvent mouche, car ils se situent à l'intersection entre recherche et société. En ce qui concerne l'attentat contre *Charlie Hebdo*, on trouve sur la plateforme Hypothèses de nombreux éléments éclairants comme les billets « La représentation figurée du prophète Muhammad » et « De quoi parlent les unes de *Charlie Hebdo*? ». On peut décliner les exemples à l'infini sur tous les thèmes de société pour lesquels le simple bon sens ne suffit pas à se faire une opinion. Bref, la littérature « chiantifique » a de l'avenir, pour le plus grand plaisir de tous. Et l'accès ouvert est son horizon. II



Lire l'intégralité de l'article sur lejournal.cnrs.fr

1. Unité CNRS/Aix-Marseille Univ./EHESS/Univ. d'Avignon et des pays de Vaucluse.

À lire

UNIVERS

De Thalès jusqu'à Peter Higgs, l'humanité s'efforce depuis plus de vingt-six siècles d'élaborer des méthodes qui lui permettent d'isoler, de rendre intelligible et de s'approprier les lois de la nature.

Carlo Rovelli, l'un des pères de la « gravité quantique à boucle », qui tente d'unifier relativité générale et physique quantique, nous guide sur le chemin des grandes théories qui ont bouleversé notre vision du monde et dévoilé une autre réalité.



Par-delà le visible. La réalité du monde physique et la gravité quantique, Carlo Rovelli, Odile Jacob, janvier 2015, 272 p., 23,90 €

GENTRIFICATION

Faire d'une usine désaffectée un loft trendy ou d'un pavillon de banlieue une maison pleine de charme procure des bénéfices aussi symboliques qu'économiques.

En transformant d'anciens espaces ouvriers en lieux désirables, les gentrificateurs – ou « bobos » – travaillent en effet à reclasser ces lieux, mais aussi à consolider leur propre trajectoire sociale, bref, à « rester bourgeois ». À partir d'enquêtes sociologiques menées en banlieue parisienne et à Lyon, ce livre montre les ressorts sociaux de ces mutations urbaines.

Rester bourgeois. Les quartiers populaires, nouveaux chantiers de la distinction, Anaïs Collet, La Découverte, février 2015, 284 p., 25 €



SENTIMENT

La jalousie n'a pas toujours été cette passion infime, étriquée, délirante et ridicule dont aujourd'hui « les grands pontifes des sciences sociales, de la philosophie morale, de la théorie politique et du savoir médical s'invitent à dire du mal ». La philosophe Giulia Sissa propose



de réhabiliter ce sentiment devenu inavouable, que les Grecs interprétaient comme une colère érotique, « une passion noble, digne des déesses, des guerriers et des reines ». Refutant

les modernes qui y voient le symptôme refoulé de la vanité et du manque de confiance en soi, l'auteure tente de démontrer que, derrière la honte et la souffrance, la jalousie manifeste en fait « la nature intense et inquiète de l'amour, qui est désir de désir ».

La Jalousie. Une passion inavouable, Giulia Sissa, Odile Jacob, février 2015, 272 p., 22,90 €

Beau-livre

La primatologue et les chimpanzés

Cela fait vingt ans que Sabrina Krief, vétérinaire et primatologue, et son mari, Jean-Michel Krief, photographe, travaillent aux côtés des chimpanzés. Ce beau-livre richement illustré retrace le parcours de ces passionnés, depuis la forêt congolaise où ils ont suivi le retour à la vie sauvage de six jeunes chimpanzés tout juste relâchés en forêt, jusqu'aux monts de la Lune, en Ouganda, où ils ont étudié pendant près de dix ans l'étonnante pharmacopée de ces grands singes : terres, mais aussi feuilles aux vertus antiparasitaires ou antipaludéennes, notamment. La dernière partie du livre, intitulée « Des chimpanzés et des hommes », se concentre sur les travaux actuels de la primatologue : ou comment envisager la coexistence entre les grands singes et l'homme, alors que leurs territoires s'entremêlent de plus en plus. À Sebitoli, en Ouganda, la forêt qui abrite une importante communauté de chimpanzés est désormais éventrée par une route nationale et encerclée de plantations de thé et de jardins vivriers...



