



Enquête
sur la
disparition
des abeilles

Face au
terrorisme,
la recherche
en action

La mathématicienne
Claire Voisin
médaille d'or
du CNRS

L'irrésistible
essor de
L'ÉNERGIE
SOLAIRE

À partir du 1^{er} décembre 2016

DÉCOUVREZ L'INTRANET DU CNRS



TROUVEZ
rapidement une réponse à vos questions

INFORMEZ-VOUS
sur la vie de votre organisme

IDENTIFIEZ
plus facilement vos collègues

PARTICIPEZ
à la diffusion de l'information

> <https://intranet.cnrs.fr>



PLATONIUM

Une œuvre au croisement de l'art et de la science

**FÊTE DES LUMIÈRES | LYON
DU 8 AU 10 DÉCEMBRE 2016**

Production : CNRS
Direction artistique : Éric Michel | Akari Lisa Ishii-ICON

www.cnrs.fr/platonium | #platonium

© CNRS, Éric Michel, Adogop Paris 2015 & Akari Lisa Ishii (CC-BY-NC-ND), visual/Alban Fenet



Partenaires




Laboratoires participants





Dans le cadre de





Rédaction :

3, rue Michel-Ange - 75794 Paris Cedex 16

Téléphone : 01 44 96 53 88**E-mail :** lejournald@cnrs.fr**Le site Internet :** <https://lejournald.cnrs.fr>**Anciens numéros :**<https://lejournald.cnrs.fr/numeros-papiers>**Gérer son abonnement au journal****(pour les agents du CNRS) :**<https://lejournald.cnrs.fr/abojournal>**Directeur de la publication :**

Alain Fuchs

Directrice de la rédaction :

Brigitte Perucca

Directeur adjoint de la rédaction :

Fabrice Impériali

Rédacteur en chef :

Matthieu Ravaut

Chef de rubrique :

Charline Zeitoun

Rédacteurs :

Anne-Sophie Boutaud, Laure Cailloce,

Claire Debôves, Yaroslav Pigenet

Assistante de la rédaction**et fabrication :**

Laurence Winter

Ont participé à ce numéro :

Stéphanie Arc, Lydia Ben Ytzhak,

Grégory Fléchet, Léa Galanopoulou,

Mathieu Grousson, Denis Guthleben,

Carina Louart, Véronique Meder, Vahé Ter

Minassian, Louise Mussat, Fabien Trécourt

Secrétaires de rédaction :

Isabelle Grandrieux, Sandrine Hagège

Conception graphique :

Céline Hein

Iconographes :

Anne-Emmanuelle Héry,

Marie Mabrouk

Impression :

Groupe Morault, Imprimerie de Compiègne

2, avenue Berthelot - Zac de Mercières

BP 60524 - 60205 Compiègne Cedex

ISSN 2261-6446

Dépôt légal : à parution



Photos CNRS disponibles à :

phototheque@cnrs.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 : Claire Voisin,
médaillée d'or 2016 du CNRS.

PHOTO : P. IMBERT/COLLÈGE DE FRANCE

Un an après le 13 novembre 2015, nous réalisons à quel point ces attentats ont, à différentes échelles, bouleversé nos vies. Ils ont aussi changé nos approches de la connaissance et marqué une nouvelle étape dans l'engagement public du CNRS face aux risques pour la sécurité humaine engendrés par un contexte mondial de violence.

L'appel Attentats-recherche, lancé dès le 18 novembre 2015, se voulait une réponse, par la science et la connaissance, à la violence. Nous avons voulu montrer ce que pouvait la recherche dans de telles circonstances.

Plutôt que de s'indigner noblement, agir, dans le territoire qui est le nôtre, celui du soutien et du lancement d'initiatives scientifiques pour analyser et comprendre ces phénomènes et contribuer ainsi à les combattre : faire face à la nouvelle réalité du terrorisme. L'indépendance de la recherche est fondamentale, mais ne signifie pas que les chercheurs soient hors de la réalité. La science ne peut se développer et s'épanouir sans une société sûre, libre, ouverte.

L'appel du président Fuchs a reçu plus de 300 réponses et a permis le financement de plus de 60 projets, dont certains sont présentés dans le dossier de ce numéro. Il a mobilisé quasiment tous les sites et tous les domaines scientifiques

du CNRS et notamment la chimie et l'ingénierie. Il a aussi donné lieu à un effort important (80 % des projets soutenus) en direction des sciences humaines et sociales, à la mesure de l'enjeu social, et de leur importance stratégique désormais reconnue.

L'appel s'intègre dans une réflexion plus large au sein du CNRS sur sa place et son action dans la société, ainsi que dans l'ambition nouvelle d'une implication de plus en plus forte et pertinente des chercheur(e)s au cœur de la société, et réciproquement.

L'appel Attentats n'est pas un événement sans lendemain, car cette actualité va durer, et notre mobilisation aussi. Cela passe par un important travail de terrain, pour permettre aux chercheur(e)s de rencontrer les acteurs du renseignement, de la sécurité, de la justice, de la décision politique. C'est ce travail de contact qui peut ouvrir vers des solutions de moyen et long termes.

Cette dynamique constitue aujourd'hui un enjeu majeur. La richesse des résultats de l'appel, que nous présenterons au public le 28 novembre, conduit à penser que nous sommes sur la bonne voie : celle de la qualité et de l'interdisciplinarité des programmes, de l'échange avec les politiques de terrain, et de l'intégration des démarches de recherche à la société globale.

Sandra Laugier,

directrice adjointe scientifique de l'INSHS,
chargée de mission auprès du président du
CNRS pour la place des sciences dans la société





© C. DELMOTTE

GRAND FORMAT

13

Face au terrorisme, la recherche en action	14
Plus d'un tour dans la Manche	26
Pourquoi les abeilles disparaissent	32



Un Nobel
pour les machines
moléculaires

8

© C. SCHROEDER/JUNISTRA

EN PERSONNE 5

Claire Voisin, la conquête de l'algébrique	6
Un jour à Berlin avec les mathématiciens	10
Françoise Briquel-Chatonnet et la quête des manuscrits perdus	12



Spiral2,
au cœur de la
matière nucléaire

38

© SPURCOSMOS

EN ACTION 37

Le vélo, c'est aussi de la science	40
Quand le geste libère la parole	41
Culture et recherche au diapason	42
L'irrésistible essor de l'énergie solaire	44
Les glaces du Mont-Blanc à l'abri en Antarctique	47
Au doigt et à l'œil face aux technologies numériques	48
Un tremplin pour les start-up scientifiques	50
Le bois prépare sa revanche	52
Gaia : le grand inventaire galactique	54



Une zone
si critique

60

© K. SUJGETTY/IMAGES

LES IDÉES 55

Réimaginer l'histoire pour mieux la comprendre	56
Pourquoi nos organes sont inégaux face au cancer	58
3 questions à Mathieu Vidard	61
Claude Shannon, le monde en binaire	62
Ces articles aux mille et une signatures	63

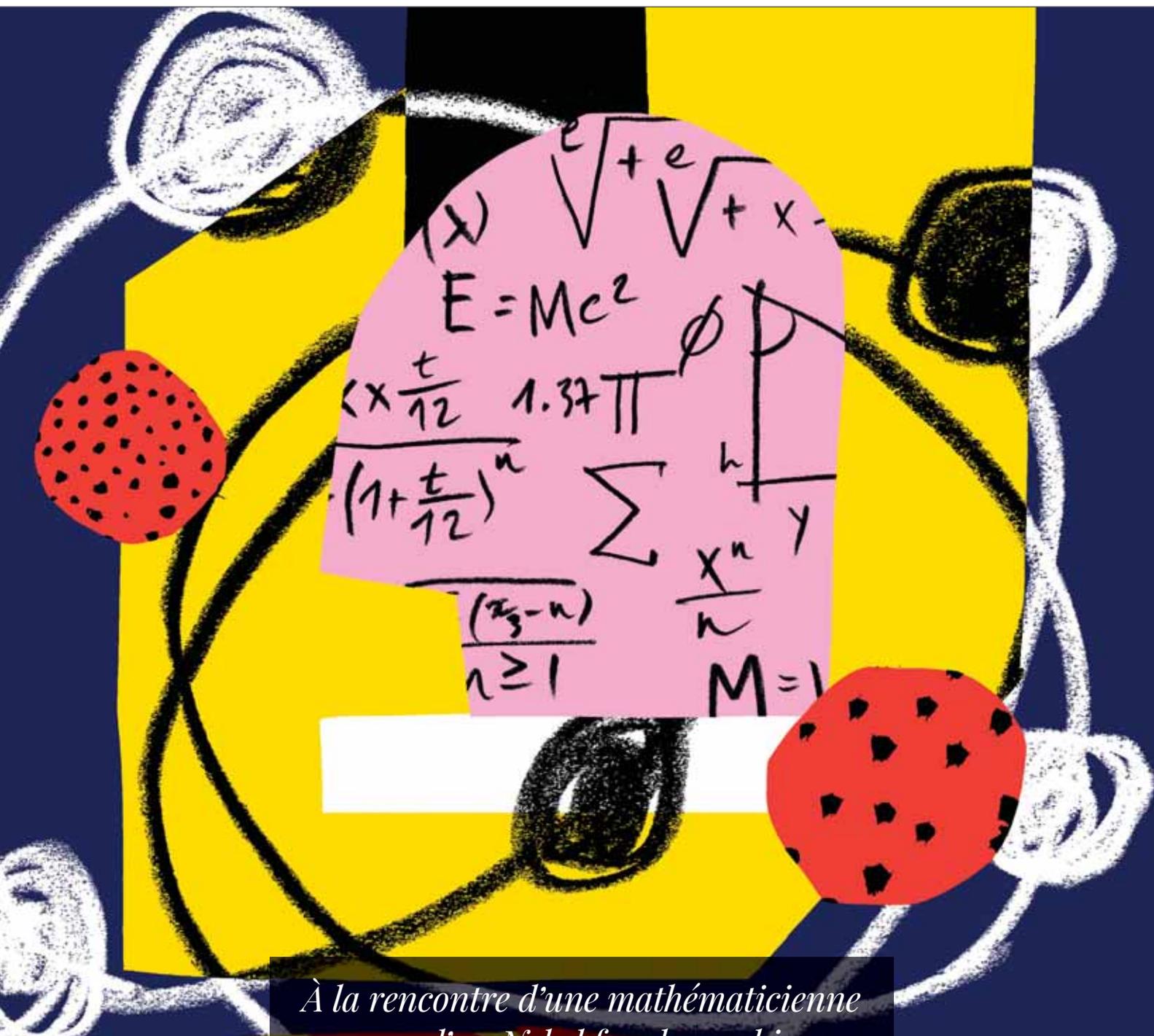
CARNET DE BORD

Isabelle Charrier nous raconte un souvenir de recherche 64

LA CHRONIQUE DE DENIS GUTHLEBEN

La République a besoin de savants ! 66

EN PERSONNE



*À la rencontre d'une mathématicienne
en or, d'un Nobel fan de machines
moléculaires et d'une passionnée
de manuscrits anciens.*

Claire Voisin, la conquête de l'algébrique

PAR LOUISE MUSSAT

NUMÉRIQUE ■

Mathématiques. Déjà titulaire de prix prestigieux, Claire Voisin se verra remettre le 14 décembre la médaille d'or 2016 du CNRS, la plus haute distinction scientifique française, pour ses travaux en géométrie algébrique complexe. Portrait d'une artiste des maths.

Spécialiste de géométrie algébrique, directrice de recherche au CNRS à l'Institut de mathématiques de Jussieu jusqu'en juin dernier, désormais professeur au Collège de France, Claire Voisin, 54 ans, pourrait philosopher sur son métier pendant des heures. D'ailleurs, c'est avec la philo qu'elle a d'abord accroché au lycée. À l'époque, la poésie occupe aussi son esprit. Les maths, en revanche, n'ont pas d'emblée obtenu ses faveurs même si cela viendra assez vite.

À force de chercher, en compagnie de son père polytechnicien, les mille implications des théorèmes de base de la géométrie plane, tels ceux de Thalès ou Pythagore, à force de dévorer, dès l'âge de 15 ans, des livres de maths « qui traînaient à la maison ». Le chômage soudain du père de famille lui vaut de recevoir une bourse d'État pour poursuivre ses études. Après deux années de classes préparatoires, où les mathématiques deviennent enfin assez intrigantes à son goût, elle entre à l'ENS en 1981, à 19 ans. « J'avais un salaire, c'était formidable ! Ce salaire, je l'ai pris comme un message qui signifiait : on est content que vous fassiez des études, profitez-en ! »

Réconcilier l'algèbre et la géométrie

Agrégée de mathématiques dès 1983, elle soutient sa thèse trois ans plus tard, sous la direction d'Arnaud Beauville. Puis elle est aussitôt recrutée au CNRS. Au sein de l'institution, elle multiplie les exploits de carrière. Elle est élue membre de l'Académie des sciences en 2010 et est la lauréate de nombreux prix prestigieux, dont celui de la Société mathématique européenne en 1992. En 2016, elle devient la première mathématicienne à entrer au Collège de France où elle occupe la chaire de géométrie algébrique.

Devant notre difficulté à saisir en quoi consiste exactement cette discipline de haute voltige, elle file au tableau et dessine un grand tore qu'elle encadre d'une abscisse et d'une ordonnée. « À première vue, indique-t-elle, tout ce que l'on voit ici, c'est une sorte de bouée, avec un ou plusieurs trous au milieu. Mais en mathématique, on cherche à en savoir plus : comment les courbes tracées sur ce tore se coupent-elles ? Par quelles familles de courbes peut-on le recouvrir ? Peut-on le déplier et le superposer sur une sphère ? Ce sont là des questions de topologie et des outils, tels que la théorie de Morse ou la théorie de Hodge, permettent de les attaquer. Ces objets sont aussi définis par des équations algébriques complexes et cela donne d'autres façons de les étudier. »

« Ce qui est intéressant en géométrie algébrique, ajoute François Charles, professeur à l'université Paris-Sud à Orsay, ancien doctorant de Claire Voisin, c'est que l'on peut à la fois faire de la géométrie pour comprendre des équations algébriques et faire de l'algèbre pour comprendre des figures géométriques, il y a un va-et-vient permanent entre les deux approches. Mais cela nous pose aussi un problème : si l'algèbre et la géométrie nous éclairent chacune à leur façon pour comprendre un objet, nous ne parvenons pas toujours à faire le lien entre les deux, à les réconcilier », un peu comme les physiciens ne parviennent pas à lier dans une même théorie du tout les quatre forces fondamentales de l'Univers, qui le décrivent chacune à

“Tous les outils théoriques que nous développons trouveront tôt ou tard une application.”





Son parcours en 5 dates

- 1962** Naissance, le 4 mars, à Saint-Leu-La-Forêt
- 1986** Entrée au CNRS
- 2008** Prix du Clay Mathematics Institute
- 2010** Membre de l'Académie des sciences
- 2016** Médaille d'or du CNRS

complexes. Ses travaux actuels sur les invariants birationnels sont très remarqués et ont été discutés le 5 novembre dernier, lors du séminaire Nicolas Bourbaki, l'une des plus célèbres « institutions » contemporaines de mathématiques.

« Je ne vais pas me prendre pour une artiste, mais il est vrai qu'il faut être créatif pour faire de bonnes mathématiques. D'ailleurs, j'ai beaucoup peint jusqu'à l'âge de 25 ans, révèle-t-elle en montrant deux toiles de sa confection accrochées dans son salon, et puis j'ai arrêté : notre métier monopolise beaucoup nos facultés de création ».

Quand elle était plus jeune, dès que l'un de ces problèmes se posait à

leur manière : la gravité d'une part, et la force électromagnétique, la force nucléaire faible, la force nucléaire forte de l'autre.

Une approche créative

Découvrir les arcanes de l'Univers, voilà qui parle à tout le monde ou presque. Mais disséquer mathématiquement un tore ou une sphère... à quoi ça sert ? À la question volontairement provocante, elle répond par un vif dithyrambe, qui laisse entrevoir toute la passion qu'elle voue aux mathématiques. « Ce sont des mathématiciens qui, dès l'Antiquité, ont calculé le rayon de la Terre ! plaide-t-elle. Les développements de la physique ne seraient pas possibles sans les mathématiques. C'est grâce aux mathématiques que l'on étudie la structure de l'Univers ! Tous les puissants outils théoriques que nous développons trouveront tôt ou tard une application. »

L'un de ses résultats les plus marquants est en relation avec le théorème de Kodaira. Elle a aussi montré l'impossibilité d'étendre la conjecture de Hodge au cadre kählérien. Elle a en outre travaillé en géométrie projective, montrant la conjecture de Green pour les courbes génériques par une construction inattendue et des calculs

elle, elle s'asseyait tout de suite à un bout de table pour tenter de le résoudre. Aujourd'hui, cela n'est plus toujours possible : Claire Voisin a de multiples responsabilités, des collègues, des étudiants et... cinq enfants, ainsi qu'une petite fille. Alors, dans le brouhaha du quotidien, elle consigne chacune de ses réflexions dans un petit carnet – qu'elle extirpe d'une pile de documents posés au sol – et s'y replonge quand le calme revient.

