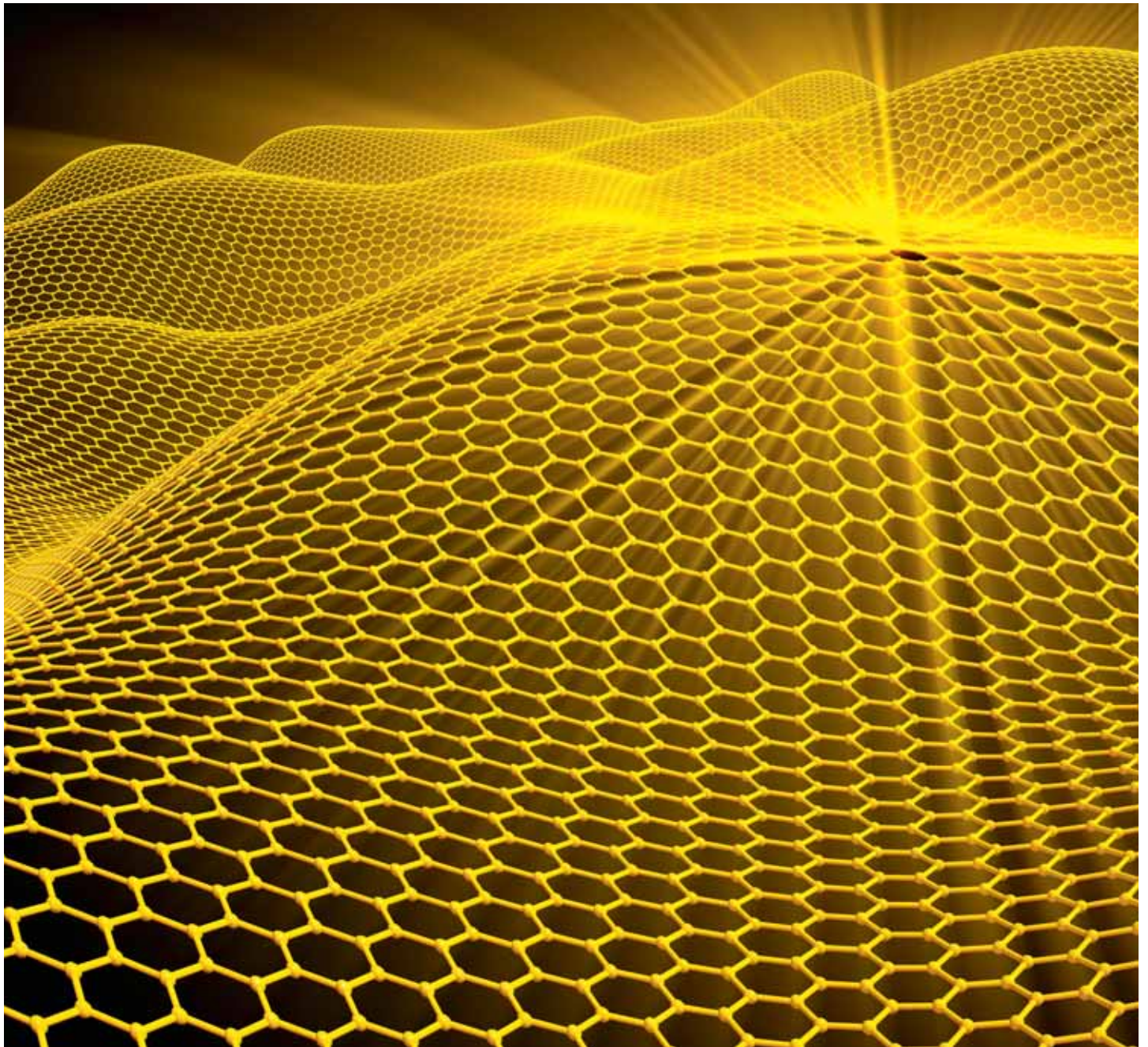




De l'économie
à la science :
**l'héritage
de 14-18**

**Le graphène,
nouvelle
star de la
recherche**

OUI,
le CNRS soutient
les recherches
sur le genre !

Les trous
noirs
sortent de
l'ombre

Semaine du Cerveau

10-16 mars 2014



Le CNRS, partenaire de la semaine du cerveau.

Plus d'informations sur :
<http://www2.cnrs.fr/public/>



Le CNRS recrute 95 ingénieurs, cadres et techniciens (h/f)

Mécaniciens

Experts en calcul scientifique

Techniciens et ingénieurs biologistes

Gestionnaires administratifs et financiers

Ingénieurs en instrumentation

etc.

Vos talents sont nombreux, nos métiers aussi.



Concours ouverts du 28 février au 31 mars 2014
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://lejournalejournal.cnrs.fr>

Anciens numéros :

<https://lejournalejournal.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

Chefs de rubrique :

Fabrice Demarthon, Charline Zeitoun

Rédacteurs :

Claire Debôves, Yaroslav Pigenet

Assistante de la rédaction

et fabrication :

Laurence Winter

Ont participé à ce numéro :

Stéphanie Arc, Kheira Bettayeb,

Julien Bourdet, Jean-Philippe Braly,

Laure Caillou, Simon Castéran,

Denis Delbecq, Laurianne Geffroy,

Sylvain Guilbaud, Denis Guthleben,

Aurélié Sobocinski,

Philippe Testard-Vaillant,

Clémentine Wallace

Secrétaire de rédaction :

Isabelle Grandrieux

Conception graphique :

Céline Hein

Iconographes :

Anne-Emmanuelle Héry, Marie Mabrouk,

Audrey Diguët, Nathalie Lambert

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, une modélisation numérique du graphène.

PHOTO : PASIEKA/SPL/COSMOS

“Les citoyens ont soif de sciences ouvertes sur le monde.”

Après plusieurs mois d'absence, *CNRS Le journal* revient. Entièrement repensé et rénové, enrichi de plus de vingt pages, avec une maquette sobre et élégante organisée en quatre rubriques, ce nouveau projet est plus ambitieux aussi, mais ne sacrifie rien à ce qui fait l'intérêt d'un magazine dans lequel les scientifiques vont, je l'espère, se reconnaître : un traitement de l'information qui cherche plus à éclairer et à contextualiser qu'à enjoliver.

Cette refonte de votre magazine accompagne l'arrivée d'un nouveau média lancé par la direction de la communication : CNRSlejournalejournal.fr. Avec la création de ce site gratuit – et conformément à sa mission de diffusion des connaissances –, le CNRS sort de sa réserve pour investir l'univers des médias numériques. L'objectif est clairement affiché :

partager largement avec les amateurs de science, les professeurs et leurs élèves, les étudiants et tous les citoyens curieux, des contenus que nous destinions jusque-là à la communauté des agents du CNRS, chercheurs, ingénieurs et techniciens, ceux des labos comme ceux des bureaux. Avec ce nouveau site, le CNRS opère une petite révolution pour toucher le plus grand nombre : tous nos contenus, articles, dossiers, billets, vidéos, diaporamas et infographies pourront être lus, vus et commentés sur les réseaux sociaux.

Parce que nous sommes conscients que les recherches sont de plus en plus pointues, que les résultats ont besoin d'être replacés dans un « récit » qui les dépasse et les englobe, *CNRS Le journal*, dans sa version numérique comme dans

le magazine, veut aider à les décrypter. En alerte sur les sciences émergentes, nos journaux entretiendront cette faculté d'émerveillement et cette curiosité qui guident les chercheurs eux-mêmes, en accordant notamment une place prépondérante à l'image.

Les citoyens d'aujourd'hui rejettent un scientisme arrogant, mais ont toujours soif de sciences ouvertes sur le monde, sur les questionnements et sur les controverses. C'est pourquoi *CNRS Le journal* ne se dérobera pas face aux débats qui divisent : qu'il s'agisse du genre ou des gaz de schiste, la société a besoin d'informations scientifiques fiables. Le CNRS, crédible et non partisan, ambitionne de donner du sens à la science.

Par Brigitte Perucca,
directrice de la communication du CNRS



© N. TIGET/CNRS PHOTO THÈQUE



© CORBIS

GRAND FORMAT

17

L'héritage de 14-18	18
Quand le laser révèle le passé	30
Les promesses du graphène	36

14

Georges Chapoutier,
le chercheur
et la souris



© S. GODEROY/CNRS PHOTO THÈQUE

EN PERSONNE

5

Jean-Pierre Bourguignon met le cap sur Bruxelles	6
Pascale Launois, pro de la cristallographie	8
Rachid Yazami, lauréat du prix Draper 2014	10
Les maths françaises en force à Séoul	11
Un jour avec l'équipe de Curiosity	12

EN ACTION

41

Les tweets et les SMS passent à la fouille	44
L'Afrique poursuit le combat contre la méningite	45
Édition scientifique : un nouveau contrat avec Elsevier	46
Sur le chantier de la réplique de la grotte Chauvet	48
Mieux diagnostiquer la schizophrénie	49
L'illusion tactile, une révolution en marche	50
Les SHS en renfort des entreprises	52
Les cellules pDC, un nouvel eldorado pour la médecine	54

Les trous noirs
sortent de l'ombre

42



© F. MIRABEL/ESA/NASA

La culture scientifique
en pleine mutation

56



© I. GINZBURG/CSTI GRENOBLE/INMEDIATS

LES IDÉES

55

Le genre, c'est de la science	58
Peut-on échapper au syndrome de l'innovation permanente ?	59
Le cancer touche aussi les écosystèmes	60
Quelles politiques pour mieux évaluer les risques liés à l'innovation ?	61
Michel Wieviorka, un sociologue à l'ère numérique	62

CARNET DE BORD

Hervé Le Goff nous raconte un souvenir de recherche 64

LA CHRONIQUE DE DENIS GUTHLEBEN

La cristallographie, de Platon à nos jours 66

EN PERSONNE



*Les maths françaises à l'honneur • Le
parcours d'une cristallographe • Un jour
avec l'équipe de Curiosity • Georges
Chapouthier, le chercheur et la souris*

ILLUSTRATION : S. ROY-COLAGENE.COM, POUR CNRS LE JOURNAL

Le mathématicien Jean-Pierre Bourguignon met le cap sur Bruxelles

PAR JEAN-PHILIPPE BRALY

Fin décembre 2013, Stanford. Depuis la célèbre université californienne où il donne une série de conférences, Jean-Pierre Bourguignon jongle entre le téléphone et un déluge de courriels envoyés des quatre coins du monde. Objet de toute cette agitation : sa nomination à la tête du Conseil européen de la recherche (ERC), l'agence bruxelloise de financement de la recherche. À 66 ans, c'est donc un mathématicien français qui succède à la sociologue autrichienne Helga Nowotny : « *Je me réjouis de cet excellent choix, a réagi cette dernière. Avec*

son profil académique international et de grand renom, le professeur Jean-Pierre Bourguignon sera en mesure de poursuivre le travail accompli jusqu'à présent. »

Créé en 2007, l'ERC comptabilise aujourd'hui plus de 40 000 candidatures reçues pour 4 000 projets retenus, huit Prix Nobel et trois médaillés Fields parmi les chercheurs financés... et des citations dans 20 000 publications de revues prestigieuses. La stratégie de l'agence est clairement affichée : la qualité des projets étant le principal critère de sélection, les chercheurs peuvent proposer ce qu'ils souhaitent, et notamment des projets permettant d'explorer de nouveaux champs. C'est donc d'une

agence en plein essor, forte de près de 400 employés et d'un budget annuel de 1,7 milliard d'euros, dont « hérite » le nouveau président de l'ERC.

travaux. » Cette confiance contribuera sûrement à son statut actuel de grand spécialiste de géométrie différentielle. Jean-Pierre Bourguignon s'installera deux autres fois à l'étranger : à Bonn, en Allemagne, en 1976-1977, avant de se voir attribuer la médaille de bronze du CNRS, puis en 1980, aux États-Unis, à Princeton et à Stanford.

Globe-trotter des mathématiques

C'est alors qu'il est élu président de la Commission de mathématiques du Comité national du CNRS, à tout juste 33 ans. « *Je devais défendre les maths face à d'autres disciplines représentées par des académiciens quinquagénaires... Ce fut très formateur !* », se souvient-il. Cette expérience réussie lui ouvrira les portes de nombreux autres postes à responsabilités au fil de sa carrière : présidences des Sociétés mathématiques française et européenne, du Comité d'éthique du CNRS, participation à la création de l'organisation de scientifiques EuroScience, à de nombreux conseils du CNRS (scientifique, politique européenne et internationale)... Puis, dès 1986 (et durant vingt-six ans), il enseignera à l'École polytechnique : « *J'y ai été le tuteur de nombreux élèves venus de Chine, pays que j'ai déjà visité 33 fois depuis 1981, et j'ai des contacts réguliers avec diverses institutions là-bas.* »

En 1987, il reçoit le prix Paul-Langevin de l'Académie des sciences de Paris. Mais l'autre grand tournant de sa carrière aura lieu en 1994 : il est nommé directeur de l'Institut des hautes études scientifiques, poste qu'il ne quittera qu'en 2013, un record de longévité ! Basé dans l'Essonne, l'IHÉS se veut l'homologue européen du célèbre

Nomination.

Ancien directeur de l'Institut des hautes études scientifiques (IHÉS), Jean-Pierre Bourguignon vient d'être nommé président du Conseil européen de la recherche (ERC).

Spécialiste de géométrie différentielle

Ingénieur de l'École polytechnique et docteur en mathématiques, Jean-Pierre Bourguignon démarre sa carrière en 1969 au CNRS... qu'il ne quittera plus : « *Grâce à cet emploi stable décroché à l'âge de 21 ans, j'ai pu tout de suite m'atteler à des questions scientifiques difficiles plutôt que de devoir courir d'un job à l'autre.* » Autre année marquante : 1972, qu'il passe aux États-Unis. « *En France, je n'étais pas considéré comme un vrai mathématicien, car je ne faisais pas de géométrie algébrique ni de théorie des nombres,* raconte-t-il. *Alors qu'aux États-Unis, de grands mathématiciens se sont intéressés à mes*

Son parcours en 5 dates

1947 Naît à Lyon

1969 Entre au CNRS

1994 Devient directeur de l'Institut des hautes études scientifiques

2007 Est nommé à la présidence du Comité d'éthique du CNRS

2014 Devient président du Conseil européen de la recherche



© M. SABAH

Institute for Advanced Study de Princeton. Immédiatement, Jean-Pierre Bourguignon se montre très offensif pour y attirer les meilleurs chercheurs : rénovation des infrastructures, lancement de collaborations européennes et surtout création d'un véritable savoir-faire pour collecter des fonds aux quatre coins du monde. « J'ai dû passer plus de 1 000 fois par Roissy ! », lance l'ancien directeur sans frontières, que le physicien Nikita Nekrasov décrit comme « un phénomène quantique : beaucoup d'énergie et d'impulsion, et complètement délocalisé ». En 1997, son dynamisme est récompensé par le prix du Rayonnement français pour les sciences physiques et mathématiques.

Cette réussite à la tête de l'IHÉS aura donc sans doute beaucoup pesé dans la balance face aux trente autres candidats en lice pour présider l'ERC. Pour Michèle Leduc, qui lui a succédé en 2011 à la présidence du Comité d'éthique du CNRS, « cette nomination est une excellente nouvelle : le prestige de ce scientifique de très haut vol, ses jugements rigoureux et son respect des valeurs éthiques vont encore renforcer et améliorer l'ERC ». ■

“En entrant au CNRS à 21 ans, j'ai pu tout de suite m'atteler à des questions scientifiques difficiles.”

Comment il voit ses nouvelles responsabilités

Quelle est votre mission première à la tête de l'ERC ?

Jean-Pierre Bourguignon : Les moyens financiers et matériels sont déjà acquis et substantiels pour la période 2014-2020. Ainsi, ma première tâche consiste surtout à m'assurer que le fantastique succès de l'ERC se poursuive sur le plan de la qualité scientifique. Je veillerai notamment à ce que les meilleurs chercheurs européens continuent à candidater pour obtenir nos financements, avec une attention toute particulière au comblement du déficit actuel de candidatures féminines.

Comment voyez-vous votre fonction de président ?

J.-P. B. : Je vois dans ce poste une responsabilité à long terme pour identifier les évolutions possibles et imaginer une organisation future de la recherche à l'échelle européenne. Je souhaiterais que puissent s'engager des discussions sur ce sujet avec les structures nationales qui financent la recherche et emploient les chercheurs. On ne peut pas courir le risque de perdre une génération de chercheurs en Europe.

En quoi la fonction du président de l'ERC a-t-elle évolué ?

J.-P. B. : Par rapport à mes prédécesseurs, je remplis à la fois le poste de *chairman* du conseil et de secrétaire général en interface avec l'agence exécutive de l'ERC, et je vais être conseiller spécial de la commissaire européenne et résider à Bruxelles. Cette nouvelle organisation indique que l'ERC fait vraiment partie intégrante de la stratégie globale de la Commission européenne en matière de recherche : il est un des piliers du programme Horizon 2020. Il demeure indispensable que le Conseil scientifique de l'ERC, et donc son président, garde toute l'indépendance de décision nécessaire.

MATIÈRE

Pascale Launois, pro de la cristallo

PAR DENIS DELBECCO

CRISTALLOGRAPHIE

Science qui étudie l'organisation des atomes dans la matière pour en comprendre et en utiliser les propriétés.

“

J'avais envie d'une physique qui se pratique à échelle humaine. » C'est pour cette raison que Pascale Launois s'est tournée, dans les années 1980, vers la physique des solides et la **cristallographie**. Et qu'on la retrouve aujourd'hui très engagée dans l'Année internationale qui vient de démarrer, consacrée à cette dernière discipline. À 52 ans, directrice de recherche au CNRS, elle codirige une équipe d'une trentaine de personnes au Laboratoire de physique des solides (LPS)¹, à Orsay.

D'une discipline à l'autre

« *Après un DEA de physique théorique centré sur la physique des particules, j'ai réalisé que les expériences engagent tellement de monde qu'il me serait difficile d'en avoir une vision globale, confie-t-elle. Je me suis donc tournée vers la physique des solides. Nos expériences se font avec quelques personnes, et nous pouvons, sans être théoriciens, interpréter nos résultats de manière approfondie.* » Pascale Launois achève sa thèse en 1987 au Laboratoire Léon-Brillouin (LLB)², à Saclay, qu'elle intègre comme chercheuse au CNRS quelques mois plus tard. Ses premiers travaux et sa thèse seront récompensés par la médaille de bronze du CNRS en 1991. C'est lors d'un stage postdoctoral au LPS, où elle est maintenant installée depuis 1993, qu'elle commence à s'intéresser à la cristallographie et aux quasi-cristaux, une nouvelle organisation de la matière condensée, dans laquelle les atomes sont ordonnés mais, à la différence des cristaux, de manière non périodique.

« *À vrai dire, je ne suis pas cristallographe au sens strict : je n'ai jamais suivi de cours de cristallographie ni déterminé une structure cristalline. Mais je me suis intéressée aux outils de la cristallographie pour étudier la structure de la matière, ordonnée ou désordonnée, et les relations entre structure, organisation et propriétés physiques* », explique-t-elle, avant d'ajouter avec enthousiasme : « *Au laboratoire, nous avons le plus grand parc de diffractomètres à rayons X de France.* »

Après les quasi-cristaux, la chercheuse s'est tournée vers les fullerènes, des assemblages

de carbone qui ressemblent à des ballons de football. Puis, depuis une douzaine d'années, vers les nanotubes de carbone, des tuyaux ultrafins aux propriétés multiples. « *Depuis trois ans, j'étudie l'eau confinée dans ces nanotubes, indique-t-elle. Elle peut y glisser sans frottement, ce qui pourrait avoir des applications pour la désalinisation de l'eau.* »

Avec son équipe de recherche, elle travaille également sur les imogolites, des nanotubes à base de germanium (ou de silicium) et d'aluminium qui, contrairement aux nanotubes de carbone, existent dans la nature, dans les sols volcaniques. « *Ils sont dotés de propriétés*





Le site de l'Année de la cristallographie
» www.aicr2014.fr

Retrouvez Pascale Launois sur Twitter
» [@PascaleLaunois](https://twitter.com/PascaleLaunois)

antistatiques – qui avaient été très étudiées par Kodak pour les pellicules photo –, peuvent piéger des métaux lourds dans les sols, et pourraient stocker de l'eau, précise Pascale Launois. Avec l'équipe de Stéphane Rols, de l'Institut Laue-Langevin, à Grenoble, nous étudions, entre autres, la structure de l'eau confinée dans ces nanotubes, la manière dont elle y pénètre et leur dynamique. »

La goût de la transmission

Animée par la passion de transmettre, la chercheuse consacre beaucoup d'énergie à l'organisation, côté français, de l'Année internationale de la cristallographie. Elle en gère le site Web, avec l'aide d'un collègue du CNRS, Marc Blanchard, de l'IMPMC³, à Paris, et s'est même mise à « tweeter » pour l'occasion : « *Nous voulons montrer aux étudiants et au grand public la richesse et la diversité de notre science et comme elle est vivante.* »

En ce moment, elle prépare par ailleurs, « *un peu par féminisme* » plaisante-t-elle, une conférence de vulgarisation sur Rosalind Franklin, « *cette chercheuse britannique qui a grandement contribué à la découverte de la structure de l'ADN* ». Également très impliquée avec ses étudiants, « *Pascale Launois défend son équipe et sait toujours se rendre disponible*, raconte Erwan Paineau, devenu chargé de recherche au LPS après trois années de postdoctorat, dont deux passées à ses côtés. *Parfois, on aurait envie de lui dire de prendre plus de temps pour elle.* »

La chercheuse ne cède pourtant pas sur ses passions : karaté, randonnées, voyages lointains et lectures. Ainsi, il y a trois ans, elle est partie en Finlande avec son mari et l'une de ses deux filles : « *Nous avons campé une nuit par – 40 °C, j'en ai gardé un souvenir extraordinaire. J'ai toujours eu une véritable fascination pour le Grand Nord.* » Une attirance que l'on retrouve dans son goût pour les polars de l'Islandais Arnaldur Indridason, qui font partie de ses livres de chevet. ■

1. Unité CNRS/Univ. Paris-Sud. 2. Unité CNRS/CEA.
3. Institut de minéralogie, de physique des matériaux et de cosmochimie (CNRS/UPMC/IRD/MNHN).

Alain Fuchs reconduit à la présidence du CNRS



© ILLUSTRATION : FALLING WALLS FOUNDATION

Lors du Conseil des ministres du 26 février, Alain Fuchs a été nommé président du CNRS pour un second mandat de quatre ans. Ce chimiste a consacré ses travaux de recherche à la modélisation et à la simulation moléculaire des fluides confinés. Il a été professeur à l'université Pierre-et-Marie-Curie et directeur de recherche au CNRS. Jusqu'en 2010, il a dirigé l'École nationale supérieure de chimie de Paris. Il a également fondé le Laboratoire de chimie physique d'Orsay. Chevalier des Palmes académiques, il a été nommé chevalier de la Légion d'honneur. Durant son premier mandat, Alain Fuchs a rapproché le CNRS des universités et des grandes écoles pour concevoir une politique de recherche commune et participer à l'émergence des grands

sites universitaires de demain ; il a également fortement positionné l'organisme comme un acteur incontournable du programme des Investissements d'avenir. Pour cette nouvelle mandature, Alain Fuchs s'est donné trois principaux objectifs : renforcer la présence et la visibilité de la recherche française à l'international, créer les conditions du renouvellement des thématiques de recherche via l'interdisciplinarité, promouvoir et renforcer le transfert des résultats de la recherche. Très respectueux de la confiance que la société porte au CNRS, Alain Fuchs souhaite conforter la pérennité d'une institution dont les valeurs sont reconnues par le grand public : la recherche fondamentale désintéressée au service de l'accroissement des connaissances et de la prospérité du pays.

À l'affiche



© DÉLÉGATION PMA

Depuis le 6 janvier, **Marie-Hélène Beauvais** est directrice de cabinet du président du CNRS, Alain Fuchs. Auparavant directrice déléguée de la communication du CNRS, elle a été en 2012 chargée de mission au sein du cabinet de la ministre de la Recherche Geneviève Fioraso.



© LABORATOIRE CEISAM

Le laboratoire Ceisam, dirigé par **Bruno Bujoli**, a reçu en janvier le trophée Inpi de l'innovation 2013. Ce laboratoire de chimie moléculaire est à l'origine du dépôt de quatorze familles de brevets et de la création de trois entreprises.



© J.-F. DARS/CNRS PHOTO THÈQUE

Quatorze scientifiques du CNRS, dont **Katell Berthelot**, font partie des lauréats 2013 des Consolidator Grants, ce qui en fait l'organisme le plus récompensé par l'ERC lors de cet appel, et même lors du 7^e PCRD dans son ensemble.

250

articles publiés dans des revues à comité de lecture, chapitres de livres et comptes rendus consacrés aux batteries rechargeables, à leurs composants et leurs performances

500 000 \$

le montant qu'il partagera avec ses corécepteurs du prix Draper 2014, les Japonais Akira Yoshino et Yoshio Nishi et l'Américain John Goodenough

29 ans

de carrière au CNRS

Dont

16

comme directeur de recherche

7

distinctions scientifiques internationales décernées depuis 1999

Dont

2

remises par la Nasa

Rachid Yazami, lauréat du prix Draper 2014

En détachement à la Nanyang Technological University de Singapour, ce directeur de recherche au CNRS vient de se voir décerner le prix Charles Stark Draper 2014 par la National Academy of Engineering. Considérée comme le prix Nobel des ingénieurs, cette distinction récompense notamment son invention en 1980 des anodes lithium-graphite. Celles-ci permettront plus tard la fabrication des batteries rechargeables lithium-ion que l'on retrouve aujourd'hui dans la plupart des téléphones et autres appareils nomades.

PAR YAROSLAV PIGENET

Plus de

50

familles de brevets déposés comme inventeur ou co-inventeur dans le domaine des batteries

Dont

37

pour le CNRS

15

milliards de \$

de chiffre d'affaires annuel pour le marché des batteries lithium-ion

Sources : National Academy of Engineering ; World Intellectual Property Association ; Office européen des brevets ; Google Scholar ; CNRS.

Les maths françaises en force à Séoul

PAR CHARLINE ZEITOUN

Le prochain Congrès international des mathématiciens (ICM), qui se tiendra à Séoul du 13 au 21 août, a choisi des Français pour donner trois des vingt et un très prisées conférences plénières : Jean-François Le Gall, Frank Merle et Benoît Perthame. Ce rendez-vous incontournable de milliers de chercheurs s'annonce donc comme un très bon cru pour la France, d'autant que, parmi les orateurs des sessions thématiques, près d'un sur cinq est rattaché à l'école française, et notamment au CNRS. Cette délégation de 38 conférenciers (3 pléniers et 35 dans les sessions thématiques), la plus

nombreuse après celle des États-Unis, illustre la vitalité de la recherche tricolore dans cette discipline. Quant aux futurs lauréats des médailles Fields, souvent considérées comme les prix Nobel des mathématiques et toujours décernées au début du Congrès, le suspense reste entier. Seuls les mathématiciens de moins de 40 ans, orateurs ou non à l'ICM, sont en lice. De deux à quatre médailles sont attribuées à chaque édition du Congrès, qui se tient tous les quatre ans seulement. En 2010, la France avait été honorée par celles de Cédric Villani et de Ngô Bảo Châu. ■

FRANK MERLE 51 ANS

Spécialiste des équations aux dérivées partielles, il mène des travaux d'un fort impact sur la résolution des problèmes ondulatoires en physique. Professeur au Laboratoire analyse, géométrie, modélisation² et à l'Institut des hautes études scientifiques, il a reçu en 2005 la médaille d'argent du CNRS et le Bôcher Memorial Prize of the American Mathematical Society. « Très honoré » d'avoir été choisi pour une conférence plénière, il est ravi de « s'adresser à l'ensemble de la communauté des mathématiciens », et non aux seuls spécialistes de son domaine, « ce qui relève en soi d'une certaine forme de vulgarisation scientifique ».