Sur la piste des grands singes, exposition jusqu'au 21 mars 2016, au Muséum national d'histoire naturelle, à Paris

Les Chimpanzés des monts de la Lune, Sabrina et Jean-Michel Krief, Belin/MNHN, octobre 2014, 264 p., 30 €

ESPACE

De la fin de la Seconde Guerre mondiale au lancement d'Ariane-1 en 1979 en passant par celui du satellite Astérix en 1965 (qui fit de la France la troisième puissance en orbite), l'historien Philippe Varnoteaux revient sur les passionnants débuts de la saga du spatial français. Une histoire qui s'écrit alors en partie dans le secret des laboratoires et qui va opposer parfois militaires et scientifiques. Ce livre inaugure la collection « Histoire des sciences » dirigée par notre chroniqueur Denis Guthleben.

L'Aventure spatiale française. De 1945 à la naissance d'Ariane, Philippe Varnoteaux, Nouveau Monde éd., coll. « Histoire des sciences », février 2015, 432 p., 25 €





Cogitez si vous voulez, les décisions sont irrationnelles

Thomas Boraud

Neurobiologiste à l'Institut des maladies neurodégénératives¹



Matière à décision,
Thomas Boraud, CNRS
Éditions, février 2015,
260 p., 22 €

Vous pensez prendre vos décisions en vous basant sur des critères rationnels ?

C'est en partie faux, et vous n'y pouvez rien. L'évolution a, en effet, préservé une part d'aléatoire dans les systèmes de décision de notre cerveau. Ce comportement a déjà été mis en évidence chez de nombreux sujets, qu'ils soient humains, singes, rats ou pigeons. Jusqu'à l'époque moderne, l'*Homo occidentalis* se différenciait peu de ses congénères des autres cultures et se pensait guidé par des forces supérieures (destin, foi, etc.). C'est l'avènement des Lumières, au XVIII^e siècle, qui va contribuer à la propagation de la rationalité. Pendant les deux siècles suivants, les Occidentaux ont ainsi acquis progressivement le statut d'individus rationnels qui légitime leur indépendance politique.

Or à peine la raison était-elle élevée comme principe fondateur de notre civilisation que ce bel édifice a été mis à mal vers le milieu du XX^e siècle. En utilisant des approches différentes, économistes et psychologues expérimentaux ont remis en question ce postulat. Prenons l'exemple des expériences menées par le Prix Nobel d'économie Daniel Kahneman. Lorsqu'il confronte des sujets au dilemme suivant – être sûr de sauver 200 personnes sur 600 ou avoir une chance sur trois de sauver les 600 personnes –, ils choisissent majoritairement le sauvetage de 200 personnes. Si le dilemme leur est formulé différemment – laisser mourir 400 personnes ou avoir deux chances sur trois de laisser 600 personnes mourir –, ils préfèrent laisser faire le hasard plutôt que de sacrifier 400 personnes.

Dans les deux formulations, les conséquences attendues des choix proposés sont les mêmes. Un critère rationnel de décision devrait donc aboutir à des stratégies identiques, or ce n'est pas le cas. En fait, plus que sur un raisonnement, les sujets ont déterminé leur choix sur des

automatismes comme l'aversion au risque. Plus généralement, des dizaines de travaux indiquent que les décisions des individus ne sont que rarement optimales.

Ce que décider veut dire

Pour les psychologues, la pression évolutive a sélectionné des comportements qui permettent de répondre à d'éventuelles modifications de l'environnement. Le sujet échange ainsi un peu d'efficacité immédiate contre une faculté d'adaptation qui peut lui servir plus tard. Pour les économistes, notre irrationalité découle de notre incapacité à appréhender toutes les options d'un problème, combinée à des biais cognitifs qui obscurcissent le jugement.



Tous les premiers vendredis du mois, retrouvez sur lejournal.cnrs.fr les Inédits du CNRS, des analyses scientifiques originales publiées en partenariat avec Libération.

Afin de compléter ces explications, il nous a semblé intéressant de chercher la réponse dans le substrat biologique qui sous-tend nos décisions : le cerveau. Le problème est ainsi ramené à la question : « Qu'est-ce que décider à l'échelle du tissu nerveux ? » Cette approche volontairement réductionniste nous a permis d'identifier les mécanismes qui servent au système nerveux à produire des décisions.

Le processus de décision peut être vu comme une compétition entre plusieurs populations de neurones. Le basculement vers un comportement ou un autre repose initialement sur un processus aléatoire. L'apprentissage consiste ensuite à privilégier le comportement le plus adapté au contexte, la bonne décision. Toutefois, cet apprentissage n'abolit jamais la nature intrinsèquement aléatoire du processus.