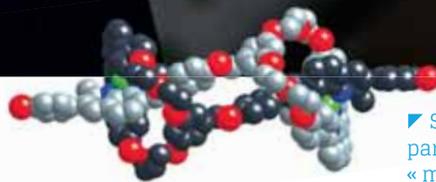
« Nous disposons d'institutions remarquables qui contribuent au rayonnement des mathématiques françaises dans le monde. Malheureusement, les maths sont un peu malmenées au collège et au lycée : on en fait une discipline de sélection, ce qui peut avoir tendance à faire émerger surtout des gens arrogants. Il est aussi regrettable de ne transmettre aux élèves qu'une combinaison de définitions, de propriétés, de théorèmes, qui donne une idée figée de la discipline. Je serais en faveur d'un enseignement plus ouvert, qui donne accès à des maths qui ne soient pas faites à l'avance et pousse les élèves à se poser davantage de questions. » ||

© P. IMBERT/COLLEGE DE FRANCE

Jean-Pierre Sauvage, un Nobel pour les machines moléculaires

Chimie. Jean-Pierre Sauvage s'est vu attribuer le prix Nobel de chimie en compagnie de l'Écossais Fraser Stoddart et du Néerlandais Bernard Feringa, pour leurs travaux sur les machines moléculaires.

PAR YAROSLAV PIGENET



► Structure obtenue par rayon X d'un « muscle » moléculaire.

Le 5 octobre 2016, l'Académie royale des sciences de Suède a attribué le prix Nobel de chimie à Jean-Pierre Sauvage, Fraser Stoddart et Bernard Feringa. Ils ont été distingués pour avoir développé les plus petites machines du monde : des molécules aux mouvements contrôlables, qui peuvent accomplir une tâche lorsqu'on y ajoute de l'énergie.

« Prévenu le matin par téléphone, j'avais un peu peur qu'il s'agisse d'un canular. Mais l'inquiétude s'est dissipée lorsque j'ai pu voir l'annonce des Prix Nobel sur le site officiel de l'Académie suédoise », reconnaît Jean-Pierre Sauvage. Né en 1944, il est aujourd'hui professeur émérite à l'université de Strasbourg¹. Après une thèse menée sous la direction de Jean-Marie Lehn (prix Nobel de chimie en 1987), il intègre en 1971 le CNRS dont il devient directeur de recherche en 1979. Médaille de bronze de l'organisme en 1978 puis d'argent dix ans plus tard, Jean-Pierre Sauvage travaille toujours à l'Institut de science et d'ingénierie supramoléculaires².

Même si le physicien Richard Feynman avait prédit dès les années 1950 le développement des nanomachines, le premier pas significatif vers une véritable machine moléculaire a été franchi par Jean-Pierre Sauvage, qui invente en 1983 une méthode chimique permettant d'entrelacer deux molécules en forme d'anneaux, obtenant ainsi une chaîne nommée caténane. D'ordinaire, les molécules sont structurées par des liaisons covalentes fortes par lesquelles les atomes partagent leurs électrons. Ici, les liaisons entre les deux molécules étaient de nature totalement différente, celles-ci étant mécaniquement imbriquées l'une dans l'autre. Par ailleurs, la réaction mise au point par Jean-Pierre Sauvage avait un rendement dix fois supérieur à celui des réactions connues précédemment : les chaînes moléculaires cessaient dès lors d'être une simple curiosité et pouvaient être fabriquées de manière fiable.

Ce qui a tout naturellement conduit Jean-Pierre Sauvage à s'intéresser aux nanomachines. En effet, pour pouvoir fonctionner, une machine doit être composée de différentes parties, mobiles les unes par rapport aux autres... comme les deux anneaux déjà obtenus par le chimiste français, qui ont donc préfiguré les progrès des années suivantes. « Même si Jean-Pierre Sauvage et Fraser Stoddart, qui ont à plusieurs reprises collaboré, se sont distingués par la mise au point de procédés de synthèse chimique inédits, c'est aussi pour le développement de véritables machines moléculaires qu'ils sont récompensés ! », confirme le chimiste Gwénaél Rapenne, aujourd'hui professeur à l'université Paul-Sabatier à Toulouse et qui fut doctorant sous la direction de Jean-Pierre Sauvage.

Ces machines moléculaires ont par exemple permis de concevoir des molécules-voitures, mais leurs applications vont bien au-delà. « Ce prix Nobel va permettre d'accélérer les avancées d'une discipline qui relève encore de la recherche fondamentale, non seulement en suscitant des vocations chez les jeunes chercheurs, mais aussi en attirant l'attention des industriels, espère Gwénaél Rapenne, membre du groupe NanoSciences au sein du laboratoire CEMES³ à Toulouse. Les premières applications devraient ainsi voir le jour d'ici dix à quinze ans, par exemple dans le domaine de la robotique avec la mise au point de moteurs moléculaires qui pourraient fonctionner de concert avec des muscles artificiels. »

Jean-Pierre Sauvage, Fraser Stoddart et Bernard Feringa recevront leur prix Nobel le 10 décembre lors d'une cérémonie à Stockholm. ■

1. Jusqu'en 2013, il fut également professeur visiteur à Northwestern University (États-Unis). 2. Unité CNRS/Univ. de Strasbourg. 3. Centre d'élaboration de matériaux et d'études structurales (CNRS/Univ. Paul-Sabatier/Insa. Toulouse).

Du nouveau au Comité d'éthique

En septembre, la composition du Comité d'éthique du CNRS (Comets) a été renouvelée. Sa présidence a été confiée à Jean-Gabriel Ganascia, expert en intelligence artificielle. Il succède à la physicienne Michèle Leduc.

» www.cnrs.fr/comets/

Les médaillés du CNRS ont leur portrait en ligne

Les portraits de tous les lauréats 2016 des médailles d'argent, de bronze et de cristal du CNRS sont en ligne sur le site de l'organisme, classés par catégories. Cette année, la médaille d'argent a récompensé 16 scientifiques reconnus sur le plan national et international pour l'originalité, la qualité et l'importance de leurs travaux. La médaille de bronze, qui représente un encouragement à poursuivre des recherches bien engagées et déjà fécondes, a été attribuée pour sa part à 40 lauréats. Enfin, la médaille de cristal a récompensé 20 ingénieur-e-s, technicien-ne-s et administratifs pour leur contribution à l'avancée des savoirs et à l'excellence de la recherche française.

» www.cnrs.fr/fr/recherche/prix.htm

Deux champions de la combustion

Cet été, Philippe Dagaut, de l'Institut de combustion, aérothermique, réactivité et environnement, et Thierry Poinsot, de l'Institut de mécanique des fluides de Toulouse, ont été distingués par une médaille d'or du Combustion Institute. C'est la première fois que deux Français reçoivent simultanément cette récompense, la plus haute dans le domaine de la combustion, décernée tous les deux ans à cinq lauréats.

» Lire notre article sur lejournal.cnrs.fr/articles/dans-les-secrets-de-la-combustion

Vainqueurs de la finale internationale MT180

La finale 2016 du concours « Ma thèse en 180 secondes » s'est déroulée le 29 septembre à Rabat. Les prix du jury ont été décernés à Désirée Koenig (Suisse, 1^{er} prix), Maud Gratuze (Québec) et Nicolas Urruty (France). Le prix du public a quant à lui été attribué à Chaimae Samtal (Maroc).

Des boursières de talent

Le 13 octobre, les bourses L'Oréal-Unesco pour les femmes et la science ont été remises à des doctorantes ou post-doctorantes au parcours prometteur afin de les accompagner dans la suite de leur carrière et de soutenir leurs travaux de recherche. Parmi les 30 lauréates, 22 sont issues de laboratoires liés au CNRS.



© FONDATION L'OREAL

LE CHIFFRE

46

ainsi la 3^e place derrière l'Allemagne et le Royaume-Uni, et devant les Pays-Bas et la Suisse.

C'est le nombre de scientifiques hébergés par des institutions françaises (dont 17 au CNRS), sur les 325 lauréats de l'appel à projets « starting grants » 2016 du Conseil européen de la recherche (ERC). De plus, 7 projets français (dont 4 du CNRS) de la liste de réserve seront financés prochainement. La France occupe

Deux historiens à l'honneur

Début octobre, le Grand Prix des Rendez-vous de l'histoire de Blois 2016 a été attribué à Gilles Havard, de l'unité Mondes américains¹, pour son ouvrage *Histoire des coureurs de bois. Amérique du Nord, 1600-1840*, et à Sylvain Piron, du Centre de recherches historiques², pour son ouvrage *Dialectique du monstre. Enquête sur Opicino de Canistris*.



DR

Gilles Havard

Sylvain Piron

© A. JACQUINOT

Alain Ehrenberg à la tête du Conseil national de la santé mentale



© DRHP/LEEMAGE/ARF PHOTO

Le 10 octobre, Marisol Touraine, ministre des Affaires sociales et de la Santé, a installé le Conseil national de la santé mentale. Alain Ehrenberg, sociologue et directeur de recherche au CNRS³, a été nommé président de cette instance qui entend développer une approche globale et transversale de la santé mentale, mieux prévenir les troubles psychiques et psychiatriques et accompagner ceux qui en souffrent.

1. CNRS/EHESS/Univ. Paris 1 Panthéon-Sorbonne/Univ. Paris-Ouest Nanterre La Défense 2. CNRS/EHESS.

3. Il est membre du CERME3, Centre de recherche médecine, sciences, santé, santé mentale, société (CNRS/Inserm/EHESS/Univ. Paris Descartes).

Un jour à Berlin avec les mathématiciens

Reportage. Retour sur l'événement qui a marqué la communauté mathématique cet été à Berlin, à l'occasion de la remise du prix EMS 2016. Atmosphère, échanges de vues, traits d'humeur... Un tour de piste au sein de la délégation française.

PAR FABRICE IMPÉRIALI



© C. YING/ECM

▲ À l'accueil, les arrivants reçoivent un kit de bienvenue, sourire compris.



© K. HERSCHELMANN/ECM

Sur l'une des très larges avenues qui sillonnent la ville de Berlin, se dresse sous un ciel gris et bas l'imposante université technologique de Berlin. Là se tient le 7^e congrès européen de mathématiques (ECM), prestigieux événement qui a lieu tous les quatre ans, avec la remise très attendue des prix de la Société mathématique européenne (EMS). Ils récompensent dix jeunes mathématiciens âgés de moins de 35 ans, de nationalité européenne ou officiant en Europe.

dirige rapidement vers l'amphithéâtre où se déroule la cérémonie de remise des prix. La délégation française est assise aux premiers rangs. On salue Maria J. Esteban, mathématicienne au CNRS et présidente de l'Iciam (International Council for Industrial and Applied Mathematics), Jean-Pierre Bourguignon, mathématicien et président du Conseil européen de la recherche (ERC), et Christoph Sorger, directeur de l'Insmi, accompagné de deux de ses directeurs adjoints scientifiques, Sinnou David et Virginie Bonnaille-Noël.

Trois Français lauréats

Les traditionnels discours d'ouverture se succèdent, parmi lesquels celui de Volker Mehrmann, président du comité d'organisation du colloque, qui se réjouit de la présence d'un millier de scientifiques du monde entier. Puis les dix lauréats sont rapidement annoncés. Le clan français se félicite de la présence de deux compatriotes parmi eux¹ : Vincent Calvez, chargé de recherche à l'Unité de mathématiques pures et appliquées² et Hugo Duminil-Copin, qui vient d'accepter un poste de professeur permanent à l'Institut des hautes études scientifiques, abritant le Laboratoire Alexander Grothendieck³. Cerise sur le gâteau, un troisième Français est à l'honneur : Patrice Hauret, responsable d'équipe au Centre de technologies Michelin,

est lauréat du prix Felix Klein. « La France et le CNRS tiennent leur rang dans la compétition internationale des grandes nations en mathématiques, commente tout sourire Christoph Sorger. Depuis la création de ce prix en 1992, nous en avons toujours obtenu entre deux et cinq. Ils préfigurent en règle générale une excellente carrière. Cédric Villani et Wendelin Werner, respectivement lauréats en 2008 et en 2000, ont obtenu ensuite la médaille Fields. » On peut ajouter désormais le nom de Claire Voisin, lauréate en 1992, qui vient de se voir décerner la médaille d'or 2016 du CNRS. Maria J. Esteban, à ses côtés, renchérit : « Nos jeunes Français sont brillants dans tous les domaines des mathématiques, et les générations se renouvellent pour l'instant. Mais attention à ce que la situation de la recherche ne se dégrade pas. Je constate que certains partent à l'étranger. » Tel Guido De Philippis, prix EMS 2016, chargé de recherche CNRS jusqu'en 2015, mais qui vient de retourner en Italie.

Tout le monde se retrouve ensuite dans le hall, maintenant bien rempli, pour commenter les résultats. Les discussions semblent se cristalliser sur la quasi-absence de femmes dans le palmarès. Seule l'Iranienne Sara Zahedi, professeure associée à l'Institut royal de technologie de Suède, a été primée. Laurence Halpern, de l'université Paris 13, interpelle Volker Mehrmann

Le programme conseillait de s'enregistrer la veille pour éviter l'affluence. Mais en cette heure matinale, l'immense hall est plutôt clairsemé. Clotilde Fermanian, directrice adjointe scientifique (DAS) de l'Institut national des sciences mathématiques et de leurs interactions (Insmi) du CNRS, nous rejoint promptement. Les formalités d'inscription effectuées, on se

1. Lire le portrait des deux lauréats dans *CNRS Le Journal* n° 285, p. 10. 2. Unité CNRS/ENS de Lyon. 3. Unité CNRS/IHÉS. 4. Unité CNRS/Société mathématique de France/Univ. Aix-Marseille.



► Dans le hall, les commentateurs sur le palmarès vont bon train.

disciplines confondues, est de 16 %. Par comparaison, il est de 11 % pour l'ensemble des pays. »

Attirer les talents dans l'Hexagone

La délégation se déplace ensuite vers l'espace dédié aux institutions participantes. Sur le stand français, sous le logo CNRS, l'œil est attiré par des photos de la bastide du Centre international de rencontres mathématiques (Cirm)⁴, situé près des calanques à Marseille et entièrement voué aux écoles de recherche et aux conférences en mathématique. On remarque aussi des plaquettes en anglais présentant les mathématiques en France. « Accueillir de talentueux jeunes mathématiciens dans notre pays, en particulier au CNRS, est l'une des préoccupations de l'institut pour maintenir l'excellent niveau de la recherche française », indique Clotilde Fermanian. « Lors de ces grandes conférences internationales où circulent de nombreux étudiants, nous essayons de mettre en valeur la qualité de nos unités ainsi que leurs capacités d'accueil. On joue un peu les VRP des maths françaises », sourit-elle. De multiples contacts ont été noués à Berlin, avec des étudiants de nombreux pays : Chili, Équateur, Roumanie, Arménie, Iran... Qui sait ? Les jeunes rencontrés ce jour-là seront peut-être les lauréats du prochain congrès qui se déroulera en Slovénie dans quatre ans. ▮

qui passe à proximité. « S'il y a peu de femmes au palmarès, c'est que peu de candidates, potentielles lauréates, sont proposées », se justifie-t-il, gêné. « C'est un cercle vicieux, soupire Laurence Halpern. Si les femmes ne sont pas récompensées, c'est qu'elles ne sont pas suffisamment représentées dans toutes les strates des instances décisionnaires. Vous remarquerez aussi qu'il n'y a pas beaucoup de conférencières plénières. »

Prochaine étape : Rio 2018

Un autre sujet récurrent dans les discussions est Rio 2018, où se tiendra le prochain congrès des médailles Fields. « Les prix de l'ECM placent sous les projecteurs un certain nombre de jeunes mathématiciens européens », estime Clotilde Fermanian. Les récipiendaires 2016 de l'ECM sont passés au crible et les pronostics vont bon train. Peter Scholze, un très jeune Allemand de 29 ans, spécialiste de géométrie arithmétique, semble être l'un des favoris pour 2018 ou 2022 – il aura encore moins de 40 ans, condition *sine qua non* pour la recevoir. Côté Français, on s'abstient de tout commentaire.

Un petit mouvement se crée dans la délégation française car l'ambassadeur de France en Allemagne, M. Philippe Étienne, annonce sa venue. En l'accueillant, Christoph Sorger explique la spécificité de l'ECM, un colloque qui brasse toutes les disciplines des mathématiques : de la

géométrie algébrique aux statistiques en passant par le calcul scientifique et l'histoire des maths. « Cela mérite d'être signalé, précise le directeur de l'Insmi. En mathématiques, nous nous retrouvons généralement entre spécialistes d'un domaine, moins souvent avec des collègues d'autres disciplines. Ici, on peut entendre les leaders de sujets éloignés des nôtres présenter les dernières avancées et les nouveaux challenges de leurs disciplines. Et ils essaient de rendre leur domaine accessible. » Quant à Jean-Pierre Bourguignon, qui se joint à la discussion en compagnie des lauréats, il ne tarit pas d'éloges sur les mathématiques françaises : « La France rencontre un succès extraordinaire aux appels d'offres ERC. S'agissant des projets français, le taux moyen de réussite pour les maths est de 20 %, alors que le taux moyen global, toutes

► Cérémonie d'ouverture du 7^e congrès ECM.