JEAN-FRANÇOIS LE GALL 54 ANS

Probabiliste, passionné par le mouvement brownien (connu pour décrire le déplacement erratique d'une particule dans un fluide), il est professeur au Laboratoire de mathématiques d'Orsay¹. Lauréat du prix Loève en 1997, médaillé d'argent du CNRS en 2009, il est « très heureux d'avoir la chance de parler de ses travaux à une si vaste audience lors de l'ICM ». Ses pronostics pour la médaille Fields ? « Les statistiques semblent favorables à mes compatriotes : six chercheurs français ont été lauréats lors des cinq dernières éditions. »

BENOÎT PERTHAME 54 ANS

Il se consacre aux mathématiques appliquées, en particulier aux méthodes utilisables en biologie, pour modéliser par exemple le développement des tumeurs et leur traitement, ou l'évolution darwinienne. Directeur du Laboratoire Jacques-Louis-Lions³, professeur à l'UPMC, il a reçu la médaille d'argent du CNRS en 1994 et le prix G. Sacchi Landriani en 1997. « Donner cette conférence plénière à l'ICM est une reconnaissance au niveau international qui me donne envie, plus que jamais, de m'investir avec mes collaborateurs dans nos recherches. »

1. Unité CNRS/Univ. Paris-Sud. 2. Unité CNRS/Univ. de Cergy-Pontoise. 3. Unité CNRS/UPMC/Univ. Paris-Diderot.

-08 56.37

14:55.00

UNIVERS

Un jour avec l'équipe de Curiosity

Astrophysique. Reportage au Fimoc, à Toulouse, l'un des centres de contrôle du rover martien Curiosity. Les scientifiques y reçoivent les données recueillies par les instruments SAM GC et ChemCam et y élaborent les instructions qui leur seront envoyées.

PAR SIMON CASTÉRAN

16 H DÉBUT DE JOURNÉE AU FIMOC

Si certains songent déjà à la fin de journée, ce n'est pas le cas de la dizaine d'ingénieurs et de chercheurs du Fimoc, le centre d'opération des instruments français de la mission Mars Science Laboratory (MSL), installé au Cnes, à Toulouse. Et pour cause : « Comme nous travaillons en partenariat avec le Jet Propulsion Laboratory (JPL) de Pasadena, en Californie, toute l'équipe est à l'heure américaine !, indique le planétologue Olivier Forni, de l'Institut de recherche en astrophysique et planétologie (Irap), tout proche du Cnes. L'avantage, c'est que, lorsqu'il est 8 heures du matin à Pasadena, c'est déjà l'après-midi à Toulouse. Nous pouvons donc commencer à travailler sur les données avant le début de la journée officielle. » À leur arrivée, les scientifiques découvrent les informations que Curiosity a envoyées aux satellites MRO et Odyssey, en orbite autour de Mars, au cours de leurs deux à trois passages quotidiens au-dessus du rover, qu'ils ont ensuite renvoyées en direction de la Terre. Au Fimoc, chaque journée commence par un briefing de santé. « On cherche notamment à savoir si les instruments

Le rover Curiosity (ici à l'écran) envoie des informations quotidiennes sur la planète Mars aux scientifiques du Fimoc.

ont fonctionné normalement ou si une activité n'a pas duré plus longtemps que prévu », explique Charles Yana, l'un des ingénieurs responsables des opérations pour ChemCam.

17 H ANALYSE DES DONNÉES RECUEILLIES

Les scientifiques, réunis en groupes thématiques (minéralogie, géologie, environnement martien), commencent à travailler sur les données reçues : en fonction des panoramas photographiques acquis la veille ou quelques jours auparavant, ils identifient les roches sur lesquelles il sera le plus intéressant de tirer avec le laser de ChemCam. Les résultats recueillis par les autres instruments comme SAM GC, qui analyse la composition du sol martien, sont examinés à la loupe. Mais parfois, les informations sont incomplètes. Comme le précise David Coscia, membre du Laboratoire atmosphères, milieux, observations spatiales¹ et responsable de SAM GC, « la quantité de données envoyées vers le satellite relais étant limitée, les informations sont classées selon un ordre de priorité. Ainsi, il arrive qu'on reçoive des données qui nous disent que l'instrument démarre, que

1. Unité CNRS/UPMC/UVSQ.



Le site de la mission MSL
 >> <http://smc.cnes.fr/MSL/Fr/>

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

tout se passe bien et, quand il commence à transmettre ses résultats, tout s'arrête, on n'a plus rien ! Il faut donc attendre le passage suivant de l'orbiteur, le lendemain matin, pour obtenir la suite... »

19 H RÉUNION AU SOMMET

C'est le début de la première réunion du jour avec Pasadena. « C'est aussi la plus importante : le Sowg (Science Operations Working Group). C'est à ce moment que les scientifiques sélectionnent les activités que le rover accomplira le lendemain, poursuit Charles Yana. Comme le temps imparti pour l'utilisation des instruments est assez restreint, on ne peut pas tout faire. Il faut donc procéder à des arbitrages, privilégier une activité par rapport à une autre. Alors bien sûr, chacun essaie de pousser à l'utilisation de l'instrument dont il s'occupe : mais il n'y a pas pour autant de guerre entre les scientifiques. Notre philosophie, c'est de considérer que, si une activité a été choisie par rapport à une autre, c'est qu'elle était plus intéressante pour la mission. »

21 H VALIDATION DES ACTIVITÉS

Après le Sowg, une deuxième réunion commence presque aussitôt. Les chercheurs définissent les paramètres qui seront envoyés aux instruments et valident les activités qui ont été décidées au cours de la réunion précédente. Plus ponctuellement, des synthèses sont également présentées à l'ensemble de l'équipe : « Par exemple, une fois par semaine, on présente les données qui ont été rassemblées par ChemCam lors de la semaine précédente », explique Olivier Forni. Les ingénieurs ne sont

pas en reste : « Si des activités sont prévues pour ChemCam, on reste pour la nuit, sinon on rentre chez nous... » « Mais cela arrive rarement, ajoute Charles Yana. On se prépare toujours à rester un peu plus longtemps. Heureusement, nous partageons nos activités avec le Laboratoire national de Los Alamos (LANL, Nouveau-Mexique) : une semaine, ce sont les Français qui préparent les commandes et analysent les données, la suivante, ce sont les Américains au LANL. Les vendredis soir sont assez intenses, car on y programme les trois prochains jours d'activités. »

22 H CODAGE DES INSTRUCTIONS

Les ingénieurs commencent ensuite à coder les instructions destinées au rover. Les séquences de commandes sont envoyées au JPL et validées sur place, tandis qu'au Fimoc d'autres réunions auront lieu au cours de la nuit pour vérifier que les règles d'utilisation de l'instrument ont bien été respectées. « Plus que la programmation, ce sont les validations qui prennent du temps, souligne Charles Yana, car il faut s'assurer, par exemple, que le bras du rover ne se trouve pas là où on va tirer ! » Impossible de contrôler le rover en temps réel. Ainsi, comme le reconnaît l'ingénieur, « il y a toujours un peu de stress à envoyer les commandes, car il nous faut attendre à chaque fois un ou deux jours pour savoir si les activités se sont bien passées... » Vers 3 ou 4 heures du matin, enfin, la journée de travail s'achève : les commandes sont transmises au JPL, qui les renvoie immédiatement vers Curiosity ou un satellite relais. Une nouvelle journée de travail commence... cette fois-ci sur Mars ! ▀



JEAN-FRANÇOIS STÉPHAN NOUS A QUITTÉS

Directeur de l'Institut national des sciences de l'Univers (Insu) du CNRS depuis juin 2010, Jean-François Stéphan est décédé le 21 décembre 2013 à l'âge de 64 ans. Ce géologue éminent était un spécialiste de la tectonique et a étudié plus précisément l'architecture et les mécanismes de formation des chaînes de montagnes et des structures sous-marines récentes, c'est-à-dire datées de quelques dizaines de millions d'années. Inlassable globe-trotter, il a mené ses recherches en parcourant de nombreuses régions de la planète. C'est en 1977 qu'il entame sa carrière de chercheur au CNRS, d'abord à l'université Paris-VI, puis à Brest, au laboratoire Océanologie et géodynamique de l'université de Bretagne occidentale. En 1985, Jean-François Stéphan reçoit la médaille de bronze du CNRS, puis devient, en 1989, professeur en sciences de la Terre à l'université de Nice Sophia-Antipolis et directeur du laboratoire Géodynamique, qui deviendra l'unité Géoazur. En juillet 2006, il est nommé directeur scientifique du département Environnement, planète-univers, espace au ministère de l'Enseignement supérieur et de la Recherche, avant de devenir directeur de l'Insu en 2010. Pour Alain Fuchs, président du CNRS, « nous perdons un collègue de très grande qualité. Nous garderons le souvenir d'un homme profondément humain et bienveillant, exigeant sur la qualité de la science et très attaché à notre organisme. » Le CNRS rend également hommage à Zohra Ouassayoun, décédée le 14 janvier. Elle était depuis douze ans l'assistante des différents directeurs de l'Insu qui se sont succédé, dont Jean-François Stéphan.



► L'instrument ChemCam du rover Curiosity effectue des tirs laser afin d'analyser la composition du sol martien.

Georges Chapouthier, le chercheur et la souris

PROPOS RECUEILLIS PAR STÉPHANIE ARC

VIVANT



SOCIÉTÉS



Biologie. Comment peut-on à la fois mener des expériences sur les animaux en tant que chercheur et défendre leurs droits ? C'est le grand paradoxe auquel a été confronté tout au long de sa carrière Georges Chapouthier¹, neurobiologiste et philosophe, et qu'il évoque longuement dans son dernier ouvrage *Le Chercheur et la Souris*.

Vous venez de publier, fin 2013, avec Françoise Tristani-Potteaux, *Le Chercheur et la Souris*, un ouvrage qui retrace votre carrière de biologiste, mais qui évoque aussi votre implication dans la défense des droits des animaux. Pourquoi ce livre ?

Georges Chapouthier : D'abord, parvenu à la fin de ma carrière, j'ai eu envie de réaliser une sorte de bilan en revenant chronologiquement sur mes travaux et sur les liens entre mémoire, anxiété et épilepsie. Mais j'ai aussi eu envie d'évoquer l'évolution de mon rapport aux animaux, depuis l'enfance jusqu'à mon engagement à la Fondation Droit animal, éthique et science. Ensuite, j'ai souhaité parler de mon double parcours, de biologiste et de philosophe, parce qu'il m'a permis de réfléchir sur un paradoxe : comment peut-on à la fois mener des expériences sur les animaux, en tant que neurobiologiste, et défendre leurs droits ? Il m'a paru important de relater mon vécu sur ce sujet.

Comment vous êtes-vous intéressé à la cause des animaux ?

G. C. : J'ai toujours été attiré par le règne animal. Et cette sympathie ne m'a jamais quitté. Enfant, je considérais les animaux comme des personnes. Puis, comme notre société valorise le savoir, cette sympathie s'est, dès la classe de 6^e, transformée en passion pour les sciences naturelles. Or, partout, on m'enseignait qu'il y a une coupure entre l'homme, être de lumière, et l'animal, objet. Du coup, j'ai adopté ce modèle. Après avoir fait l'École normale supérieure, je suis entré, en 1968, au CNRS comme chercheur

en neurobiologie. Je considérais alors l'animal comme un système utile pour le développement de la recherche en mettant de côté la question morale de son traitement. Mais, peu à peu, je suis revenu à mes premiers sentiments. Et j'ai eu la chance de rencontrer Jean-Claude Nouët, un histologiste, vice-doyen de la Pitié-Salpêtrière, qui avait cofondé, en 1977, la Ligue française des droits de l'animal (LFDA). J'ai ainsi réfléchi sur la condition animale, d'abord en faisant une thèse d'État en philosophie, sous la direction de François Dagognet, puis en publiant, notamment *Au bon vouloir de l'homme, l'animal* en 1990, le tout premier livre en France sur les droits de l'animal.

Et en vous engageant au sein de la LFDA, vous êtes donc devenu militant ?

G. C. : Non, je ne dirais pas militant. Mais oui, je me suis très vite investi à la LFDA, aujourd'hui Fondation Droit animal, éthique et science, présidée par Louis Schweitzer. J'en ai été le secrétaire général de 1999 à 2002, puis le vice-président de 2002 à 2010. Et je suis actuellement toujours membre du conseil d'administration. Cela dit, l'action de cette fondation, composée d'universitaires, de philosophes, d'artistes, de juristes, se situe uniquement sur le plan de la pensée : nous publions des livres et des articles, nous organisons des débats et des colloques, comme celui de l'an dernier sur les capacités de souffrance de l'animal, et nous avons, en 2012, interrogé les candidats à l'élection présidentielle sur le statut de l'animal. Notre fondation vise à adopter une position raisonnable, en ne tombant ni dans un extrême ni dans l'autre.

¹. Georges Chapouthier est directeur de recherche émérite au CNRS au Centre émotion-remédiation et réalité virtuelle (unité CNRS/UPMC/APH Pitié-Salpêtrière/CRICM).





Le Chercheur et la Souris,
Georges Chapouthier
et Françoise
Tristani-Potteaux,
CNRS Éditions, 2013

**Souffrance animale :
de la science
au droit. Colloque
international,** Thierry
Auffret Van Der Kemp
et Martine Lachance
(dir.), Éditions Yvon
Blais, 2013

**Kant et le Chimpanzé.
Essai sur l'être
humain, la morale
et l'art,** Georges
Chapouthier,
Belin, coll. « Pour
la science », 2009



© S. GODEFROY/CNRS PHOTOTHÈQUE

Le fait d'avoir dû recourir à l'expérimentation animale ne vous a-t-il jamais fait douter de votre activité de chercheur ?

G. C. : Non, pas réellement... Certes, c'est culpabilisant, lorsque, par exemple, pour améliorer des médicaments contre l'épilepsie, on doit déclencher des crises chez des rongeurs. Mais je me suis toujours dit que d'autres feraient les expériences de toute façon, et peut-être avec moins de respect. Cela m'a surtout poussé à défendre la cause des animaux. J'ai ainsi développé à ce sujet une position d'entre-deux délicate à tenir, mais qui est, à mon avis, la seule possible si l'on veut concilier recherche scientifique et respect de l'animal. Ce serait certes merveilleusement moral de proscrire toute expérience. Mais la recherche scientifique et médicale ne peut malheureusement pas s'en passer totalement aujourd'hui. Lorsqu'une question concerne le corps dans sa totalité, par exemple quand on cherche à produire une molécule qui fait dormir ou qui anesthésie, aucun autre modèle ne permet encore d'y répondre. En tant qu'êtres humains, c'est-à-dire en tant qu'êtres moraux, nous avons toutefois le devoir de protéger les animaux contre les douleurs que nous pourrions leur causer. D'abord parce qu'ils sont nos cousins, vu que nous sommes des chimpanzés modifiés, c'est-à-dire dotés d'un « super-cerveau », ensuite parce que nous devons protéger tout être qui pourrait souffrir. La recherche ne doit être éthique que parce qu'elle est pratiquée par des êtres qui se veulent éthiques.

Mais alors comment protéger les animaux dans la recherche ?

G. C. : Tout d'abord en appliquant la fameuse règle dite des trois « R », pour Réduire, Raffiner, Remplacer. On peut et on doit tenter de restreindre au minimum le recours à



très nombreuses dispositions peuvent encore être prises, sur le plan pratique dans les animaleries, mais aussi lors de la conduite même des expériences. Quant à la formation morale des chercheurs et des animaliers, certes esquissée aujourd'hui, elle est encore insuffisante et doit être approfondie. Mais tout cela va dans le bon sens !

Vous avez écrit ce livre avec Françoise Tristani-Potteaux, philosophe et docteur en sciences de la communication. Que vous a apporté cette collaboration ?

G. C. : Cela a été très fructueux. Françoise s'intéresse de près à la neurobiologie et elle est sensibilisée à la cause animale. Nous étions donc en phase sur le fond, hormis quelques divergences sur Descartes, dont elle est une fervente lectrice. Selon moi, par exemple, c'est notamment la conception postcartésienne (l'animal-machine) qui a autorisé les scientifiques à considérer les animaux comme de simples objets d'expérience. Par ailleurs, c'est délicat d'écrire seul sur soi-même. Françoise m'a apporté une distance précieuse, parfois critique, et m'a aussi permis de changer mon regard sur ma propre vie. Par exemple, je me trouvais conformiste dans mes virages professionnels, elle me voyait au contraire allumé, impulsif. Enfin, sa maïeutique – sa manière de m'interroger – m'a permis de retrouver des fragments de mémoire enfouis, notamment de mon enfance. **II**

l'expérimentation en réduisant le nombre d'animaux utilisés. Il faut raffiner les protocoles expérimentaux dans ce but et, quand c'est possible, remplacer ce recours par d'autres méthodes d'analyse fournies par la technologie : cultures cellulaires, modèles informatiques, etc.

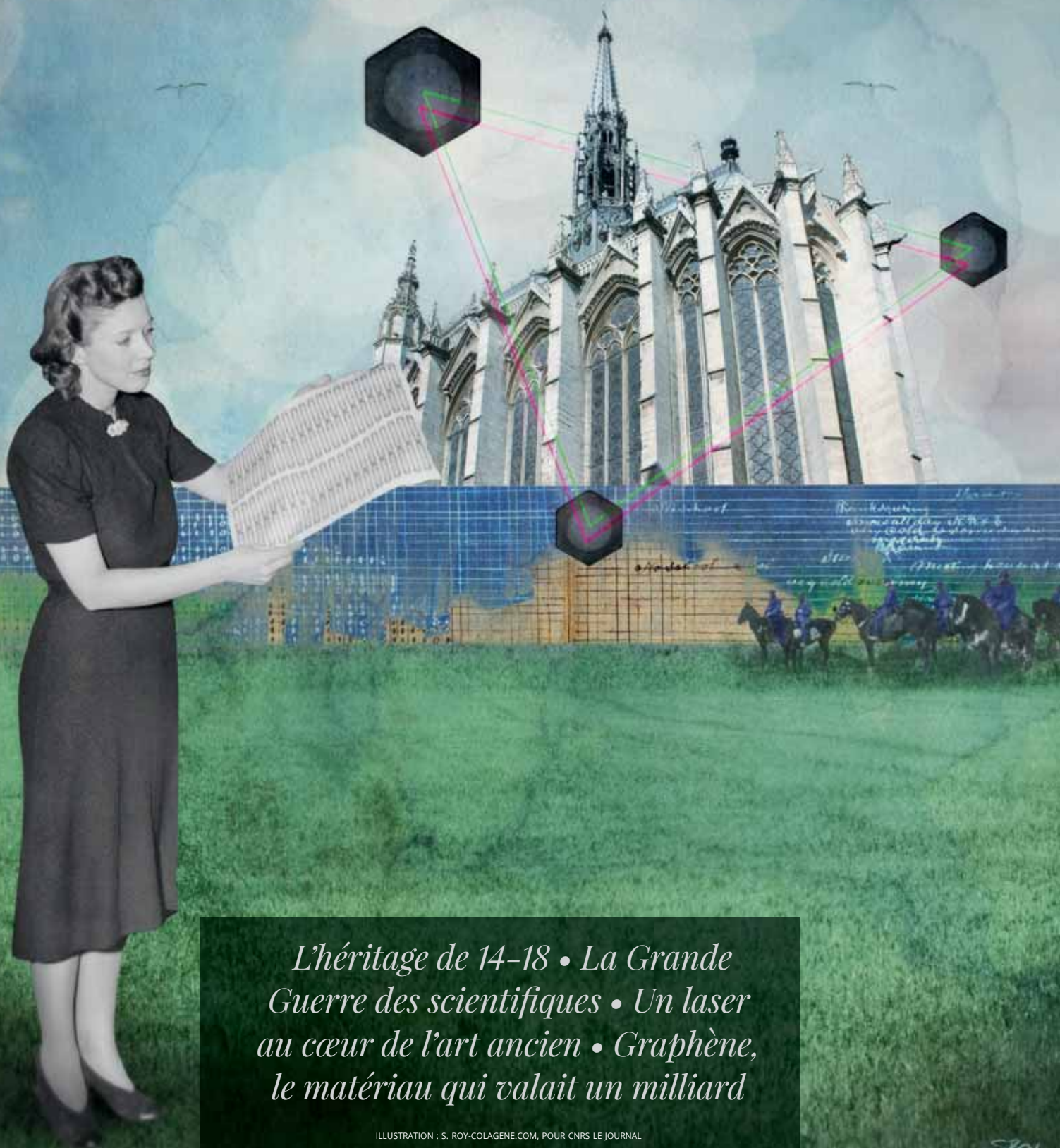
Avez-vous constaté une évolution favorable de leur statut ?

G. C. : Oui, il s'est considérablement amélioré par rapport à mes débuts, où les chercheurs étaient libres de faire ce qu'ils voulaient. Et cela pour deux types de raisons. D'abord, des raisons administratives. Des lois², qui nous sont souvent soufflées par l'Europe du Nord, plus sensible à la question du respect animal que l'Europe du Sud, encadrent strictement l'expérimentation en France. La qualité des animaleries est contrôlée. Le chercheur qui souhaite mener des expériences avec des animaux doit obtenir une habilitation qui, depuis quelques années, suppose des connaissances d'éthique. Des comités d'éthique se mettent en place dans les centres de recherche qui vérifient la conformité des expériences aux règlements. Ensuite, et c'est fondamental, les esprits ont évolué. Même si certains chercheurs ne s'intéressent pas spécialement à l'animal, ce thème est pris au sérieux. Pour améliorer les choses, de

“On peut et on doit tenter de restreindre au minimum le recours à l'expérimentation en réduisant le nombre d'animaux utilisés.”

². Voir notamment le décret n° 2001-486 du 6 juin 2001 portant publication de la Convention européenne sur la protection des animaux vertébrés utilisés à des fins expérimentales ou à d'autres fins scientifiques.

GRAND FORMAT



*L'héritage de 14-18 • La Grande
Guerre des scientifiques • Un laser
au cœur de l'art ancien • Graphène,
le matériau qui valait un milliard*

ILLUSTRATION : S. ROY-COLAGENE.COM, POUR CNRS LE JOURNAL





L'héritage de 14-18

UNE ENQUÊTE RÉALISÉE PAR PHILIPPE TESTARD-VAILLANT ET DENIS GUTHLEBEN

SOCIÉTÉS

Le 11 novembre 1918, après 1 560 jours de combat, la Grande Guerre s'arrête enfin. Elle a changé définitivement la face du monde : des générations entières ont été fauchées, l'économie est à genoux, les équilibres géopolitiques sont bouleversés. L'onde de choc de la guerre aura aussi de profondes répercussions sociales et culturelles, et même scientifiques, car la recherche a pris une part active au conflit. Enquête sur le très lourd héritage de 14-18.

La guerre a tout changé, que ce soit sur le plan démographique, géopolitique, économique, social ou culturel.

Le 11 novembre 1918, à 11 heures du matin, les cloches de toutes les églises de France se mettent à carillonner pour célébrer l'annonce de l'armistice. Mais c'est peu dire que la guerre, que les états-majors avaient prévue courte, et qui a duré 52 mois, a fait pleuvoir un déluge de malheurs sur les sociétés belligérantes. Que ce soit sur le plan démographique, géopolitique, économique, social ou culturel, ces 1 560 jours d'enfer ont tout changé. Et les blessures ouvertes par le conflit vont mettre du temps à se refermer.

Un bilan humain extrêmement lourd

À l'heure des comptes, dans une Europe privée de millions de naissances, le bilan humain est extrêmement lourd (voir l'infographie ci-contre). Ainsi, la France, à elle seule, dénombre 1,4 million de « tués à l'ennemi ». Malgré la réannexion de l'Alsace-Lorraine, perdue en 1871, le déficit

des naissances, quatre ans durant, a creusé une brèche dans la pyramide des âges. Ce qui explique que, pour compenser les effets de la saignée qui l'affecte, l'Hexagone connaît dans les années 1920 une forte vague d'immigration, principalement constituée de Polonais, d'Italiens et d'Espagnols, et devient la deuxième destination des migrants, après les États-Unis. La Grande-Bretagne pleure, quant à elle, 800 000 *tommies*, y compris les soldats des dominions. L'Allemagne a perdu plus de 2 millions d'hommes, l'Autriche-Hongrie, près de 1,5 million, l'Empire russe, 2 millions... La violence guerrière a également fau-

ché nombre de soldats non-Européens et durement frappé les civils, dont on estime à 8,8 millions le nombre de morts. À ce décompte macabre s'ajoutent, pour l'ensemble du Vieux Continent, quelque 6,5 millions d'invalides, parmi lesquels des centaines de milliers d'aveugles, d'amputés, de « gueules cassées », 8 millions d'orphelins, environ 4 millions de jeunes veuves et plusieurs millions de parents inconsolables.



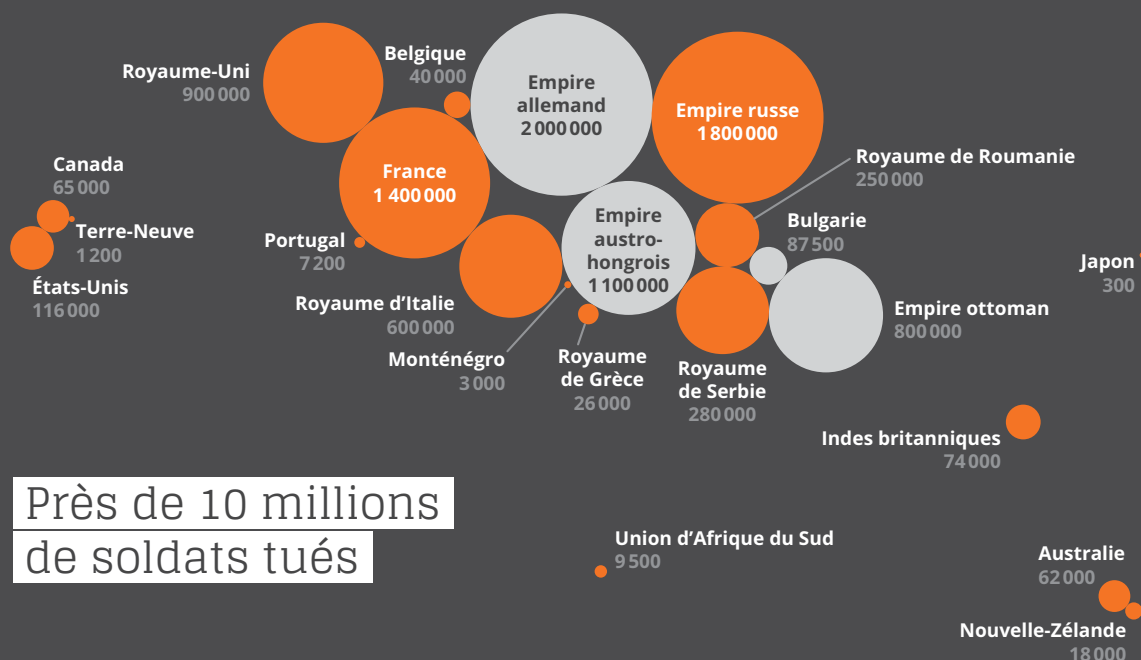
Photo colorisée de soldats lors d'une trêve dans une tranchée à Verdun en 1916.

La situation économique et financière n'est pas moins préoccupante. Par-delà les stigmates matériels, très spectaculaires (en France, le conflit a ruiné des centaines de milliers de bâtiments, dévasté 2,5 millions d'hectares de terres agricoles et détruit plus de 60 000 kilomètres de routes), le Vieux Continent sort très appauvri de l'horrible mêlée des années 1914-1918. Certes, l'épreuve a renforcé certains secteurs industriels comme l'aéronautique, la chimie et l'automobile. Mais elle a balayé le système étalon-or, et avec lui la stabilité des monnaies.