Une mise en perspective évolutionniste a permis d'identifier dès les premiers vertébrés un système rudimentaire gérant les décisions. Celui-ci s'est complexifié avec le cortex et son extraordinaire développement chez les grands singes et l'espèce humaine. La complexification du cortex a permis la mise en place de processus automatiques, telle l'aversion au risque, basés sur des principes conservateurs pour l'individu ou l'espèce. Cependant, l'architecture initiale du réseau de la décision n'a pas été modifiée, et le processus a conservé sa nature aléatoire, ce qui limite la capacité de l'*Homo sapiens* à raisonner de façon rationnelle.

Un système aléatoire

Notre approche fournit ainsi un socle aux explications des psychologues et des économistes. Le comportement d'exploration provient de la part aléatoire du processus de décision. Quant aux biais cognitifs, ils ont pour origine le cortex, qui sous-tend les automatismes parfois irrationnels intervenant dans le processus de compétition/sélection qui aboutit à la décision. Nous nous inscrivons en opposition avec la théorie classique du cerveau « à trois étages », qui postule que le cortex vient inhiber des processus archaïques issus des structures reptiliennes sous-corticales.

Mais cette prétendue irrationalité n'est pas si dramatique. Il s'agit du prix à payer pour décider quand le besoin se présente : il vaut mieux prendre une mauvaise décision que pas de décision du tout. De plus, en préservant la capacité d'exploration, elle nous permet de conserver une grande capacité d'adaptation, qui est la principale marque de fabrique de notre espèce. **II**



Lire l'intégralité de l'article sur lejournal.cnrs.fr

1. Unité CNRS/Univ. de Bordeaux.



Des parasites intestinaux chez les soldats de 14-18

Matthieu Le Bailly

Paléoparasitologue au laboratoire Chrono-environnement¹



Lire l'intégralité de l'article sur lejournal.cnrs.fr

L'homme est affecté de parasites intestinaux depuis des milliers d'années. Ce que l'on sait moins, c'est que ceux-ci laissent des traces dans le corps longtemps après s'être dégradés. Les œufs produits par certains vers parasites se conservent très bien grâce à une coque constituée de chitine, une substance très résistante. Leur étude permet d'en savoir plus sur l'état de santé d'hommes décédés et a donné lieu à l'émergence d'une nouvelle science : la paléoparasitologie.

Deux sites alsaciens de la Grande Guerre, le Schwobenfeld et le Kilianstollen, ont récemment fait l'objet d'analyses inédites². Plusieurs vers intestinaux y ont été retrouvés – le ténia, l'ascaris et le trichocéphale –, en rapport avec les conditions de vie éprouvantes des soldats de la guerre de 14-18. Les symptômes occasionnés sont généralement peu importants. Dans certains cas, des douleurs

abdominales, nausées, vomissements, diarrhées ou constipations peuvent apparaître, pouvant aller jusqu'à des occlusions intestinales.

Dans deux échantillons du Kilianstollen, les œufs d'un quatrième parasite, appelé capillaria, ont été mis en évidence. Ces œufs ne sont pas ceux d'espèces connues chez l'homme, mais sont proches d'espèces présentes chez les rongeurs. Leur découverte semble indiquer l'ingestion accidentelle de matières fécales de rongeurs avec la nourriture ou l'eau de boisson. Un scénario plus que plausible dans la mesure où l'omniprésence des rats dans les tranchées et les galeries durant la Grande Guerre est connue. Avec l'absence d'hygiène, la proximité, les conditions d'accès à l'eau, la présence d'animaux et la méconnaissance des maladies parasitaires à cette époque, l'ensemble des conditions

étaient réunies pour que ces parasites se développent chez l'homme.

L'association entre les parasites intestinaux et l'homme remonte en réalité à bien plus loin, comme l'ont montré les travaux de la paléoparasitologie. En Europe de l'Ouest, les chercheurs ont démontré que l'homme était infesté par le trichocéphale et le ténia depuis plusieurs milliers d'années. Pour le premier, les traces les plus anciennes ont été retrouvées chez Ötzi, l'homme des glaces, et datent de 5 300 ans. Pour le ténia, des marqueurs ont été mis en évidence dans des coprolithes humains retrouvés sur le site de Chalain, dans le Jura, datant de 5 000 ans environ. L'ascaris ne semble s'installer dans nos régions qu'à la fin du Néolithique. À partir de l'époque gallo-romaine, ascaris et trichocéphale ont vu leur fréquence dans les échantillons archéologiques augmenter de manière radicale, conséquence probable de l'urbanisation. Ils resteront très présents dans les populations humaines jusqu'à la période moderne. **II**

1. Unité CNRS/Univ. de Franche-Comté. 2. « Intestinal Parasites in First World War German Soldiers from "Kilianstollen", Carspach, France », Matthieu Le Bailly et al., *Plos One*, 15 octobre 2014.