Françoise Briquel-Chatonnet et la quête des manuscrits perdus

PAR FABIEN TRÉCOURT

Histoire. « Femme scientifique de l'année », cette spécialiste des chrétiens syriaques du Proche-Orient a permis le développement d'une discipline jusque-là sous-estimée.

C'est une véritable passionnée des langues anciennes que le prix Irène Joliot-Curie 2016 vient de récompenser dans la catégorie « femme scientifique de l'année » : Françoise Briquel-Chatonnet, historienne au laboratoire Orient et Méditerranée, textes-archéologie-histoire¹ et grande spécialiste des chrétiens d'Orient.

C'est en entrant à l'École normale supérieure puis en thèse à Paris 1 qu'elle aborde le vaste continent des langues sémitiques en hébreu, phénicien, araméen, accadien... « Une fois que vous en connaissez une, il est plus facile de comprendre les autres », relativise-t-elle. Doctorante dans les années 1980, elle travaille à la Bibliothèque nationale sur le catalogue des manuscrits en syriaque – langue culturelle des chrétiens d'Orient depuis le début de notre ère. Tout de suite, elle aime le contact direct avec les documents originaux, faire l'histoire de leur écriture et comprendre comment ils ont été édités. « C'était une source documentaire inouïe et encore négligée », insiste-t-elle. À l'époque, les descriptions de ces manuscrits ne donnaient pas d'information sur leur mode de fabrication, les matériaux utilisés ou encore les notes de copiste. « Seul le catalogue du British Museum établi au XIX^e siècle s'y intéressait ! » Françoise Briquel-Chatonnet nourrit le projet de développer cette étude codicologique des manuscrits syriaques – discipline qu'elle parvient à inaugurer en étant recrutée au CNRS, au début des années 1990.



© C. FRÉLON/CNRS PHOTO THÈQUE

De la bibliothèque aux sites de fouilles

« Comprendre comment les manuscrits ont vu le jour est une mine d'informations », témoigne-t-elle. Longtemps, par exemple, les historiens ont supposé que les chrétiens d'Orient se sont convertis très rapidement à l'islam lorsqu'ils passaient sous domination arabo-musulmane, au cours de la période de grande expansion des VII^e et VIII^e siècles. Mais l'étude des manuscrits indique le contraire : cette

population a continué de les écrire et de les éditer sans changement drastique jusque tard dans le Moyen-Âge, continuant d'utiliser la même langue et les mêmes techniques de fabrication – un indice fort que leur culture a perduré malgré les changements de pouvoir en place. « Ce sont des gens qui ont toujours été en situation de minorité, poursuit Françoise Briquel-Chatonnet, que ce soit dans le monde perse ou byzantin par exemple. Mais à chaque fois, les manuscrits continuent de circuler au sein des mêmes réseaux commerciaux, intellectuels, religieux... »

Par la suite, Françoise Briquel-Chatonnet se rend au Proche-Orient afin de participer à la recherche de manuscrits et d'inscriptions, avec l'aide d'archéologues. « C'était incroyablement excitant d'être la première à sortir une tablette toute fraîche de terre, à l'épousseter délicatement, et à décrypter des informations restées dissimulées durant des siècles. » Elle vadrouille également au sud de l'Inde, où la culture chrétienne est apparue très tôt par l'entremise des Syriaques. Accompagnée de son collègue Alain Desreumaux, elle fonde une mission avec notamment Jacob Thekeparampil, chercheur et prêtre vivant sur place. Ils relèvent et cataloguent les inscriptions de la région durant près de dix ans.

De la Syrie au Liban

Le même travail a ensuite été entrepris en Syrie. « Nous y avons travaillé sur les plus anciennes inscriptions dans cette langue, se souvient Françoise Briquel-Chatonnet. On était aux sources mêmes de cette culture. » En avril 2011, la guerre vient tout interrompre. La plupart des sites ont été détruits ou pillés, ses collègues syriens essayent tant bien que mal de poursuivre la recherche ou de quitter le pays ; certains sont décédés... « C'est dur, confie-t-elle. J'ai été sur le terrain et travaillé avec eux, j'ai encore des relations sur place... »

Françoise Briquel-Chatonnet poursuit aujourd'hui ses recherches au Liban. Depuis 2006, elle se rend chaque année dans la bibliothèque du patriarcat syriaque catholique à Charfet, « l'une des plus importantes collections au monde ». Elle s'est lancée dans un patient travail de catalogue, d'identification et de contextualisation des textes, qu'elle poursuivra aussi longtemps que possible afin de lever les mystères des manuscrits syriaques. II

1. Unité CNRS/Univ. Paris-Sorbonne/Univ. Panthéon-Sorbonne/ÉPHÉ/Collège de France/Musée du Louvre.

GRAND FORMAT



*Les scientifiques apportent leur aide
dans la lutte contre le terrorisme,
prennent le pouls de la Manche et
enquêtent sur le déclin des abeilles.*

ILLUSTRATION : ATELIER BINGO/LA SUITE POUR CNRS LE JOURNAL

TERROR

SOCIÉTÉS

Face au terrorisme, la recherche en action

UNE ENQUÊTE RÉALISÉE PAR
STÉPHANIE ARC, GRÉGORY FLÉCHET,
MATHIEU GROUSSON, FABIEN
TRÉCOURT, FRANCIS LECOMPTE
ET LAURE CAILLOCE

Le 18 novembre 2015, quelques jours après les attentats perpétrés à Paris, le président du CNRS Alain Fuchs lançait à la communauté scientifique un appel à propositions « *sur tous les sujets pouvant relever des questions posées à nos sociétés par les attentats et leurs conséquences, et ouvrant la voie à des solutions nouvelles – sociales, techniques, numériques* ». Avec plus de 300 propositions reçues, la mobilisation est massive. Après une année marquée par de nouveaux attentats, dont celui commis à Nice le 14 juillet, la soixantaine de porteurs de projets retenus se retrouveront le 28 novembre prochain au siège de l'organisme. À cette occasion, *CNRS Le journal* fait le point sur certaines de ces recherches et initiatives menées pour comprendre la radicalisation, étudier les réactions aux attentats, mettre au point des outils en cas d'attaque chimique ou encore chercher des indices dans le big data.

TERRORISME



© G. DU BOIS/COSTUME 3 PIÈCES

Comprendre la radicalisation

De nombreux projets soutenus dans le cadre de l'appel du CNRS portent sur le phénomène de radicalisation. Sur ce sujet complexe et objet de multiples recherches depuis des années, le CNRS a organisé en septembre une première école thématique internationale, rassemblant chercheurs en sciences humaines et sociales, professionnels de la santé et de l'éducation, et experts du monde politique et judiciaire. Entretien avec l'historien Jacques Sémelin¹ et la politiste Sylvie Ollitrault², coorganisateurs³ de l'événement.

PROPOS RECUEILLIS PAR STÉPHANIE ARC

Pourquoi avez-vous organisé cette « école thématique » et quels en étaient les objectifs ?

Jacques Sémelin : Cet événement, consacré à la question de la radicalisation, un problème ô combien sensible dans l'actualité politique de ce pays depuis les attentats de janvier 2015 à Charlie Hebdo et l'Hyper Cacher, s'inscrit dans une perspective de formation. D'où le fait qu'il s'agisse d'une « école », et non d'un colloque. Elle a en effet pour enjeu de constituer une communauté scientifique capable de travailler sur la diversité des phénomènes de radicalisation dans nos sociétés contemporaines. Et elle vise une mise à niveau interdisciplinaire et internationale grâce aux échanges d'expériences entre chercheurs et professionnels (élus, formateurs, personnels de la justice et des ministères, éducateurs, enseignants, etc.), mais aussi à la diffusion de leurs travaux, tout aussi essentielle, auprès de la société civile.

Sylvie Ollitrault : En effet, ce projet est né d'une convergence des demandes. D'une part, dans le sillage de l'appel « Attentats-recherche » lancé par le président du CNRS Alain Fuchs le 18 novembre 2015, les chercheurs ont fait remonter l'ensemble de leurs travaux sur le sujet et l'Institut national des sciences humaines et sociales (INSHS) – où je suis chargée de mission – est très impliqué dans ce champ. De l'autre, au-delà des médias, par lesquels nous sommes très régulièrement sollicités, surtout sur ce qu'est la radicalisation islamiste, nous avons constaté une forte

demande sociale d'éclairage. L'école thématique a ainsi rencontré un réel succès dans le monde professionnel. Et cela notamment parce que les sphères médiatique et politique instrumentalisent le sujet dans un contexte de période préélectorale et que ces questions sont sources de clivages... À les écouter, et pour le dire vite, la population serait scindée en deux parties : l'une que les « radicalisations » inquiètent, l'autre qui est considérée comme un terreau de radicalisation.

En l'intitulant « Radicalisations », vous avez tenu à mettre l'accent sur la forme plurielle du phénomène... En quoi était-ce important ?

J. S. : Nous voulions dissocier le rapport simpliste, trop souvent fait actuellement, entre radicalisation et islam. Nous avons donc tenu à inclure, outre bien sûr les recherches sur le djihadisme et les attentats islamistes, des travaux sur d'autres processus de radicalisation politiques ou sociaux, tels qu'ils surgissent dans les mouvements indépendantistes (corses, basques, etc.), d'extrême gauche, d'extrême droite, etc. Parallèlement, nous tenions également à faire dialoguer des perspectives différentes sur le sujet, celles des chercheurs, dont les travaux divergent parfois entre eux, mais aussi celles des praticiens, des acteurs institutionnels, des élus ou des personnels d'établissements pénitentiaires qui ont leur propre approche, sur le terrain, de ce qu'est la radicalisation. C'est pourquoi nous n'avons pas de prime abord imposé une définition univoque du terme.

S. O. : La notion de radicalisation est très ambiguë et, à ce titre, peut s'avérer problématique pour les chercheurs en sciences humaines et sociales eux-mêmes. Telle qu'elle est couramment employée, elle désigne en effet à la fois le fait d'avoir des opinions ou des pratiques considérées comme radicales, notamment religieuses (on parle alors d'« intégrisme » ou de « fondamentalisme »), et le fait de commettre des actes violents (ou « terroristes »). Or, bien sûr, l'un n'implique pas l'autre. Problématique, cette notion n'en reste pas moins incontournable, en ce qu'elle permet de pointer un phénomène social : celui d'un engagement progressif qui peut mener à la violence. C'est d'ailleurs essentiellement de radicalisation violente qu'il a été question ici, celle qui implique un passage à l'acte tel que l'attentat, l'assassinat, les meurtres de masse, une prise d'otages...

1. Centre de recherches internationales (Unité CNRS/Sciences Po Paris). 2. Centre de recherches sur l'action politique en Europe (Unité CNRS/Univ. Rennes 1/EHESP/Sciences Po Rennes). 3. avec Ariane Jossin, du Sirice (Unité CNRS/Univ. Panthéon-Sorbonne/Univ. Paris-Sorbonne), programme « Saisir l'Europe », et Pamela Torres, du Ceri (Unité CNRS/Sciences po Paris).



© C. DELMOTTE

► Images de propagande juxtaposées par la photographe Caroline Delmotte pour évoquer la vision fantasmée du djihad chez les jeunes Français.

Que nous apprend la comparaison de ces différentes formes de radicalisation ?

S. O. : Nous avons pu constater que, jusqu'au point de basculement dans la violence, ces processus d'engagement présentent de très nombreux points communs, y compris d'une époque à l'autre, même s'il y a bien entendu des spécificités contemporaines. C'est pourquoi se référer par exemple à la radicalisation non violente dans les mouvements écologistes, sur laquelle je travaille, ou aux processus de violence politique dans l'extrême gauche italienne des années 1970, qu'étudie la sociologue Isabelle Sommier, nous offre des éléments précieux d'analyse. Comme l'a par exemple confirmé la sociologue Amélie Blom, en étudiant le parcours d'un djihadiste pakistanais « repent », la radicalisation est un phénomène processuel, au sens où elle consiste en une succession d'événements, qui n'a toutefois rien de mécanique. Une personne ne « tombe » pas dans le terrorisme : elle y arrive par une série de petits choix successifs, qui peuvent rendre difficile le retour en arrière. Entre autres étapes, je citerais une première phase de séduction « idéologique », à l'occasion d'une rencontre qui peut advenir parmi ses amis, son milieu familial ou professionnel, sur Internet... À un moment transitoire de sa vie (période de départ du foyer familial, chômage...), l'individu va être « capté » par un discours idéologique. Puis il va intégrer un nouveau groupe, dont il va adopter les codes : du point de vue de son entourage, il est « en rupture » alors qu'en réalité il a simplement d'autres fréquentations. Bien sûr, ce changement de comportement ne signifie pas qu'il va devenir terroriste : à tout moment, il peut dévier de sa trajectoire et se désengager...

J. S. : Un grand nombre des problématiques concernant la radicalisation se retrouvent aussi dans l'analyse des massacres et génocides que j'ai pu réaliser. Pour les citer rapidement, je pense au rôle de l'idéologie, de la propagande, d'un imaginaire de pureté ou de destruction, mais aussi à l'implication massive des jeunes dans la pratique de la violence... Comme l'a montré l'anthropologue du CNRS Scott Atran, en analysant les schémas de pensée et de comportements des combattants des deux camps dans les zones de conflits au Moyen-Orient, l'une des forces d'attraction, sous-estimée, de l'État islamique auprès des jeunes réside dans le fait qu'il donne du sens à leur existence, une forme de transcendance, d'idéal, une quête de valeurs... Certains jeunes, qui ont fait des études, vont aussi être séduits par la dimension politique ou révolutionnaire du discours d'un leader spirituel, qui va expliquer le monde autrement : en fonction de l'analyse qu'ils font de l'évolution de la société, ils estiment que le combat actuel doit se mener « contre le monde capitaliste et occidental », « dominé par les Juifs », etc. D'autres, qui sont eux en échec scolaire ou socialement déclassés, vont se sentir ...

“Nous voulions dissocier le rapport simpliste, trop souvent fait, entre radicalisation et islam.”



“Plus de 80 % de ceux qui rejoignent les réseaux de radicalisation islamiste le font via des amis ou en groupe.”

... revalorisés par cet engagement religieux. Un certain nombre de ces jeunes, par ailleurs, qui ont déjà des parcours de délinquance, et donc de transgression, vont être attirés par la dimension d'« aventure » que cela présente. Ce qui ne signifie pas pour autant, comme le montre la politiste Claire de Galembert, que l'univers carcéral s'avère le lieu « terroristogène » par excellence, comme on a pu l'entendre. L'effet groupe joue toutefois un rôle majeur dans ces processus : plus de 80 % de ceux qui rejoignent les réseaux de radicalisation islamiste le font *via* des amis et en groupe, presque jamais individuellement. Comme l'a souligné le sociologue Marc Sageman, parlant du 11-Septembre, c'est une bande d'amis qui va commettre les attentats : ils acquièrent une fraternité dans la violence. Dernière remarque : ces trajectoires individuelles sont toujours à mettre en lien avec des contextes nationaux et internationaux particulièrement mobilisateurs, celui de la crise au Moyen-Orient dans le cas du djihadisme.

S. O. : Ces recherches permettent également d'éclairer les processus de « déradicalisation » ou de désengagement à la violence dans les cas de radicalisation islamiste, sur lesquels il n'y a actuellement aucune recherche en sciences humaines et sociales. Il peut donc s'avérer précieux de décroiser les recherches et d'utiliser d'autres types de travaux, tels ceux sur les parcours d'enfants soldats ou les terroristes d'extrême gauche ou d'extrême droite repentis...

Travailler sur ces sujets présente-t-il des difficultés particulières pour les chercheurs et chercheuses ?

J. S. : Ce n'est pas toujours évident, mais d'une manière globale on peut dire que les chercheurs ont accès au terrain. Ils parviennent par exemple à s'entretenir avec des combattants au Moyen-Orient ou des terroristes repentis. Il y a en revanche un vrai problème d'accès aux données institutionnelles. Paradoxalement, il est ainsi plus facile d'analyser la parole des personnes qui se radicalisent que la partie étatique du phénomène – il serait ainsi fécond d'examiner la manière dont les services de renseignement définissent les individus dits « radicalisés ». Or la question de la mise en radicalisation des individus, et plus largement du traitement politique de la radicalisation, est fondamentale. L'action de l'État, notamment la violence qu'il exerce face au terrorisme, fait partie du processus lui-même et il ne faut pas omettre de la prendre en compte. Plus

concrètement encore, en termes de prévention, et dans la perspective d'étudier la question du passage à l'acte et de mieux comprendre les processus de basculement, certains d'entre nous trouvent souhaitable qu'il y ait des rapprochements entre le monde de la recherche et du renseignement, comme c'est le cas aux États-Unis ou en Angleterre. Or, en France, par exemple, les chercheurs ne peuvent pas accéder aux fameuses fiches S... On prétend qu'elles sont le meilleur indicateur d'une radicalisation possible, mais plusieurs professionnels présents lors de l'école thématique les ont plutôt décrites comme une forme de signalement des individus. Qu'y a-t-il vraiment dans ces fiches ? Nous faisons face à un blocage qui empêche les chercheurs de travailler sur ce corpus ou sur les dossiers des personnes radicalisées.

S. O. : Autre difficulté déontologique non négligeable : certains chercheurs, qui sont obligés de s'intégrer dans les groupes radicalisés pour mener leur étude, craignent d'être fichés par les services de renseignement, car ils pourraient apparaître comme radicalisés eux-mêmes. Parallèlement, ils peuvent être perçus comme des policiers par ceux et celles avec lesquels ils mènent leurs entretiens.