Le Vieux Continent en pleine débâcle financière

C'est que « tous les pays ont fait la guerre à crédit grâce à des emprunts intérieurs et aussi largement extérieurs, pour la France, explique Isabelle Davion, membre du laboratoire Identités, relations internationales et civilisations de l'Europe¹. Que ce soit pour conduire l'effort de guerre ou pour rembourser les dettes, financer la reconstruction, verser des indemnités aux sinistrés et des pensions aux victimes et, bien sûr, payer les réparations dans le cas de l'Allemagne, les pays européens, dont les réserves d'or sont épuisées, ont fait et font marcher la planche à billets. Ils impriment une monnaie qui n'a pratiquement aucune valeur intrinsèque et repose sur la confiance des agents économiques qui l'utilisent ». L'inflation qui souffle sur l'Europe et enfile au fil des mois prend une forme paroxystique dans l'Allemagne vaincue où, en novembre 1923, 1 dollar cote 4 200 milliards de

1. Unité CNRS/Univ. Paris-Sorbonne/Univ. Paris-I. 2. En refusant de ratifier le traité de Versailles, en mars 1920, le Sénat américain empêche les États-Unis de siéger à la Société des nations.



Près de 10 millions
de soldats tués

Estimation des effectifs militaires tués par nation

- **Puissances alliées**
Près de 6 millions de morts
- **Empires centraux**
Plus de 4 millions de morts

CHIFFRES D'APRÈS JAY WINTER, *THE GREAT WAR AND THE BRITISH PEOPLE*, CITÉ DANS *ENCYCLOPÉDIE DE LA GRANDE GUERRE*, FAYARD, 2014

Cette affiche appelle les Français à participer financièrement à l'effort de guerre.



marks, un épisode d'hyperinflation qui traumatisera pour longtemps le peuple allemand.

Comment tenter de calmer cet ouragan dévastateur et stabiliser les monnaies ? Chaque pays y va de sa solution, plus ou moins heureuse. L'Angleterre restaure en 1925 la convertibilité de la livre à son ancienne parité, c'est-à-dire avec un poids fixe en or, un choix qu'elle paie au prix fort. Ses produits deviennent plus chers, ce qui nuit aux exportations, et la politique d'austérité plonge dans la crise les classes les plus fragiles. La France garde la même monnaie, mais la dévalue de 80 % en 1928, ce qui touche les épargnants qui avaient placé leur or en rentes ou même en bons de la défense nationale, et qui sont désormais remboursés en monnaie dépréciée. L'Allemagne et l'Autriche créent pour leur part de nouvelles monnaies en 1924, le reichsmark et le schilling autrichien, dont la valeur est fixée en partie en or et en partie en dollars et en livres.

Mais, derrière le voile troublé des désordres monétaires, les États-Unis, qui ont avancé quelque 10 milliards de dollars aux Alliés et sont le premier créancier de l'Europe, s'imposent désormais comme l'économie leader. La tête du capitalisme a quitté Londres pour traverser l'Atlantique. New York, symbole d'un pays en pleine expansion, est devenue la capitale du capital (*lire l'encadré p. 24*). Le Japon, qui a vendu du matériel aux Alliés, a vu bondir sa production industrielle de 72 % entre 1914 et 1919. Mais, bien que prospère, l'économie nipponne commence à ressentir gravement, en 1921, les effets de la concurrence internationale à mesure que les produits européens réapparaissent sur le marché asiatique.

Autre effet majeur du conflit, politique cette fois : l'Europe monarchique, et avec elle les grandes dynasties qui l'incarnaient (Habsbourg, Hohenzollern, Romanov...), a été emportée par le souffle de la défaite. Les empires allemand, austro-hongrois, russe et ottoman se sont effondrés. De multiples républiques (allemande, autrichienne, polonaise, hongroise, baltes...), parfois très éphémères, et de nouveaux États (Yougoslavie, Tchécoslovaquie, Turquie...), voient le jour sur les décombres des anciennes structures aristocratiques et redessinent les frontières politiques du continent où les traités de paix garantissent les droits des minorités.

Montée en puissance des régimes autoritaires

Une donne géopolitique inédite émerge en Europe, fondée sur les grands principes de la démocratie libérale. Ce nouvel ordre international promeut, en outre, l'idée que les États doivent désormais régler pacifiquement d'éventuels conflits, comme les y incite la Société des nations (SDN) née du traité de Versailles. Signé entre l'Allemagne et ses vainqueurs en 1919, ce traité affiche notamment l'objectif de réduire, au nom de l'équilibre du continent européen et pour répondre aux légitimes exigences de sécurité de la France, la puissance allemande dans tous les domaines : militaire, économique, géopolitique.

Mais de la coupe aux lèvres... La non-participation des États-Unis à la SDN², installée à Genève, retire beaucoup de son autorité à cette instance interétatique, même si « on ne souligne pas assez son rôle positif, par exemple dans le sauvetage financier de l'Autriche en 1922 », commente

ÉTALON-OR

Système par lequel les banques garantissaient, grâce à l'or qu'elles détenaient, la possibilité de rembourser les billets, dont la valeur était gagée sur le métal fin.

La signature du traité de Versailles, le 28 juin 1919, définit les conditions de l'armistice entre les grandes puissances au lendemain de la guerre.



© PA ARCHIVE/ROGER-VOLLET

Isabelle Davion. Surtout, le nouvel édifice européen, que fragilisera un peu plus la crise économique mondiale de 1929, va exacerber les nationalismes dans les pays vaincus (l'immense majorité des Allemands jugent qu'une paix « honteuse » leur a été imposée) ou frustrés (comme l'Italie, dont les revendications territoriales ne sont pas toutes satisfaites). C'est un des traits de l'entre-deux-guerres que de voir des régimes autoritaires remplacer petit à petit des régimes républicains, à tel point qu'en 1938 il ne restera plus qu'une seule République en Europe centre-orientale : la Tchécoslovaquie.

La paix est ratée, car « on n'a pas laissé aux traités de paix le temps de faire leurs effets », analyse Isabelle Davion. Ces traités étaient des constructions imparfaites, certes, mais extrêmement souples. Ils laissaient ouverte la possibilité de revenir sur les imperfections et les faiblesses de l'édifice. Mais les hommes qui les ont imaginés ne sont pas ceux qui les ont appliqués. Soit ils ont été évincés par le jeu électoral, comme aux États-Unis ou en France, soit ils s'en sont retirés parce qu'ils ont refusé de prendre leurs responsabilités, tel le Britannique Lloyd George, qui a immédiatement commencé à attaquer le traité de Versailles qu'il venait de négocier. Rapidement donc, on n'a plus entendu que les détracteurs. Et il ne s'est plus trouvé grand monde pour défendre les traités de paix qui n'ont pas pu trouver leur place dans l'Europe des années 1920 et 1930. Si la Seconde Guerre mondiale a éclaté, c'est parce qu'on a détruit l'Europe de Versailles ».

La guerre a-t-elle par ailleurs changé les rapports sociaux au sein de la société française ? Qu'en est-il, tout d'abord, de son impact sur la place des femmes ? Assurément, le conflit a vu de nombreuses femmes sortir de leur foyer et remplacer les hommes, retenus au front, dans les usines, les services ou les champs. Assurément encore, de nouvelles modes capillaires et vestimentaires, comme celle de la garçonne aux cheveux courts et aux jupes raccourcies, ont libéré l'apparence féminine dans les années 1920. Et le décret Bérard, en 1924, en assimilant l'enseignement secondaire féminin à celui des garçons, a permis à un nombre croissant de jeunes filles de décrocher le baccalauréat, de poursuivre des études supérieures et de devenir des femmes diplômées, actives et indépendantes.

Une période conservatrice sur le plan social

Pour toutes ces raisons, « la mémoire collective a longtemps retenu l'idée d'une guerre émancipatrice. Or la guerre et l'après-guerre ont été plutôt conservatrices, estime Françoise Thébaud, professeur émérite de l'université d'Avignon et membre du Centre Norbert-Elias³. S'il y a bien eu un surtravail des femmes pendant la guerre (+ 20 %), nombre d'entre elles, qui représentaient déjà 36 % de la population active avant 1914, sont retournées à leurs tâches antérieures sitôt le conflit terminé ». La France d'après-guerre, traumatisée par le deuil et arc-boutée sur les conceptions traditionnelles des rôles

3. Unité CNRS/Univ. d'Avignon/EHESS/Aix-Marseille Univ. 4. Unité CNRS/Univ. Paris-I/EHESS.



Après la guerre et la participation des femmes au conflit, notamment comme ouvrières dans les usines d'armement, le port du pantalon commence progressivement à intégrer la garde-robe féminine.

© AKG-IMAGES

masculins et féminins, se montre aussi ingrate envers les femmes en leur refusant le droit de vote, en interdisant toute publicité en faveur de la contraception et en durcissant la répression contre l'avortement.

Peu favorable à une évolution des rôles sexuels, l'après-guerre ne suscite pas non plus une osmose entre le peuple et les élites. Déjà, dans la boue et le bruit des tranchées, les distances sociales entre « intellectuels » (universitaires, artistes, hommes de lettres, médecins, étudiants...) et hommes du peuple (paysans, ouvriers, artisans...) ne se sont pas réduites, voire se sont accrues. Après 1916 surtout, si les tranchées ont été de facto le théâtre d'un brassage géographique et social, le rêve démocratique d'une fraternité interclasses ne s'est pas réalisé. « *Plus la guerre s'est prolongée, plus les intellectuels ont cherché à préserver ce qui faisait leur identité avant la guerre, à savoir disposer de temps et de calme pour réfléchir, lire, écrire..., et plus ils se sont isolés du reste des hommes du rang* », constate Nicolas Mariot, du Centre européen de sociologie et de science politique⁴.

De même, beaucoup d'intellectuels classés à gauche étaient partis à la guerre avec, chevillée au corps, l'idée de pouvoir enfin réaliser l'unité du peuple français et de mettre leurs idéaux en accord avec leurs pratiques. « *Or la guerre a été pour eux une très longue déception*, poursuit

“Si la Seconde Guerre mondiale a éclaté, c'est parce qu'on a détruit l'Europe de Versailles.”

Un long travail de deuil

Sortir de la guerre ne consiste pas uniquement à déposer les armes, négocier des traités et reprendre des activités du temps de paix. C'est aussi se désengager mentalement du conflit. Un intense processus de deuil, amorcé dès les années de guerre, se déploie en France entre 1920 et 1930. Cimetières pour rassembler les morts au combat, édification de mémoriaux nationaux et de monuments aux morts (on dénombre 38 000 monuments aux morts de la Grande Guerre en France), plaques commémoratives apposées dans les entreprises et les bâtiments publics, rues rebaptisées du nom des batailles et des combattants, etc. : les initiatives vouées à perpétuer le souvenir du conflit et pallier l'absence des corps sont légion. Le 11 novembre devient un jour férié en 1922, et la flamme est allumée pour la première fois sous l'arc de triomphe de la place de l'Étoile à Paris, qui abrite la tombe du Soldat inconnu, le 11 novembre 1923.

Les associations d'anciens combattants, dont certaines ont vu le jour pendant la guerre, sont à la pointe de cet activisme mémoriel. À la fin des années 1920, la Confédération nationale des anciens combattants et victimes de la guerre, qui englobe les plus importantes associations, dont l'Union fédérale des mutilés, plutôt à gauche, et l'Union nationale des combattants, plutôt à droite, regroupent plus de trois millions de membres. Exaltant pour certains la fraternité des tranchées et se reconnaissant dans une génération du feu, « *les anciens combattants revendiquent d'abord le droit de parler au nom des morts*, souligne Élise Julien, de l'Institut de recherches historiques du Septentrion¹. Par ailleurs, pour que cette guerre soit la der des ders, ils s'assignent pour mission civique de diffuser un message pacifiste dans l'ensemble de la population. Ils s'adressent en particulier aux jeunes, qui représentent l'avenir, pour leur faire connaître les horreurs de la guerre et en éviter ainsi le retour ». Ce qui explique que, au-delà des clivages politiques, la plupart des anciens combattants soutiendront la signature des accords de Munich, conclus en 1938 entre Hitler, Mussolini, le Britannique Chamberlain et le Français Daladier, dans le but de clore la crise des Sudètes et d'empêcher la guerre.

1. Unité CNRS/Lille-III Univ.



New York, le 30 octobre 1929. Le spéculateur américain Walter Thornton met sa voiture en vente contre de l'argent liquide.

© ULLSTEIN BILD/ROGER-VOLLET



© ANG-IMAGES

La guerre à l'origine de la crise de 29 ?

Le jeudi 24 octobre 1929, Wall Street, dont les cours atteignent des sommets spéculatifs sans rapport avec la situation de l'économie réelle, vacille, puis s'effondre. Le mal gagne très vite toute la planète. Une lointaine « réplique » de la Grande Guerre ? « *La crise de 1929 est issue d'un faisceau de facteurs qui, combinés, provoquent un ralentissement souterrain des économies européennes, auquel la Bourse de New York réagit la première, rappelle l'historienne Isabelle Davion. Si l'on peut considérer qu'il s'agit avant tout d'une crise propre à l'adaptation du capitalisme à la production de masse, certaines causes profondes sont indirectement liées à la guerre de 14-18, qui fait de Wall Street la première Bourse mondiale, alors qu'elle peine encore à réguler le système monétaire international.* »

Nicolas Mariot. *Ce qui les a le plus frappés, c'est l'apparent fatalisme ou le "je-m'en-fichisme" des hommes du rang. Ils n'ont cessé de se demander comment ces soldats tenaient dans des conditions aussi dures et avec aussi peu d'idéaux en tête.* » Loin d'être un creuset où se fondent toutes les classes sociales, l'après-guerre n'en voit pas moins émer-

ger l'idée d'une école unique au prétexte que les pères ayant souffert ensemble au cours des mêmes combats, il paraît difficile de perpétuer un modèle scolaire où les enfants issus de milieux sociaux défavorisés ne côtoient pas la jeunesse dorée⁵.

L'émergence de l'Art moderne

Quid de la culture dans tout cela ? Le conflit, que bon nombre de créateurs précipités dans l'épouvante des tranchées ont payé de leur chair ou de leur vie (Charles Péguy, Louis Pergaud, l'auteur de *La Guerre des*

boutons, Alain-Fournier, l'auteur du *Grand Meaulnes...*), est par ailleurs à l'origine d'une multitude d'œuvres, au contenu souvent pacifiste, d'écrivains, de peintres et de cinéastes, des Français Dorgelès, Barbusse, Genevoix, Aragon, Dufy, Giono, Drieu La Rochelle, Gance, Vallotton, Renoir, au Russe Marc Chagall en passant par l'Anglais J.R.R. Tolkien, l'Irlandais George Bernard Shaw, les

Autrichiens Karl Kraus et Stefan Zweig, les Allemands Ernst Jünger, Georg Grosz et Otto Dix.

La Grande Guerre fait-elle pour autant éclater les codes esthétiques ? « Cette question fait l'objet d'un débat historiographique, répond André Loez, professeur en classes préparatoires. *Grosso modo, deux thèses s'affrontent. L'une affirme que 14-18, première guerre moderne, marque une rupture dans l'histoire culturelle de l'Occident et joue le rôle d'accoucheuse de l'Art moderne. Ce courant de pensée met notamment en relation la sauvagerie du conflit avec la naissance du dadaïsme, puis l'essor du surréalisme dans les années 1920. Une autre thèse, aujourd'hui plus acceptée, soutient que la Grande Guerre accélère l'émergence de l'Art moderne, mais que celui-ci, en réalité, préexiste au conflit, puisque le manifeste du futurisme est publié en 1909, que Kandinsky peint ses premiers tableaux abstraits dans les années 1910 et qu'Apollinaire publie *Alcools* en 1913.* »

Tenter d'oublier l'horreur de la guerre, c'est également, pour la société française, et surtout le microcosme parisien, se jeter dans les plaisirs de toutes sortes. Ainsi, une véritable folie de la danse (one-step, fox-trot, charleston...) s'empare de la Ville Lumière, où règne un climat de liberté intellectuelle qui permet à James Joyce d'y publier son roman *Ulysse*, interdit partout ailleurs, où une pléthore d'artistes élisent Montparnasse pour quartier général, où des Américains fuyant la prohibition viennent s'encanailler, où les homosexuels peuvent vivre librement leurs amours...

Le souvenir
du conflit ne
cesse d'être
commémoré,
écrit et réécrit,
dans l'Hexagone.

5. Plus de cinquante ans seront toutefois nécessaires pour que se mettent en place les bases légales du collège unique. 6. Unité CNRS/Univ. Paris-I.



Le triptyque *La Guerre*, de l'Allemand Otto Dix, a été réalisé pour que personne n'oublie les souffrances atroces que le conflit a apportées.

À Paris, les quartiers de Montparnasse et de Montmartre connaissent une période de bouillonnement festif et culturel après la guerre.



1914, dernières nouvelles, un webdocumentaire d'Arte dont CNRS Images est coproducteur
 >> 1914dernieresnouvelles.arte.tv



La Grande Guerre expliquée en images, A. Prost, Seuil, coll. « Beaux livres », 2013

La Grande Guerre. Carnet du centenaire, A. Loez et N. Offenstadt, Albin Michel, 2013

Tous unis dans la tranchée ? 1914-1918, les intellectuels rencontrent le peuple, N. Mariot, Seuil, coll. « L'univers historique », 2013

Les Femmes au temps de la guerre de 14, F. Thébaud, Petite Bibliothèque Payot, 2013

Tandis que l'Art déco prend son envol sur fond de jazz naissant, Paris devient en outre la capitale incontestée de la mode. Bref, Paris brille. Mais le krach boursier de 1929, puis la Seconde Guerre mondiale, ne vont pas tarder à effacer les Années folles des mémoires.

Un moment crucial du roman national français

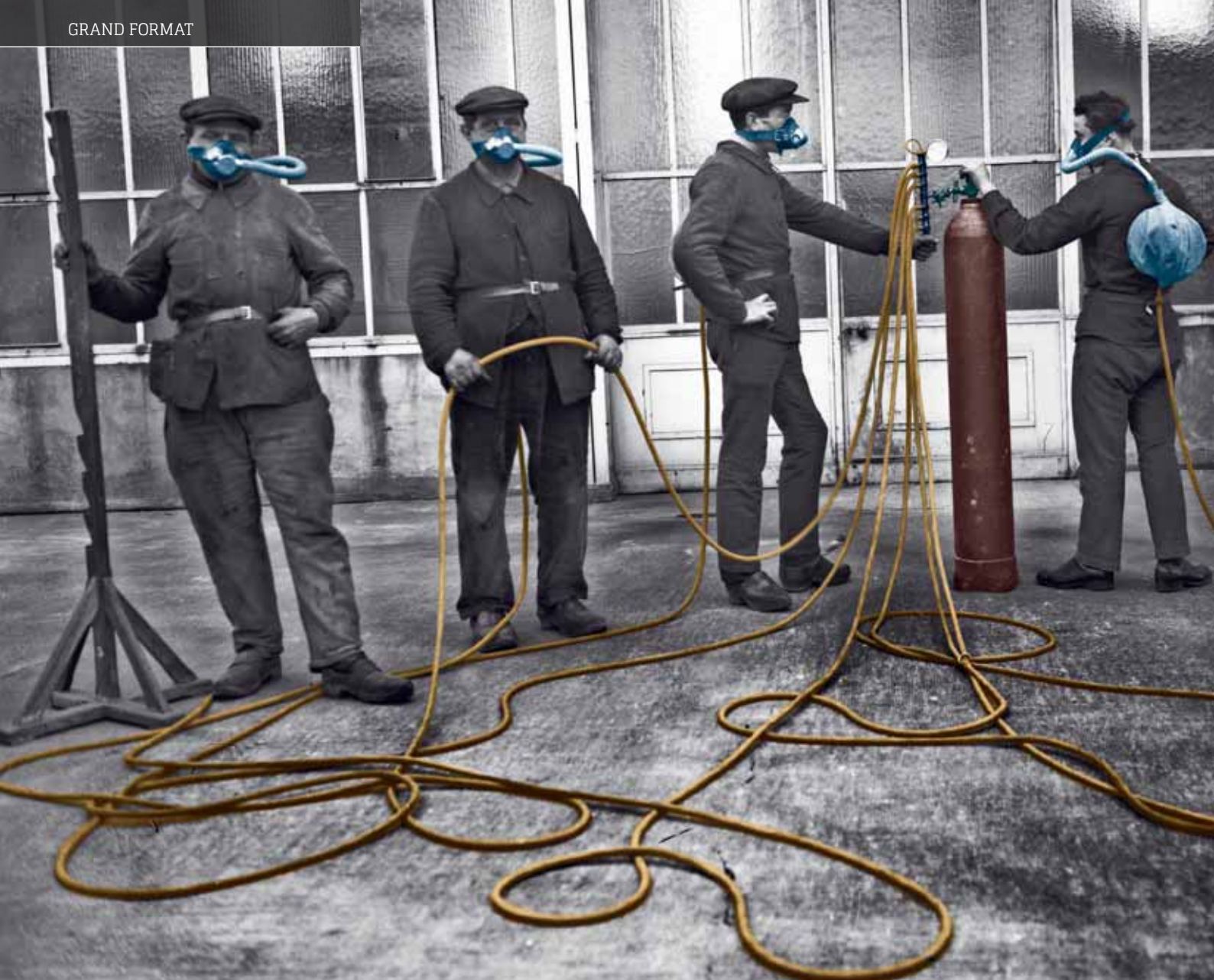
Quoi qu'il en soit, l'après-guerre n'a pas donné lieu qu'à des productions d'avant-garde. La plupart des monuments aux morts, par exemple, font appel à un vocabulaire artistique des plus conventionnels. Comme l'explique l'historien américain Jay Winter, professeur à l'université de Yale, la guerre a été si douloureuse que, pour apporter du réconfort aux vivants et les aider à se séparer des morts, ces monuments, aux antipodes de l'ironie tranchante du dadaïsme ou du surréalisme, s'inspirent de formes esthétiques classiques.

Films (*Le Pantalon* d'Yves Boisset, *Un long dimanche de fiançailles* de Jean-Pierre Jeunet, *Cheval de guerre* de Steven Spielberg...), romans (*Les Champs d'honneur* de Jean Rouaud, *14* de Jean Echenoz, *Au revoir là-haut* de Pierre Lemaître...), séries télé (*Downton Abbey*, *Parade's End*...), essais, BD... La Grande Guerre n'en finit pas de susciter, chaque année ou presque, de nouvelles œuvres. Plus largement, le souvenir du conflit reste un moment crucial du roman national français et ne cesse d'être commémoré, écrit et réécrit dans l'Hexagone, notamment à l'échelle familiale.

Depuis les années 1980-1990, « des enfants, des petits-enfants et maintenant des arrière-petits-enfants de poilus

retracent le destin de leur ancêtre dans la Grande Guerre, mettent en ligne ses lettres et ses carnets, suivent le trajet de son régiment, visitent les champs de bataille où il a connu l'épreuve du feu... », explique Nicolas Offenstadt, du Laboratoire de médiévisique occidentale de Paris⁶. D'évidence, le souvenir de la Première Guerre continue d'imprégner les pays vainqueurs, les vieilles nations comme la France et l'Angleterre. De même, la présence symbolique du conflit reste forte aux États-Unis, au Canada ou en Australie, qui s'est battue pour la première fois en tant que nation fédérée pendant la Grande Guerre, notamment à Gallipoli, en Turquie, en avril 1915.

« La mémoire russe a, quant à elle, largement occulté les expériences de guerre des soldats de 14-18 tout au long de l'ère communiste, note Nicolas Offenstadt. Aujourd'hui, en Russie, le souvenir de la Grande Guerre s'inscrit dans des finalités patriotiques. La mémoire allemande, enfin, est avant tout marquée par la période 1933-1945 et les enjeux de la réunification, ce qui laisse peu de place à 14-18. Une des questions du centenaire en cours est précisément de savoir s'il conduira à de véritables reconfigurations des mémoires nationales ou servira d'abord, dans un contexte de crise, à renforcer le récit national traditionnel, largement fait d'exaltation patriotique, de mise en avant du sacrifice ou de figures héroïques. » II P.-T.V.



La science, entre tranchées et paillasses

PAR DENIS GUTHLEBEN, ATTACHÉ SCIENTIFIQUE AU COMITÉ POUR L'HISTOIRE DU CNRS

Retour sur le rôle joué par les scientifiques pendant la Première Guerre mondiale et sur les conséquences de la guerre sur l'organisation de la recherche française.



Destiné aux armées, ce dispositif de masques à gaz avec bouteille collective devait permettre aux troupes de se prémunir contre les gaz de combat.

© CNIS PHOTO THÉÂTRE/FONDS HISTORIQUE/COLORISÉE PAR ARMAND COLIN

Cette veine, peu de soldats l'ont partagée : lorsque les gaz se dissipent, sur les 15 000 poilus retranchés dans le secteur, plus de 5 000 jonchent le sol, tandis qu'un nombre équivalent a été fait prisonnier. Un drame, le premier du genre, mais hélas pas le dernier ! Le traumatisme est tel que, en France, en Allemagne et partout ailleurs, il a marqué des générations entières, et qu'il demeure vivace aujourd'hui encore. Comme une infernale image d'Épinal : la Première Guerre mondiale a vu les savants prendre les armes. Certes, pas n'importe quels savants : les chimistes, car ce sont eux qui ont laissé leur empreinte sur cette guerre, dont on a voulu un peu vite faire la der des ders, comme les physiciens ont marqué la... suivante. Et ceux que l'on percevait avant 1914 comme de doux rêveurs, uniquement soucieux de leurs études généreuses et pures, sont apparus comme les apprentis sorciers du nouveau siècle.

La recherche française désorganisée

Paul Valéry, après avoir constaté en 1919 la vulnérabilité des civilisations – « *Nous autres, civilisations, nous savons maintenant que nous sommes mortelles...* » –, a bien vite songé aux savants : « *Il a fallu, sans doute, beaucoup de science pour tuer tant d'hommes, dissiper tant de biens, anéantir tant de villes en si peu de temps.* » En effet, bien avant le conflit déjà, l'Allemagne s'était employée à cultiver cette science en la dotant de moyens matériels et humains conséquents. Pas nécessairement en prévision d'une guerre dont nul ne pouvait prévoir l'ampleur ni même le déclenchement jusqu'à ce que l'implacable mécanique se mette en marche le 28 juin 1914 à Sarajevo. Mais le fait est que certains savants y ont prestement revêtu le casque à pointe : l'exemple de Fritz Haber, le père des gaz de combat – et, comble de la plus sombre ironie, prix Nobel de chimie en 1918 – est là pour en témoigner... Qu'en est-il en France ?

Le moins que l'on puisse dire est que notre pays marquait le pas dans ce domaine. Depuis plusieurs décennies, une foule de savants de toutes les disciplines, d'Ernest Renan et Louis Pasteur dans les années 1870 à Émile Picard à la veille même du conflit, avaient dénoncé « le retard » pris par la science en France. Le fait est que la recherche française a abordé le conflit dans la plus grande improvisation. De jeunes scientifiques prometteurs, ceux-là même que l'on choyait de l'autre côté du Rhin, ont été armés et envoyés au front. Et beaucoup n'en sont pas revenus. Faut-il citer des chiffres ? Ainsi, 40 % des étudiants de la Sorbonne et la moitié des promotions de guerre de l'École normale manquent à l'appel en 1918. La recherche française mettra longtemps à se relever de cette hécatombe !