À lire



PEINTURE

Comment l'époque – les mouvements intellectuels et sociaux – influe-t-elle sur les artistes, et comment ceux-ci la transforment-ils en retour ?

Exemple avec les peintres du siècle des Lumières, de Watteau à Goya, dont Tzvetan Todorov, historien des idées et directeur de recherche

honnoraire au CNRS, présente ici une centaine de tableaux et gravures. Finie la représentation des surhommes (dieux, personnages mythologiques), les peintres du XVIII^e se tournent vers les scènes de la vie ordinaire. Ils représentent l'humanité dans toute sa variété – hommes, femmes, enfants, vieillards, riches et pauvres – et n'hésitent pas à flirter avec les marges en figurant des fous, des criminels ou des prostituées. À noter que l'ouvrage consacre une large place aux quatre figures majeures que sont Watteau, Goya, Magnasco et Hogarth.

La Peinture des Lumières. De Watteau à Goya, Tzvetan Todorov, Seuil, octobre 2014, 216 p., 45 €

GENRE

XX pour les femmes, XY pour les hommes : on persiste à répartir les individus en deux catégories, même si les connaissances sur le sexe biologique ont largement prouvé qu'il en existe une variété beaucoup plus grande. Tandis que la notion de genre, qui elle est purement sociale, reste souvent coincée dans de vieux stéréotypes (le rose, c'est pour les filles ; les garçons ne doivent pas pleurer), quel est l'impact du genre sur le développement du corps des êtres sexués et sur la construction de leur identité ? Dans quelle mesure les croyances liées au genre ont-elles influencé les recherches sur le sexe biologique ? Ce livre, qui rassemble les analyses de chercheurs en sciences de la vie et en sciences humaines, est aussi enrichi de témoignages de personnes intersexes et transgenres. Il apporte un éclairage qui bouscule les réponses généralement données par la médecine et le droit.

Mon corps a-t-il un sexe ? Sur le genre, dialogue entre biologies et sciences sociales, Évelyne Peyre et Joëlle Wiels (dir.), La Découverte, coll. « Recherches », février 2015, 360 p., 32 €



La folie tatouage



Tatoueurs, tatoués,
exposition
jusqu'au 18 octobre,
au musée du quai
Branly, à Paris

SOCIÉTÉS

Anthropologie. Alors que le musée du quai Branly consacre une exposition au tatouage, le chercheur Sébastien Galliot¹ revient sur l'histoire et la signification de ces décorations intimes.

PROPOS RECUEILLIS PAR LAURE CALLOUCE

Le tatouage est très à la mode en Occident. Ce phénomène est-il vraiment nouveau ?

Sébastien Galliot : On estime que 20 % des Français seraient aujourd'hui tatoués. Toutes les catégories de population sont concernées. Le phénomène n'est cependant pas récent : déjà, à la fin du XIX^e siècle, le tatouage faisait l'objet d'un engouement en Angleterre et aux États-Unis. Mais cette pratique remonte à bien plus loin : la momie d'Ötzi, l'homme des glaces qui a vécu il y a 5 300 ans, comptait 61 marques ! La tribu gauloise des Ligures utilisait le tatouage, de même que les Pictes en Écosse et les légionnaires romains... En revanche, on perd la trace de cette pratique au Moyen Âge, probablement parce que le christianisme interdisait les marques sur le corps.

Pourquoi se tatoue-t-on aujourd'hui ?

S. G. : À l'ère de l'individu, le tatouage est un mode d'appropriation de soi. C'est pour certains un moyen de marquer des étapes importantes de la vie ou d'affirmer leur appartenance à un groupe. Un peu comme si l'on cherchait à recréer des rituels dans une société qui en est aujourd'hui dépourvue... En Polynésie, on voit d'ailleurs débarquer beaucoup d'étrangers en quête de « ritualisation » du tatouage. Pour autant, il ne faut pas croire que ces sociétés sont figées dans des pratiques ancestrales. Les tatouages d'Asie et du Pacifique ont autant irrigué la pratique occidentale actuelle qu'ils ont été influencés en retour.