J. S. : Certains chercheurs regrettent également de ne pouvoir se faire entendre des politiques qui monopolisent ces sujets, ce qui s'avère regrettable dans un pays où le risque d'attentat est réel. Nous sommes ainsi plusieurs à appeler de nos vœux la création d'espaces de médiation qui permettraient aux responsables politiques de communiquer avec les chercheurs. Alors que sur ces sujets-là, on compte de très nombreuses recherches, notamment en sciences humaines et sociales, c'est une priorité que les deux mondes se rencontrent. ■

Des chercheurs à l'Intérieur

Le 18 octobre, le ministre de l'Intérieur Bernard Cazeneuve a installé un « Conseil de la stratégie et de la prospective » afin de réfléchir aux défis à venir en matière de terrorisme, de sécurité, de migrations et de laïcité. Celui-ci se compose de 15 scientifiques, parmi lesquels Gilles Kepel, Farhad Khosrokhavar, Catherine Wihtol de Wenden, ou encore Mathilde Philippe-Gay et Sébastien Roché, tous deux porteurs de projets soutenus par l'appel du CNRS Attentats-recherche. Selon le ministère, cette première réunion illustre sa « volonté de renouer et de renforcer ses liens avec le monde de l'université et de la recherche ».

Comment réagissent nos sociétés ?

Pour comprendre les réactions aux attentats, le projet mené par le sociologue Gérôme Truc¹ allie enquêtes ethnographiques, analyse des réseaux sociaux et étude des hommages aux victimes².

PROPOS RECUEILLIS PAR GRÉGORIE FLÉCHET

Selon vous, le 11-Septembre a marqué un tournant dans le traitement médiatique des attentats. Les choses ont-elles encore changé depuis ?

Gérôme Truc : Oui. Aujourd'hui, les chaînes d'information en continu sont omniprésentes dans le paysage télévisuel et influencent la ligne éditoriale de chaînes comme TF1 ou France 2. Les images et les discours qui circulent sur les chaînes de télévision mais aussi les réseaux sociaux sont devenus des éléments inextricables de l'événement que constitue un attentat. À tel point que nous ne sommes plus en mesure de distinguer les effets de l'acte terroriste en lui-même et ceux de sa médiatisation.

Le mode d'expression de la solidarité manifestée aux victimes des attentats a-t-il également changé ces dernières années ?

G. T. : Toute société en proie à une attaque éprouve le besoin de réaffirmer sa cohésion en se mobilisant autour de symboles et de slogans. En septembre 2001, c'est Jean-Marie Colombani qui donne le « la » en France avec son éditorial du *Monde* intitulé « Nous sommes tous Américains ». Des slogans équivalents apparaissent aussi en mars 2004, après les attentats de Madrid, et après ceux de juillet 2005 à Londres. Cela

préfigure le mouvement « Je suis Charlie ». Mais depuis l'apparition des réseaux sociaux, la mobilisation autour d'un slogan semble aller beaucoup plus vite et les mass media n'en ont plus l'initiative.

Comment interpréter les messages à contre-courant, tels les « Je ne suis pas Charlie » ?

G. T. : Ce genre de réactions n'a rien de déroutant dans une société socialement différenciée telle que la nôtre. Au XIX^e siècle, Émile Durkheim observait déjà un risque de délitement du lien social dans une Europe en proie aux attentats anarchistes. Les débats aujourd'hui autour des slogans de solidarité renvoient à la même chose : la cohésion, dans nos sociétés, ne revêt plus un caractère « mécanique ». Bien que nous soyons encore pris dans des élans collectifs, chacun les vit à sa manière, et certains plus que d'autres.

C'est aussi ce que recherchent les terroristes : susciter des divisions au sein de la population en accentuant des clivages préexistants. C'est pourquoi les leaders politiques redoutent tant les réactions dissonantes.

Comment expliquer qu'autant de gens éprouvent le besoin de témoigner leur solidarité à l'égard de victimes qu'ils ne connaissent pas ?

G. T. : Parce que cet élan de solidarité ne se résume justement pas à la simple activation d'un « nous » national. Une multitude de liens sociaux rend chacun plus ou moins proches de l'événement et de ces victimes. Et ce qui importe aussi est que ces victimes nous apparaissent dans leur singularité, avec des visages et des noms. Les réseaux sociaux jouent certainement un rôle à cet égard. Reste toutefois à l'analyser plus finement. ||

▲ Avec Internet, la mobilisation autour d'un slogan s'est accélérée. Ici, rassemblement à Turin, en Italie, le lendemain de l'attentat contre *Charlie Hebdo*.



1. Chercheur à l'Institut de sciences sociales du politique (Unité CNRS/Univ. Paris-Ouest Nanterre La Défense/ENS Cachan). 2. Lire l'intégralité de cette interview sur <https://lejournal.cnrs.fr/articles/les-societes-connectees-a-lepreuve-du-terrorisme>

Faire parler le big data

En explorant la masse de données accessibles sur Internet, des chercheurs s'appliquent à développer des outils pour détecter d'éventuels réseaux terroristes ou protéger la sécurité des informations sensibles.

PAR MATHIEU GROUSSON



© G. DUBOIS/COSTUME 3 PIÈCES

Recherche d'indices sur des projets d'attentats, identification d'individus hostiles ou de réseaux de recrutement, protection de données sensibles... Contre le terrorisme, la lutte passe aussi par Internet et la montagne de données qui y transite en continu. Pour ce faire, dans les laboratoires de mathématiques et d'informatique, des spécialistes du big data tentent de faire parler les données du Net les plus abscondes ou de proposer des solutions pour se prémunir contre des intrusions malveillantes.

Identifier les réseaux terroristes

Depuis 2012, le projet Request regroupe plusieurs laboratoires du CNRS, de grands groupes tel Thalès et des entreprises spécialisées dans les solutions intégrées pour

la fouille de données. « L'ambition de Request est de proposer des technologies et des produits innovants issus de l'analyse visuelle et du calcul distribué pour l'analyse de gros volumes de données hétérogènes, explique David Auber, du Laboratoire bordelais de recherche en informatique¹ (Labri). Les domaines d'application sont extrêmement variés, mais recoupent assurément les problématiques de sécurité et de défense. » Et le spécialiste de poursuivre : « Par exemple, les outils que nous développons pourraient permettre de déterminer la structure d'un réseau terroriste ou de recrutement : quels en sont les instigateurs, les meneurs, les membres les plus actifs ou les plus dangereux... à partir de multiples données géographiques, de téléphonie ou issues d'Internet (tweets, données Facebook...) »

Pour ce faire, il s'agit tout d'abord de récolter et formater des données éparses et hétérogènes. Puis, via des algorithmes statistiques, d'établir des croisements entre elles : qui téléphone à qui ? Quelles personnes appartiennent à tel groupe ? Qui lit untel ou discute de tel sujet avec tel autre ? De quoi, *in fine*, produire ce que les spécialistes appellent des graphes qui représentent le réseau abstrait des corrélations entre individus. « Les algorithmes ne disent pas qui est suspect ou qui est dangereux, précise David Auber. Mais la représentation des résultats sous la forme d'un graphe permet à un analyste de repérer des schémas et des motifs à partir desquels formuler des hypothèses sur la structure d'un groupe. »

Concrètement, le projet Request, dont certains volets ont bénéficié de l'appel « Attentats-recherche » du CNRS, s'attaque à plusieurs problématiques. Dont celle, cruciale, du volume des données : « Il est tel que plusieurs ordinateurs sont nécessaires pour leur stockage. Nous devons donc mettre au point des algorithmes distribués sur plusieurs machines, chaque fraction analysant une partie des données, avant une synthèse finale », détaille le spécialiste. Autre sujet, l'analyse des données contenues dans les graphes, qui nécessite le développement de solutions visuelles adéquates. Enfin, la question d'une analyse elle aussi distribuée des graphes.

1. Unité CNRS/Inria/Bordeaux INP/Univ. de Bordeaux. 2. Unité CNRS/École centrale de Lille/Inria/Institut Mines-Télécom/Univ. de Lille.

Détecter les informations malveillantes

Dans une autre registre, les travaux menés en stéganalyse par Patrick Bas, au Centre de recherche en informatique, signal et automatique de Lille² (Cristal), pourraient aider à détecter des communications entre malfaiteurs. Précisément, la stéganographie consiste à cacher des informations dans un document anodin, typiquement une image. L'idée du chercheur est d'extraire les caractéristiques de l'image sensibles à l'insertion d'un message stéganographique, et ce à partir de modèles de bruits relatifs aux images. « *Des organisations terroristes sont susceptibles d'utiliser cette technique pour communiquer des informations sensibles, d'où ma réponse à l'appel à projets du CNRS* », explique Patrick Bas.

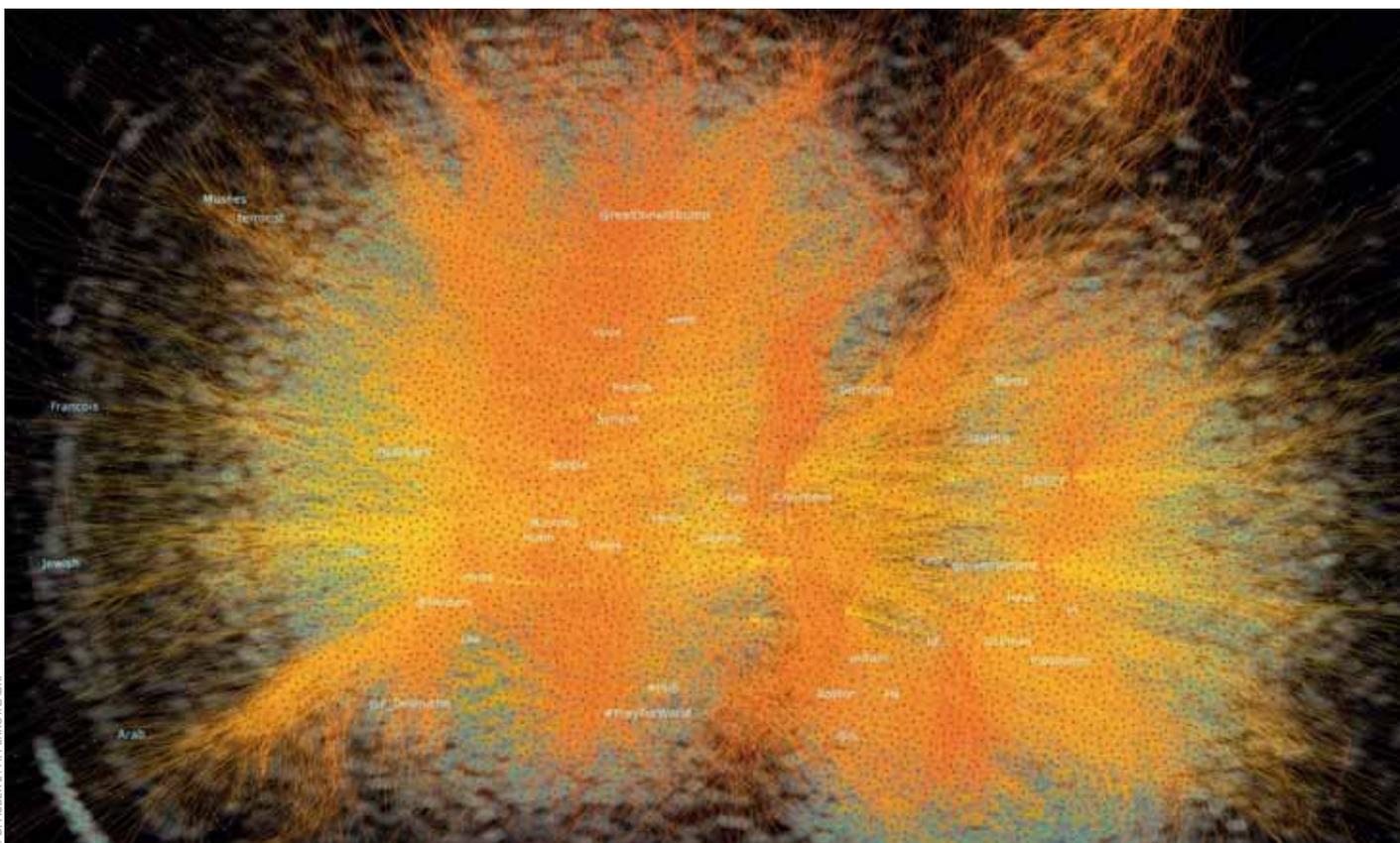
Dans le cadre de cet appel, il a également organisé, aux côtés d'Olivier Colot, directeur du laboratoire Cristal, le recensement des activités touchant à la recherche en sécurité au sein de son laboratoire, et participé à l'élaboration d'axes de recherche réunissant au total huit équipes du laboratoire. « *J'avais identifié depuis longtemps des complémentarités dans mes équipes avec l'envie de créer des passerelles. L'appel à projets a créé une opportunité pour structurer de nouvelles collaborations* », raconte Olivier Colot.

“Via des algorithmes statistiques, il s'agit d'établir des croisements entre des données éparses et hétérogènes.”

Au programme, par exemple, le développement de solutions pour empêcher des intrusions malveillantes au sein de systèmes informatiques ou pour garantir l'intégrité des données. « *Des contacts se nouent actuellement entre des équipes qui travaillent d'une part sur le marquage d'images, d'autre part sur l'authentification de contenus* », indique le directeur. À la clé, potentiellement, de futurs outils pour éviter le vol de données biométriques ou bien pour contrer leur utilisation frauduleuse dans le but de leurrer un système de reconnaissance.

Par ailleurs, d'autres équipes du laboratoire travaillent sur l'analyse d'images de caméras de vidéosurveillance. Objectif : détecter des comportements singuliers (agression physique, mouvements contraires à celui de l'ensemble...) dans un mouvement de foule, grâce à des algorithmes de reconnaissance de forme en temps réel. ■

▲ À partir de leurs graphes, les analystes de Request peuvent poser des hypothèses sur la structure d'un groupe. Ici, le graphe des associations de mots trouvés dans les tweets parus après le 13 novembre.



Spécialiste en sciences de l'éducation¹ et présidente de l'Observatoire international de la violence à l'école, Catherine Blaya pilote une enquête auprès des adolescents sur la haine raciste en ligne, ses mécanismes de diffusion, ses effets et les moyens d'endiguer ce phénomène.

PROPOS RECUEILLIS PAR FABIEN TRÉCOURT



© MENDIUBSPIAPP PHOTO

Enrayer la cyber-haine

Des études ont-elles déjà mesuré l'impact des contenus haineux sur Internet ?

Catherine Blaya : Plusieurs travaux ont montré que les jeunes y étaient de plus en plus confrontés, qu'il s'agisse d'insultes ou de harcèlement en ligne, d'exposition à des images violentes, à des messages haineux ou discriminatoires. Ainsi, une étude finlandaise a récemment révélé que 67 % des internautes avaient été exposés à des contenus haineux en ligne. En revanche, il n'y a pas vraiment eu d'enquête sur l'implication en tant que victimes ou auteurs ou sur l'impact de ces contenus sur les jeunes : comment le vivent-ils ? Cela les conduit-il à cautionner ce type de message, voire à adhérer ou à adopter des idées ou des comportements violents ? C'est ce que nous souhaitons étudier dans le cadre de l'appel à projets « Attentats-recherche » du CNRS. Pour cela, nous conduisons une large enquête sur les 11-18 ans, en ciblant

spécifiquement ce qui relève du racisme, de l'antisémitisme, de l'islamophobie et de la xénophobie.

Comment procédez-vous ?

C. B. : Nous avons soumis un questionnaire à 1 500 jeunes environ, et nous sommes en train de réaliser des entretiens individuels d'environ une heure avec une partie d'entre eux. Notre espoir est de restituer pas à pas le processus qui les expose à des contenus haineux. On leur demande par exemple s'ils sont tombés dessus par hasard, par l'intermédiaire de connaissances ou s'ils les ont recherchés activement. D'autres études sur la cyberviolence indiquent que 72 % des auteurs en ont été victimes par le passé, nous leur demandons donc si c'est leur cas, et s'ils ont eux-mêmes posté ce type de messages avant ou après y avoir été exposés. Nous nous intéressons également à l'effet de ces contenus : comment réagissent-ils ?

▼ Les jeunes forment la cible privilégiée des campagnes de haine sur Internet.

Quels sentiments cela a-t-il provoqué en eux ? De la colère, de la tristesse, de la haine, rien... ? Est-ce qu'ils ont géré cette situation tout seuls, ou bien ont-ils sollicité l'aide d'un adulte ou d'une institution ? Restituer chaque étape en tenant compte d'une multitude de situations possibles est un travail de fourmi.

Comment lutter contre les appels à la violence en ligne ?