Si le sang versé sur les rives de la Marne, puis dans les tranchées de Verdun, de la Somme et du Chemin

Ypres, le 22 avril 1915. Il est 18 heures quand survient la tragédie. Le médecin du 1^{er} bataillon africain de l'armée française raconte : « *Nous avons vu le ciel absolument obscurci par un nuage jaune-vert qui lui donnait l'aspect d'un ciel d'orage. Nous étions alors dans les vapeurs asphyxiantes. J'avais l'impression de regarder au travers de lunettes vertes. En même temps l'action des gaz sur les voies respiratoires se faisait sentir : brûlures de la gorge, douleurs thoraciques, essoufflement et crachements de sang, vertiges. Nous nous crûmes tous perdus [...] Quelques instants après, j'avais les boches à 15 mètres de moi. Ils défilaient tranquillement, l'arme à la bretelle, sans tirer un coup de fusil. En me voyant, l'un d'eux me met en joue et m'a manqué à 15 mètres. J'en ai eu une veine !* »

des Dames, a été la première contribution des savants français à la guerre, notamment parmi les jeunes générations, leurs aînés ne sont toutefois pas restés spectateurs du conflit. Passé le désordre des premières semaines d'août 1914, les ministères de la Guerre et de l'Instruction publique réunissent une « *commission supérieure chargée d'étudier les inventions intéressant la défense nationale* ». Elle est renforcée de sous-commissions dédiées à l'étude des cas particuliers, et organise de fréquentes rencontres inter-sous-commissions destinées à l'analyse des sujets transversaux. Car la France reste toujours la France, même dans les heures les plus tragiques de son histoire...

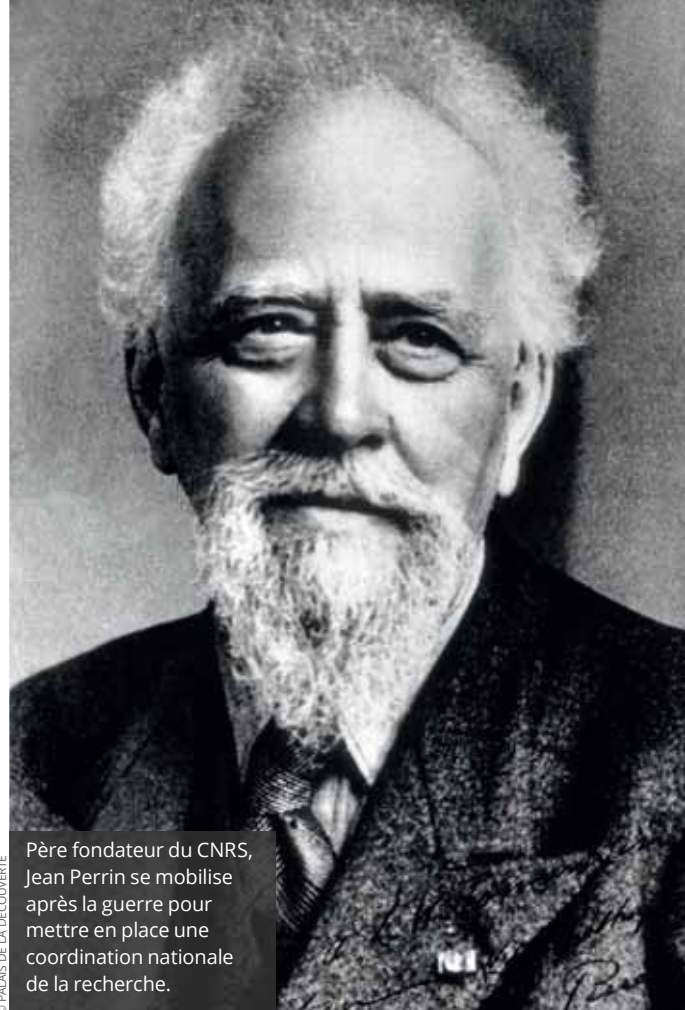
Les laboratoires en première ligne

Il n'empêche que, partout dans le pays, les laboratoires passent peu à peu à l'heure de la guerre. Quelques exemples ? À l'École supérieure de physique et de chimie industrielles de la ville de Paris, Paul Langevin s'intéresse à la détection des sous-marins allemands. Les redoutables U-Boot sèment la panique parmi les flottes alliées, qui ne disposent que de quelques hydrophones rudimentaires pour faire face à la menace : lorsque l'appareil capte enfin le bruit de la machinerie du sous-marin, les premiers sillages de torpilles apparaissent déjà sur les flots et... il est souvent trop tard ! Plutôt que de se concentrer sur les fréquences audibles, Paul Langevin suggère de développer un système d'écoute ultrasonore utilisant les propriétés

piézoélectriques du quartz : les ondes sont transformées en oscillations électriques, elles-mêmes amplifiées dans des écouteurs. L'idée originale d'un tel dispositif, qui préfigure le sonar, est antérieure au déclenchement de la guerre. Dans les rapports qu'il remet à la Marine, Paul Langevin signale que le procédé a commencé à être étudié au lendemain d'une autre tragédie, qu'il aurait peut-être permis d'éviter : le naufrage du Titanic, dans la nuit du 14 au 15 avril 1912...

Dans le laboratoire de physique de l'École normale, Aimé Cotton mène quant à lui des travaux sur le repérage acoustique des canons ennemis. Il est

rejoint par Pierre Weiss qui, né à Mulhouse en 1865, se montre très sensible à tout ce qui pourrait permettre à la France de franchir à nouveau la ligne bleue des Vosges... De leur collaboration naît l'ingénieux système Cotton-Weiss. À la plus grande satisfaction de Pierre Weiss, il est expérimenté pour la première fois en Alsace en 1915 et permet aux batteries françaises d'y opérer d'efficaces tirs de contre-artillerie. Et l'on pourrait ainsi établir une longue



Père fondateur du CNRS, Jean Perrin se mobilise après la guerre pour mettre en place une coordination nationale de la recherche.

© PALAIS DE LA DÉCOUVERTE

liste de ces contributions qui sollicitent autant la recherche fondamentale que les travaux dits concrets, comme toujours inextricablement unis : ici, ce sont des balles traçantes mises au point pour abattre les avions qui font leur apparition au-dessus des champs de bataille ; là, d'étonnants lance-tracts pneumatiques permettant de déverser dans les tranchées ennemies les derniers trésors de la propagande alliée ; ailleurs, de surprenants clairons à air comprimé pour que les poilus n'aient plus à tendre l'oreille pour distinguer l'air de la charge héroïque du refrain de la piteuse retraite...

Un dernier exemple, incontournable puisqu'il a trait au père fondateur du CNRS : Jean Perrin, dont on a fêté en 2013 le centenaire de son ouvrage *Les Atomes*, s'est investi corps et âme dans la défense nationale. Aux côtés de Paul Painlevé – ministre de l'Instruction publique puis de la Guerre, preuve que les deux périmètres sont alors étroitement liés –, il a présidé à l'organisation de la mobilisation scientifique au sein d'une nouvelle Direction des inventions. Mais ce n'est pas tout : le défenseur le plus ardent de « *la recherche pure, désintéressée, poursuivie pour sa seule valeur intellectuelle et artistique* », abjure son idéal. Patriote jusqu'au tréfonds de son âme, républicain ardent – il est né avec la III^e République –, Jean Perrin s'adonne lui aussi aux réalisations pratiques. Il conçoit notamment plusieurs dispositifs de transmission, dont un fantastique myriaphone pour l'émission de sons dirigés et audibles sous le feu de l'artillerie. Le son, une fois encore... à croire que, dans le grand tintamarre de 14-18, les savants français ont avant tout œuvré pour permettre aux hommes de mieux

La recherche
n'a pas seulement
payé un lourd
tribut à la guerre :
elle a aussi
vu son avenir
hypothéqué...



Expérience de spectroscopie à l'aide du grand électro-aimant, construit sous la direction d'Aimé Cotton et achevé en 1928.



Le Sabre et l'Éprouvette. L'invention d'une science de guerre, 1914-1939,
D. Aubin et P. Bret (dir.), Agnès Viénot Éditions, 2003

Rêves de Savants. Étonnantes inventions de l'entre-deux-guerres,
D. Guthleben, Armand Colin, 2011

Histoire du CNRS de 1939 à nos jours. Une ambition nationale pour la science,
D. Guthleben, Armand Colin, 2013

De la science à la défense nationale,
P. Painlevé, Calmann-Lévy, 1931

© CNRS PHOTO THÉÂTRE FONDUS HISTORIQUES

s'entendre... peut-être dans l'espoir utopique qu'ils parviennent un jour à mieux se comprendre ?

Et ensuite ? La guerre qui s'achève en novembre 1918 n'est pas une parenthèse qui se referme aisément. Elle laisse des traces indélébiles en France comme partout en Europe. Les laboratoires, en qui l'on aime parfois voir des tours d'ivoire, mais qui en réalité ne l'ont jamais été, ne font pas exception. Là, dès l'armistice, ce sont les absents que l'on compte tout d'abord : dans chaque institut, dans chaque amphithéâtre, de nombreuses places restent vides. D'autres sont occupées par des infirmes, qui demeureront à jamais brisés par l'effroyable épreuve qu'ils viennent de subir. Sans doute ne prendra-t-on jamais la mesure exacte du nombre de carrières scientifiques ensevelies sous la terre et la boue des tranchées. Car la recherche n'a pas seulement payé un lourd tribut à la guerre : elle a aussi vu son avenir hypothéqué...

D'une guerre l'autre

Dans cette France qui sort victorieuse mais exsangue du conflit, c'est tout le potentiel scientifique, locaux, instruments et matériels, qui pâtit du dénuement. Le nationaliste Maurice Barrès lui-même, que l'on n'attend pourtant pas là, se scandalise de la détresse dans laquelle sont laissés les laboratoires : leur « *misère est indigne de la France, indigne de la science* », écrit-il dans son plaidoyer *Pour la haute intelligence française*. Et il est vrai que d'importants projets sont mis en suspens ou accumulent les retards. Parmi eux, le grand électro-aimant qu'Aimé Cotton envisageait déjà de construire avant 1914 pour

stimuler le progrès des connaissances en magnétisme et en magnéto-optique, mais qui, faute de moyens, ne voit le jour qu'en 1928 grâce à une souscription publique, une sorte d'« électro-aimanthon » qui rencontre un étonnant succès dans ces années « folles ».

Reste l'organisation de la recherche. Dans ce domaine, la France a-t-elle au moins tiré les leçons de la grande boucherie ? Rien n'est moins sûr. Car cette organisation, qui avait fait si cruellement défaut en août 1914, n'y gagne rien. Tout au plus la Direction des inventions, qui avait été créée dans l'odeur de la poudre, est-elle transformée en un Office national des recherches scientifiques et industrielles et des inventions. Souffrant lui aussi du manque chronique de moyens, laissé sans cesse sur le fil du rasoir malgré ses initiatives et ses réalisations, il connaît un lent déclin dès la fin des années 1920. Il faut toute la détermination de Jean Perrin pour que, au même moment, commence à se mettre en place un début de coordination au niveau national. Et il faut dix années supplémentaires, ainsi qu'une nouvelle déflagration mondiale, pour le voir aboutir : le 19 octobre 1939, six semaines après l'entrée en guerre de la France contre le Reich nazi, le CNRS voit le jour... **II D. G.**

CNRS
LE JOURNAL

Articles, vidéos, infographies, billets...
Retrouvez notre dossier complet sur
la guerre de 14-18 sur lejournale.cnrs.fr



Quand le laser révèle le passé

MATIÈRE

Patrimoine.

La spectroscopie Raman est une technique qui utilise un rayon laser pour analyser des objets patrimoniaux et des œuvres d'art. Depuis plusieurs années, des chercheurs étudient ainsi des peintures rupestres, des pièces de musée et des vitraux sans les détériorer.

TEXTE AUDREY DIGUET ET CYRIL FRÉSILLON/

PHOTOS CYRIL FRÉSILLON, CHRISTOPHE LEBEDINSKY
ET LUC RONAT-CNRS PHOTOTHÈQUE

1. L'équipe du laboratoire Monaris (CNRS/UPMC, ex-Ladir) discute du choix des zones à analyser sur les vitraux de la Sainte-Chapelle, datant du XIII^e siècle, sur l'île de la Cité, à Paris.



2



3

2. La composition des verres est analysée grâce au spectromètre Raman afin d'identifier les pièces de vitraux datant du Moyen Âge qui ont été remplacées ou restaurées au cours du XIX^e siècle.

3. Le laser du spectromètre (point vert lumineux), placé cette fois à l'extérieur, analyse les vitraux de la rosace.



5

4. Les montagnes uKhahlamba-Drakensberg du parc national de Giant's Castle, en Afrique du Sud, abritent de nombreuses peintures rupestres du peuple San, vieilles de 100 à 3 000 ans. Ici, la tête de mesure du spectromètre focalise le laser sur une peinture représentant un lion en train de sauter. Le laser n'abîme pas les œuvres analysées.

5. Grâce au spectromètre Raman portable, les chercheurs ont pu déterminer l'état de conservation et la composition des pigments de ces peintures San sur grès.



4



© 4-5 : L. RONAT/CNRS PHOTOTHÈQUE; 2,3 : C. LEBEDINSKY/CNRS PHOTOTHÈQUE



6



7



8



Visionner l'intégralité du diaporama sur
lejournalcnrs.fr



6. Analyse par spectroscopie des perles de verre de la coiffe d'une cape Tupinamba provenant du Brésil. Celle-ci, conservée au musée du quai Branly, date du XVI^e siècle.

7. Cette analyse va permettre de savoir quand et comment les perles ont été élaborées et si elles ont été ou non rajoutées après la fabrication de la cape.

8. La cape a été fabriquée à partir de plumes, de coton et de fibres végétales.

9. L'analyse par spectroscopie Raman de la patine et des traces de corrosion du piédestal en fleur de lotus du grand bouddha Amida a permis d'en savoir plus sur l'état de conservation et les techniques d'élaboration de cet objet. Cette statue en bronze du XVII^e-XVIII^e siècle provenant du Japon est conservée au musée Cernuschi.



Les promesses du graphène

MATIÈRE

Grâce à ses qualités exceptionnelles, le graphène pourrait doper nos appareils électroniques, optimiser nos batteries, améliorer les techniques de dessalement de l'eau de mer et même aider à lutter contre le cancer.

UNE ENQUÊTE DE SYLVAIN GUILBAUD

Bientôt roi de l'électronique?

Un matériau isolé il y a dix ans



En 2004, à l'aide de ruban adhésif, les physiciens André Geim (à gauche) et Konstantin Novoselov arrachent des couches successives d'un morceau de graphite, principal constituant des mines de crayon. Grâce à cet effeuillage, ils isolent une seule épaisseur d'atomes de carbone organisés en hexagones : le graphène. Il s'agit du premier cristal à deux dimensions jamais fabriqué.

Il est flexible, léger, ultrarésistant, transparent et, surtout, excellent conducteur. La liste des qualités du graphène, feuillet d'une seule épaisseur d'atomes de carbone organisés en nids d'abeilles, est impressionnante. Ce matériau, isolé en 2004, pourrait révolutionner la technologie électronique de demain. Écrans souples, électronique haute fréquence, nanoélectronique, « *les multiples voies de recherche offertes par le graphène fascinent* », se réjouit Bernard Plaçais, du laboratoire Pierre-Aigrain de l'École normale supérieure¹.

Déjà des prototypes d'écrans souples

Le graphène va sans doute commencer par changer la face de nos smartphones grâce à ses surprenantes propriétés. « *Ce n'est ni un métal ni un semi-conducteur. Nous avons la liberté de lui donner les propriétés que l'on veut* »,

► **Modélisation numérique du graphène, feuillet d'une seule épaisseur d'atomes de carbone organisés en nids d'abeilles.**

observe Laetitia Marty, chargée de recherche CNRS à l'Institut Néel². En particulier, la possibilité d'obtenir une surface transparente, flexible et conductrice ouvre la voie à l'électronique souple. Nous toucherons donc sans doute bientôt le graphène du doigt quand il recouvrira les écrans des téléphones portables et des tablettes. Il possède toutes les qualités pour remplacer l'oxyde d'indium-étain utilisé aujourd'hui, qui est rare, cher, cassant et toxique. De plus, il résiste au traitement chimique et se connecte électriquement plus facilement que les matériaux concurrents. La firme Nokia développe déjà des prototypes d'écrans souples. Quant au géant Samsung, il maîtrise la fabrication de feuillets de graphène de plus de 1 m². Cette technologie servira aussi aux LED organiques, ces diodes électroluminescentes dont l'avenir est prometteur, et peut-être même au secteur textile. Des encres conductrices à base de graphène existent en effet déjà et pourraient être utilisées pour imprimer des circuits électriques sur les tissus.

Plus rapide que le silicium

Bien que les électrons parcourent la même distance cent fois plus rapidement dans le graphène que dans le silicium, l'actuel roi des microprocesseurs n'est pas encore prêt d'être détrôné dans les transistors de nos ordinateurs. Ceux-ci fonctionnent en effet comme des robinets ouverts ou fermés pour le courant. Or il est difficile de « fermer le robinet » avec le graphène, car il ne possède pas de *gap*, cette bande interdite des semi-conducteurs où les électrons ne peuvent circuler. C'est plutôt le domaine de l'électronique rapide que le graphène pourrait révolutionner. « Il correspond aux hautes fréquences, au-delà du gigahertz (GHz), et concerne les applications sans fil, les télécommunications, le numérique haut débit, les communications satellites, les radars courte et longue portée et, enfin, le domaine térahertz avec, par exemple, la photodétection pour l'astrophysique », énumère Bernard Plaçais. En pratique, les chercheurs de l'université de Californie ont réalisé un transistor à 427 GHz, ce qui correspond aux ondes radars. Il pourrait être utilisé pour les systèmes de détection, notamment ceux des pare-chocs de voiture dédiés au respect automatique des distances de sécurité.

L'avantage principal du graphène, c'est la mobilité des électrons : ils s'y propagent en subissant très peu de collisions. Des composants aussi rapides que ceux dont on se sert actuellement mais plus grands, donc plus faciles et moins chers à fabriquer, sont alors envisageables. Mais la miniaturisation est aussi à la portée de cette molécule. Une collaboration internationale comprenant notamment Georgia Tech, aux États-Unis, l'Institut Néel du CNRS, en France, et l'université de Leibniz, en Allemagne, vient d'élaborer des rubans de graphène de moins de

L'Europe investit un milliard d'euros

« Après des années de recherche académique pure, nous sommes aujourd'hui dans une période charnière où chercheurs et industriels doivent joindre leurs efforts pour travailler main dans la main », commente Bernard Plaçais, du laboratoire Pierre-Aigrain de l'École normale supérieure. C'est la raison d'être du Flagship Graphène, officialisé en 2013, programme phare européen de recherche et développement sur cette thématique, prévu sur dix ans pour un investissement total d'un milliard d'euros. En tout, 75 équipes de recherche académiques et industrielles de 17 pays différents participent à l'initiative. La France est le premier partenaire avec 15 équipes venant du CNRS, des universités, de l'Onera, du CEA ou d'entreprises comme Thalès, entre autres. « Si, au niveau mondial, l'Union européenne est deuxième en termes de citations de publications sur le graphène, elle a un gros retard en termes de brevets par rapport à la Chine ou aux États-Unis et à la Corée du Sud notamment », note Giancarlo Faini, directeur adjoint scientifique de l'Institut de physique du CNRS. Le Flagship veut donc encourager les applications et cela passe par la réalisation de la chaîne de fabrication complète, depuis l'élaboration du matériau jusqu'au produit fini.

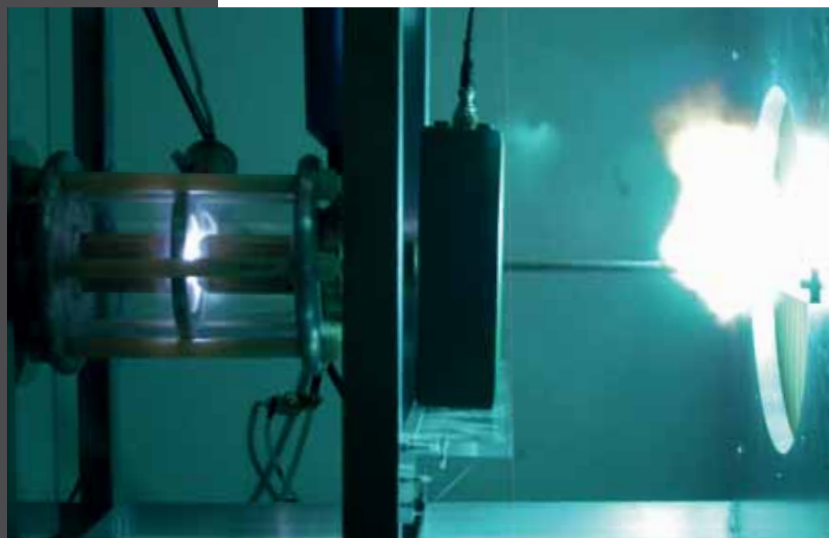


► Un téléphone flexible avec un écran couvert de graphène ? Ce sera peut-être le Kinetic de Nokia, même si ce n'est encore qu'un projet de recherche.

1. Unité CNRS/ENS/UPMC/Univ. Paris-Diderot. 2. Unité CNRS/UJF/INP Grenoble.

Un ingrédient pour les matériaux du futur

Meilleur conducteur que le cuivre, deux cents fois plus résistant que l'acier mais six fois plus léger, le graphène pourrait contribuer à la construction d'avions moins lourds et donc moins gourmands en carburant. Les scientifiques veulent en effet mélanger ce cristal à la résine des matériaux composites aujourd'hui utilisés dans l'aéronautique. Pourquoi ? Ces composites, très légers et résistants, se sont substitués en partie aux métaux dans le fuselage des avions. Mais ils sont très mauvais conducteurs d'électricité. Or un avion de ligne est touché par la foudre une fois par an en moyenne. Pour l'instant, les constructeurs ajoutent une protection métallique sur le composite pour qu'il évacue correctement le courant. Mais les scientifiques travaillent plutôt à doper la conductivité des composites avec du graphène. Bien sûr, il ne suffit pas d'en ajouter une pincée pour obtenir la recette idéale. Il faut trouver la bonne architecture et le bon dosage. « Pour cela, la démarche est encore empirique », souligne Brigitte Attal-Trétout, de l'Onera. Des simulations seront donc nécessaires. Les chercheurs de l'Onera possèdent déjà un banc de test de résistance à la foudre avec un générateur de 40 kilovolts capable de produire des arcs électriques semblables aux éclairs. Ils examinent à l'heure actuelle des composites classiques et commenceront bientôt des expériences avec des matériaux dopés au graphène. « Nous espérons avoir des résultats d'ici trois ou quatre ans », commente Philippe Lalande, expert foudre à l'Onera. Et il conclut : « Cependant, il faudra attendre au moins quinze ans avant que des avions soient construits avec du graphène. »



© ONERA

▲ Test de résistance à la foudre sur un panneau d'avion. Le graphène pourrait en améliorer la conductivité pour évacuer le courant.

40 nanomètres de large dans lesquels les électrons fument comme des balles³. « Ces rubans permettent d'imaginer une électronique haute fréquence performante et réalisable sur le plan industriel », indique Claire Berger, chercheuse à l'Institut Néel qui travaille sur ce sujet depuis les débuts de la révolution graphène.

Un pas vers la spintronique

Avec ces feuillets de carbone, les scientifiques n'envisagent pas seulement de revisiter ou d'améliorer la technologie existante. Pour Laetitia Marty, « l'intérêt est également de changer la façon de voir les choses afin de tirer parti des particularités du graphène ». L'une d'elles est la possibilité de créer des dispositifs hybrides. En intégrant par exemple des particules d'étain sur du graphène, les chercheurs de l'Institut Néel fabriquent des transistors qui deviennent **supraconducteurs** en appliquant une simple tension électrique. Le courant se déplace alors sans perte. À long terme, ils pourraient servir le domaine de l'information quantique. Ce champ de recherche bénéficiera sans doute aussi des apports de la spintronique. Contrairement à l'électronique traditionnelle qui utilise la charge électrique, la spintronique met à profit l'aimantation

quantique des électrons qu'on nomme « spin ». Ce spin est le meilleur moyen de stocker l'information, il est par exemple utilisé dans tous les disques durs d'ordinateurs. Mais le transférer efficacement d'un endroit à un autre reste difficile. « C'est le paradoxe de la spintronique », admet Pierre Seneor, de l'unité mixte de physique CNRS/Thalès⁴, mais le graphène pourrait changer la donne. D'abord, parce que les électrons y circulent vite, ensuite, parce que les pertes de spin y sont limitées. »

Une production encore limitée

Si ces utilisations promettent beaucoup, des obstacles restent à franchir avant d'envisager leur mise en pratique. À commencer par la fabrication de la molécule de graphène elle-même. « Il existe plusieurs méthodes, chacune donne des matériaux de qualité différente », explique Annick Loiseau, du Laboratoire d'étude des microstructures⁵, et membre du bureau exécutif du Flagship Graphène (lire l'encadré p. 37). Certains débouchés comme les écrans souples ne sont pas très exigeants sur la qualité du graphène, mais d'autres comme la nanoélectronique réclament une très grande pureté qui n'est pour l'instant obtenue que sur quelques millimètres carrés au maximum. « Il faut optimiser ces procédés pour les rendre rentables », insiste Annick Loiseau. Enfin, si sur le plan théorique les chercheurs connaissent déjà bien les propriétés de ce nouveau matériau, la compréhension des multiples interactions avec les environnements où il est intégré (nanoparticules, molécules organiques, etc.) reste un défi. Un défi qu'il faudra relever avant que le graphène ne bouleverse le royaume de l'électronique.

SUPRACONDUCTEUR

Matériau présentant une résistance électrique nulle en dessous d'une certaine température.

3. Travaux publiés en ligne dans *Nature* le 5 février. 4. Unité CNRS/Thalès associée à l'univ. Paris-Sud. 5. Unité CNRS/Onera.

Le graphène pour mieux stocker l'énergie...

Le graphène participe aussi au développement de sources d'énergie plus propres. Grâce à sa transparence, sa flexibilité et son excellente conductivité, il pourrait d'ici trois à cinq ans remplacer l'oxyde d'indium-étain, fragile, rare et toxique, dans la fabrication des électrodes des cellules solaires. Plusieurs laboratoires en France y travaillent. « *Les propriétés électriques extraordinaires du graphène font que la première stratégie d'utilisation est d'essayer d'en mettre dans tout dispositif destiné à conduire du courant en remplacement du carbone utilisé jusqu'ici pour assurer cette fonction* », explique Étienne Quesnel, du CEA-Liten, qui coordonne la thématique énergie du Flagship européen sur le graphène (lire l'encadré p. 37).

Améliorer les performances des batteries...

On trouve du carbone, par exemple, dans les batteries lithium-ion qui alimentent la plupart de nos appareils électroniques. Pour rendre conductrices les électrodes de ces batteries, on les trempe dans un matériau carboné. Si on l'enrichit de graphène, la conductivité des électrodes est boostée. Autre point : les batteries classiques stockent les ions lithium dans des structures en graphite dont la capacité est limitée. Des scientifiques du CEA-Inac et de l'Institut des matériaux de Nantes¹ ont réalisé avec du graphène une structure poreuse, semblable à une éponge, dans laquelle ils ont inséré des nanoparticules de silicium. Ces dernières stockent les ions lithium tandis que le graphène assure la stabilité mécanique et la connexion électrique avec l'électrode. Les chercheurs ont ainsi multiplié par dix la quantité d'énergie emmagasinée. La robustesse mécanique de ce cristal permettra aussi d'augmenter la durée de vie de la batterie qui pourrait passer de mille à dix mille cycles de charge/décharge.

... des chargeurs instantanés...