Comment s'effectuent ces échanges ?

S. G. : Dès le début des années 1980, les grands noms du tatouage occidental se sont rendus en Orient et en Océanie. Très inspiré par le Japon, l'Américain Don Ed Hardy est l'un des premiers à avoir introduit l'orientalisme dans le tatouage.

Le fameux tatouage « tribal » est dérivé de motifs de Bornéo et de Micronésie. Mais les voyages ne sont pas à sens unique. Très vite, des résidences d'artistes à Hawaï ou à San Francisco ont accueilli des tatoueurs venus d'Asie. Ces interactions se font clairement sentir aux Samoa ou à Tahiti, où les techniques antimicrobiennes venues d'Occident ont été adoptées. Sans parler des innovations développées par les tatoueurs stars pour démultiplier les possibilités de leur art.

De quelles innovations parle-t-on dans cette pratique plusieurs fois millénaire ?

S. G. : Le tatouage consiste à introduire de l'encre sous le derme au moyen d'une aiguille. Diverses techniques ont été imaginées à travers les âges et les continents, tel le tatouage par percussion, où l'on tape avec un petit marteau sur un percuteur pour faire entrer des pointes sous la peau... Encore aujourd'hui, la technique évolue. Les dermographes, des stylets électriques, sont capables de piquer la peau



▼ Photo de l'épouse d'un tatoueur américain prise en 1905.

150 fois par seconde ! Certains tatoueurs, comme le Français Filip Leu, ont même imaginé des systèmes permettant d'attacher plusieurs aiguilles ensemble afin de couvrir des zones plus larges. Ajoutez à cela que la palette des pigments s'est considérablement enrichie... Aujourd'hui, les tatoueurs qui ont une véritable pratique artistique ont les moyens de faire un Picasso si vous le leur demandez ! ▮

1. Centre de recherche et de documentation sur l'Océanie (Credo, unité CNRS/EHESS/Univ. Aix-Marseille).



Laurent Chauvaud, biologiste au Laboratoire des sciences de l'environnement marin (Lemar)¹

“Je me souviens...”

PROPOS RECUEILLIS PAR YAROSLAV PIGENET

... de mes plongées matinales à Xel-Há, juste avant que les hordes de touristes nord-américains avides de cucaracha et de croisières en bouée ne viennent troubler la tranquillité de la lagune. Sur la côte est de la péninsule du Yucatán, au Mexique, le site de Xel-Há (« l'endroit où naît l'eau » en langue maya) est exceptionnel, tant du point de vue de l'organisation écologique que de l'archéologie et des légendes. Dans cet ancien port maya proche de l'antique cité de Tulum, un réseau de grottes inondées dont le toit s'est effondré permet aux eaux salées provenant de la mer d'entrer en contact avec l'eau douce (et limpide) apportée par les rivières continentales. Ici, l'écosystème de la forêt tropicale terrestre se prolonge et se mêle à celui de la mangrove. Sur ce cliché, j'applique un marqueur fluorescent, la calcéine, sur des coquillages afin d'étudier leur croissance.”

PHOTO : E. AMICE/LEMAR/CNRS PHOTOTHÈQUE

1. Unité CNRS/UBO/IRD/Ifremer.



En 2015, le CNRS et l'IRD mettent les mangroves à l'honneur : lire notre article « L'inquiétant recul des mangroves » sur lejournal.cnrs.fr



de Denis Guthleben,
historien au CNRS

Gros temps sur le climat

Après l'interdisciplinarité évoquée dans la précédente livraison de cette chronique, place au climat : d'un numéro à l'autre, le lien est étroit. En effet, quoi de plus interdisciplinaire que les recherches qui portent sur le climat ? Chaque discipline, des mathématiques aux sciences humaines, peut y apporter sa contribution. Et même au-delà, chaque spécialité a son mot à dire. Songeons, par exemple, et par le plus neutre des hasards, aux... historiens. Sont concernés au premier chef ceux qui étudient les évolutions passées du climat – dans les pas d'Emmanuel Le Roy Ladurie et de son *Histoire du climat depuis l'an mil*. Mais comment ne pas convoquer également les historiens des sciences, ceux qui s'intéressent à l'économie, aux lobbies, à l'environnement, à la politique... En définitive, quel champ d'études n'entretient-il pas, d'une manière ou d'une autre, des liens avec le climat ? Peut-être quelque historien d'un monde extraterrestre pourrait-il s'en soustraire ? Pas si sûr, puisque l'on sait, depuis le dernier numéro de *CNRS Le journal*, que les climats des exoplanètes sont eux aussi l'objet de toutes les attentions...