C. B. : On ne peut pas les prendre à la légère. Les campagnes de propagande sont extraordinairement bien organisées. Elles ciblent les jeunes via de multiples plateformes – blogs, forums, réseaux sociaux... – et savent s'adapter à leurs codes, en reprenant leur façon de parler ou en s'appuyant sur leurs références culturelles. Comprendre comment de tels contacts se nouent nous aidera à les prévenir et les réduire ; nous faisons le pari que déconstruire ces techniques et mesurer leur impact permettra d'agir plus efficacement. Notre travail n'a pas vocation à s'en tenir à un constat, mais devrait aider tous les acteurs concernés : les parents, les professeurs, les opérateurs en ligne – moteurs de recherche, réseaux sociaux... – et bien évidemment les décideurs politiques. ■

1. Laboratoire Urmis (Unité de recherche migrations et société), Unité CNRS/Univ. Paris Diderot/Univ. Nice Sophia Antipolis/IRD.

Quels effets sur les discriminations?

Deux études visent à évaluer l'impact des attentats sur les perceptions à l'égard de la population arabo-musulmane.

PAR FRANCIS LECOMPTE

Les attentats ont-ils entraîné une augmentation des préjugés envers les musulmans en France ? Pour le vérifier, le psychologue Dominique Muller, directeur du laboratoire interuniversitaire de psychologie à Grenoble, a décidé de s'attaquer aux mécanismes implicites à l'œuvre dans la pensée, via le projet « Amalgame ». Ces préjugés inconscients – vis-à-vis des étrangers, des femmes, des homosexuels... – ont une influence sur nos comportements, même s'ils sont difficiles à détecter. Au cœur de son étude : l'IAT (Implicit Assimilation Test ou test d'association implicite), un test qui mesure les temps de réponse des participants à une série de propositions. « L'idée derrière ce test, c'est que plus le temps de réponse est long, plus la personne tente de contrôler ses réponses et ne donne pas de jugement sincère », explique le chercheur, qui a demandé à deux groupes de participants de réagir à des séries de visages (hommes français de types européen, maghrébin et asiatique) en y associant notamment des jugements (hostile ou amical). Au premier groupe, on rappelait le contexte des attentats, au deuxième on ne disait rien... Si les résultats ne sont pas encore disponibles, le chercheur ne masque pas son impatience. « Cette étude est une première mondiale et devrait fournir une mine d'informations aux futures recherches sur les discriminations », s'enthousiasme-t-il.

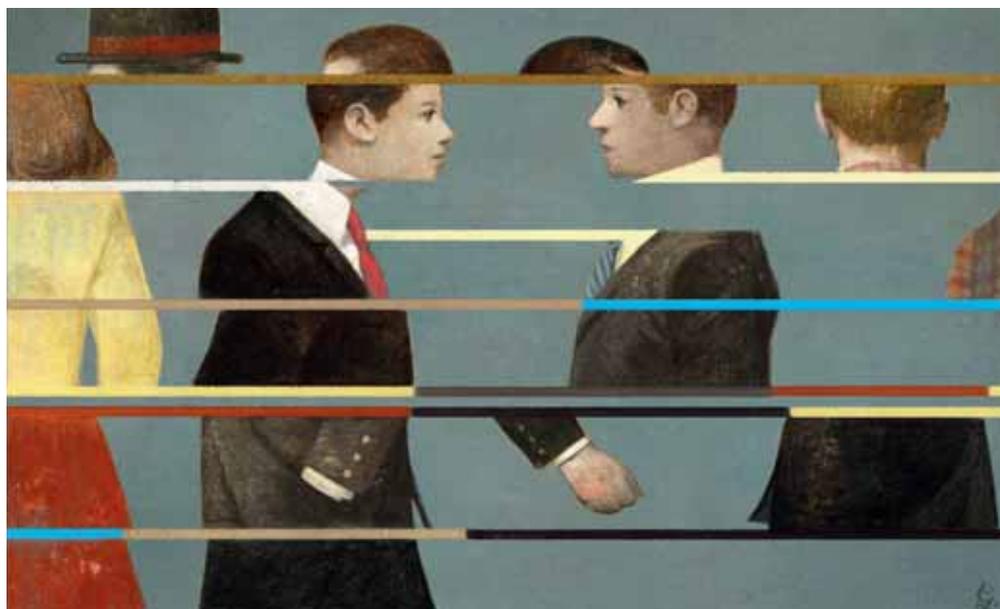
Le facteur proximité

Dans le même esprit, l'économiste Yannick L'Horty, du laboratoire Erudite¹, a bâti le programme « Adam » autour de la méthode du testing, très utilisée pour déceler des discriminations. Le principe ici consiste à répondre à des offres de logement avec deux candidatures exactement similaires, à une

variable près : le patronyme, à consonance arabo-musulmane ou typiquement « français ».

Yannick L'Horty ne part pas de nulle part. En 2015, il a conduit une vaste étude sur la discrimination au logement, en réalisant 5 000 tests dans toutes les grandes aires urbaines de l'Hexagone. Il a pu mettre en évidence une forte discrimination à l'encontre des candidats portant des patronymes à consonance arabo-musulmane. Le programme Adam est venu tout naturellement se greffer sur cette première enquête. « On part d'un présupposé, précise l'économiste, qui consiste à dire que les personnes qui ont vécu les événements en proximité directe, c'est-à-dire les habitants des 10^e et 11^e arrondissements de Paris, ont été beaucoup plus affectées que celles qui les ont vécus indirectement, par le biais de la médiatisation. On peut donc se demander dans quelle mesure leur comportement a changé vis-à-vis de la population musulmane. »

Une batterie de 350 candidatures concentrées sur ces deux arrondissements parisiens a donc été ajoutée aux 5 000 déjà expédiées. Une fois les résultats connus, elle permettra de comparer l'ampleur des discriminations enregistrées sur cette zone géographique de l'Est parisien avec celle constatée dans les autres aires urbaines. ■



© G. DUBOIS/COSTUME 3 PIÈCES

1. Équipe de recherche sur l'utilisation des données individuelles en lien avec la théorie économique.

Un outil contre les attaques chimiques

Trois laboratoires de chimie s'associent pour proposer la première solution susceptible de neutraliser sur site une attaque chimique.

PAR MATHIEU GROUSSON

Déjouer une attaque terroriste au gaz moutarde ou au gaz sarin ? Désamorcer un engin explosif déposé dans un lieu public ? Dans le premier cas, les experts n'ont pour l'instant d'autre solution que de transporter la « charge » dans un laboratoire spécialisé. Et dans le second, les forces de l'ordre ont le plus souvent recours à la méthode dite du « pétardage ». D'où l'idée du projet Nacflu, porté par le laboratoire Chimie organique et bioorganique : réactivité et analyse¹ (Cobra), à Rouen, le laboratoire Miniaturisation pour la synthèse, l'analyse et la protéomique² (MSAP), à Lille, et le laboratoire Chimie et interdisciplinarité : synthèse, analyse et modélisation³ (CEISAM), à Nantes, de développer un procédé sûr, simple et transportable rapidement, à même de neutraliser sur site et en douceur toxiques et explosifs.

« Nous avons commencé à réfléchir à ce projet il y a environ un an pour la neutralisation des stocks d'armes chimiques des deux dernières guerres, rapporte Julien Legros, du laboratoire Cobra. Or, du fait du caractère léger de la solution envisagée, il nous est apparu naturel de la transposer dans le cadre de la lutte antiterroriste via notre réponse à l'appel "Attentats-recherche" du CNRS. »

Son principe : un tube en forme de T dont l'une des branches est reliée à l'engin à désactiver et l'autre à un réservoir contenant un produit neutralisant. S'y ajoutent deux pompes permettant de mettre les deux liquides en contact au sein de la troisième

section, avant que les produits finaux, inoffensifs, soient évacués par l'extrémité de cette dernière.

Une réaction d'oxydation sélective

Le principal écueil tient à la complexité inouïe de la science des mélanges et des réactions chimiques. « Selon la quantité de produits que l'on met en contact et la rapidité avec laquelle on le fait, on peut obtenir soit un petit pschitt soit un gros boum », résume le chimiste.

Concrètement, si les deux fluides sont mis en contact dans un trop gros

volume, le risque est celui d'une réaction trop lente et mal maîtrisée en raison d'un mauvais mélange. Or dans ce cas, il est possible que les produits de la réaction réagissent avec l'espèce à neutraliser, conduisant à un composé tout aussi dangereux, voire plus, que le premier.

Solution : un tube de section millimétrique dans lequel les fluides circulent avec un débit de quelques millilitres par minute. « Avec notre dispositif, nous avons apporté la preuve de principe qu'il est possible de neutraliser des toxiques tel le gaz moutarde, dont nous avons utilisé un mime, via une réaction dite d'oxydation sélective », détaille Julien Legros.

Pour d'autres poisons, notamment les neurotoxiques et leurs précurseurs, par exemple le sarin, les chimistes envisagent de mettre à profit plusieurs réactions chimiques, notamment l'hydrolyse de composés organiques phosphorés. « Il faudra pour ce faire revoir la partie hydraulique de notre dispositif afin d'accélérer les mélanges », envisage le spécialiste.

Pour l'heure, les chercheurs travaillent à une montée en échelle de leur prototype. Afin de proposer, à terme, un outil à ajouter à la panoplie des experts de la lutte antiterroriste. ||



© G. DUBOIS/COSTUME 3 PIÈCES

Des marqueurs bactériens contre le bioterrorisme

Le projet porté par Martine Caroff, de l'Institut de biologie intégrative de la Cellule (I2BC)⁴, et réalisé par la start-up LPS-BioSciences, vise à mettre au point des tests de détection rapide en cas d'attaque biologique. Plus précisément, les chercheurs ciblent des bactéries telles que *Vibrio cholerae* ou *Escherichia coli* O157:H7, classées dans le cadre du bioterrorisme et dont les cultures sont difficiles à obtenir du fait des conditions de sécurité. Pour cela, ils tentent d'isoler dans ces bactéries des « lipopolysaccharides », composants majeurs de leur membrane externe et candidats de choix pour des tests de détection et d'identification de ces pathogènes. ||

1. Unité CNRS/Insa Rouen/Université Rouen Normandie. 2. Unité CNRS/Univ. Lille 1. 3. Unité CNRS/Univ. Nantes. 4. Unité CNRS/Université Paris-Sud/CEA/Inra.

Des chercheurs ont mis leurs outils d'analyse de discours au service des négociations du Raid.

PAR LAURE CAILLOCE

© MINISTÈRE DE L'INTÉRIEUR/F. PELLIER



► Face à un individu radicalisé, la négociation doit s'ajuster. Ici, le Raid en pleine intervention.

Améliorer la négociation de crise

Les outils informatiques d'analyse lexicométrique permettent de repérer de manière automatisée les mots (ou associations de mots) qui reviennent le plus souvent dans la parole de tel ou tel. L'originalité d'Iramuteq, le logiciel développé par le Laboratoire d'études et de recherches appliquées en sciences sociales (Lerass) est d'ajouter le facteur temps aux traditionnels « nuages » de mots. « Cette dimension chronologique a beaucoup intéressé les négociateurs du Raid, le groupe d'intervention de la police nationale », raconte Pascal Marchand, le directeur du Lerass. L'unité d'élite de la police souhaitait en effet confronter son expertise de la négociation dans des situations de crise extrême – prise d'otages par des braqueurs, forcenés retranchés chez eux... – à un regard plus universitaire.

Les temps du discours

Les premières analyses de la quinzaine de transcriptions de négociations fournies (dont celle de Mohammed Merah) confirment l'existence d'une temporalité propre aux négociations en situation de violence extrême. « La

gestion de la colère vient en premier – à ce moment, le négociateur est en retrait et laisse le délinquant exprimer sa colère. Vient ensuite le moment du récit personnel, un monologue du malfaiteur généralement initié par le policier. S'ensuivent des moments où ce dernier va inverser la tendance, en évoquant la sortie de crise. »

Les mêmes effets s'observent-ils avec un sujet radicalisé ? « On pourrait penser qu'il est impossible de négocier avec une personne qui ne craint pas de perdre la vie », reconnaît Pascal Marchand qui a orienté une partie de sa recherche¹ sur la radicalité dans le cadre de l'appel « Attentats-recherche ». Malgré un discours très différent, on détecte pourtant une séquentialité assez proche. « Cela m'incite à penser qu'il ne faut pas renoncer à essayer de négocier avec des personnes radicalisées, même si à ma connaissance aucune négociation avec des djihadistes n'a encore réussi à ce jour. »

Pour autant, les techniques utilisées par les négociateurs de la police ne seront pas toutes efficaces face à un sujet radicalisé : « Dans nos sociétés occidentales, l'individu prime et

chacun, y compris les désespérés, se prévaut d'une certaine cohérence dans ses actions. C'est à cette cohérence interne que les négociateurs font beaucoup appel. Mais c'est autre chose de négocier avec des djihadistes qui se réclament d'une culture où c'est la solidarité au groupe, la fidélité à la "mission divine" qui prévalent. Dans ce cas, toutes les contradictions sont permises. » II

POUR EN SAVOIR PLUS

Le comité de pilotage de l'appel – adossé à la Mission interdisciplinarité du CNRS et incluant des représentants scientifiques de tous les instituts – a sélectionné 66 actions : projets de recherche, mais aussi écoles thématiques et ateliers organisés au siège du CNRS pour réunir les équipes travaillant sur des sujets proches.

Découvrez certaines de ces recherches dans le nouveau blog lancé par *CNRS Le journal*, sous formes de vidéos, d'articles et d'émissions audio.

» lejournald.cnrs.fr/nos-blogs/face-au-terrorisme-la-recherche-en-action

1. Via la plateforme d'expertise « Radicalités et régulations » initiée par la Maison des sciences de l'Homme et de la société de Toulouse.



Plus d'un tour dans la Manche

TERRE ● VIVANT ●

Océanographie. Toutes les deux semaines, les chercheurs de la Station biologique de Roscoff¹ mettent les voiles afin de suivre l'évolution de l'écosystème côtier de la Manche. Ils prennent le pouls d'une mer soumise au changement climatique et aux activités humaines.

TEXTE BAPTISTE BOULEAU ET AUDREY DIGUET
PHOTOS WILFRIED THOMAS/SBR/CNRS PHOTOTHÈQUE

1. Unité CNRS/Univ. Pierre-et-Marie-Curie.



1. Les scientifiques embarqués à bord du navire Neomysis prélèvent des échantillons d'eau de mer à deux endroits pris comme points de référence, près de la côte et au large de l'île de Batz.

2. Le navire effectue une première série de prélèvements au point Estacade, à 500 mètres de la côte. Ce milieu naturel est particulièrement sensible aux variations climatiques et aux activités humaines.

2



3

3. Au large, à 5 kilomètres du premier point de référence, l'influence des activités humaines est moins importante. Les mesures sont plus représentatives des évolutions du milieu marin en Manche occidentale, en particulier celles liées au changement climatique.

Pour prélever de l'eau de mer, les ingénieurs utilisent une bouteille Niskin, aussi bien en surface qu'à 60 mètres de profondeur.



4

4. Les échantillons d'eau de mer sont préparés à bord afin d'être analysés en laboratoire. Différents paramètres hydrologiques seront ainsi mesurés avec précision : salinité, température, éléments nutritifs...

À Roscoff, ces paramètres font l'objet d'un suivi régulier depuis 1952. Les données recueillies servent à mettre en évidence des évolutions sur le long terme.



5

5. Les ingénieurs utilisent un filet pour prélever des espèces phyto-planctoniques dont la concentration et la diversité servent d'indicateurs de l'état écologique du milieu.



6

6. Les relevés hydrologiques de la station de Roscoff sont effectués dans le cadre du réseau national Somlit (Service d'observation en milieu littoral), mis en place en 1995.

7. En parallèle des relevés bimensuels, des capteurs mesurent, à une fréquence plus importante, la température, la salinité, l'oxygène dissous, l'acidification et la fluorescence, cette dernière étant un bon indicateur de l'activité planctonique dans la Manche.

8. Ces capteurs automatisés sont placés sous une bouée cardinale Astan, à mi-chemin entre le point de relevé côtier et celui situé au large.





8

9. Au sein du réseau Somlit, neuf autres stations marines réparties sur tout le littoral français effectuent des mesures bimensuelles selon les mêmes protocoles.

Les données acquises sont disponibles en libre accès sur Internet. Les chercheurs du monde entier disposent ainsi de mesures fiables pour leurs travaux. Une augmentation régulière de la température de plusieurs dixièmes de degrés a été observée depuis le début des mesures.



9



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

Pourquoi les abeilles disparaissent

UNE ENQUÊTE
RÉALISÉE PAR
LAURE CAILLOCE



VIVANT

Ces vingt dernières années, les populations d'abeilles ont subi des pertes spectaculaires, jamais observées auparavant. L'agriculture intensive et l'utilisation massive de pesticides figurent au premier rang des coupables présumés. Mais certaines pratiques des apiculteurs seraient également en cause.



Le changement de reine a fonctionné, il y a des larves dans le couvain ! », s'enthousiasme Lionel Garnery en brandissant un cadre couvert d'ouvrières. Au fond des alvéoles, on distingue en effet de minuscules points blancs, preuve que la nouvelle reine installée dans la ruche a commencé à pondre. Nous sommes au Conservatoire de l'abeille noire d'Île-de-France, au cœur de la forêt de Rambouillet. Dans ce « *petit coin de paradis à une heure de Paris* », peuplé de bouleaux, de fougères et de bruyères en fleurs qui régalaient les abeilles en cette fin d'été, le chercheur spécialiste de génétique des populations au laboratoire Évolution, génomes, comportement, écologie¹ a installé une quarantaine de ruches. Son objectif, et celui de la vingtaine de conservatoires présents en France, est sans ambiguïté : assurer la survie de l'abeille noire, l'abeille domestique ouest-européenne. Car *Apis mellifera mellifera*, le nom scientifique de l'abeille noire, est bel et bien en sursis !