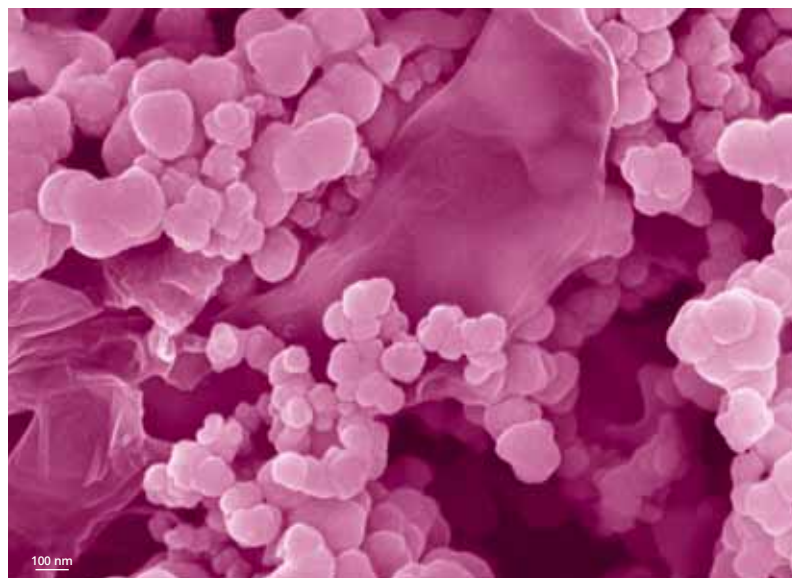
Si les batteries stockent de l'énergie sur le long terme, les supercondensateurs pourraient, eux, recharger un téléphone portable en quelques secondes. Ils sont constitués de deux électrodes séparées par un liquide appelé électrolyte où circulent des ions. Ceux-ci se fixent puis se détachent de la surface poreuse des électrodes au gré des charges et des décharges. Ces surfaces poreuses sont actuellement faites de charbon en poudre. Les réaliser avec des nanofeuillets de graphène permettrait

d'augmenter la surface de contact avec l'électrolyte et d'obtenir une plus grande capacité de stockage des ions.

... et des piles à combustible

À plus long terme, les piles à combustible sont aussi dans le viseur. Le principe : fabriquer de l'électricité grâce à l'oxydation de l'hydrogène, d'un côté, couplée à la réduction de l'oxygène de l'air, de l'autre. Pour dissocier l'hydrogène, il faut utiliser du platine comme catalyseur. Or son coût est très élevé. Mais structurer l'électrode avec du graphène à l'échelle microscopique augmenterait le taux d'utilisation du platine et, in fine, le rendement de la catalyse. Enfin, les scientifiques envisagent même le stockage de l'hydrogène lui-même avec ces feuillets de carbone, plutôt que de l'emmagasiner dans des bombonnes qui nécessitent actuellement une coûteuse mise sous pression. Il faudra cependant attendre une dizaine d'années pour la mise en pratique de cette application.

Les chercheurs ont multiplié par dix la quantité d'énergie emmagasinée dans des batteries.



▼ Des feuillets de graphène, dispersés parmi les agrégats de silicium, boostent la conductivité de cette électrode (vue au microscope).

1. Unité CNRS/Univ. de Nantes.

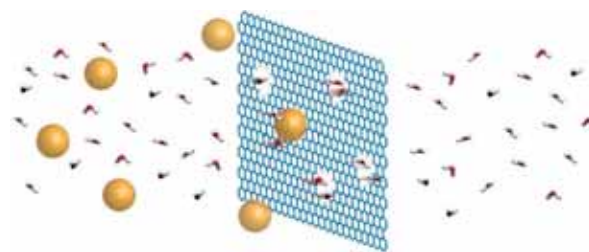
... dessaler l'eau de mer et cibler les cancers

Capturs ultrasensibles, filtres pour dessaler l'eau de mer, thérapies ciblées contre le cancer, les applications potentielles du graphène suscitent beaucoup d'espoir dans les domaines de l'environnement et de la médecine.

Détecter une molécule parmi un milliard

Feuillet aussi fin qu'un atome, le graphène offre une large surface de contact. Il est donc très efficace pour détecter la présence des gaz. De plus, il a une très grande conductivité électrique. Un détecteur en graphène réagit ainsi à la présence d'une seule molécule de gaz polluants parmi un milliard d'autres. « D'autres techniques sont encore plus sensibles. Mais le véritable avantage des capteurs à base de graphène est qu'ils fonctionnent à température ambiante et qu'ils peuvent être portables », détaille Yann Battie, du laboratoire LCP-A2MC de l'université de Lorraine. Cela permet d'envisager des utilisations en plein air pour mesurer la pollution urbaine ou dans l'aéronautique pour analyser les polluants directement en sortie des turbines d'avion. Les militaires s'y intéressent aussi de près pour la détection d'agents neurotoxiques. Les détecteurs à base de graphène, en phase de développement au LCP-A2MC et à l'Onera, pourraient être commercialisés d'ici dix ans. Ils pourraient également être utilisés en médecine, où l'analyse de l'air expiré permet le diagnostic de certaines maladies comme le cancer des poumons.

lumière, ces nanoparticules peuvent chauffer suffisamment pour détruire la cellule malade, et pas ses voisines. C'est donc un outil capable simultanément de diagnostiquer et de soigner de manière ciblée.



▼ Du graphène pour dessaler l'eau de mer : les molécules d'eau passent dans les trous, mais pas les ions des cristaux de sel.

Améliorer la filtration de l'eau de mer

Le graphène pourrait aussi révolutionner la désalinisation de l'eau de mer. « La technique de l'osmose inverse consiste à forcer le passage de l'eau de mer à travers les trous minuscules d'une membrane : elle laisse passer l'eau mais pas les ions qui forment les cristaux de sel », explique Lydéric Bocquet, de l'Institut Lumière Matière (ILM)¹, à Lyon. Une membrane faite de graphène permettrait d'améliorer le rendement de cette technique. Plusieurs groupes, notamment à l'ILM, y travaillent.

Comme pour les autres nanotechnologies, les chercheurs se mobilisent aussi pour quantifier les dangers potentiels pour la santé. Alberto Bianco est plutôt optimiste. Selon lui, le graphène est beaucoup mieux toléré par l'organisme que ses prédécesseurs, les nanotubes de carbone. Les risques éventuels sont néanmoins pris au sérieux, et le chercheur coordonne un volet du Flagship Graphène spécialement dédié à leur évaluation. ■

© NATURE NANOTECHNOLOGY, VOL. 7 - SEPT. 2012 BY PERMISSION FROM MACMILLAN PUBLISHERS LTD.

**FUTURA
POLIS**

Retrouvez des experts du CNRS à la table ronde intitulée « Le graphène, la nouvelle génération de matériaux innovants », au forum Futurapolis, du 15 au 17 mai, à Toulouse.



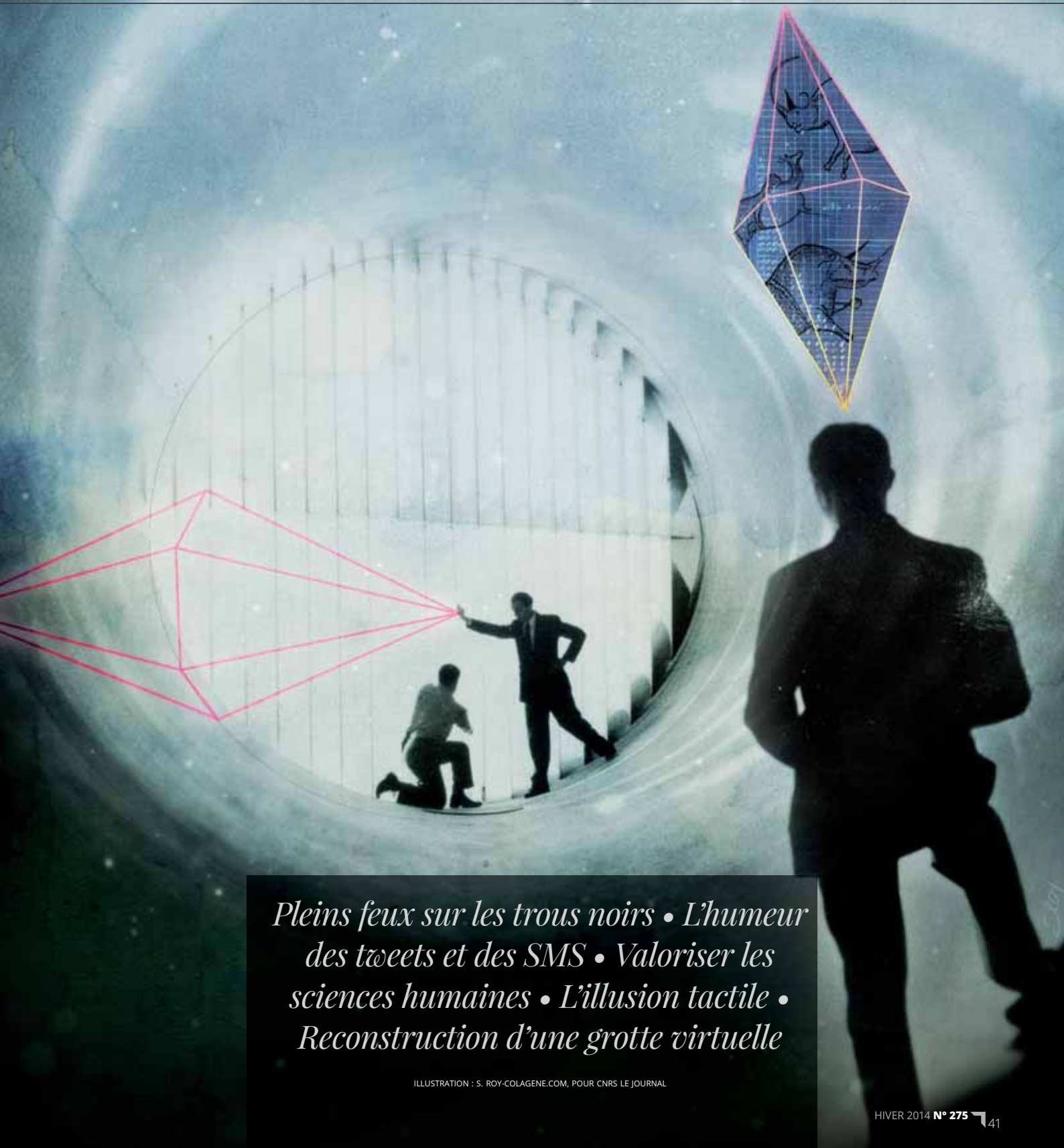
>> www.futurapolis.fr/futurapolis-2014/

Vers des thérapies ciblées

Le domaine biomédical est d'ailleurs très porteur. « Le graphène possède la faculté de s'accumuler dans les tumeurs », explique Alberto Bianco, de l'unité CNRS Immunopathologie et Chimie thérapeutique. Greffer des nanoparticules d'or sur du graphène permettrait par exemple de rendre les cellules cancéreuses visibles par imagerie photoacoustique. De plus, quand elles reçoivent de la

1. Unité CNRS/Univ. Lyon-1.

EN ACTION



*Pleins feux sur les trous noirs • L'humeur
des tweets et des SMS • Valoriser les
sciences humaines • L'illusion tactile •
Reconstruction d'une grotte virtuelle*

ILLUSTRATION : S. ROY-COLAGENE.COM, POUR CNRS LE JOURNAL

Les trous noirs sortent de l'ombre

PAR JULIEN BOURDET

La preuve définitive de l'existence des trous noirs n'a pas encore été apportée. Et pourtant, ces astres fascinants, qui ne laissent rien échapper, pas même la lumière, et dont la réalité est une certitude pour l'immense majorité des scientifiques, dévoilent de plus en plus leurs secrets. En observant les phénomènes que ces ogres provoquent sur leur environnement, les chercheurs comprennent en effet de mieux en mieux leur fonctionnement.

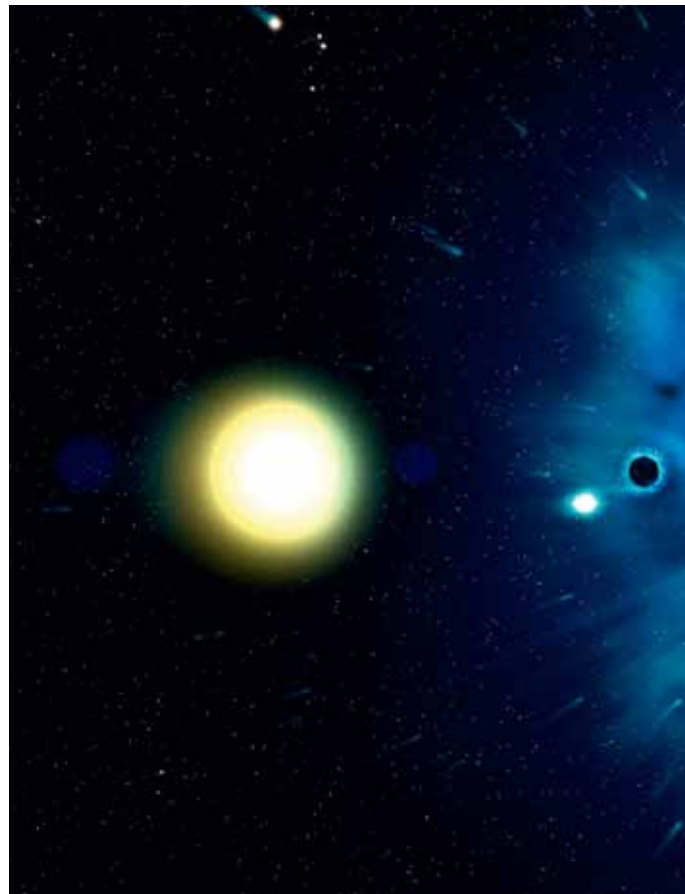
Certains d'entre eux, appelés trous noirs supermassifs, engloutissent avec frénésie toute matière qui les approche de trop près. Selon les astronomes, la plupart

des galaxies hébergeraient un de ces poids lourds, dont les plus gros atteignent plusieurs milliards de masses solaires. « Avant de tomber dans le trou noir, la matière tourne autour de ce dernier au sein d'un immense disque, explique Delphine Porquet, de l'Observatoire astronomique de Strasbourg¹. Elle se met alors à chauffer très fortement, émettant du même coup un intense rayonnement. Vu de la Terre, l'objet, connu sous le nom de quasar, apparaît plus lumineux que toutes les étoiles de la galaxie réunies ! »

Mais rien de semblable n'est observé autour de Sagittarius A*, « notre » trou noir supermassif, situé au centre de la Voie lactée, qui semble

être resté au régime maigre depuis une centaine d'années. « Un disque d'étoiles massives en orbite autour de Sagittarius A* alimente pourtant ce dernier en gaz sous la forme de vents stellaires, note Nicolas Grosso, lui aussi de l'Observatoire astronomique de Strasbourg. En avalant cette matière, Sagittarius A* devrait briller beaucoup plus qu'il ne le fait actuellement. »

D'où vient ce manque d'appétit du trou noir ? C'est ce qu'a cherché à savoir récemment une équipe d'astrophysiciens, dont font partie les deux chercheurs strasbourgeois, en observant l'astre pendant plus d'un mois grâce au satellite Chandra. Ils ont mesuré la température et la densité du gaz à différentes distances du trou noir. « Nous avons découvert que seulement 1 % de la matière capturée par l'intense gravité du trou noir s'en approche suffisamment pour être engloutie, précise Nicolas Grosso. Tout le reste est éjecté



avant d'avoir pu atteindre ce point de non-retour. » Selon les chercheurs, c'est parce que cette matière est à la fois plus chaude et moins dense que celle capturée par les autres trous noirs qu'elle est difficile à attraper.

Des observations tous azimuts

Par ailleurs, le rayonnement d'un **pulsar** détecté à proximité de Sagittarius A* a permis de mesurer avec précision le champ magnétique près du trou noir. « Ce champ s'est révélé extrêmement fort, confie Ismaël Cognard, du Laboratoire de physique et chimie de l'environnement et de l'espace², à Orléans, et coauteur de cette découverte. Nous pensons que cela pourrait expliquer pourquoi le trou noir est plongé dans un sommeil profond. » L'ogre tenterait d'attirer vers lui le gaz environnant, mais

UNIVERS

Astronomie.

Des observations récentes éclairent les astronomes sur les trous noirs, ces astres mystérieux dont la gravité est si intense que rien ne s'en échappe.

1. Unité CNRS/Univ. de Strasbourg. 2. Unité CNRS/Univ. d'Orléans. 3. Unité CNRS/UPMC.



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

▲ Vue d'artiste montrant une étoile proche d'un trou noir dans la Voie lactée.



© F. MIRABEL/ESA/NASA

grossi à la fois en absorbant les étoiles et le gaz présents dans leur galaxie et en fusionnant avec d'autres trous noirs lorsque la galaxie est rentrée en collision avec ses voisines, on n'arrive toujours pas à tels monstres », reconnaît Jean-Pierre Lasota, de l'Institut d'astrophysique de Paris³.

Alors les astronomes multiplient les observations avec des télescopes au sol et des satellites. Ils ont ainsi déterminé récemment un paramètre crucial : la vitesse de rotation des trous noirs sur eux-mêmes. « *En tombant sur le trou noir, la matière transmet une partie de sa vitesse de rotation à l'astre*, explique Delphine Porquet. *La vitesse à laquelle tourne un trou noir nous informe donc sur la façon dont il s'est alimenté depuis sa naissance. Une rotation lente signifierait qu'il a avalé de la matière de façon très chaotique, tandis qu'une rotation rapide indiquerait qu'il s'est nourri sans interruption. Entre les deux, on trouve des trous noirs qui sont sans doute le résultat de nombreuses fusions.* »

Bientôt des preuves irréfutables ?

Les quasars ont également dévoilé certains de leurs secrets. On sait maintenant qu'ils émettent d'intenses vents de gaz chaud dans le milieu interstellaire, et que certains d'entre eux convertissent une partie de la matière qui les entoure en un puissant jet de particules pouvant s'étendre bien au-delà de la galaxie qui les héberge, sur plusieurs milliers d'années-lumière ! Pour les astronomes, ces deux mécanismes, pourraient, en balayant le gaz loin des trous noirs, les empêcher de grossir au-delà d'une certaine limite. « *Ces éjections de matière pourraient même avoir une influence sur la galaxie tout entière*, avance Delphine Porquet. *Sur leur passage, elles sont en effet susceptibles de disperser des nuages de gaz qui auraient pu se contracter pour former des étoiles. Ou au contraire de favoriser la formation d'étoiles en apportant plus encore de matière et d'énergie à ces nuages.* »

Pour fournir la preuve tant attendue de leur existence, des images de trous noirs pourraient être réalisées dans quelques années seulement en couplant entre eux plusieurs radiotélescopes, dont ceux de l'observatoire Alma, au Chili. Mais, selon Jean-Pierre Lasota, « *la seule façon de prouver vraiment qu'ils existent, c'est d'observer les ondes gravitationnelles qu'ils émettent* ». D'après la théorie d'Einstein, lorsque deux objets compacts fusionnent ou tournent l'un autour de l'autre, ils créent dans la trame même de l'espace-temps des vagues qui se propagent très loin à la vitesse de la lumière. Dans le cas des trous noirs, la forme de ces ondes est unique. Les observatoires Virgo en Europe et Ligo aux États-Unis s'attellent à la détection de ces ondes. « *D'ici à cinq ans, j'en suis convaincu, ces deux détecteurs mettront la main sur ces ondes, prouvant enfin l'existence des trous noirs* », se réjouit le chercheur. II

l'intense champ magnétique présent dans ce gaz empêcherait la matière de tomber dans sa bouche.

Autre question ouverte, celle de la formation de ces objets cosmiques. On sait que les trous noirs dits de type stellaire, beaucoup plus petits que leurs homologues supermassifs et dont une vingtaine sont recensés dans la Voie lactée, naissent de l'explosion d'étoiles massives en supernovæ. Les couches externes de l'étoile sont alors éjectées dans l'espace tandis que son cœur se contracte sous son propre poids, formant un astre d'une densité extrême : le trou noir. Ainsi, un trou noir de la taille de Paris a une masse équivalente à trois Soleils !

Pour les trous noirs supermassifs, en revanche, les astronomes ont d'abord cru qu'ils se seraient formés par la croissance d'un trou noir stellaire durant des milliards d'années. Problème : ces trous noirs géants existaient déjà très tôt après le Big Bang. « *Même en supposant qu'ils aient*

PULSAR

Astre issu de l'explosion d'une étoile massive émettant deux puissants faisceaux d'ondes radio depuis ses pôles magnétiques.

Les tweets et les SMS passent à la fouille

Numérique. Parfois décrié mais largement adopté, le langage SMS est désormais devenu un objet d'étude pour les linguistes et les informaticiens.

PAR YAROSLAV PIGNET

Moins de vingt-deux ans après l'envoi du tout premier SMS et huit ans après la création de Twitter, ce mode de communication en moins de 140 signes est devenu un phénomène de société. Sa popularité est telle que, pour la linguiste Rachel Panckhurst, « *analyser cette forme spécifique de discours électronique est devenu primordial pour les chercheurs en sciences du langage, informatique, information-communication, psychologie, sociologie, etc., pour*

mieux comprendre de quelles façons la langue évolue, et pour observer d'éventuelles mutations en cours à tous les niveaux de la société ».

Un projet de grande envergure

La chercheuse, membre de l'équipe Praxiling¹, a ainsi coordonné le projet Sud4science Languedoc-Roussillon, qui a permis de recueillir plus de 93 000 SMS émis entre septembre et décembre 2011. Ce corpus, le plus important jamais collecté en langue française, sera mis à la disposition des chercheurs et du grand public dans le courant de l'année 2014.

Sud4science, qui fait partie du projet international SMS4science, permet déjà d'aborder des problématiques linguistiques classiques telles que l'étude des mots employés par les gens pour entrer en contact (salut, hello, coucou, etc.) ou encore l'identification des nouvelles formes lexicales (abréviations, mots phonétisés comme 2manD ou 6T, répétitions de lettres comme dans coooooooooool, etc.).

Le projet sera également utile pour améliorer, voire créer, des outils informatiques et statistiques capables de traiter automatiquement ce type de corpus et d'en extraire les traces d'émotions, de sentiments ou d'opinions politiques. Des informations qui

pourraient servir aux sociologues, aux politistes ou aux spécialistes en marketing à détecter, identifier et évaluer en temps réel les mouvements d'opinion et les tendances.

En effet, comme l'indique Mathieu Roche, chercheur en informatique au Cirad à Montpellier, et coporteur d'un projet pluridisciplinaire Humanité-Mathématiques-Sciences de l'information (HuMaIn) lancé par le CNRS en 2013 : « *On parvient aujourd'hui, à partir d'une analyse informatique du texte, à détecter de manière automatique si une critique de film est positive ou négative. La question que l'on se pose désormais est de savoir si l'on peut arriver au même résultat avec des textes courts de type SMS et tweet.* »

Détecter les sentiments

Et la tâche se révèle complexe, car les auteurs de tweets et de SMS modifient souvent l'orthographe et emploient un lexique créatif. Les outils conçus pour les textes « littéraires » ont ainsi de grandes difficultés à les traiter correctement.

Par exemple, les traces d'émotions, habituellement détectées par appariement avec des mots inventoriés dans les dictionnaires, sont souvent indiquées, dans les tweets et les SMS, par des formes non-verbales (smileys), des répétitions de caractères (yesssss, !!!!) des onomatopées (grrr, heu). Aussi, une fois l'anonymisation du corpus terminée, les fautes d'orthographe y ont-elles été corrigées (sur un échantillon du corpus) afin d'approfondir l'analyse de ces données textuelles.

Le corpus doit être prochainement mis à disposition sur le site d'Humanum, la Très grande infrastructure de recherche en sciences humaines et sociales lancée en 2013. ■



1. Unité CNRS/Univ. Paul-Valéry.



© WHO

► Une campagne de vaccination massive contre la méningite A a été lancée en Afrique. Les scientifiques étudient son impact sur d'autres souches responsables de cette maladie.

VIVANT

L'Afrique poursuit le combat contre la méningite

PAR CLÉMENTINE WALLACE

Un vaccin contre la méningite à méningocoques du sérotype A, responsable de la plupart des épidémies de méningite bactérienne en Afrique, est disponible depuis la fin de l'année 2010. Une avancée porteuse d'espoirs pour le continent africain, durement touché : au cours de la dernière grande épidémie, en 2009, quatorze pays ont ainsi rapporté plus de 88 000 cas suspectés et plus de 5 300 décès. L'Organisation mondiale de la santé (OMS) a donc lancé un programme de vaccination massive dans les vingt-six pays de la région africaine la plus touchée, dénommée « la ceinture de la méningite », qui s'étend du Sénégal jusqu'à l'Éthiopie.

Les premiers résultats de cette initiative sont encourageants : en 2012, aucune épidémie à NmA n'a été recensée dans les pays vaccinés¹.

Des questions en suspens

Cela signifie-t-il que la région sera bientôt débarrassée du fardeau des épidémies de méningite ? Ce n'est pas si évident que cela, d'après Hélène Broutin, éco-épidémiologiste au CNRS² : « Certes, l'apparition du vaccin a été une révolution, mais cela a aussi engendré de nouvelles questions... Une telle pression de sélection contre le sérotype dominant libère la niche écologique pour d'autres sérotypes et d'autres

bactéries pouvant provoquer une méningite, notamment *Streptococcus pneumoniae*. Il est donc impératif d'étudier, dès aujourd'hui, l'impact de cette vaccination massive sur l'écologie et la dynamique des différents pathogènes. »

Une étude en cours au Sénégal

C'est dans ce cadre que la chercheuse et ses collègues ont lancé le projet de recherche intitulé Thairenga (Transmission et histoire des agents infectieux en milieu rural et environnement au Sénégal)³. Dès cette année, des éco-épidémiologistes, des médecins, des climatologues, mais aussi des anthropologues étudieront de concert les déterminants multiples qui contribuent à l'émergence d'une épidémie de méningite.

Ce projet se réalise au sein d'une communauté rurale de 30 000 personnes, à Keur Socé, au Sénégal. « Les différents déterminants qui entrent en jeu sont généralement étudiés de manière indépendante alors qu'ils jouent certainement des rôles complémentaires. Il est donc crucial de travailler ensemble, en même temps, sur une même population, explique Hélène Broutin. Nous espérons ainsi que le projet Thairenga fournira des informations utiles aux autorités pour les aider à optimiser les stratégies de vaccination dans la région. » II



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

1. OMS, *Weekly Epidemiological Report*, 2013, 88 : 129-136. 2. Laboratoire Maladies infectieuses et vecteurs : écologie, génétique, évolution et contrôle (CNRS/IRD/UM1/UM2). Membre du comité scientifique de l'initiative de l'OMS Merit (Meningitis Risk Environmental Information Technologies). 3. Codirigé par le docteur Roger Tine, de l'Ucad (Sénégal).

NUMÉRIQUE SOCIÉTÉS

Le puzzle infernal

Une précieuse inscription latine, brisée en centaines de fragments de marbre trouvés à Autun (anciennement Augustodunum), résiste à livrer ses secrets depuis plus d'un siècle. Grâce aux technologies numériques, les historiens commencent à reconstituer ce gigantesque puzzle pour en découvrir le texte. Découvrez les explications d'Antony Hostein, du laboratoire Anhimia, porteur du projet de recherche sur cette inscription (Digital Epigraphy).



© CNRS IMAGES



▶ Visionner la vidéo sur lejournel.cnrs.fr

Édition scientifique : un nouveau contrat avec Elsevier

PROPOS RECUEILLIS PAR CLAIRE DEBÔVES

Signé le 17 janvier, le contrat entre la France et l'éditeur Elsevier instaure une licence nationale d'accès à la Freedom Collection. Le point avec Roger Genet, directeur général de la recherche et de l'innovation au ministère de l'Enseignement supérieur et de la Recherche.