Pour quelques degrés de plus...

Dans la longue trajectoire des études sur le climat, il y a des jalons. Les plus courageux vont les quérir jusque dans l'Antiquité, chez Hippocrate et Théophraste. Plus raisonnablement, on peut citer les observations des Lumières sur l'influence du

L'année 1896, surtout, est retenue comme fondatrice. Elle voit le chimiste Svante Arrhenius, qui s'intéresse au cycle des glaciations terrestres, relier les températures au CO₂ présent dans l'atmosphère. Ainsi, un doublement de son taux provoquerait un réchauffement climatique de plus de 4 °C. Excellente intuition ! Mais on oublie parfois de rappeler que le savant y voyait un bien plus qu'un mal. S'inspirant de ses travaux, certains ont même songé à brûler massivement du charbon à seule fin de voir la densité de CO₂ exploser, et les températures augmenter en proportion. Quand on accomplit sa carrière en Suède, sans doute quelques degrés de plus sont-ils toujours bons à prendre...

Les dégâts des changements passés

À mesure que les observations s'affinent, que les données se multiplient, la climatologie s'installe peu à peu dans le paysage scientifique, au carrefour d'une multitude de champs de recherche, et en renouvelant sans cesse ses méthodes et ses moyens. Dans un premier temps, les mécanismes en jeu paraissent si complexes que l'influence de l'homme est peu prise en compte. Les facteurs anthropiques sont ainsi négligés au moment même où ils gagnent en ampleur ! Leurs effets commencent toutefois à être mesurés à partir du milieu du xx^e siècle et sont reconnus de plus en plus largement depuis les années 1960.

On ne s'étendra pas ici, car plusieurs milliers de pages seraient nécessaires, sur les preuves qui s'accumulent depuis lors, sur les alertes qui sont lancées, sur les succès et les échecs de la sensibilisation des pouvoirs publics et des citoyens – car les recherches sur le climat interrogent aussi comme nulle autre la place du scientifique en société. Et l'on reviendra à l'histoire, qui peut une fois encore apporter sa pierre à l'édifice. Des travaux de plus en plus nombreux tentent de cerner les impacts des changements climatiques du passé, qu'il s'agisse de cycles longs – le petit âge glaciaire des xv^e-xix^e siècles, par exemple – ou de dérèglements plus ponctuels et localisés. Dans tous les cas, ils mettent en lumière des conséquences considérables, voire catastrophiques. Alors qu'un accord international ambitieux est espéré lors de la COP 21, qui se tiendra cet automne à Paris, disons-le crûment : face au changement climatique, l'homme, surtout s'il ne s'y est pas préparé, prend toujours très cher ! À bon entendeur... ||

Les recherches sur le climat interrogent comme nulle autre la place du scientifique en société.

climat sur les hommes et leurs sociétés. « *Il ne faut pas être étonné que la lâcheté des peuples des climats chauds les ait presque toujours rendus esclaves, et que le courage des peuples des climats froids les ait maintenus libres* », soutenait ainsi Montesquieu dans son *Esprit des lois* – les Lumières n'ayant pas toujours été très éclairées.

Vient plus tard, en 1824, la description plus scientifique de l'effet de serre par Joseph Fourier.



20 SCIENTIFIQUES ET LEURS ÉQUIPES DE RECHERCHE RÉCOMPENSÉS

La Fondation Bettencourt Schueller met en œuvre la mission qui lui a été confiée il y a vingt-cinq ans par ses fondateurs, André et Liliane Bettencourt et leur fille, Françoise Bettencourt Meyers : « **donner des ailes au talent** » pour contribuer à la réussite et au rayonnement de la France. Cette mission s'exprime dans trois domaines d'engagement : les sciences de la vie, la culture et la solidarité.

La Fondation Bettencourt Schueller s'est fixé pour objectif d'agir durablement sur l'écosystème de la recherche dans les sciences de la vie en travaillant sur trois leviers indissociables : accentuer le rayonnement de la recherche biomédicale française, accélérer le processus d'innovation et améliorer les conditions de travail des chercheurs. Elle se donne deux moyens d'action : des prix et des dons.