« Ces vingt dernières années, la production de miel dans l'Hexagone a été divisée par deux », confirme Vincent Bretagnolle, écologue au

Ce transpondeur RFID permet de recueillir des données sur le comportement des abeilles et leur taux de survie lors d'une exposition aux pesticides.



Centre d'études biologique de Chizé², dans les Deux-Sèvres. La faute à un déclin fulgurant des populations d'abeilles domestiques partout dans le monde développé, des États-Unis à l'Europe en passant par l'Australie. Un phénomène inquiétant, baptisé « Colony Collapse Disorder » ou « syndrome d'effondrement des colonies ». Le phénomène a d'abord été observé aux États-Unis au début des années

1990. Puis dès 1995, en France, où certains apiculteurs ont accusé jusqu'à 90 % de pertes – loin des 5 à 10 % de mortalité généralement constatés dans les colonies d'abeilles.

L'effondrement des populations d'abeilles n'est pas seulement une mauvaise nouvelle pour les amateurs de miel. En pollinisant les plantes à fleurs, les butineuses garantissent la reproduction de nombreuses espèces végétales. Et pas moins d'un tiers de l'alimentation mondiale dépendrait de cette pollinisation – sans abeilles, pas de tomates, de courgettes, de fraises ou encore de pommes... Un service environnemental que l'Institut national de recherche agronomique (Inra) a évalué à 153 milliards d'euros par an dans le monde.

Des pratiques agricoles néfastes

Dès les années 1990, les soupçons des apiculteurs se portent sur une nouvelle classe d'insecticides utilisés dans les cultures, les néonicotinoïdes. Ces molécules mises au point dans les années 1980 sont de puissants neurotoxiques qui agissent directement sur le système nerveux central des insectes ravageurs de cultures. « À la différence des précédentes générations de pesticides, les néonicotinoïdes ne sont pas uniquement pulvérisés sur les plantes, mais peuvent enrober directement les semences, explique Axel Decourtye, écotoxicologue et directeur scientifique de l'Itsap-Institut de l'abeille. Ce sont des insecticides systémiques, qui se retrouvent dans tous les tissus de la plante, jusque dans le pollen et le nectar des fleurs. »

Les effets sur les abeilles ne tardent pas à être mis en évidence par les chercheurs : à haute dose, les ...

1. Unité CNRS/Univ. Paris-Sud/IRD. 2. Unité CNRS/Univ. de La Rochelle.

... néonicotinoïdes provoquent la mort des abeilles ; à plus faible dose, ils affectent les capacités cognitives des butineuses qui ne retrouvent plus le chemin de la ruche. En 2013, un moratoire européen suspend l'utilisation des néonicotinoïdes pour quatre cultures visitées par les abeilles : le colza, le tournesol, le maïs et le coton – les céréales comme le blé, notamment, étant uniquement pollinisées par le vent.

Mais ces interdictions ciblées – qui ne concernent que l'Europe – risquent de ne pas suffire à enrayer le déclin des abeilles. « En 2012, une étude menée en plein champ dans notre zone d'observation de Chizé³ a trouvé dans le nectar de colza des traces d'imidaclopride, un néonicotinoïde normalement utilisé sur le... blé, rapporte Vincent Bretagnolle. Il provenait en réalité des céréales cultivées là les années précédentes ! » Cela s'explique : « Ces insecticides puissants ont une forte affinité avec l'eau et se caractérisent par une présence de longue durée dans l'environnement », détaille Axel Decourtye. Alertés par les travaux des chercheurs, et après de houleux débats, les parlementaires français ont voté en juillet 2016, dans le cadre de



Ruches suivies par le Centre d'études biologiques de Chizé. Les chercheurs pointent les effets délétères de l'agriculture intensive (usage de pesticides, élimination des haies...) sur les populations d'abeilles.

la loi sur la biodiversité, l'interdiction totale des néonicotinoïdes en France à partir de 2018...

Une victoire pour les apiculteurs et de nombreux chercheurs, même si ces derniers restent prudents quant aux effets escomptés de cette loi. « Que les politiques n'aillent pas s'imaginer qu'ils ont réglé une fois pour toutes le problème des abeilles, avertit David Biron, parasitologue au Laboratoire microorganismes : génome et environnement⁴. Les causes du déclin vont au-delà de l'usage de néonicotinoïdes sur les cultures. Plus on avance, plus on s'oriente vers l'hypothèse d'un stress multiple causé par plusieurs facteurs combinés. »

Un parasite dévastateur

« L'agriculture intensive, la simplification des paysages, l'arrivée de pathogènes particulièrement virulents, mais aussi les nouvelles pratiques des apiculteurs affaiblissent les abeilles et contribuent aux dégâts constatés sur

Les abeilles sauvages sont aussi en déclin

L'abeille domestique, *Apis mellifera*, n'est pas seule à assurer la pollinisation des récoltes. On estime que la moitié de nos champs, vergers et potagers sont pollinisés par les abeilles sauvages, dont on dénombre près de 1 000 espèces différentes dans l'Hexagone (la plupart sont solitaires et ne font pas de miel). Comme *Apis mellifera*, les abeilles sauvages sont en fort déclin. Elles sont très sensibles aux néonicotinoïdes et sont affectées par la simplification des paysages – notamment la disparition des prairies où elles aiment à butiner. Grâce à la grande diversité des espèces, les abeilles sauvages ont pourtant une multitude de compétences : certaines volent par mauvais temps, d'autres pollinisent des fleurs qui ne sont pas visitées par l'abeille domestique...



Le site du Conservatoire de l'abeille noire d'Île-de-France
» www.abeille-noire.org



© C. MATRE/INRA

“Un tiers de l'alimentation mondiale dépend de la pollinisation. Sans abeilles, pas de tomates, de fraises, de courgettes...”

« Pour maintenir leurs abeilles en vie, de plus en plus d'apiculteurs les nourrissent avec des poches de sirop de sucre – un comble pour des animaux censés être autosuffisants, relève Vincent Bretagnolle, qui signale aussi la généralisation de la transhumance chez les gros apiculteurs. Ils suivent les périodes de floraison des cultures et déplacent les ruches du sud au nord de la France, et jusque dans les montagnes. Ce qui ne va pas sans poser de problèmes, comme la propagation des maladies. »

Très médiatisé ces derniers mois, le frelon asiatique, introduit accidentellement en 2004 (lire l'encadré p. 36), représente une vraie menace pour les colonies déjà affaiblies du Sud-Est de la France, où il est très présent. Mais les abeilles sont surtout confrontées depuis quelques dizaines d'années à des pathogènes d'une rare virulence, dont une majorité a été accidentellement importée. Parmi eux, les bactéries responsables de la loque européenne et de la loque américaine⁵, des microsporidies (champignons microscopiques) comme *Nosema ceranae* et *Nosema apis*, qui provoquent des diarrhées aiguës pouvant conduire à la mort de l'abeille, mais aussi et surtout le pathogène le plus redouté des apiculteurs : le *Varroa destructor*, arrivé d'Asie dans les années 1970. « Ce parasite vecteur de nombreux virus se fixe sur les abeilles et les pique pour se nourrir de l'hémolymphe (le sang des insectes), explique David Biron. L'un des virus qu'il transmet, le CBPV (Chronic Bee Paralysis Virus ou virus de la paralysie chronique) provoque des tremblements que les apiculteurs confondent parfois avec les effets des néonicotinoïdes. » Des effets synergiques fatals entre pathogènes et insecticides ont également été démontrés : ainsi,

les colonies », détaille Vincent Bretagnolle. Le chercheur, qui suit plusieurs dizaines de ruches avec l'Inra dans la zone de Chizé, tente depuis plusieurs années de convaincre les agriculteurs de ne plus éradiquer systématiquement les adventices, les « mauvaises herbes » éliminées par l'usage massif d'herbicides et parmi lesquelles on trouve les fleurs des champs (coquelicots, bleuets...), très appréciées de l'abeille. Entre la floraison du colza, au printemps, et celle du tournesol, fin juillet, les abeilles n'ont plus rien à butiner et se retrouvent en carence alimentaire durant plusieurs semaines. La disparition des haies d'aubépine, mais aussi des prairies où fleurissent la luzerne et le sainfoin amenuisent encore la ressource.

l'infection des abeilles par *Nosema ceranae* multiplierait par deux la mortalité des abeilles exposées à de faibles doses d'insecticides (en théorie non létales).

Le problème des reines importées

Dernière explication à la fragilisation des colonies d'abeilles : l'importation massive de reines issues d'autres sous-espèces⁶. « À partir de 1995 et face à l'élevage insuffisant de reines locales de type abeille noire, les apiculteurs français se sont tournés massivement vers des pays comme l'Italie ou la Grèce, où de véritables usines à reines produisent jusqu'à 100 000 individus par an », explique

Lionel Garnery. Problème, en plus d'amener avec elles des pathogènes inconnus de l'abeille noire, ces reines issues des sous-espèces italienne (*ligustica*), grecque (*cecropia* ou ...

Telle une tique, le *Varroa destructor* (ici en rouge foncé) se fixe sur l'abeille et la pique pour se nourrir de l'hémolymphe, le sang des insectes.



© M. MOFFETT/AMINDEN PICTURES/BIOSPHOTO

3. La Zone Atelier « Plaine et Val de Sèvre » est une plaine céréalière au sud de Niort. Elle comprend environ 450 exploitations agricoles et vise à étudier les relations entre agriculture et biodiversité. 4. Unité CNRS/Univ. d'Auvergne/Univ. Blaise-Pascal. 5. En France, la loque américaine doit faire l'objet d'une déclaration en préfecture et se traduit par l'élimination de tout le rucher. 6. L'abeille domestique, *Apis mellifera*, comprend 26 sous-espèces, parmi lesquelles l'abeille noire (*Apis mellifera mellifera*), qui couvre une zone allant des Pyrénées à la Scandinavie, mais aussi l'abeille italienne, l'abeille grecque, plusieurs abeilles africaines, l'abeille orientale (Moyen-Orient)...

“On maîtrise mal la génétique chez l'abeille, et pour cause : une reine est fécondée par 15 à 20 mâles à la fois.”

... carnica) ou encore caucasienne (caucasica) sont mal adaptées aux écosystèmes hexagonaux : types de fleurs disponibles, périodes de floraison, climat, etc. « Ces reines pondent dès les mois de janvier-février, à un moment où il n'y a aucune nourriture disponible sous nos latitudes, raconte Lionel Garnery. Pour éviter que les ouvrières issues de leurs

Répartition des sous-espèces de l'abeille domestique européenne



De plus en plus d'apiculteurs français importent des reines issues des sous-espèces grecques et italiennes.

œufs ne meurent de faim, il faut les maintenir artificiellement avec du sucre, ce qui empêche la sélection naturelle de faire son office et ne permet donc pas leur adaptation au nouvel environnement.»

Autre problème de taille : ces importations massives provoquent un brassage génétique mal contrôlé par les apiculteurs et menacent de « polluer » le génome de l'abeille noire, à ce jour la mieux adaptée à nos latitudes. « On maîtrise très mal la génétique chez l'abeille, poursuit Lionel Garnery. S'il y a effectivement une seule reine par ruche, qui donne naissance à l'ensemble des ouvrières, celle-ci est fécondée par 15 à 20 mâles à la fois ! Difficile dans ces conditions de faire de la sélection, comme on le fait avec les végétaux ou les animaux domestiques. »

Résultat : abeille noire, abeille italienne, grecque ou hybride de plusieurs sous-espèces..., plus aucun apiculteur ne sait ce qu'il a dans ses ruches ! « C'est la raison pour laquelle il est primordial d'assurer la conservation et le développement durable de chaque sous-espèce de l'abeille domestique, et de l'abeille noire en particulier », conclut Lionel Garnery. Au-delà de la seule démarche de conservation, le chercheur propose même que les Conservatoires de l'abeille noire produisent des reines selon des méthodes plus « industrielles », en s'associant par exemple avec des apiculteurs professionnels. Objectif : offrir aux apiculteurs hexagonaux une alternative aux reines italiennes ou grecques, et contribuer activement à la restauration des colonies. II

Le frelon asiatique, un redoutable prédateur

Introduit accidentellement en France en 2004, le frelon asiatique *Vespa velutina* constitue une vraie menace pour les colonies d'abeilles déjà affaiblies - notamment dans le sud de la France où il est très présent. Si les abeilles asiatiques se défendent efficacement contre ce prédateur, en empêchant le frelon venu en éclaireur de quitter la ruche (et donc, de prévenir le reste du nid), *Apis mellifera mellifera*, l'abeille noire typique de nos latitudes, n'a pas de tels réflexes.

Résultat : l'attaque d'une ruche par plusieurs frelons asiatiques peut conduire à la mort de l'ensemble de la colonie. Aujourd'hui, des chercheurs tentent de mieux comprendre *Vespa velutina* afin de mettre au point un piège qui n'affectera pas les autres insectes volants.



► Regardez la vidéo « Comment piéger le frelon asiatique » sur lejournal.cnrs.fr



Les abeilles forment une « barbe » à l'entrée de la ruche afin de se défendre contre une attaque de frelon asiatique.

EN ACTION



*Bombarder l'atome d'ions lourds,
sauvegarder les glaces du Mont-Blanc,
suivre les bonds de l'énergie solaire et
habiter dans des gratte-ciels en bois.*

ILLUSTRATION : ATELIER BINGO/LA SUITE POUR CNRS LE JOURNAL

Spiral2, au cœur de la matière nucléaire

MATIÈRE

Physique. Le 3 novembre 2016 a été inauguré un nouvel accélérateur d'ions lourds du Ganil à Caen. Première étape du projet Spiral2, ce nouvel instrument doit permettre de percer les secrets de l'atome et de créer de nouveaux éléments.

PAR YAROSLAV PIGENET

Le nouvel accélérateur Linac est doté de 19 cryomodules contenant chacun une ou deux cavités accélératrices.



Les alchimistes poursuivaient un but longtemps considéré comme chimérique : transmuter un métal commun en un autre métal, de préférence noble. Cette lubie d'alchimiste est devenue un accomplissement scientifique au sein d'installations comme le Grand Accélérateur national d'ions lourds (Ganil) à Caen ; là, depuis près de 35 ans, des physiciens cassent des ions accélérés pour obtenir de nouveaux atomes et percer les secrets de la matière à l'échelle atomique. Après l'inauguration des installations du projet Spiral2 (Système de production d'ions radioactifs accélérés en ligne de seconde génération) au sein du Ganil, les scientifiques vont pouvoir réaliser ces transmutations à une échelle inédite, ouvrant la voie à la découverte d'éléments et de structures atomiques encore inconnus.

Un des plus grands accélérateurs d'ions au monde

Le Ganil a été créé en 1976 conjointement par le Commissariat à l'énergie atomique et le CNRS via l'IN2P3¹. Durant les années qui suivront, il ne va cesser de se développer, d'établir des collaborations internationales et d'acquérir de nouveaux équipements. Ses évolutions, dont Spiral2 constitue une étape majeure, lui ont permis de devenir l'un des quatre plus grands laboratoires au monde pour la recherche avec des faisceaux d'ions. Son principe de fonctionnement est néanmoins resté le

1. Institut national de physique nucléaire et de physique des particules.

► Vue d'artiste d'une fusion nucléaire entre le deutérium et le tritium.

même : créer des ions chargés électriquement en arrachant des électrons à des atomes neutres. Les noyaux de ces atomes vont ainsi, en passant dans les champs magnétiques de l'accélérateur, atteindre des vitesses se rapprochant du tiers de celle de la lumière avant de percuter les noyaux des atomes d'une cible.

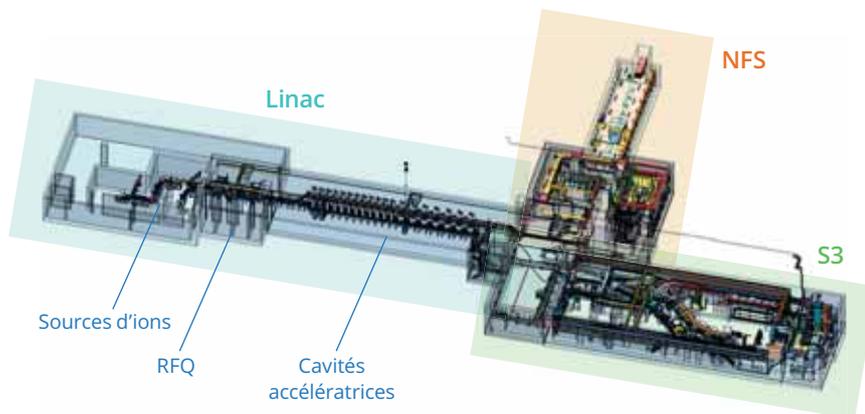
Ces collisions à très haute énergie permettent d'induire des réactions nucléaires donnant naissance à de nouveaux noyaux dont la proportion neutron-proton, la structure ou encore la forme sont inhabituelles. Observer et analyser ces noyaux radioactifs éphémères permet en effet de révéler les propriétés de la matière nucléaire. S'appuyant sur le travail de 250 permanents (physiciens, ingénieurs, techniciens, personnels administratifs...) auxquels s'ajoutent 700 chercheurs visiteurs venus du monde entier, le Ganil a déjà été à l'origine de nombreuses découvertes sur la structure du noyau de l'atome, sur ses propriétés thermiques et mécaniques, ou encore sur ses modes de désintégration.