Alors que, depuis plusieurs années, la fronde s'accroît contre les grands éditeurs scientifiques, le contrat 2014-2018 avec Elsevier constitue une avancée tarifaire et qualitative sans précédent. La Freedom Collection, catalogue de 2 200 revues essentielles pour des millions de chercheurs, est désormais accessible en ligne en France via une licence nationale. Quels étaient les enjeux de cette négociation ?

Roger Genet : L'enjeu était de garantir aux chercheurs travaillant en France le maintien d'une information scientifique abondante et de qualité, mais à un prix compatible avec le contexte des finances publiques. Le rythme d'augmentation de ce marché, de + 4 à + 6 % par an depuis 2005

n'était plus supportable. Or si l'Open Access fait figure d'alternative pour l'avenir, seulement 15 % des articles scientifiques sont libres d'accès en France aujourd'hui. On ne peut pas basculer du jour au lendemain d'un modèle à l'autre. D'autant que nous sommes encore dans un système où publier dans des revues de référence, comme *Cell* en biologie ou *The Lancet* en médecine – deux revues Elsevier – a un impact certain sur l'évaluation et le financement de la recherche.

Qu'apporte la nouvelle licence nationale d'accès aux collections d'Elsevier ?

R. G. : Tout d'abord, cette licence nationale est une grande première dans le monde. Depuis janvier, en France, 150 000 chercheurs et enseignants-chercheurs ont accès à la Freedom Collection sur la plateforme ScienceDirect selon des modalités identiques, qu'ils travaillent dans une université, un organisme de recherche ou une école d'ingénieur. Cette équité dans l'accès aux ressources est un plus pour la qualité de la recherche. Autre point important, nous acquérons systématiquement la propriété intellectuelle des contenus auxquels nous sommes abonnés.

Qu'en est-il du volet financier du contrat ?

R. G. : Nous avons obtenu que les prix annuels n'augmentent quasiment pas d'ici à 2018. Une diminution de 2,7 % est même prévue pour les deux premières années sur un contrat qui représente environ 38 millions d'euros par an. Une clause de maintien qualitatif de la collection,

Petit glossaire de l'Open Access

GREEN OPEN ACCESS : accès ouvert fourni par l'auteur qui dépose sa prépublication ou son article sur un site d'archives institutionnelles ou disciplinaires. Exemples : HAL (archives ouvertes pluridisciplinaires du CNRS), PubMed Central (biologie), ArXiv (physique).

GOLD OPEN ACCESS : accès ouvert fourni par un journal financé par l'institution de l'auteur ou du mécénat scientifique. Exemple : Scoap3 (partenariat secteurs publics et privés), Public Library of Science (Plos).

PLATINUM OPEN ACCESS : accès ouvert à des revues sur une plateforme à financement public et autofinancement par des services complémentaires (notamment bibliographiques) acquis par abonnement des bibliothèques. Exemple : OpenEdition (plateforme du Cléo en sciences humaines et sociales, CNRS).

c'est-à-dire des titres phares, a également été entérinée. C'est inédit. Autre évolution, la contribution financière des établissements au marché sera désormais fonction des utilisateurs et des secteurs disciplinaires et non plus de critères obsolètes comme l'historique des abonnements papier antérieurs.

Comment la France a-t-elle obtenu ces résultats ?

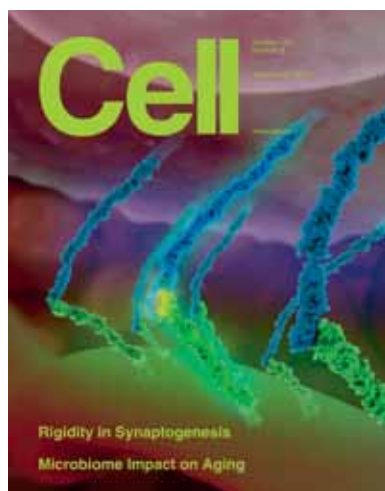
R. G. : Un négociateur unique, le consortium Couperin, a été mandaté par la Bibliothèque scientifique numérique au nom des 642 établissements utilisateurs : universités, organismes de recherche, grandes écoles, établissements hospitaliers, etc. Réunis sous cette bannière commune, le ministère de l'Enseignement supérieur et de la Recherche en tête, nous avons pesé davantage vis-à-vis d'Elsevier.

Quel lien avec la politique nationale en faveur de l'Open Access ?

R. G. : L'éditeur s'est engagé à développer les contenus en Open Access, sans réduire ceux disponibles via la Freedom Collection. Pour sa part, le ministère est toujours très favorable au Green Open Access. Sur le terrain, nous évoluons vers un système composite avec du Green Access, du Gold Open Access et des formules hybrides. Il faut donc faire attention à ne pas acheter à Elsevier un article déjà accessible par la licence nationale. Seconde précaution essentielle : la qualité des publications en Open Access. Elle suppose que les chercheurs s'investissent dans les comités éditoriaux des sites d'archives publiques. Ce qui devrait nous aider à remettre en avant les critères de validité scientifique et donner toute la crédibilité possible à la science en Open Access. **II**

Le rôle du CNRS dans les négociations

Christine Weil-Miko, chargée de mission négociations nationales à la Direction de l'information scientifique et technique (Dist) du CNRS précise que la plateforme nationale d'accès aux archives Panist, développée par l'Institut de l'information scientifique et technique (Inist), a joué un rôle dans les négociations : « Grâce à cette plateforme, qui a pour but d'héberger les archives acquises par les membres de l'accord Elsevier 2010-2013, nous pouvions garantir à tous les utilisateurs l'accès aux archives 2001-2013 de la Freedom Collection, même en cas d'échec des négociations. »



► Cell est la revue la plus citée dans les articles scientifiques, d'après l'Institute for Scientific Information.

UN LIA À FUKUSHIMA

Le CNRS a créé un Laboratoire international associé (LIA) à Fukushima, au Japon, intitulé « Protection humaine et réponse au désastre ». Créé en octobre dernier en partenariat avec le ministère des Affaires étrangères (Maison franco-japonaise de Tokyo), l'université Lille-I, l'université de Fukushima et l'université Doshisha à Kyoto, il permet aux spécialistes japonais et français de confronter leurs approches socio-économiques, épistémologiques et politiques. Ce LIA ouvre aussi le dialogue vers d'autres disciplines telles que l'ingénierie, la santé et l'agronomie. Il est dirigé par Thierry Ribault, chercheur au Centre lillois d'études et de recherches sociologiques et économiques.

ROSETTA S'EST RÉVEILLÉE

« Salut, le monde ! », a tweeté l'Agence spatiale européenne pour annoncer le réveil de la sonde Rosetta le 20 janvier après 31 mois de sommeil. Cette mise en veille programmée de ses instruments lui a permis d'économiser ses ressources alors que son périple l'emmenait trop loin du Soleil, sa seule source d'énergie. Dès son réveil automatique, la sonde a pointé son antenne principale vers la Terre pour faire savoir qu'elle avait survécu. Il lui reste encore 9 millions de kilomètres à parcourir avant d'atteindre son but : la comète 67P/Churyumov-Gerasimenko, où elle devrait se poser en novembre. Neuf laboratoires du CNRS et d'universités participent à cette mission qui a débuté en 2004 et qui doit normalement s'achever en décembre 2015.



Le site de ScienceDirect
» www.sciencedirect.com

Des particules en libre accès

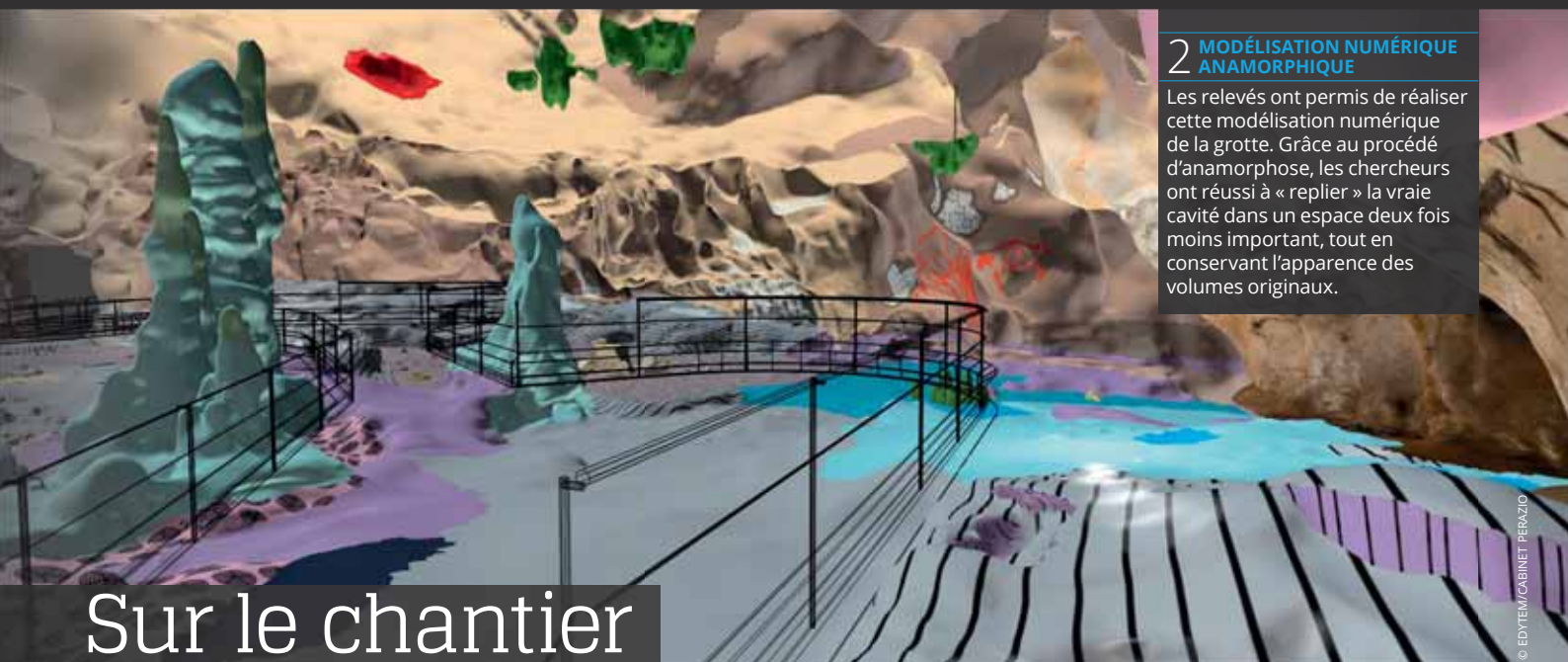
Le projet Scoap³ sur la publication en libre accès a démarré le 1^{er} janvier. Son objectif est de permettre un accès sans restriction aux articles de physique des particules parus dans des revues scientifiques, alors que ces articles n'étaient jusqu'à présent disponibles que via certaines bibliothèques universitaires, et généralement inaccessibles au grand public. Lancée par le Cern en 2006, cette initiative, la plus vaste jamais lancée en matière de libre accès à l'échelle planétaire, s'appuie sur une collaboration internationale de plus d'un millier de partenaires provenant de 24 pays, dont le CNRS par l'intermédiaire de l'IN2P3, de l'Inist et de l'INP. Scoap³ a été mis en place en coopération avec onze éditeurs de revues scientifiques internationales, notamment Elsevier, IOP Publishing et Springer.



1 RELEVÉ GÉOMORPHOLOGIQUE EFFECTUÉ DANS LA GROTTÉ

De nombreux scientifiques participent au chantier de la réplique de la grotte Chauvet. Parmi eux, les géomorphologues du laboratoire Edytem se sont appuyés sur le scan en 3D à haute résolution pour établir une cartographie tridimensionnelle de la grotte et de ses parois peintes.

© S. JAILLET/EDYTEM

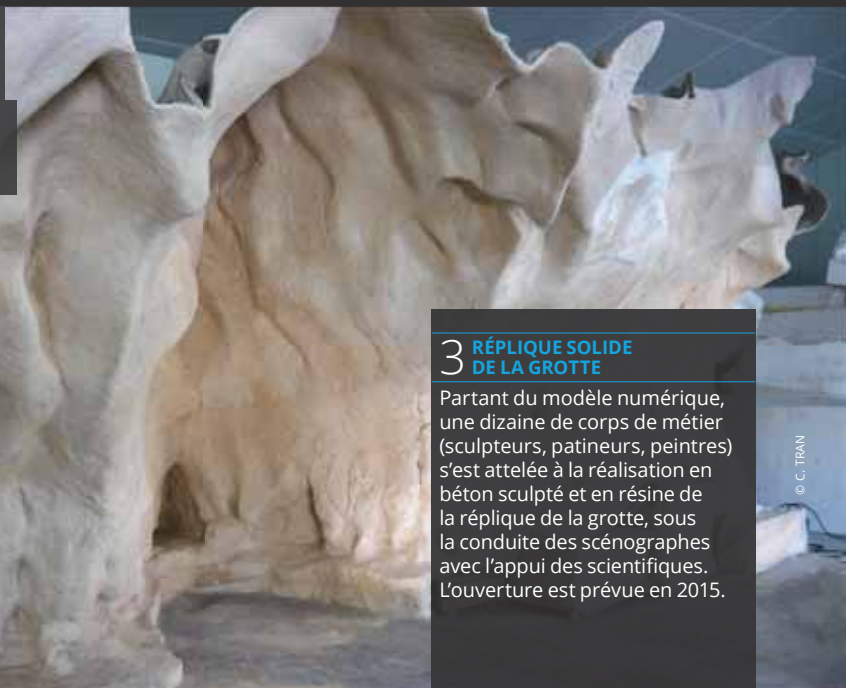


2 MODÉLISATION NUMÉRIQUE ANAMORPHIQUE

Les relevés ont permis de réaliser cette modélisation numérique de la grotte. Grâce au procédé d'anamorphose, les chercheurs ont réussi à « replier » la vraie cavité dans un espace deux fois moins important, tout en conservant l'apparence des volumes originaux.

© EDYTEM/CABINET PERAZIO

Sur le chantier de la réplique de la grotte Chauvet



3 RÉPLIQUE SOLIDE DE LA GROTTÉ

Partant du modèle numérique, une dizaine de corps de métier (sculpteurs, patineurs, peintres) s'est attelée à la réalisation en béton sculpté et en résine de la réplique de la grotte, sous la conduite des scénographes avec l'appui des scientifiques. L'ouverture est prévue en 2015.

© C. TRAN



» www.lagrottechauvetpontdarc.org

» Pour en savoir plus sur ce projet, lisez l'article sur lejournald.cnrs.fr

VIVANT

NUMÉRIQUE

Mieux diagnostiquer la schizophrénie

PAR LAURIANNE GEFFROY

▼ Certaines incohérences de langage sont propres aux patients schizophrènes.



© VALLANCEN/BSIP

Qu'est-ce que la schizophrénie ? La question fait débat à chaque mise à jour du *Manuel diagnostique et statistique des troubles mentaux*, le célèbre DSM publié par la Société américaine de psychiatrie. Car, si la schizophrénie se caractérise par des épisodes associant délire, hallucination et trouble du comportement, les spécialistes ne s'accordent guère sur les signes cliniques qui permettraient de diagnostiquer avec certitude ce trouble mental qui touche 0,7 % de la population mondiale et près de 600 000 personnes en France¹.

Modéliser des conversations

Pour en savoir plus, l'équipe du projet Slam (Schizophrénie et langage : analyse et modélisation), soutenue par la Maison des sciences de l'homme Lorraine et le CNRS, s'est intéressée aux incohérences qui apparaissent dans les conversations impliquant des patients schizophrènes. Seulement voilà, repérer et trouver le point commun entre ces différentes incohérences de langage, dans le but d'en faire des indices de diagnostic fiables, est très fastidieux. Aujourd'hui, la modélisation informatique de la parole proposée par Maxime Amblard, du

Laboratoire lorrain de recherche en informatique et ses applications², facilite cette analyse. Et ce projet a d'ores et déjà permis d'identifier une particularité de langage typique chez les schizophrènes paranoïdes³.

On sait depuis près de dix ans que, dans les discussions avec les schizophrènes paranoïdes, il apparaît des discontinuités décisives. Ce sont des ruptures au cours desquelles la conversation devient apparemment incohérente. Le psycholinguiste Michel Musiol, du laboratoire Analyse et traitement informatique de la langue française⁴, et le philosophe du langage Manuel Rebuschi, du Laboratoire d'histoire des sciences et de philosophie-Archives Henri-Poincaré⁴, les ont récemment étudiées en analysant la transcription écrite de conversations entre thérapeutes et patients.

Grâce à l'approche de Maxime Amblard, qui a rejoint leur projet, l'étude a fait un nouveau bond en avant. « *Je traduis la sémantique des phrases et le contexte d'une conversation en formules logiques (mathématiques)*, explique-t-il. *Cette modélisation a permis de repérer à quel moment du discours surviennent les fameuses discontinuités, mais*



Le site du projet Slam

>> <http://webloria.loria.fr/~amblard/SLAM/>

aussi d'identifier leur déclencheur. »

Résultat : les déclencheurs sont des mots qui se révèlent ambigus selon le contexte, ou bien des mots dont la morphologie elle-même peut prêter à confusion. Les patients schizophrènes peuvent ainsi parler de quelque chose de « flou », au sujet de la mémoire d'un souvenir, puis subitement parler de « flou » au sujet de quelque chose qu'ils voient mal, ce qui aiguille la conversation dans une direction inattendue. Ou alors parler de « la voir » (sous-entendu « voir une personne ») qui va soudainement se transformer en « l'avoir » (sous-entendu « la posséder »).

Repérer les anomalies

Les modélisations de conversations réalisées par Maxime Amblard ne sont encore que des bribes de programme informatique. Cet informaticien, spécialisé en linguistique, utilise un modèle sur lequel il travaillait au départ dans le but d'améliorer la qualité des représentations du sens dans les systèmes de traduction automatique sur Internet. Son approche, qui tient compte du contexte du discours, s'est révélée très efficace pour repérer les anomalies dans les conversations des personnes schizophrènes.

Dans le cadre du projet Slam, l'auteur d'un Peps (Projets exploratoires/ Premier soutien), Maxime Amblard et ses collègues psycholinguiste et philosophe du langage vont poursuivre leurs analyses avec de nouveaux patients. Ils espèrent identifier d'autres dysfonctionnements dans le discours des schizophrènes. Ces indices caractéristiques et la modélisation informatique pourraient alors venir compléter les outils classiques des psychiatres (tests cognitifs, comportementaux, entretiens, etc.) pour aider à diagnostiquer la schizophrénie. II

1. Source Orphanet. 2. Unité CNRS/Univ. de Lorraine/Inria. 3. Forme la plus fréquente de schizophrénie, caractérisée par des épisodes de délire ou d'hallucination. 4. Unité CNRS/Univ. de Lorraine.

L'illusion tactile, une révolution en marche

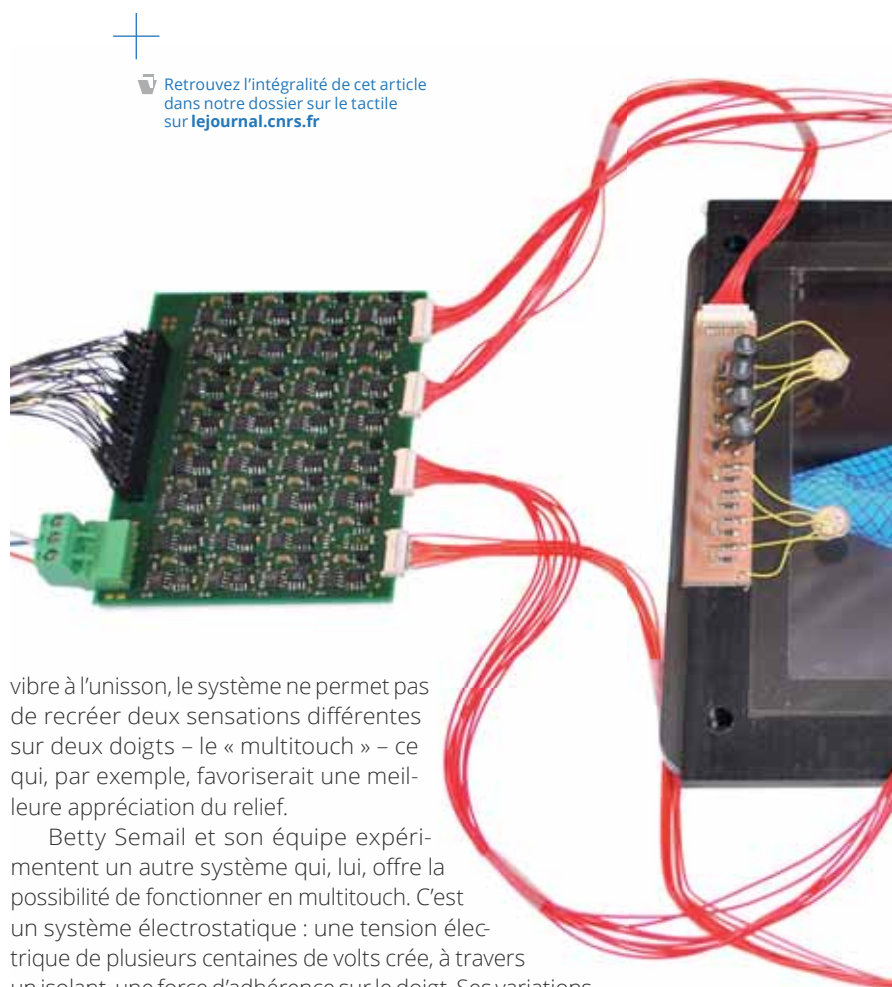
PAR DENIS DELBECQ

Informatique. Pourrons-nous bientôt « toucher » les objets à distance sur les tablettes et les téléphones ? De nombreuses équipes de chercheurs œuvrent pour que l'illusion tactile devienne réalité.

L'expérience est bluffante. Dans son laboratoire de l'Institut des systèmes intelligents et de robotique¹, à Paris, Vincent Hayward propose de soupeser un tube de plastique creux, dont sort un petit fil électrique. Surprise : d'apparence légère, l'objet s'avère pesant dans la main. Et une boule semble rouler à l'intérieur... Mais débranchez le fil relié à un dispositif vibreur et aussitôt la réalité reprend ses droits : le tube est aussi vide que léger. Bienvenue dans le monde des illusions tactiles ! L'intérêt qu'elles suscitent chez les industriels est énorme, car elles pourraient nous permettre, un jour, de ressentir formes et reliefs sur les surfaces tactiles de nos ordinateurs, tablettes et téléphones. « En combinant les stimulations de nos différents sens tout en respectant les contraintes de fonctionnement du système nerveux, il est possible d'améliorer les dispositifs d'interaction sensorielle », commente Vincent Hayward. « On peut imaginer un dispositif pour aider le choix d'un consommateur qui percevrait la texture d'un tissu depuis le site Web d'un magasin. Ou alors, ce qui est beaucoup plus facile, un système qui donne la sensation qu'on feuillette son carnet d'adresses », explique Betty Semail, professeur à l'université Lille-I, chercheuse à l'Ircica² et au Laboratoire d'électrotechnique et d'électronique de puissance de Lille.

Transformer une table en télécommande

Dans son laboratoire, un dispositif permet de faire vibrer une plaque à très haute fréquence (30 000 vibrations par seconde, soit 30 kilohertz). Cette vibration crée un coussin d'air entre la plaque et le doigt qui facilite ou gêne les déplacements. « Il ne s'agit pas d'un leurre, précise la chercheuse. Le doigt se déplace vraiment plus ou moins facilement sur la surface. Et cela permet de recréer des sensations de creux et de bosses. Nous avons appliqué ce principe à une sorte de touchpad analogue à celui d'un ordinateur portable, et à une surface transparente qui pourrait un jour devenir celle d'une tablette. Et nous travaillons à réduire la consommation électrique, qui est critique pour les tablettes et les téléphones. » Pour le moment, comme toute la plaque



vibre à l'unisson, le système ne permet pas de recréer deux sensations différentes sur deux doigts – le « multitouch » – ce qui, par exemple, favoriserait une meilleure appréciation du relief.

Betty Semail et son équipe expérimentent un autre système qui, lui, offre la possibilité de fonctionner en multitouch. C'est un système électrostatique : une tension électrique de plusieurs centaines de volts crée, à travers un isolant, une force d'adhérence sur le doigt. Ses variations modifient la force appliquée sur la peau. Autre avantage de cette technique, bien entendu indolore : « La consommation électrique est peu élevée, signale la chercheuse. En revanche, l'industrialisation n'est pas pour tout de suite, car il n'est pas aisé de produire des tensions élevées dans des appareils peu



Retrouvez l'intégralité de cet article dans notre dossier sur le tactile sur lejournale.cnrs.fr

épais et qui fonctionnent avec quelques volts. » À noter que, tout comme pour le système de plaque vibrante, le doigt ne perçoit rien tant qu'il ne se déplace pas.

Moustapha Hafez, qui dirige le laboratoire Interfaces sensorielles et ambiantes du CEA, à Saclay, s'intéresse aussi beaucoup au tactile. Avec son équipe, il travaille notamment sur un procédé acoustique capable de détecter la position du doigt sur n'importe quelle surface et, par exemple, de transformer une table basse de salon en télécommande pour le téléviseur. Un autre principe étudié au sein du laboratoire est le retournement temporel. Il s'agit de focaliser une vibration acoustique en un point donné. « On peut alors capter la position du doigt et restituer une vibration localement pour signaler à l'utilisateur que sa pression a été perçue. De même, on peut faire du retour tactile multitouch, précise Moustapha Hafez. Nous travaillons aussi sur une technique d'électro-vibration qui donne un retour tactile, une texture par exemple, lorsque le doigt

▲ En vibrant plus ou moins fort, cette surface tactile peut créer une sensation de creux et de bosses.