FONDATION
BETTENCOURT
SCHUELLER

Fondation Bettencourt Schueller

27-29 rue des Poissonniers • 92200 Neuilly-sur-Seine • France
www.fondationbs.org • Contact : sciences@fondationbs.org

SCIENCES DU VIVANT

Au fil des années, la Fondation a constitué une série de quatre prix pour encourager les chercheurs en sciences de la vie dans les moments clés de leur carrière : le séjour post-doctoral à l'étranger, le retour en France, la création d'une équipe, la reconnaissance de découvertes exceptionnelles. Ces quatre prix encouragent leurs lauréats à aller plus loin.

Prix Liliane Bettencourt pour les sciences du vivant

Scott Waddell professeur en neurobiologie, est le lauréat de la 18^e édition. À l'Université d'Oxford, il révolutionne la manière dont l'individualité des cerveaux est appréhendée. Ses recherches sur la mouche drosophile éclairent le fonctionnement de la mémoire jusqu'à l'échelle du neurone et pourraient révéler ce qui rend unique le comportement de chaque individu.

Prix Coups d'élan pour la recherche française

Quatre nouveaux laboratoires du CNRS et de l'Inserm seront rénovés et/ou équipés :

ÉQUIPE DIRIGÉE PAR **Chantal Abergel**
Laboratoire Information génomique et structurale,
CNRS / Université Aix-Marseille

ÉQUIPE DIRIGÉE PAR **Valentina Emiliani**
Laboratoire Neurophotonique, CNRS / Université Paris Descartes

ÉQUIPE DIRIGÉE PAR **Frédéric Saudou**
Institut des Neurosciences,
Université Joseph Fourier / CHU de Grenoble

ÉQUIPE DIRIGÉE PAR **Manuel Théry**
Institut Universitaire d'Hématologie, Inserm / CEA Paris

Dotation du programme ATIP-AVENIR

Une nouvelle équipe de recherche créée à l'Institut Curie (Paris)
DIRIGÉE PAR **Leïla Perié**
Unité de physico-chimie UMR 168 du CNRS

Prix pour les jeunes chercheurs

À l'issue d'une sélection difficile parmi les nombreux candidats d'excellence recommandés par les écoles doctorales, quatorze jeunes chercheurs français prometteurs vont réaliser leur post-doctorat dans un des meilleurs laboratoires étrangers (USA / ROYAUME-UNI / PAYS-BAS / SUISSE / ALLEMAGNE / DANEMARK)

Paul BLANCHE **Antoine CHAILLON** **Fred ETOC**
Grégory FRANCK **Édouard HANNEZO** **Denis JALLET**
Jean-Rémi KING **Fanny LANGLET** **Maël LEBRETON**
Séverine MARTINI **Paul MONNIER** **Mandy MULLER**
Sébastien PAQUE **Hervé TURLIER**

JUSQU'À
100€
OFFERTS
POUR LES MOINS DE 30 ANS*



Votre vocation fait votre fierté, la nôtre est de vous assurer.

En tant qu'agent du service public, vous vous engagez pour les autres, alors GMF s'engage pour vous en vous proposant, par exemple, d'assurer votre véhicule même lorsque vous l'utilisez pour des déplacements professionnels, sans supplément de cotisation. Et pour aller plus loin, GMF propose des garanties spécifiques liées à votre fonction : une garantie perte de revenu (traitement et primes) en cas d'arrêt de travail, des solutions d'épargne sûres et disponibles pour commencer à préparer votre retraite.

Rejoignez GMF - 1^{er} assureur des agents des services publics.

Pour en savoir plus rendez-vous sur www.gmf.fr

* 50 € pour l'assurance Auto Pass et 50 € pour l'assurance Santé Pass. Offre réservée aux jeunes agents des services publics de moins de 30 ans, la 1^{ère} année, à la souscription d'un contrat d'assurance auto. Offre valable jusqu'au 31/12/2015.

LA GARANTIE MUTUELLE DES FONCTIONNAIRES et employés de l'État et des services publics et assimilés - Société d'assurance mutuelle - Entreprise régie par le Code des assurances - R.C.S. Paris 775 691 140 - Siège social : 76, rue de Prony - 75857 Paris Cedex 17 et sa filiale GMF Assurances. Adresse postale : 45930 Orléans Cedex 9.