En quête des noyaux exotiques

Le laboratoire est notamment à la pointe de la recherche sur les noyaux exotiques, appelés ainsi parce qu'ils ne font pas partie des 291 isotopes stables que l'on trouve à l'état naturel sur Terre. Plus d'une centaine de ces noyaux y ont déjà été découverts, synthétisés et étudiés. La mise en service de Spiral2 va permettre la production et l'étude de nouveaux noyaux exotiques au Ganil, qui deviendra ainsi compétitif dans la course mondiale aux noyaux super lourds (ceux dont le numéro atomique, le nombre de protons, est supérieur à 110). Le Ganil permettra notamment de produire de nouveaux éléments au-delà de l'Oganesson (Og) à 118 protons, qui a vu sa découverte par un laboratoire russe validée en décembre 2015.

Enterrés à neuf mètres sous terre, les différents instruments composant la première phase de Spiral2 sont progressivement mis en service. Ils ne remplaceront pas mais étendront les installations existantes du Ganil dont la superficie passe de 11 000 m² à environ 20 000 m². Le projet avait été divisé en plusieurs phases pour tenir compte des contraintes budgétaires et des procédures d'autorisations de sûreté. La première phase, étalée jusqu'en 2019, a été marquée le 3 novembre 2016 par l'inauguration du tout nouvel accélérateur linéaire Linac, des deux sources d'ions et de l'injecteur qui l'alimenteront.

Une première source permettra de produire des faisceaux d'ions lourds à partir d'éléments allant du carbone à l'uranium. « Les intensités des faisceaux d'ions lourds générés par cette source seront 10 à 100 fois plus importantes que celles disponibles aujourd'hui au Ganil, détaille Jean-Charles Thomas, chercheur CNRS au Ganil. Ces faisceaux seront utilisés principalement pour produire des noyaux radioactifs (exotiques) par réactions de fusion. » La



► Vue schématique du Linac et des salles d'expériences NFS et S3, qui seront mis en service entre 2017 et 2019.

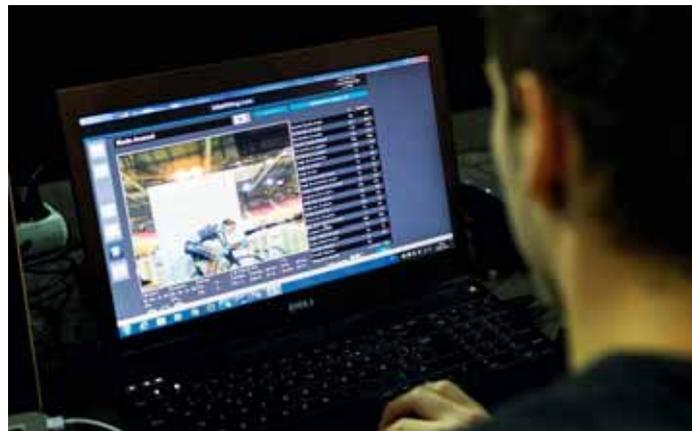
© J.-C. THOMAS/GANIL

seconde source produira des faisceaux de particules légères : protons, deutons (noyau composé d'un proton et d'un neutron) et particules alpha (noyau d'hélium 4 composé de deux protons et deux neutrons). « De tels faisceaux de particules légères ne sont pas disponibles aujourd'hui au Ganil, précise le physicien, ils seront notamment utilisés pour produire des faisceaux de neutrons intenses. » Ces faisceaux d'ions lourds ou de particules légères passeront ensuite dans le quadrupôle radiofréquence (RFQ), dont le rôle est d'accélérer les particules ions jusqu'à 4 % de la vitesse de la lumière, tout en les mettant en paquets adaptés à l'injection dans l'accélérateur.

De la recherche pure aux applications sociales

Au cœur des installations Spiral2, l'accélérateur linéaire Linac est constitué de l'enchaînement de 19 cryomodules contenant des cavités supraconductrices fonctionnant à 4,5 K (-270 °C). L'ensemble accélérera les particules jusqu'à une énergie pouvant atteindre 25 % de la vitesse de la lumière, et les ions lourds jusqu'à 18 % de la vitesse de la lumière. Ces faisceaux de haute énergie seront acheminés, en fonction de leur nature, vers deux nouvelles salles d'expérience NFS (Neutrons For Science) et S3 (Super séparateur spectromètre) qui seront très prochainement mises en service. NFS, qui sera opérationnel en 2017, permettra notamment d'étudier les réactions induites par les neutrons rapides dans les réacteurs nucléaires de nouvelle génération mais aussi les effets des irradiations par neutron dans les domaines de la santé et des matériaux. Quant à la salle S3, dont la mise en fonctionnement est prévue en 2019, elle utilisera les faisceaux d'ions lourds pour produire et étudier les noyaux exotiques produits dans des réactions de fusion nucléaire.

« Du point de vue fondamental, Spiral2 va nous aider à mieux comprendre la structure et le comportement des noyaux atomiques produits dans des conditions extrêmes, indique Julien Piot, physicien du CNRS au Ganil impliqué dans S3, et notamment confirmer l'existence de certains "nombres magiques" de protons-neutrons ainsi que d'un éventuel îlot de stabilité dans les noyaux super lourds. » Mais Spiral2 aura aussi des applications sociales, allant du traitement des déchets radioactifs à la production d'isotopes pour la médecine nucléaire, en passant par l'étude de l'impact des neutrons sur les matériaux et le vivant. II



VIVANT NUMÉRIQUE

Le vélo, c'est aussi de la science

La position du cycliste sur son vélo est une des clés pour optimiser sa vitesse de course.

La Fédération française de cyclisme fait appel à des chercheurs pour perfectionner la position des sportifs de l'équipe de France junior. À l'occasion d'une séance d'optimisation de performance au vélodrome national de Saint-Quentin-en-Yvelines, les chercheurs ont observé les athlètes au plus près des conditions réelles. De la tête aux pieds, ils ont passé au crible la position des cyclistes grâce à des capteurs embarqués et des scanners 3D. L'objectif est d'analyser leur résistance à l'air pour définir la position la plus aérodynamique possible, la position dite « aéro », tout en maintenant un niveau de puissance maximal au pédalage.

Ces travaux sont effectués dans le cadre d'une collaboration entre le Laboratoire d'analyse et d'architecture des systèmes (LAAS) du CNRS, le Centre d'optimisation de la performance sportive de l'université de Franche-Comté (Cops) et la Fédération française de cyclisme (FFC). | A. V. ET A. D.



Les capteurs installés par les chercheurs fournissent des mesures aérodynamiques et une image de la position des athlètes sur leur vélo.



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

Quand le geste libère la parole

SOCIÉTÉS

Communication. Zoom sur le projet ComEns, qui vise à aider les personnes souffrant de trisomie 21 à mieux s'exprimer.

PAR LAURE CAILLOCE

Entrez dans une boulangerie et dites à la vendeuse : « *C'est ce gâteau que je veux.* » Vous constaterez un timing parfait entre le moment où votre doigt termine sa course et la prononciation du mot « gâteau ». Autre exemple : les mouvements de mâchoire nécessaires au redoublement de la syllabe « pa » ou « ma » dans les mots « papa » ou « maman » correspondent exactement au temps que l'enfant met à accomplir le geste de pointage vers son parent. « *Ces exemples montrent que les systèmes qui contrôlent la parole et la gestuelle sont très interconnectés* », indique Amélie Rochet-Capellan, spécialiste du contrôle moteur au Gipsa-lab¹.

Une aide au langage

« *Le geste n'est pas à côté du langage; il est une aide et un support au langage parlé* », précise Marion Dohen, spécialiste de la communication multimodale au Gipsa-lab. Les deux scientifiques en sont convaincues : en entraînant le contrôle moteur du bras, on améliore le contrôle moteur de la parole. Pour le vérifier, elles ont monté un projet avec une population particulièrement affectée par des troubles de la communication : les personnes souffrant de trisomie 21. « *Du fait de caractéristiques anatomiques qui n'ont rien à voir avec leur déficience intellectuelle (langue plus grosse, manque de sensibilité dans la bouche, déformation du palais, problèmes de respiration), les personnes avec trisomie ont plus de mal à former les syllabes, ce qui handicape leur communication verbale* », explique Amélie Rochet-Capellan. Aux États-Unis et au Canada, des systèmes comme le Makaton, une version simplifiée du langage des signes, sont déjà utilisés avec succès pour aider les personnes trisomiques à mieux communiquer. « *Il manquait un corpus scientifique démontrant la validité de ces pratiques* », explique Marion Dohen.

Démarré il y a trois ans, le projet ComEns (« Communiquons ensemble ») commence à porter ses fruits. Un premier volet de la recherche consiste à établir un diagnostic des difficultés de communication rencontrées par les personnes trisomiques, mais aussi de leur recours à la gestuelle. « *On a remarqué qu'une personne "ordinaire" qui*

s'adresse à une personne trisomique lui laisse peu d'opportunités de prise de parole, indique Amélie Rochet-Capellan. Cette dernière, de son côté, ne réagit pas à ce qu'on lui dit en faisant des hochements de tête ou en prononçant des petits mots comme "hum", "ah", "O. K."... C'est une piste intéressante à travailler, en plus de la gestualité manuelle. »

Une piste pour Alzheimer ?

Un autre volet, mené avec des enfants, consiste à associer des gestes à de petits personnages. « *Pour chaque personnage, nous avons inventé un mot qui sonne "français" mais qui n'existe pas pour éviter tout biais durant l'expérience*, expliquent les chercheuses. *On demande à l'enfant de prononcer le nom de chaque personnage, soit en y associant un geste, soit sans l'aide de ses mains.* » Les premiers résultats sont encourageants : associer un mot à un geste permet de mieux le mémoriser, mais aussi de mieux le prononcer.

Les chercheuses vont même plus loin : « *Quand on entraîne une personne à mieux impliquer son corps lorsqu'elle parle, la gestuelle l'aide non seulement à trouver ses mots, mais elle lui permet de mieux structurer son discours.* » Des résultats qui pourraient intéresser d'autres populations ayant des difficultés avec le langage parlé, comme les enfants souffrant de troubles du langage ou les personnes atteintes de la maladie d'Alzheimer. ▮

▲ L'apparition des premiers gestes de pointage sans parole chez le jeune enfant permettrait d'évaluer avec précision à quel moment il commencera à parler.



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



1. Grenoble images parole signal automatique (CNRS/Grenoble INP/UJF/Univ. Grenoble Alpes).

Culture et recherche au diapason

Partenariat. Le CNRS et le ministère de la Culture ont signé un nouvel accord-cadre d'une durée de cinq ans. Patrice Bourdelais, directeur de l'Institut des sciences humaines et sociales (INSHS) et Maryline Laplace, chef du service de la coordination des politiques culturelles et de l'innovation au ministère de la Culture et de la Communication, reviennent sur le pourquoi de ce partenariat et les priorités des prochaines années.

PROPOS RECUEILLIS PAR LAURE CAILLOCE

Vous avez signé en 2016 un accord-cadre de cinq ans, le cinquième du genre depuis le début de la collaboration CNRS-ministère de la Culture en 1992.

Pourquoi ce nouvel engagement ?

Maryline Laplace : Il est d'abord important de rappeler – car tout le monde ne le sait pas –, qu'il existe une activité de recherche au ministère de la Culture, indispensable pour accomplir nos missions de conservation du patrimoine, de soutien à la création et d'accès à la culture. Cette recherche, qui peut être développée dans des structures dédiées telles que le Centre de recherche et de restauration des musées de France (C2RMF) et le Laboratoire de recherche sur les monuments historiques, est souvent éclatée entre de petites équipes, elles-mêmes isolées au sein de services et d'établissements du ministère ayant d'autres missions... Ce partenariat leur apporte la légitimité du CNRS, un environnement de recherche où elles peuvent s'épanouir, notamment à travers les unités mixtes de recherche où elles sont accueillies, mais aussi des compétences et des équipements complémentaires – c'est le cas en physico-chimie par exemple, une discipline devenue essentielle pour la compréhension et la restauration des œuvres d'art. Dernier avantage : l'ouverture à l'international des laboratoires du CNRS.

Patrice Bourdelais : Cette collaboration est une occasion unique d'enrichir notre « questionnaire scientifique », en nous confrontant à des collègues qui ont des visions et des pratiques différentes. Même si les personnels de la culture sont isolés, comme le signale Maryline Laplace, il existe parmi eux de vrais chercheurs – c'est le cas dans les écoles d'architecture, l'un de nos grands lieux de collaboration, ou encore dans les musées... Ces personnes sont généralement plus présentes que nous sur le terrain, sont en contact direct avec le public mais aussi avec les artistes et la création artistique – autant de domaines nouveaux de la recherche, où nous savons que nos collègues de la culture nous ferons gagner un temps précieux !

Quelles sont les priorités de ce nouvel accord ?

M. L. : Notre collaboration principale reste l'archéologie et le patrimoine, deux domaines dans lesquels nous avons déjà développé des outils formidables comme la modélisation 3D qui, dès la libération de Palmyre en Syrie, a permis de réaliser en quelques jours à peine une reconstitution de la cité antique... Il y a aussi une vraie envie autour des sciences humaines et sociales : sociologie, économie, droit... Les politiques



culturelles, qui peuvent être sujettes à beaucoup d'idées reçues ou de postures idéologiques, doivent être éclairées par des données objectives : comment les pratiques culturelles évoluent-elles ? Quels sont les nouveaux modèles économiques et de quelle manière les artistes seront-ils rémunérés ?

1. Unité CNRS/Univ. Aix-Marseille/École centrale Marseille. 2. Laboratoire « Modèles et simulations pour l'architecture et le patrimoine » (CNRS/Ministère de la Culture). 3. Accélérateur Grand Louvre d'analyses élémentaires. 4. Lire notre article en ligne : <https://lejournal.cnrs.fr/articles/une-plongee-musicale-dans-la-renaissance>

► Grâce à de multiples prises de vue, le MAP a modélisé des œuvres du musée de Delphes, en Grèce.



► Analyse du lustre d'une céramique par l'accélérateur de protons Aglaé.

© P.A. CHEZIEBEL/CNRMS/PHOTOTHEQUE

P. B. : Avec le laboratoire Ipanema, qui accompagne les chercheurs désirant mener des analyses poussées au synchrotron Soleil, Aglaé va d'ailleurs rejoindre d'ici peu la Très grande infrastructure européenne dédiée aux sciences du patrimoine, E-RIHS (European Research Infrastructure for Heritage Science). Cette plateforme transnationale permettra aux chercheurs d'avoir accès aux équipements de pointe de douze pays – synchrotron, faisceaux d'ions, lasers, méthodes portables... – mais aussi à des collections physiques, des archives scientifiques et des données numériques du patrimoine.

Quel bilan tirez-vous du précédent accord-cadre ?

P. B. : Le précédent accord, sur la période 2012-2015, a vu l'ancrage du numérique dans tous les domaines de la recherche, et un début d'élargissement de nos thématiques de travail vers la musique, notamment. On pourra citer l'exemple du Cubiculum musicae⁴ déployé à Tours, qui permet une plongée inédite dans la musique de la Renaissance, mais aussi le logiciel d'aide à la création musicale « open-music » imaginé avec l'Ircam.

M. L. : Pour ma part, je citerai la volonté de développer la recherche dans la centaine d'écoles gérées par le ministère de la Culture et de la Communication : conservatoires de musique, écoles d'art ou d'architecture. Cette ouverture à la recherche devient une condition essentielle pour que les diplômés à bac +5 délivrés par ces établissements soient bien évalués et que de nouveaux doctorats en art puissent être développés. Il s'agit là d'une priorité pour nous dans les années à venir. ||

sur le même campus que le MAP², spécialiste de modélisation 3D. Tous deux, on l'espère, sauront combiner leurs approches pour aboutir à des expériences immersives complètes. Citons aussi le développement des sciences participatives. Au-delà des possibilités inédites que le crowdsourcing offre aux chercheurs – l'appel au public a ainsi permis de recenser en un temps record les orgues de toutes les églises de France –, c'est un moyen formidable d'intégrer la population à la démarche scientifique et de réduire le fossé qui se creuse entre science et citoyens.

Qu'en est-il des équipements de pointe comme Aglaé ou Soleil ?

M. L. : Ils sont plus que jamais d'actualité ! Situé dans les sous-sols du Louvre, l'accélérateur de protons Aglaé³ du C2RMF analyse de manière non invasive les matériaux constituant les œuvres d'art ou les objets archéologiques. Il va subir une mise à niveau complète en 2017, qui permettra un balayage systématique et complètement automatisé des œuvres.