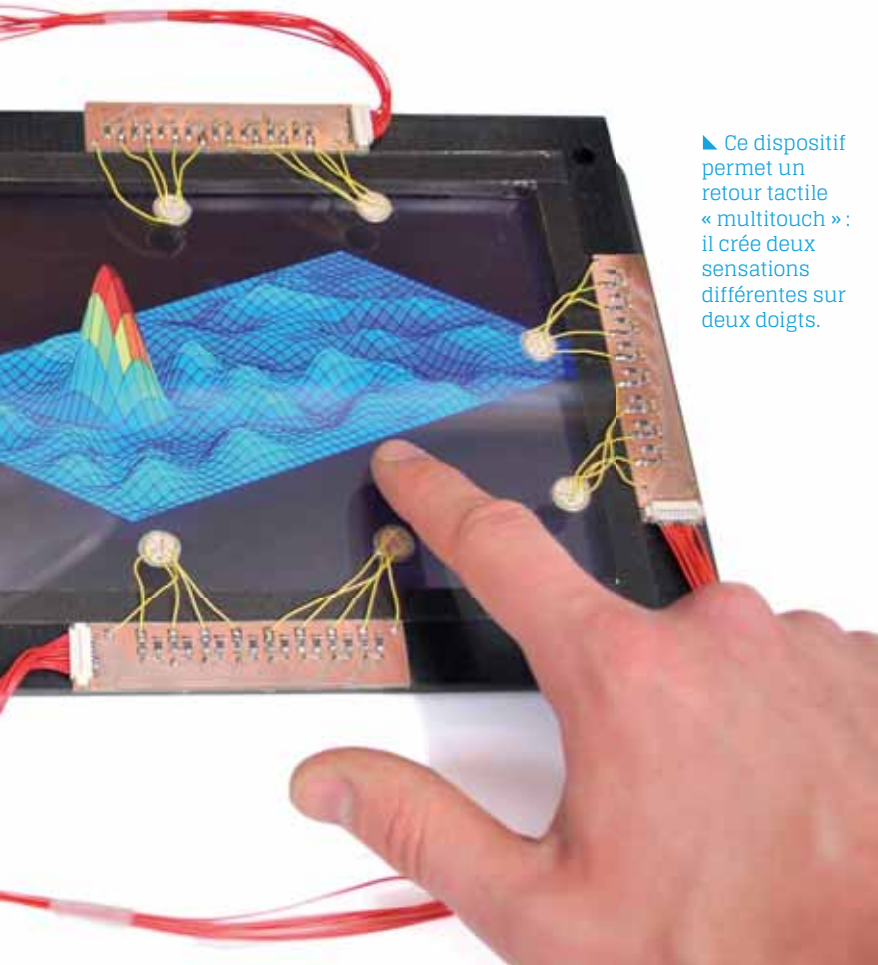
se déplace sur une surface. Tous ces systèmes intéressent fortement les industriels de l'électronique grand public, l'automobile et l'aéronautique. »

À Rennes, Anatole Lécuyer, de l'Institut de recherche en informatique et systèmes aléatoires³, défend une approche radicalement différente : flouer notre cerveau sans faire appel au moindre dispositif physique, ce qu'il appelle le retour pseudo-haptique (« le toucher » en grec). Le principe ? Profiter de la priorité donnée par le cerveau à la vision pour tromper sa perception et produire des illusions haptiques. « Quand on délocalise le geste du regard, lorsque l'on actionne sa souris en regardant l'écran par exemple, l'information visuelle peut primer sur le toucher, explique Anatole Lécuyer. Nous avons d'ailleurs montré que c'est ce qui se passe dans 90 % des cas. »

Des technologies bientôt disponibles sur le Web

Avec son équipe, le chercheur a donc mis au point un algorithme qui modifie la vitesse de déplacement du curseur visible à l'écran en fonction des différentes zones d'une image, pour donner une impression de relief. À l'approche d'une bosse (détectée dans l'image grâce à des variations de couleur par exemple), le curseur ralentit pour marquer la côte. Une fois de l'autre côté de la bosse, le curseur accélère pour simuler la descente. « C'est l'utilisateur qui crée son propre retour d'effort », précise le chercheur. Le principe se vérifie sur les images « élastiques » qu'il a publiées sur Internet⁴. En les testant, on se surprend à cliquer de plus en plus fort sur sa souris pour ressentir l'élasticité des objets représentés : éponge, serviette, balle de tennis, etc. Une technologie qui devrait se retrouver rapidement sur les sites Web créés avec Wordpress, l'outil préféré des blogueurs.

Le laboratoire de Vincent Hayward a aussi réalisé une collection d'instruments pour l'étude scientifique du sens du toucher⁵. Avec des collègues de l'Université catholique de Louvain, les chercheurs ont montré qu'on peut prédire, à l'aide de mesures physiques, le caractère agréable ou désagréable que présente une surface lorsqu'on l'explore avec le doigt⁶. « Nos recherches devraient aussi favoriser la création d'outils de mesure fiables pour sonder les fonctions sensorimotrices des personnes affectées par des déficits, ainsi que de techniques de compensation et de rééducation, complète Vincent Hayward. Le toucher est un sens fondamental dans l'étude de la conscience que l'on a de notre propre corps. » II



► Ce dispositif permet un retour tactile « multitouch » : il crée deux sensations différentes sur deux doigts.

1. Unité CNRS/UPMC. 2. Institut de recherche sur les composants logiciels et matériels pour l'information et la communication avancée (CNRS/Univ. Lille-I). 3. Unité CNRS/ENS Cachan/Inria/Insa Rennes/Supélec/Télécom Bretagne/UBS/Univ. de Rennes-I. 4. <http://team.inria.fr/hybrid/w3d-project> (Télécharger le module Unity 3D Web player en bas de l'écran). 5. V. Hayward, *Philosophical Transactions of the Royal Society B*, 2011, 366 : 3115-3122. 6. A. Klöcker et al., *Plos One*, 14 novembre 2013.

Les SHS en renfort des entreprises

PAR CLAIRE DEBÔVES

Valorisation. Pour trouver des réponses aux défis sociétaux, beaucoup de grandes entreprises font aujourd'hui appel aux chercheurs en sciences humaines et sociales.



Parce que pour innover il faut changer de perspective, les grandes entreprises font de plus en plus appel aux chercheurs en sciences humaines et sociales (SHS). L'Open Innovation suppose, en effet, que les organisations s'ouvrent au débat pluridisciplinaire et à la complexité des questions sociétales. Patrice Bourdelais, directeur de l'Institut des sciences humaines et sociales (INSHS) du CNRS, constate que « si les entreprises ont toujours fait appel aux disciplines comme le droit, l'économie et la gestion, ces approches sont

devenues insuffisantes face à la globalisation, aux questions de valeur ou de sens. Aujourd'hui, les entreprises s'interrogent sur leur stratégie à moyen terme, sur leur identité, leur relation à la société, ainsi que sur les modèles culturels non européens qu'elles doivent maîtriser afin d'assurer leur croissance ».

Des collaborations multiples

D'où la multiplication de collaborations, de thèses, mais aussi de cercles de réflexion ou de « think tanks » auxquels sociologues, historiens, géographes ou anthropologues sont associés. Pourvoyeurs d'idées et d'expertises, ces chercheurs inspirent à de grandes entreprises comme Air Liquide, Suez Environnement ou Renault des réflexions stratégiques très en amont du processus d'innovation. Pour Patrice Bourdelais, certains de ces groupes dressent même ouvertement un constat d'incapacité face à la crise économique actuelle. « Après avoir eu recours à diverses approches pour le moins empiriques, nombreuses sont les grandes entreprises qui tournent leurs regards vers les SHS pour mieux comprendre le présent et imaginer leur avenir », précise-t-il.

En lançant son i-Lab (Innovation Laboratory) en décembre 2013, Air

Liquide s'inscrit pleinement dans cette tendance. La structure comprend un think tank pour faire émerger des idées nouvelles et un « corporate garage » pour les tester sur des outils de prototypage rapide (imprimante et scanner en 3D, découpe laser). Rattaché à la direction R & D du groupe, l'i-Lab compte quinze personnes issues d'horizons professionnels et culturels divers. Pourquoi un tel dispositif au sein d'un groupe aussi puissant ? François Darchis, membre du comité exécutif supervisant l'innovation, explique : « Nous voulons anticiper l'évolution des besoins et des usages liés à nos produits. La pollution des villes, le réchauffement climatique et les déséquilibres démographiques sont autant de facteurs qu'il nous faut prendre en compte. » C'est là qu'interviennent les chercheurs en sciences humaines et sociales. Grégory Olocco, directeur de l'i-Lab, évoque les premiers travaux du think tank : « Pendant plusieurs heures, chaque mois, nous mettons nos idées sous tension avec des médecins, géographes, cinéastes, architectes ainsi qu'avec deux scientifiques du CNRS. Nos discussions font émerger de nouveaux terrains d'activité où Air Liquide serait légitime dans trente ans, par exemple sur le thème "Comment respirer dans la ville ?". »

▲ Des chercheurs étudient de près l'imaginaire des utilisateurs de la Renault Twizy.



© RENAULT MARKETING 3DCOMMERCE



© LE SQUARE POUR AIR LIQUIDE

► Dans son tout nouvel i-Lab, Air Liquide invite des chercheurs de disciplines très variées pour réfléchir à de futurs terrains d'activité.

Chez Suez Environnement, « on travaille beaucoup pour que l'entreprise crée de la valeur économique, mais aussi sociale et environnementale », indique Hélène Valade, responsable Développement durable et prospective. Un vaste programme qui se traduit par la participation de scientifiques aux instances internes d'orientation et de prospective. Mais aussi par de la recherche-action avec des géographes du laboratoire Aménagement, développement, environnement, santé et sociétés de Bordeaux¹ autour de l'accès à l'eau des populations défavorisées. « Travail qui a permis d'élaborer une cartographie de la précarité hydrique dans la ville et d'imaginer de nouvelles politiques publiques en direction des populations défavorisées », précise Hélène Valade.

Un changement de perspective

Les SHS jouent également un rôle stratégique chez Renault. En témoigne l'utilisation des théories et méthodes de la conception innovante, dites C-K (Concept-Knowledge Theory), nées dans le giron de l'École des mines de Paris. En thèse au

Centre de gestion scientifique (CGS), Laura Le Du analyse les évolutions de l'imaginaire sociotechnique des utilisateurs de Twizy, le véhicule à propulsion électrique de Renault. « Étudier les rapports qu'entretiennent les gens avec les objets techniques a pour objectif, pour Renault et ses partenaires, de continuer à proposer de futurs objets de mobilité », explique-t-elle. Ce déclouement, vis-à-vis des clients comme des autres entreprises, suppose de réfléchir en profondeur sur les représentations habituelles. La doctorante proposera donc au constructeur « des outils et des méthodes pour mieux partager les connaissances et débattre en interne mais aussi avec des partenaires ».

Tous ces partenariats avec les SHS témoignent, de la part de grands groupes, d'un réel appétit pour la prospective. Une question se pose cependant : comment concilier la radicalité des changements à accomplir dans les modes de fonctionnement des entreprises avec l'urgence d'innover ? Pour sa part, Patrice Bourdelais recommande la patience, rappelant que « les SHS peuvent apporter des explications et dessiner des scénarios d'évolution, mais beaucoup plus rarement des solutions prêtes à l'emploi ». II

Une colle révolutionnaire

Une équipe dirigée par Ludwik Leibler réunissant des chercheurs du laboratoire Matière molle et chimie et du laboratoire Physico-chimie des polymères et milieux dispersés a inventé une méthode simple, efficace et bon marché permettant de faire adhérer rapidement gels et tissus biologiques. En utilisant une solution aqueuse de nanoparticules de silice, un composé facilement disponible et largement utilisé dans l'industrie, ils sont parvenus à coller durablement des gels de consistances différentes ainsi que des morceaux de foie préalablement découpés. Cette découverte pourrait, entre autres, être utilisée

en médecine régénérative, par exemple pour réparer les organes ayant subi une incision ou une lésion profonde.



© A. MARCELLAN/ESPC/IMC/CNRS PHOTO THÈQUE

Trois scénarios pour l'énergie

L'Alliance nationale de coordination de la recherche pour l'énergie (Ancre) a publié fin janvier un rapport d'études sur trois scénarios possibles d'évolution du système énergétique français à l'horizon 2050. Le but : diviser par quatre les émissions de gaz à effet de serre liées à l'énergie par rapport à 1990. Le premier scénario s'appuie sur une évolution majeure des comportements individuels et sur le développement des énergies renouvelables. Le deuxième propose d'augmenter la part d'énergie consommée sous forme d'électricité décarbonée (sans émission de CO₂). Enfin, le troisième met l'accent sur la diversification des sources énergétiques.

» www.allianceenergie.fr

Les cellules pDC : un nouvel eldorado pour la médecine

VIVANT 

Biologie. La découverte récente des cellules dendritiques plasmacytoïdes, dites pDC, pourrait révolutionner un jour la prise en charge de différentes maladies graves.

PAR KHEIRA BETTAYEB

Voilà encore quinze ans, l'existence même des cellules dendritiques plasmacytoïdes (pDC) était complètement ignorée des biologistes. Désormais, ces entités invisibles à l'œil nu mobilisent pas moins d'une dizaine d'équipes du CNRS œuvrant aussi bien à l'hôpital Necker qu'à l'Institut Pasteur ou à l'université Paris-Descartes. Les enjeux pour la médecine de demain sont énormes.

De précieuses sentinelles de l'immunité

Véritables sentinelles de l'immunité, les pDC interviennent en première ligne lors d'une infection. Elles patrouillent un peu partout dans notre corps via le sang. Et, dès qu'elles détectent un virus ou une bactérie (via des molécules spéciales à leur surface : les récepteurs Toll-Like), elles déversent dans le sang de très grandes quantités d'une molécule antivirale très puissante : l'interféron (IFN). Vital, l'IFN contribue à inhiber la prolifération des microbes dans les cellules.

Selon le Suisse Rolf Zinkernagel, Prix Nobel de médecine en 1996, sans IFN, nous mourrions de la grippe en 48 heures ! Or les pDC produisent jusqu'à 1 000 fois plus d'IFN que les autres cellules libérant aussi cette substance (macrophages, monocytes...). De plus, elles possèdent une autre arme redoutable à leur surface : la molécule tueuse Trail. Laquelle induit la mort des cellules tumorales ou infectées, mais aussi celle des cellules saines dans le cas de maladies auto-immunes ou du sida.

Vues au microscope, les précieuses pDC ressemblent à des cellules plus connues : les globules

blancs plasmocytes, d'où le terme plasmacytoïdes. En effet, lorsqu'elles ne sont pas activées, elles sont rondes et grosses (de 8 à 10 micromètres de diamètre), comme ces cellules. Les pDC sont très rares, représentant moins de 0,5 % des globules blancs totaux du sang, ce qui les rend difficiles à détecter et à étudier. Pour les découvrir, il a fallu attendre la fin des années 1990, lorsque l'équipe américaine de Frederick Siegal a enfin mis le doigt dessus lors de travaux menés sur les amygdales.

Plus de 10 000 publications sur le sujet

Depuis, la recherche sur ces cellules a littéralement explosé. Et ce dans différents domaines : virologie, cancérologie, immunologie, etc. « *La découverte des pDC a révolutionné la connaissance et la recherche sur l'immunité, s'enthousiasme Jean-Philippe Herbeuval, du Laboratoire de chimie et biochimie pharmacologiques et toxicologiques¹. On compte aujourd'hui plus de 10 000 publications sur le sujet, ce qui est énorme pour un seul sous-type de cellules découvert récemment.* »

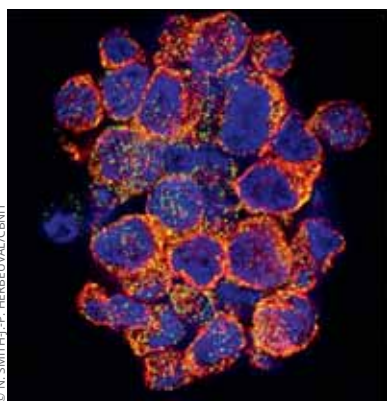
À mesure que les travaux se sont accumulés, il est apparu que les pDC intervenaient non seulement dans les infections classiques contre les virus et les bactéries, mais aussi dans le sida, le cancer et les maladies auto-immunes (sclérose en plaques, lupus...). « *Dans certaines maladies (cancer, dengue, hépatite C), les pDC ont un effet bénéfique ; dans d'autres (sclérose en plaques, sida), elles sont délétères* », résume Jean-Philippe Herbeuval.

Une piste pour le traitement de maladies graves

Dans le cas du virus du sida, le VIH, les pDC semblent avoir une activité à double tranchant selon le stade de l'infection. Lors de la phase de primo-infection (entre trois et six semaines après la contamination), elles ont un effet positif en limitant la prolifération du VIH. En revanche, lors de la phase chronique de la maladie, elles auraient, d'après Jean-Philippe Herbeuval, « *un rôle plus complexe, probablement délétère* » : en activant de façon chronique notre immunité, elles induiraient la mort de cellules clés de l'immunité, les CD4+, ce qui déboucherait sur l'apparition de symptômes du sida.

Désormais, l'un des buts majeurs de la recherche est de mettre au point des médicaments capables de moduler l'activité des précieuses pDC. « *Si l'on arrive à leur faire produire plus d'IFN, cela ouvrira de nouvelles perspectives pour traiter les cancers* », illustre Jean-Philippe Herbeuval. Un énorme défi pour les dix prochaines années. **II**

▲ Vue au microscope de cellules pDC cultivées en présence du virus du VIH (points verts).



© N. SMITH, J.-P. HERBEUVAL/CNRS

1. Unité CNRS/Univ. Paris-Descartes.

LES IDÉES



*Du numérique ès sciences • Cancer
et nature • L'innovation en question(s) •
Le genre, c'est de la science • Aux
origines de la conscience*

ILLUSTRATION : S. ROY-COLAGENE.COM, POUR CNRS LE JOURNAL

Inmédiats, la culture scientifique en pleine mutation

Médiation. Lancé dans le cadre des Investissements d'avenir, le programme Inmédiats rassemble six centres de culture scientifique régionaux. Objectif : mettre la science à la portée de tous grâce aux nouvelles technologies.

PAR LAURE CAILLOCE

Cap Sciences à Bordeaux, La Casemate à Grenoble, l'Espace des sciences à Rennes, Relais d'sciences à Caen, Science Animation à Toulouse, Universcience à Paris (qui regroupe la Cité des sciences et le Palais de la découverte)... Ces centres

de culture scientifique et technique sont unis par un projet commun. Nom de code : Inmédiats. Mission : utiliser les nouvelles technologies pour diffuser la culture scientifique et les travaux des chercheurs auprès du grand public. « Nous ne voulons pas

être des musées des sciences figés et poussiéreux, s'enflamme Bernard Alaux, le directeur de Cap Sciences à Bordeaux. L'objectif, avec Inmédiats, est d'introduire un maximum d'interactivité avec le public. » Créé à la fin de l'année 2011, le consortium candidat aux Investissements d'avenir a décroché la somme de 30 millions d'euros sur quatre ans pour développer des outils innovants.

Cible prioritaire pour Inmédiats : les 15-25 ans, « une génération qui ne vient pas spontanément dans les centres de culture scientifique, au contraire des 8-12 ans, plus faciles à intéresser », selon Laurent Chicoineau, le directeur de La Casemate. L'enjeu



© I. GINZBURG/CSTI GRENOBLE/INMÉDIATS

► Atelier de fabrication d'objets, au *fab lab* de La Casemate, à l'aide d'une découpeuse-graveuse laser connectée.



Une carte numérique pour les Fondamentales

C'était une première réussie. À l'occasion des Fondamentales, le forum grand public du CNRS qui a réuni près de 10 000 personnes en novembre 2013 à la Sorbonne, Inmédiats a conçu une carte numérique qui a connu un succès certain sur la Toile et les réseaux sociaux. Directement inspirée des univers du médiéval fantastique type *Game of Thrones*, celle-ci mettait en scène huit continents scientifiques, soit les huit thèmes des grands débats de la manifestation. Totalement interactive et directement branchée sur les réseaux sociaux, l'interface entre les chercheurs et le public permettait de poser des questions, de poster des commentaires et des vidéos, et de consulter des articles et photos en lien avec les thèmes abordés.

Le site des Fondamentales
 >> lesfondamentales.cnrs.fr

n'est donc plus seulement la transmission de la connaissance, à laquelle cette génération connectée peut avoir accès par le biais de nombreux sites Internet, mais bien l'expérimentation de la connaissance. Au total, une demi-douzaine d'innovations vont être explorées : *fab labs*, *living labs*, réseaux sociaux, *serious games*, mondes virtuels... « *Chaque centre a ses spécialités, qu'il va approfondir d'ici à 2015, puis nous mettrons tout en commun* », explique Bernard Alaux.

Rendre la technique ludique

Imaginé au départ par le Massachusetts Institute of Technology (MIT), les *fab labs* sont des endroits où l'on fabrique des objets avec des machines-outils pilotées par ordinateur. Objectif : montrer que la technique peut aussi être ludique en permettant au public de confectionner des prototypes avec l'aide de designers. Des cours sont également dispensés afin d'apprendre à faire fonctionner les machines, qui peuvent être utilisées aussi bien par des lycéens, des étudiants que par des retraités ou même des créateurs d'entreprise. Au *fab lab* de Grenoble, deux journées sont d'ailleurs réservées aux professionnels. « *Cela montre que la culture scientifique d'aujourd'hui est directement connectée au développement économique* », commente Laurent Chicoineau.

Grâce aux *living labs*, les chercheurs et les industriels peuvent venir tester leurs prototypes auprès des visiteurs des centres de culture scientifique. L'intérêt est double : permettre au public de participer à la science en train de s'écrire, et aux professionnels d'avoir accès à des milliers d'utilisateurs potentiels ! Dans le même esprit, les « parcours innovation » proposés à

Grenoble établissent un dialogue entre les jeunes et l'entreprise. Ainsi, douze jeunes sélectionnés par La Casemate planchent sur « les capteurs dans la ville », un thème proposé par Suez, Bouygues et le Commissariat à l'énergie atomique et aux énergies alternatives. « *Compteurs de gaz, d'eau et d'électricité sont de plus en plus intelligents et constituent un réseau qui pourrait être utilement mis à profit*, note Laurent Chicoineau. *Les jeunes mis à contribution présenteront leurs idées aux entreprises sous la forme de trois prototypes développés avec les mêmes méthodes que celles employées dans les grands groupes.* »

Utiliser les réseaux sociaux

Autres projets, autres ambitions. L'observatoire des *serious games* mis en place par Universcience vise à recenser et à analyser l'ensemble des jeux vidéo à caractère scientifique existant dans le monde, tandis que Science Animation, à Toulouse, travaille à un jeu inédit qui sera présenté officiellement au mois de mai prochain : une terminologie virtuelle modélisée selon les dernières connaissances de la biologie. Le but : que les jeunes, tout en s'amusant, en apprennent davantage sur ces insectes. Proches de l'univers des *serious games*, les mondes virtuels et leurs avatars constituent également un lieu rêvé pour l'expérimentation scientifique qu'explore Inmédiats.

Dernier outil de la panoplie du consortium, les réseaux sociaux, qui commencent à peine à livrer toutes leurs potentialités. L'axe de travail est double : « *Un premier axe est de réfléchir à la création de réseaux sociaux territoriaux, afin de mettre en contact le public et tous les acteurs de la culture scientifique* », détaille Laurent



Chicoineau. Sur ces plateformes, chacun pourra mettre en ligne des articles, obtenir des informations sur les événements scientifiques à venir... Second axe : utiliser les réseaux sociaux existants (Facebook, Twitter...) dans des dispositifs plus vastes, à l'image de l'opération « Alpha ne répond plus », menée en 2012 en partenariat avec le CNRS à Grenoble. L'enjeu de cette intrigue policière : retrouver un espion disparu au cours d'une mission à partir d'informations distillées sur Tumblr. L'enquête est menée au sein même de locaux du CNRS, où les participants peuvent obtenir de nouveaux indices en répondant à des questions scientifiques. Des dispositifs qui n'ont décidément plus grand-chose à voir avec les expositions de vulgarisation traditionnelles et leurs bons vieux panneaux d'affichage !



Le genre, c'est de la science

Sandra Laugier

Philosophe, directrice adjointe scientifique de l'Institut des sciences humaines et sociales du CNRS

Oui, le CNRS soutient la recherche sur le genre : depuis longtemps à travers la Mission pour la place des femmes et des programmes dans ses laboratoires, plus récemment avec l'ouverture de postes de chercheur(e)s affichés « genre », avec la création du Groupement d'intérêt scientifique Institut du genre et le lancement par la Mission interdisciplinarité du Défi Genre. Ailleurs, le domaine du genre est affiché dans de nombreux programmes de recherche internationaux, dans le programme européen Horizon 2020, et dans celui de la National Science Foundation (NSF) aux USA.

Les études ont pointé l'erreur à ne pas tenir compte de la variable "genre" dans les recherches.

Comment est-ce possible ? Le genre serait, à entendre diverses critiques, une « théorie », qui nie la différence des sexes et tente de s'imposer dans les programmes scolaires avec un agenda idéologique sulfureux. Or s'il n'existe pas UNE « théorie du genre », de nombreux travaux scientifiques, en théorisant le genre, s'attachent à montrer le caractère social des représentations du masculin et du féminin et les rapports de pouvoir qui produisent les inégalités entre les sexes.

Une mise en cause du savoir

Alors pourquoi cette campagne dénonçant la « théorie du genre », qui a même conduit le gouvernement à reculer sur des projets de réforme urgents ?

Remarquons que qualifier un savoir de « théorie », avec une tonalité dévalorisante (alors que toute science propose des théories !) est une stratégie éprouvée de l'obscurantisme militant. Les créationnistes aux États-Unis qualifient la science de l'évolution de « théorie » pour tenter d'empêcher ce savoir impie de se répandre dans les écoles. Un épisode souvent cité par les épistémologues est celui du jugement de la Cour fédérale, en 2002, condamnant un lycée d'Atlanta dont la direction avait, sous la pression de certains parents, fait apposer sur les manuels de biologie des élèves un sticker : « *L'évolution est une théorie, pas une certitude* » – « *une théorie de l'origine des êtres vivants qui doit être abordée avec prudence et esprit critique* ».

Jeter le doute sur des connaissances acquises : c'est la méthode de ceux qui qualifient de pure « théorie » ce qui relève des faits et veulent nier l'évidence. Que nous apprend la science de l'évolution, sinon que l'humain fait partie des animaux et n'a pas de privilège au sein de la nature, sinon la place qu'il s'est faite ? Que nous apprend la science du genre, sinon que la différence des sexes, une différence parmi tant d'autres, ne devrait pas faire de différence dans le destin social des individus, et que pourtant elle entraîne partout des inégalités ?

On voit où se situe l'enjeu, qui est double, des attaques contre les études sur le genre. En premier lieu, il est d'ordre scientifique. L'objectif du réactionnaire antigénre est de faire croire que les études sur le genre ne sont pas de la science mais « une théorie ». Or la prise en compte du genre est avant tout une affaire scientifique, articulant « DES théories » et des faits (c'est ainsi que fonctionne la science, par des ensembles explicatifs fondés dans la preuve). D'abord

développées par les sciences humaines et sociales, les études ont pointé l'erreur à ne pas tenir compte de la variable « genre » dans les recherches. Elles ont montré, par exemple, que le travail ne se réduit pas à sa dimension professionnelle ou productive, mais inclut le travail domestique, que les « droits de l'homme » n'incluent pas les femmes, etc. La méthode vaut pour les autres sciences : sous-évaluation et traitements inadaptés des maladies cardiaques chez les femmes ou, à l'inverse, de l'ostéoporose chez les hommes. Les études sur le genre ont ainsi mis en évidence la prédominance du point de vue androcentré, qui, en s'ignorant comme tel, généralise à partir du cas particulier masculin.

Une question très politique

En second lieu, les recherches sur le genre, d'abord scientifiques, posent des questions politiques : elles font voir une réalité désagréable, celles d'inégalités injustifiables dans un ensemble de citoyens en principe égaux. C'est la cause profonde des attaques actuelles contre le genre. Ces recherches, et les faits qu'elles établissent, questionnent l'organisation traditionnelle de la famille, la domination masculine et l'hétéronormativité, les inégalités liées au sexe qui traversent notre société.

Le CNRS est l'acteur de la recherche et de l'enseignement supérieur le plus anciennement et fortement engagé en faveur des recherches sur le genre. Il les soutient en prenant en compte les enjeux de la recherche et de l'égalité comme inséparables. Les questions scientifiques sont des questions sociales. Développer la recherche sur le genre, c'est lutter pour la reconnaissance des inégalités et contre leurs causes, et aussi contre des préjugés qui attaquent la science elle-même. C'est l'engagement du CNRS, et le thème de la journée du 10 mars qui, sous la bannière des Nouvelles sciences du genre, réunira au CNRS des chercheur(e)s de toutes disciplines. ■

À voir



>> www.cnrs.fr/solaire

¶ Parce qu'elle pourrait largement couvrir les besoins énergétiques de la planète, l'énergie solaire est une filière en plein essor. Le 20^e dossier multimédia du CNRS de la collection Sagascience en présente les deux principales voies d'utilisation : l'énergie solaire thermique et l'énergie solaire photovoltaïque. Cette animation grand public, réalisée avec les chercheurs de l'Institut des sciences de l'ingénierie et des systèmes (Insis) de l'organisme, montre le fonctionnement des centrales thermiques, qu'elles soient « à tour solaire » ou « à miroirs cylindro-paraboliques ». Mais aussi le foisonnement des recherches actuelles sur les cellules photovoltaïques, les carburants solaires et le stockage de chaleur. Une data visualisation interactive complète le dossier par un panorama du poids de l'énergie solaire dans la production d'énergie mondiale.

À lire

¶ Aux antipodes des polémiques habituelles sur la Sécurité sociale, où l'on s'étripe au sujet de son fameux « trou », la sociologue Colette Bec se penche sur l'intention de ses pères fondateurs, en 1945. Pour ses concepteurs, la Sécurité sociale constituait une institution de la démocratie à venir. Socle de la solidarité, elle relevait de choix collectifs engageant le destin commun et l'organisation d'une société juste. À l'aune de cette analyse, la chercheuse interroge ensuite la logique des réformes, à la fin des années 1970, et l'acheminement vers une approche gestionnaire.

La Sécurité sociale.
Une institution de la démocratie
Colette Bec, Gallimard, coll.
« Bibliothèque des sciences humaines »

¶ Les trente dernières années se sont illustrées, du moins en Occident, par une régression sociale sans précédent : partant de ce constat, les économistes Gérard Duménil et Dominique Lévy ne se contentent pas dans ce livre d'analyser la dynamique historique qui a conduit à cet état de fait, ils proposent également une grille d'analyse permettant d'inverser cette dynamique. Pour ces deux chercheurs du CNRS, derrière l'évolution des inégalités se cache une structure de classe tripolaire, où l'alliance entre capitalistes et cadres, au détriment des classes populaires, a assuré le triomphe du néolibéralisme. La réouverture des voies du progrès social passera ainsi, selon eux, par la capacité politique d'ébranler les grands réseaux financiers et la connivence entre propriétaires et managers.

La Grande Bifurcation.
En finir avec le néolibéralisme.
Gérard Duménil et Dominique Lévy, La Découverte, coll.
« L'horizon des possibles »



© C. FRÉSILLON/CNRS PHOTOOTHÈQUE



Peut-on échapper au syndrome de l'innovation permanente ?

Michel Blay

Président du Comité pour l'histoire du CNRS



Dieu, la nature et l'homme. L'Originalité de l'Occident,
Michel Blay,
Armand Colin, coll.
« Le temps des idées »

La course permanente à l'innovation, qui implique de relever de multiples défis technologiques, de la biologie de synthèse aux nanotechnologies, conduit inévitablement à l'épuisement des ressources et à la pollution. Elle conduit également à notre épuisement, car nous sommes confrontés à la solitude au travail dans l'oubli du sens des métiers et dans l'automatisation normalisée des gestes. Cette situation, souvent décrite, paraît largement inéluctable ou, du moins, les réponses ne s'imposent pas avec évidence. Bien au contraire. D'année en année, les difficultés environnementales ou autres croissent quoique les appels à l'innovation se multiplient dans la dépense et l'effervescence. Pourquoi en est-il ainsi et peut-on, d'une façon ou d'une

autre, y échapper ? L'impression que la situation est plus ou moins sans issue est liée au fait qu'il semble impossible de penser autrement qu'en termes d'innovation et de progrès technologiques.

Rappelons que le terme « innovation », sans cesse agité aujourd'hui dans les différentes sphères de la société, désigne en général des inventions destinées à fournir aux citoyens devenus consommateurs des services et des appareils nouveaux, le plus souvent seulement partiellement améliorés. L'innovation correspond aussi à la mise au point de méthodes de production ou de distribution conduisant principalement, par l'automatisation normalisée des tâches, à une réduction du temps de travail, tout en garantissant une plus grande



Lire l'intégralité du billet sur lejournal.cnrs.fr

productivité. L'innovation devenue ces derniers temps « innovation permanente », c'est donc toujours du plus à consommer et à produire. Il convient, pour éviter l'épuisement, le nôtre comme celui de la nature, pour éviter notre mort qui ne sera pas durable comme le développement, de porter un nouveau regard sur le monde de l'innovation technique permanente, un nouveau regard pour sortir du cercle vicieux de l'innovation, de la fausse exigence technique qui fixe a priori notre avenir et notre destin sans nous.

Que souhaitons-nous pour notre vie ? Y a-t-il nécessité à innover du côté de la biologie de synthèse, des nanotechnologies ou du énième gadget électronique ? D'autres choix ne s'imposeraient-ils pas pour notre vie dans le monde ? En un mot, comme le rappelle Hannah Arendt, nous devons « *assumer, si nous l'aimons assez, la responsabilité du monde* »¹. Il est, le monde, de notre responsabilité. Une responsabilité qu'il convient de reprendre au nom de notre existence afin de poser – peut-être est-il déjà trop tard – un regard extérieur sur cette idée de nature assujettie à l'épuisant et mortifère appel à l'innovation permanente. II

1. Hannah Arendt, *La Crise de la culture*, « La crise de l'éducation », Paris, Gallimard, 2002, p. 251.



Le cancer touche aussi les écosystèmes

Frédéric Thomas

Biologiste au laboratoire Mivegec

Et si nous étions passés à côté, dans les études sur les écosystèmes, d'une variable capable d'influencer fortement les aptitudes compétitrices des individus et des espèces ? D'influer sur leur vulnérabilité aux parasites et aux prédateurs, ou encore leur capacité à se déplacer ? C'est probablement le cas du cancer, ou plutôt du continuum allant des lésions précancéreuses aux cancers en phase métastatique, qui touchent la plupart des animaux depuis que la multicellularité est apparue il y a plus de 500 millions d'années. À l'instar des parasites qui, faute d'outils appropriés pour les observer et les étudier, ont longtemps été ignorés par la majorité des écologues, les processus oncogéniques ont été

négligés en raison de leur rareté apparente dans la nature. Nous nous sommes trop focalisés sur les stades avancés des cancers qui ne constituent que la partie émergée de l'iceberg.

Ainsi, un individu porteur d'un cancer est, du fait de son affaiblissement, souvent dévoré par un prédateur à un stade très précoce de la maladie. Bien que rarement observable au stade terminal, la maladie aura, au cours de son évolution, affecté de nombreux traits écologiquement pertinents. Dans ce cadre, le cancer doit être considéré comme une variable à part entière dans le fonctionnement des écosystèmes. Il est même possible qu'il ait favorisé le maintien de la biodiversité.



Lire l'intégralité du billet sur lejournald.cnrs.fr

Cette thématique de recherche, inexplorée à l'heure actuelle, devra associer écologues, médecins, vétérinaires, évolutionnistes, etc. Elle permettra d'en savoir plus sur les conséquences écologiques insoupçonnées du cancer, mais pas seulement.

En effet, on sous-estime probablement la palette des adaptations des espèces sauvages vis-à-vis du risque cancéreux : comportements d'évitement d'individus porteurs de pathogènes oncogènes ou de cancers contagieux, évitements d'habitats riches en mutagènes ou encore automédication. Des comportements qui, s'ils limitent les impacts négatifs des développements oncogéniques, ne les éliminent pas. Ce qui pourrait peut-être expliquer pourquoi la sélection naturelle n'est pas parvenue à éliminer le cancer en un demi-milliard d'années. II

Parution

Aux sources de la conscience

La conscience a-t-elle une origine ?

Des neurosciences à la pleine conscience :

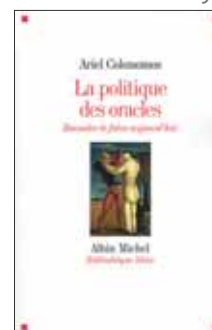
une nouvelle approche de l'esprit, Michel Bitbol, Flammarion, coll. « Bibliothèque des savoirs »

« L'introspection est-elle possible ? », « Quel genre d'unité a le moment présent ? », « Que voudrait dire "vivre sa propre mort" ? » Autant d'interrogations fondamentales que le philosophe des sciences et de la connaissance Michel Bitbol, directeur de recherche CNRS aux Archives Husserl (École normale supérieure), approfondit au cours de son enquête sur la conscience. Tenter de répondre à la question « Qu'est-ce que l'expérience consciente ? » s'avère selon lui le défi ultime de la philosophie. Elle est en effet « *exemplairement aporétique et redoutable* » au sens où elle nous met nous-mêmes en question. Car « *l'objet de la recherche s'identifie à l'état du chercheur qui se tend vers lui* », explique l'auteur. Comment les sciences, savoir de ce qui est objectivable, pourraient-elles rendre raison de ce qui est subjectif ? Outre un examen critique des théories neurobiologiques et évolutionnistes qui, si « *elles peuvent élucider les fonctions objectivées de la conscience, comme la méta-cognition – aptitude à savoir que l'on sait –, ne parviennent pas à expliquer comment l'expérience vécue est "produite" par un processus physiologique* », l'auteur mobilise phénoménologie, psychologie cognitive et pratiques de la méditation pour analyser les thèses sur la conscience à l'aune du sujet conscient lui-même.



À lire aussi

De l'oracle de Delphes aux agences de notation financière en passant par la lunette de Galilée, comment l'accès aux outils censés leur faire voir le futur a-t-il procuré aux puissants et aux savants l'autorité de mettre en scène l'avenir ? Enseignant à Sciences Po Paris et directeur de recherche au Céri-CNRS, Ariel Colonomos met au jour, dans cet essai, les mécaniques sociales qui gouvernent les récits du futur. « *Le futur serait-il fabriqué de toutes pièces à des fins inavouables ?* », s'interroge ce spécialiste des relations internationales, avant d'arriver à la conclusion qu'en « *faisant le dessein d'un monde qui s'écarte assez peu de ses trajectoires linéaires, l'industrie du futur stabilise les croyances dans le statu quo et, de ce fait, ralentit la marche du monde* ».



quo et, de ce fait, ralentit la marche du monde ».

La Politique des oracles. Raconter le futur aujourd'hui, Ariel Colonomos, Albin Michel, coll. « Bibliothèque Idées »

“J’aurais pu gagner plus d’argent ailleurs, mais ici [au CNRS], on est libre de choisir sa voie de recherche, sans subir de pression pour en tirer absolument des applications, comme c’est le cas dans beaucoup de pays.”

*Margaret Buckingham,
médaille d’or 2013 du CNRS*

✚ Lire son portrait sur lejourn.cnr.fr

✚ « Les manifestations de 2012-2013 contre le “mariage pour tous” ont suscité des discussions animées avec certains de mes collègues [...]. L’idée de cet ouvrage n’aurait pas surgi sans elles », explique Danielle Tartakowsky au début de son ouvrage.

Historienne, spécialiste des manifestations de rue, elle s’attache à montrer que les droites françaises sont descendues battre le pavé plus souvent qu’on ne le croit d’ordinaire.

Avec parfois des mouvements d’une ampleur exceptionnelle, comme ce fut le cas des rassemblements catholiques contre le Cartel des gauches en 1924-1925 ou de la manifestation gaulliste du 30 mai 1968 à Paris. Jusqu’aux derniers chapitres, portant sur les défilés en 1984 pour la défense de l’« école libre » et sur la « manif pour tous » de l’an dernier, ce livre témoigne des liens mouvants que les initiateurs des actions de rue entretiennent avec la droite parlementaire et de la place des catholiques dans cette culture.



Les Droites et la Rue. Histoire d’une ambivalence de 1880 à nos jours,
Danielle Tartakowsky, La Découverte



Quelles politiques pour mieux évaluer les risques liés à l’innovation ?

Laura Maxim

Chercheuse à l’Institut des sciences de la communication du CNRS (ISCC)

De nombreuses controverses sanitaires et environnementales remettent en cause l’évaluation des risques de certaines innovations techniques, récentes ou plus anciennes, pour la santé et l’environnement. Quand elle arrive – car elle n’a pas lieu systématiquement –, cette évaluation est tardive, alors que des investissements privés ou publics importants sont engagés, et que des bénéfices économiques sont promis ou se sont déjà concrétisés. Dans un cadre réglementaire, l’évaluation des risques a lieu juste avant ou, bien des fois, après la mise sur le marché, lorsque les États sont amenés à se prononcer sur les risques éventuels. Les pouvoirs publics se retrouvent ainsi à gérer des objectifs économiques et sanitaires contradictoires dans un cadre qui invite au rapport de forces avec le secteur privé.

La première question qui se pose est celle du financement de l’évaluation des risques. Invoquant le principe de la répartition équitable de la charge financière de la preuve, plusieurs réglementations demandent aux industriels d’évaluer les risques des produits qu’ils souhaitent mettre ou garder sur le marché. Comme ces industriels tireront des bénéfices issus de la commercialisation, il leur reviendrait de payer également les frais liés à l’évaluation de ses risques. Si d’un point de vue financier la solution trouvée semble juste, elle pose néanmoins certains problèmes. Le plus important est celui de l’influence des conflits d’intérêts. En effet, la corrélation entre l’origine du financement et des

Interdit dans les biberons depuis 2010 en France, le bisphénol A sera banni de l’ensemble des contenants alimentaires à partir de 2015.

résultats favorables au financeur est aujourd’hui bien documentée dans la littérature scientifique¹. Pourtant, les réglementations européennes sont fondées sur l’idée d’une neutralité normative de la preuve, où la robustesse scientifique ne serait pas influencée par le financeur. L’idée d’une taxe versée par les industriels à des structures publiques qui gèreraient les évaluations des risques semble donc plus adaptée, mais elle n’a pas fait son chemin jusqu’aux décisions politiques.

La deuxième question est directement associée à la première et concerne la vérifiabilité par les agences sanitaires des informations soumises par l’industrie. Même si des bonnes pratiques de laboratoire² et des guides OCDE ont été proposés, ils ne sont pas des garants de qualité scientifique. Bien d’autres questions se posent, notamment l’utilisation de méthodes anciennes, parfois devenues obsolètes, pour évaluer des innovations impliquant pourtant de tout nouveaux risques. Ou encore le budget très limité de la recherche publique dans l’évaluation des effets secondaires des innovations. II

✚ Lire l’intégralité du billet sur lejourn.cnr.fr

1. Maxim L., Arnold G. « Comment les conflits d’intérêts peuvent influencer la recherche et l’expertise », *Hermès*, 2012, 64 : 48-59. 2. Myers J.P. et al. « Why Public Health Agencies Cannot Depend on Good Laboratory Practices as a Criterion for Selecting Data: The Case of Bisphenol A », *Environ Health Perspect*, mars 2009, 117 (3) : 309-315.

Michel Wieviorka, un sociologue à l'ère numérique

PAR PHILIPPE TESTARD-VAILLANT

NUMÉRIQUE

SOCIÉTÉS

Sociologie. Une analyse des enjeux que soulève l'avènement du numérique dans le domaine des sciences humaines et sociales, en compagnie de Michel Wieviorka.

Vos recherches portent habituellement sur le racisme, le terrorisme, la violence... Or votre dernier livre, *L'Impératif numérique*, explore la montée en puissance des nouvelles technologies. Pourquoi cet intérêt pour le numérique ?

Michel Wieviorka : Les responsabilités que j'exerce à la tête de la Fondation Maison des sciences de l'homme (FMSH) m'amènent à côtoyer des sociologues, philosophes ou linguistes qui sont plongés au cœur du numérique. Je rencontre également des bibliothécaires dont il bouleverse le travail, des éditeurs qu'il conduit à repenser leur modèle économique, des responsables de systèmes informatiques qui doivent remodeler leur offre en

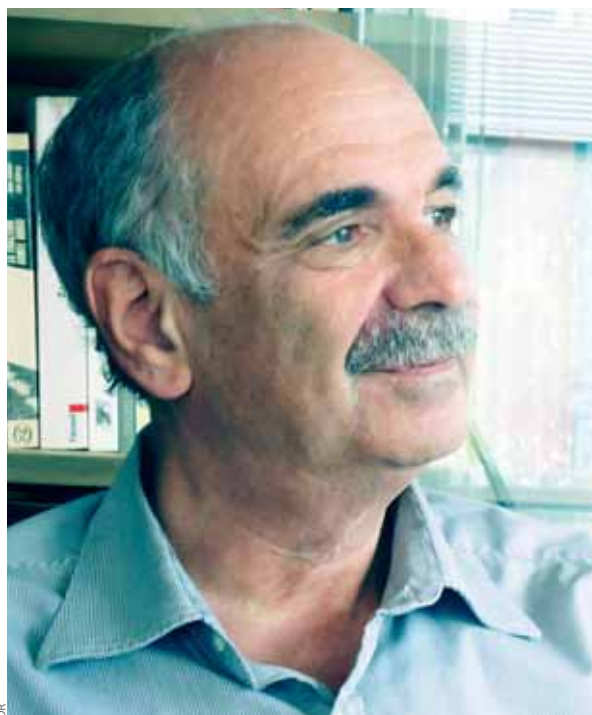
permanence... Le Collège d'études mondiales que j'ai créé en 2011 comporte par ailleurs deux chaires dédiées au développement des nouvelles technologies de l'information. C'est pour toutes ces raisons que le sociologue plutôt classique que je suis est véritablement entré dans l'ère du numérique, et que j'ai pris conscience tout à la fois des questions majeures que soulèvent ces technologies et des possibilités qu'elles ouvrent aux chercheurs en sciences humaines et sociales (SHS).

Que peuvent apporter les Big Data, par exemple, aux SHS ?

M. W. : Ces énormes banques de données, dont les plus importantes ne sont pas consultables en Open Access (libre accès), offrent une masse d'informations fantastique dans quantité de domaines : politique, santé, histoire, littérature, consommation... Grâce à des outils dont la puissance croît exponentiellement, on peut connaître en quelques clics l'occurrence du mot « Dieu » dans l'œuvre de Proust ! Les Big Data nous mettent aussi en face d'un formidable paradoxe : avec des données gigantesques, il devient possible de mieux comprendre et connaître l'expérience individuelle de chacun. Les Big Data induisent une autre manière de travailler, mais elles permettent, ou permettront bientôt, de prévoir des comportements d'achat, de calculer la probabilité pour une personne d'avoir ou de transmettre une maladie génétique, de connaître celle de conduite accidentelle pour des automobilistes, de récidive pour des criminels... Cela va modifier toute notre vie collective, transformer par exemple le droit, mettre fin au voile d'ignorance qui permet de traiter les individus comme abstraitement égaux. Nous allons vers une individualisation qui doit beaucoup à ces immenses ensembles de données.

N'est-ce pas inquiétant ?

M. W. : De tels usages ont de quoi alarmer. Les Big Data ne sont pas Big Brother, mais la protection de données personnelles convoitées pour leur valeur marchande ou



L'Impératif numérique,
Michel Wieviorka,
CNRS Éditions,
coll. « Débats »,
2013



© GOOGLE

stratégique constitue un enjeu en termes de libertés. Dans ce contexte, le chercheur en SHS a toute légitimité à apporter des connaissances susceptibles d'éclairer le débat public et d'inspirer la décision politique. Encore faut-il qu'il ait accès aux données et qu'il dispose des ressources pour les traiter.

La rupture numérique, par ailleurs, ne risque-t-elle pas de voir la sociologie tomber dans le quantitativisme ?

M. W. : Les milliards de données que génèrent les Big Data posent effectivement problème. Cette surabondance risque de susciter une sorte d'ivresse et une approche exagérément quantitative de questions historiques, sociologiques, anthropologiques, d'orienter la recherche vers un appauvrissement théorique. La technologie numérique facilite, prolonge, démultiplie la réflexion, mais elle ne peut pas la remplacer. Penser le contraire serait sacrifier la critique et la rigueur scientifique sur l'autel de l'informatique. Symétriquement, il est également possible que des chercheurs bien formés en SHS soient happés par les entreprises qui disposent de données, qu'ils y produisent des connaissances, un savoir renouvelé par de nouveaux paradigmes, par la définition de nouveaux objets, de nouveaux questionnements, au profit de ces entreprises et des pouvoirs politiques auxquels elles sont éventuellement liées.

Le monde virtuel en tant que tel peut-il constituer un terrain d'enquête fertile pour les SHS ?

M. W. : Bien sûr. Je pense notamment aux travaux de Dana Diminescu, qui dirige le programme TIC-Migrations de la FMSH. Cette sociologue est partie du constat que les migrants du XXI^e siècle « *sont connectés et se constituent en réseaux* ». Elle a construit, avec une vaste équipe de chercheurs disséminés dans le monde, un atlas qui présente une par une les « e-diasporas » qu'elle a étudiées à partir des sites Web de chaque collectivité, ce qui éclaire d'un jour nouveau le phénomène migratoire.

Le numérique offre-t-il aux SHS de nouvelles possibilités de convivialité intellectuelle ?

M. W. : Oui. Beaucoup de chercheurs en SHS mettent déjà en discussion leur travail sur Internet en envoyant, par exemple, un projet d'article à des collègues inscrits sur telle ou telle liste. Mais, au lieu de travailler entre pairs et experts d'une même niche, rien n'empêche de s'inscrire

dans des réseaux ouverts, y compris au grand public. Un collègue historien a récemment trouvé par ce biais un manuscrit très précieux. Le chercheur ne doit donc pas se sentir menacé ou délégitimé par le fait que tout un chacun a accès à Internet. Pour autant, le dialogue d'égal à égal avec des internautes qui ne sont pas des chercheurs professionnels fait courir le risque d'un manque de rigueur scientifique ou d'une dilution de la réflexion, comme le soulignent ceux qui sont le plus hostiles à une telle démocratisation. Et il va sans dire que le terrain, même difficilement accessible, doit rester le fondement de la recherche en SHS.

“La technologie numérique facilite, prolonge, démultiplie la réflexion, mais elle ne peut pas la remplacer.”

Que proposent aujourd'hui les grandes universités et organismes de recherche à de jeunes chercheurs en SHS désireux de se servir du numérique pour développer leurs projets ?

M. W. : Aux États-Unis, des universités ont créé de grands centres de *digital humanities* (humanités numériques) placés sous l'autorité d'un chercheur en SHS et fédérant des équipes de recherche pluridisciplinaires. En France, les structures mises en place à partir de 2011 dans le cadre la Très grande infrastructure de recherche (TGIR) Huma-Num vont dans ce sens. Ces consortiums témoignent d'une conception renouvelée de la recherche, fondée sur des formes innovantes de collaboration entre laboratoires et destinée à faciliter le tournant numérique des SHS.■



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





Hervé Le Goff, chercheur au Laboratoire d'océanographie et du climat (Locean)

PROPOS RECUEILLIS PAR CHARLINE ZEITOUN

“Je me souviens...”

... de mon hiver 2007, pendant la mission arctique de Tara. Sur la photo, je suis avec d'autres membres de l'équipe, à ski sur la banquise par - 30 °C. Nous avons débarqué du bateau pour récolter des données sur l'épaisseur de la banquise. Au loin, derrière, notre goélette est prise dans les glaces. Nous l'avons laissée s'y faire prendre à dessein, un an plus tôt, au large de la Sibérie. Depuis, à son bord, nous dérivions vers le Groenland, portés par une plaque de glace, sous l'action des

vents et des courants marins. Cette dérive transpolaire, l'explorateur norvégien Fridtjof Nansen l'avait prouvée au péril de sa vie, à bord de son voilier Fram, il y a 120 ans. Quant à moi, j'ai passé l'hiver sur Tara, avec dix personnes de toutes nationalités, pour une longue nuit polaire de quatre mois. Même si jamais nos vies n'ont été en danger – contrairement à Nansen, parti vers l'inconnu – cela reste la mission la plus impressionnante de toute ma vie de scientifique et de marin.”



Le site de la mission Tara
>> taraexpeditions.org

PHOTO : V. HILAIRE/TARA EXPÉDITIONS

de Denis Guthleben,
historien au CNRS



© N. LAMBERT/CNRS IMAGES

La cristallographie, de Platon à nos jours...

À l'initiative de l'Assemblée générale des Nations unies, « *consciente que la compréhension du monde repose, en particulier, sur la connaissance de la cristallographie* », une année internationale vient couronner le centenaire de cette discipline qui étudie l'organisation des atomes dans la matière. Cent ans : pourquoi se montrer aussi frileux et ne pas augmenter la mise jusqu'à... 2 400 ans ! Retour au IV^e siècle avant notre ère : « *Ce qu'il me faut essayer maintenant, c'est de vous faire voir la structure et l'origine de chacun de ces éléments.* » L'invitation, formulée dans *Le Timée* de Platon, introduit un sublime exercice de pensée sur la structure des éléments.

Une quête millénaire

La méditation platonicienne a traversé les siècles. En écrivant les premières lignes très inspirées des *Atomes*, paru en 1913, Jean Perrin lui fait encore écho : « *Il y a vingt-cinq siècles peut-être, sur les bords de la mer divine, où le chant des aèdes venait à peine de s'éteindre, quelques philosophes enseignaient déjà que la matière changeante est faite de grains indestructibles...* » Alors, de Platon à Perrin, même combat ? Évidemment pas. Mais, à ce moment-là, un point commun relie encore le philosophe au physicien : ni l'un ni l'autre n'ont pu distinguer la structure de ces « grains ». Dans le cas de Platon, on le comprendra aisément. Pour Jean Perrin, ce n'est en revanche qu'une affaire de temps : il a écrit son ouvrage trop tôt. Le physicien Pierre-Gilles de Gennes l'a constaté a posteriori : « *Il y a dans ce livre quelque chose qui se termine comme la vie de Moïse : avant l'entrée dans la Terre promise.* »

Les portes du pays de Canaan commencent en effet à s'ouvrir en 1912. En Allemagne, Max von Laue met en évidence le fait que les rayons X sont

diffractions par les cristaux. L'année suivante, en Angleterre, les Bragg, un père – William Henry – et son fils – William Lawrence –, entreprennent l'exploration de certaines structures cristallines telles que le diamant. Leurs travaux débouchent sur une loi de mesure des distances entre les plans atomiques, à laquelle ils ont laissé leur nom. La cristallographie moderne prend ainsi son envol, et ses pères connaissent une consécration immédiate : le prix Nobel de physique est attribué à Laue dès 1914, aux Bragg en 1915... et ils ne sont que les premiers d'une longue liste.

Pourquoi un tel engouement ? Avant tout parce qu'il s'agit d'une avancée scientifique aussi considérable que stimulante : en pénétrant la structure des matériaux, la cristallographie a ouvert un champ immense de connaissances. Et ce champ n'a fait que s'élargir à mesure de l'amélioration des générateurs de rayons X, puis de la découverte de nouvelles méthodes – les diffractions électronique et neutronique – pour l'étude de structures toujours plus complexes.

De la médecine à l'histoire

Depuis cent ans, des chercheurs diffractent donc à tire-larigot avec des instruments toujours plus onéreux. Et quand ils ont fini, ils vont à Stockholm toucher leur récompense. Ah ! Elle est belle, la cristallographie ! Eh bien oui, justement, elle est belle. Belle parce qu'elle se préoccupe de comprendre ce qui se passe jusqu'aux confins de la matière, et de répondre à des questions qui se posaient déjà lorsque résonnait le chant des aèdes.

Mais belle aussi quand elle tente d'alléger le fardeau qui pèse sur nos épaules. Car qui dit cristallographie dit aussi, et de plus en plus au cours des dernières décennies, nouveaux matériaux, environnement, traitements médicaux, électronique... et même connaissance du passé. Car la cristallographie est également une précieuse « auxiliaire » de l'histoire – les historiens n'ont jamais froid aux yeux – en offrant, par exemple, un autre regard sur les découvertes archéologiques. Ne serait-ce que pour cette raison, elle méritait bien son année internationale ! ■

En pénétrant la structure des matériaux, la cristallographie a ouvert un champ immense de connaissances.

LE FORUM DES
INNOVATIONS

15 > 17 MAI 2014

FUTURA

POLIS

**ÉLECTRICITÉ,
MON AMOUR**

TOULOUSE

CENTRE DE CONGRÈS
PIERRE BAUDIS

Basilique Saint-Sernin
Espace EDF Bazacle
Place du Capitole

ENTRÉE GRATUITE

Programme et billets sur

FUTURAPOLIS.fr

Futurapolis est proposé par

Le Point

avec

toulouse
métropole

et

REGION
MIDI-PYRÉNÉES



PHILIPS





À partir du 4 mars,
la découverte des sciences
se poursuit sur

lejournal.cnrs.fr



CNRS
LE JOURNAL

Donner du sens à la science