© C. PRESILLON/CNRMS/PHOTOTHEQUE

P. B. : Je viens de l'évoquer, mais on peut ajouter tout ce qui tourne autour de la création : littérature, esthétique, arts vivants... La naissance d'une équipe du Laboratoire de mécanique et d'acoustique de Marseille¹ entièrement dédiée à l'acoustique et à la création musicale (mise au point de nouveaux instruments notamment) est un bon exemple de ce qui va être réalisé dans le cadre de ce partenariat. Le laboratoire sera d'ailleurs hébergé

L'accord-cadre en chiffres

1,35 million d'euros
de financement annuel

23 unités mixtes
de recherche CNRS-
ministère de la Culture

57 programmes de
recherche développés
en partenariat

4 fédérations
de recherche

L'irrésistible essor de l'énergie solaire

MATIÈRE

TERRE

Énergie. La recherche sur l'énergie solaire photovoltaïque avance à grands pas. Tour d'horizon des tendances les plus prometteuses avec les spécialistes Daniel Lincot et Pere Roca i Cabarrocas.

PROPOS RECUEILLIS PAR LÉA GALANOPOULO

L'effet photovoltaïque, découvert au XIX^e siècle, repose en partie sur les propriétés des matériaux semi-conducteurs présents dans les panneaux solaires. Comment travaillez-vous à leur amélioration ?

Daniel Lincot¹ : La recherche sur l'énergie solaire photovoltaïque est un travail d'équipe. L'objectif est de fabriquer des cellules solaires plus efficaces, qui convertissent mieux la lumière du soleil en électricité, et à moindre coût. Pour augmenter le rendement des cellules photovoltaïques, il faut améliorer les propriétés semi-conductrices de chacun des matériaux présents dans la cellule, comme le silicium, mais aussi leurs combinaisons. Une cellule photovoltaïque est un peu comme une équipe de foot ! Elle doit former un tout : il y a l'individuel et le collectif. Les matériaux doivent être meilleurs à titre personnel, mais aussi capables de se faire passer des électrons entre eux.

Pere Roca i Cabarrocas² : Lorsqu'on cherche à améliorer le rendement ou le coût, le moindre détail compte. La recherche sur le solaire photovoltaïque est vraiment une branche ouverte et dynamique, qui intègre la physique, l'électronique, la chimie, la science des matériaux et l'optique. Pour améliorer les cellules solaires, il nous faut cette pluridisciplinarité.

D. L. : Et la recherche avance vite. Quand les premières cellules au silicium ont été mises au point dans les années 1950, leur rendement est passé, en quelques années, de presque 0 % à plus de 10 %. Aujourd'hui, on estime qu'il pourrait un jour atteindre les 85 % ! Cela prouve que, en termes de photovoltaïque, on en a encore sous le pied...

Le soleil fournit à la Terre 3 kilowattheures par mètre carré en moyenne chaque jour. Cette énergie semble inépuisable. Alors, quels sont les verrous qui limitent encore son développement à large échelle ?

P. R. C. : Contrairement à ce que l'on pense, l'énergie solaire est déjà viable et compétitive. En France, EDF pousse ses

consommateurs à devenir eux-mêmes producteurs d'électricité solaire. Et, dans beaucoup d'autres pays, le solaire est compétitif par rapport aux autres énergies.

D. L. : Les verrous sont pratiquement tous levés à l'échelle mondiale. Rien qu'avec *Solar Impulse*, on a montré que l'on pouvait alterner jour et nuit, et résoudre certains problèmes de stockage d'énergie. Le seul obstacle est qu'il faudrait aller encore plus loin...

En France, nous sommes encore confrontés à des verrous économiques, politiques et culturels.

P. R. C. : *Solar Impulse* a permis d'illustrer le fait qu'il y a des solutions et que, avec une gestion intelligente de l'énergie, on peut y arriver. Il y a des exemples encore plus convaincants, mais moins médiatiques, qui prouvent le potentiel du photovoltaïque. Avec le solaire, on peut imaginer créer de la richesse dans les pays du Sud, qui vendraient leur énergie solaire. C'est une utopie qui devient réalisable.

Le silicium, utilisé dès les années 1960 pour alimenter les satellites spatiaux, est encore aujourd'hui le matériau phare des panneaux solaires. Pourquoi n'est-il toujours pas parfait ?

D. L. : La filière silicium représente 90 % du marché de l'énergie solaire. Son principe consiste à découper des lingots de silicium en plaquettes pour former des cellules photovoltaïques capables de transformer l'énergie du soleil en électricité. Le problème est que le silicium a besoin de beaucoup d'épaisseur pour absorber totalement la lumière du soleil.

P. R. C. : Le rendement record du silicium est de 25,6 % en laboratoire, il faut faire plus ! On sait que l'on peut aller au-delà de 60 % avec des concepts comme les *multijonctions*. Aucun principe de la physique ne nous en empêche. Mieux on piège les photons, meilleur le rendement est.



SOLAR IMPULSE

Avion solaire développé par Bertrand Piccard et André Borschberg. Il a achevé cet été un tour du monde en 17 étapes.

MULTIJONCTION

Empilement de plusieurs semi-conducteurs.

1. Directeur de l'Institut de recherche et développement sur l'énergie photovoltaïque (CNRS/EDF/Chimie ParisTech) et directeur scientifique de l'Institut photovoltaïque d'Ile-de-France. 2. Directeur du Laboratoire de physique des interfaces et des couches minces (CNRS/École polytechnique) et directeur de la Fédération de recherche photovoltaïque. 3. Disélectrique de cuivre, gallium et indium, avec un rendement record en couches minces à 22,6 %.



© T. ERNSTING/LAIFRIDA

▼ Test de modules solaires à couches minces dans une usine à Cologne, en Allemagne.

Pour améliorer le rendement des panneaux solaires, faut-il donc envisager des matériaux plus fins ?

D. L. : Ce n'est pas vraiment une question de rendement mais plutôt de procédés et de coût. C'est tout l'enjeu de la filière dite des couches minces, qui représente environ 10 % de part de marché. Elle est composée de trois types de matériaux semi-conducteurs : le tellure de cadmium, le Cigs³ et le silicium en couches minces. Cela consiste à recouvrir un support d'une fine couche d'un de ces matériaux. Les cellules photovoltaïques deviennent ainsi 100 fois plus fines, et donc potentiellement moins chères.

P. R. C. : La filière des couches minces silicium est vraiment très encourageante. Les modules, sur les panneaux solaires, atteignent déjà entre 12 et 15 % de rendement.

D. L. : D'ailleurs, on trouve des couches minces partout dans la vie de tous les jours. Par exemple, l'intérieur des paquets de chips est recouvert d'une couche mince d'aluminium, qui protège les aliments en empêchant l'oxygène de rentrer.

Au-delà de la question du rendement, votre objectif n'est-il pas également de prendre en compte le coût pour rendre l'énergie solaire accessible à tous ?

P. R. C. : L'objectif de la recherche sur le solaire est de faire mieux et moins cher !

D. L. : Notre but est de fabriquer de l'électricité renouvelable à bas prix. Tout le monde ne peut pas se permettre la technologie de Solar Impulse ! Mais le prix d'aujourd'hui ne sera

pas forcément celui de demain. Les premiers écrans plats aussi coûtaient extrêmement cher au début. Aujourd'hui, tout le monde en a. Il y a quelques années, les modules photovoltaïques étaient de cinq à dix fois plus chers.

Certaines filières émergentes vous paraissent-elles plus prometteuses que d'autres ?

D. L. : À côté du silicium et des couches minces, il existe d'autres filières, moins développées, plus émergentes, comme le photovoltaïque à concentration. Les cellules à multijonctions utilisées sont couplées à des miroirs ou à des lentilles qui agissent comme des loupes qui peuvent alors concentrer l'énergie sur les cellules, en suivant le soleil. Le rendement record des cellules à concentration atteint 46 %. Mais leur coût de fabrication reste encore très élevé...

P. R. C. : Le photovoltaïque à concentration produit plus de watts, avec beaucoup moins de surface de cellule, mais il ne peut utiliser que le rayonnement solaire « direct », et ne fonctionne donc qu'en l'absence de nuages. En matière de solaire, on essaie toujours de savoir quel matériau va gagner la course, mais cela dépend beaucoup des conditions d'utilisation. Selon qu'il fait froid, chaud ou humide, chaque filière aura son efficacité. Finalement, je pense que l'idéal serait de combiner les atouts de chaque matériau.

Le monde scientifique s'enthousiasme actuellement pour les pérovskites, un matériau utilisé en photovoltaïque depuis 2012 et aux rendements presque incroyables. Est-ce, selon vous, un réel tournant pour l'énergie solaire ?

P. R. C. : En effet, aujourd'hui la mode est aux pérovskites, un type de cellules solaires hybrides constituées d'un mélange de matériaux organiques et inorganiques. Néanmoins, il reste encore de nombreux points à éclaircir sur ce sujet, en particulier en termes de stabilité des cellules, à haute température par exemple. Pour l'instant, les pérovskites n'ont pas encore fait leurs preuves au niveau industriel.

D. L. : C'est une révolution dans le domaine. Même si les questions de stabilité et de reproductibilité se posent encore, les pérovskites ouvrent une nouvelle fenêtre pour le photovoltaïque. Actuellement, on imagine coupler ces pérovskites avec des cellules déjà existantes à base de silicium ou de Cigs. Ce sont les tandems (des empilements de deux cellules élémentaires) qui pourraient atteindre théoriquement les 40 % de rendement. C'est la raison pour laquelle l'un des projets phares de l'Institut photovoltaïque d'Île-de-France (IPVF), dans lequel nous sommes tous les deux engagés, impliquerait la réalisation de cellules tandem.

Certaines pistes de recherche ont-elles été abandonnées au fil du temps ?

D. L. : De fait oui, il y a des filières presque éteintes. Il y a quelques années, on a cru, par exemple, au sulfure de ...

Une nouvelle microcentrale solaire à Odeillo

Le 27 septembre, une nouvelle centrale thermique solaire a été inaugurée à Odeillo, dans les Pyrénées-Orientales. Baptisée MicroSol-R (Microcentrale solaire pour la recherche), elle a pour but d'optimiser, à partir de l'énergie solaire, la production combinée d'électricité, de chaleur, de froid et d'eau potable et ce, pour subvenir aux besoins d'un quartier ou d'une entreprise moyenne. Quatre sous-ensembles assurent la captation de l'énergie solaire et sa conversion en chaleur, le stockage de cette chaleur, la production de vapeur et la génération d'électricité. Cette microcentrale à concentration solaire a été construite dans le cadre de l'Equipex Socrate et est utilisée par le Labex Solstice, tous deux pilotés par le laboratoire Procédés, matériaux, énergie solaire (Promes).

... cuivre, car il est abondant dans la nature, non toxique et absorbe la lumière de manière remarquable. Dans les années 1980, c'était le Graal. Sauf que les cellules n'étaient pas assez stables et se dégradaient en quelques jours.

P. R. C. : D'autres domaines sont un peu en souffrance, comme les cellules photovoltaïques organiques. Il y a eu un boom dans les années 2000, qui est rapidement retombé. En réalité, les chercheurs qui travaillaient dans cette branche l'ont abandonnée au profit des pérovskites. Certaines cellules organiques ont encore des problèmes de stabilité, de rendement et de coût. Mais ce n'est pas une filière à écarter, car elle intéresse des marchés bien spécifiques.

Le recyclage et la durée de vie des cellules photovoltaïques font-ils également partie du cahier des charges de la recherche sur le solaire ?

D. L. : C'est très important. Nous analysons le cycle de vie des cellules. On table sur des durées de vie de vingt à trente ans, voire plus. Donc on pourrait même envisager de léguer des panneaux solaires en héritage !

P. R. C. : Le marché du recyclage se développe très bien. Le « temps de retour énergétique » d'une cellule est de

seulement un ou deux ans. C'est-à-dire que, en ce laps de temps, vous aurez produit la même quantité d'énergie que celle que vous aurez dépensée pour fabriquer la cellule. Vous aurez « remboursé » l'énergie. Les vingt ou trente ans de durée de vie après, c'est du bonus !

Vous êtes tous les deux engagés dans l'IPVF, qui regroupera plus de 200 chercheurs. Quelles sont ses ambitions pour l'avenir ?

P. R. C. : La recherche sur le solaire photovoltaïque en France est parmi les meilleures du monde, mais nous n'avons que peu de visibilité. L'IPVF nous apporte un coup de projecteur. Et il permet également de rassembler les différentes filières : couches minces, silicium, pérovskites...

D. L. : La création de l'IPVF permet de préparer le futur pour notre pays. Nous pensons que la décennie clé est 2020-2030. Ce seront les années du solaire, le basculement. On estime que, à cette période, la capacité de production d'électricité solaire dépassera le térawatt ! L'objectif phare « 30/30/30 » de l'IPVF serait d'arriver à 30 % de rendement à 30 centimes de dollars le watt en 2030. Pour cela, cette structure offre des possibilités remarquables de synergies public-privé, en associant à la fois des partenaires académiques comme le CNRS ou l'École polytechnique, des grands industriels comme EDF, Total et Air Liquide, mais aussi des plus petits comme Horiba Jobin Yvon ou Riber. Le CNRS est au cœur de cette construction, c'est une grande fierté pour nous et aussi une grande responsabilité.

Aujourd'hui, l'énergie solaire représente seulement 1 % de l'énergie produite dans le monde. À terme, le solaire réussira-t-il à surpasser les énergies fossiles ?

P. R. C. : Bien sûr que oui ! Le charbon paraît moins cher, mais c'est parce qu'on ne prend pas en compte tous les coûts à long terme sur la santé et l'environnement. Le solaire est déjà largement compétitif dans de nombreuses régions du monde, comme en Arizona. L'avenir n'est pas dans l'énergie fossile, même si la transition ne se fera pas l'année prochaine. L'énergie solaire permet aussi bien de charger la batterie d'un portable que de fournir l'énergie nécessaire à un village entier, elle est extrêmement modulable. Et le solaire est une ressource illimitée et bon marché.

D. L. : Dans une vingtaine d'années, le solaire supplantera très probablement les filières énergétiques classiques. Aujourd'hui déjà, le photovoltaïque approche dans certains pays les 10 % de fourniture d'électricité. Nous allons apprendre à adapter notre production d'énergie aux saisons, en favorisant par exemple le solaire l'été et l'éolien ou l'hydraulique l'hiver. Le système s'équilibre finalement... Lorsque l'on travaille sur l'énergie solaire, on est forcément guidé par l'idée que c'est un bien pour l'humanité. ■

▲ **Panneaux photovoltaïques recouvrant les toits de maisons à Phoenix, en Arizona, où le solaire est devenu très compétitif.**



Les glaces du Mont-Blanc à l'abri en Antarctique

PROPOS RECUEILLIS PAR CARINA LOUART

TERRE

Glaciologie. En août dernier, des chercheurs ont prélevé les premières « carottes-patrimoine » sur le massif du Mont-Blanc. Objectif : constituer une banque mondiale d'archives glaciaires. Les explications de Jérôme Chappellaz, à l'initiative de ce projet.



Lire l'intégralité de l'interview sur lejournald.cnrs.fr

Comment est né ce projet ?

Jérôme Chappellaz¹ : Dès les années 2000, des collègues américains avaient alerté la communauté internationale sur la nécessité d'extraire des carottes de glace issues de glaciers menacés par le réchauffement climatique. Mais, faute de moyens financiers, ce projet n'avait pas abouti. En 2013, lors d'une réunion à Porto Alegre, au Brésil, j'ai proposé la création d'une banque mondiale de carottes en Antarctique, destinée aux prochaines générations de chercheurs. Nous allons nous appuyer sur le mécénat pour monter l'opération².

Pourquoi est-il vital de sauvegarder ce patrimoine ?

J. C. : Parce que les glaciers sont des livres d'histoire. Et que leurs pages sont en train de disparaître sous nos yeux ! En emprisonnant les différents composants de l'atmosphère, la glace constitue une source d'information inestimable pour retracer notre passé environnemental, rendre compte de l'évolution climatique et surtout pour comprendre notre avenir. Et on peut présager que, d'ici quelques décennies, les chercheurs parviendront à isoler les bactéries

ou les virus piégés dans la glace et utiliseront ces archives pour étudier l'évolution du génome. Sans compter toutes les informations dont nous n'avons pas encore idée !

Comment s'est déroulé le premier prélèvement, effectué sur le massif du Mont-Blanc ?

J. C. : L'opération, coordonnée par mon collègue Patrick Ginot, a démarré à la mi-août. Deux équipes internationales de chercheurs se sont relayées pour extraire trois carottes de 130 mètres, qui ont ensuite été stockées au Laboratoire de glaciologie et de géophysique de l'environnement.

À terme, vous ne garderez qu'une seule carotte ; les autres seront conservées en Antarctique...

J. C. : Une carotte de référence restera en Europe. Les analyses seront effectuées en 2018 et 2019 au Laboratoire des sciences du climat et de l'environnement³ et à l'université de Venise en vue de constituer une base de données mondiale en libre accès. Les autres carottes seront acheminées en 2020 à la base Concordia, en Antarctique. Nous allons enfouir des conteneurs à

10 mètres de profondeur, afin de conserver les carottes à une température de - 54 °C.

Comment choisissez-vous vos sites de prélèvement ?

J. C. : Par leur représentativité régionale : avec quelques glaciers alpins bien sélectionnés, on a une bonne idée de la composition de l'atmosphère à l'échelle européenne. Le deuxième paramètre est climatique : pour forer, on a besoin de températures toujours négatives et d'une accumulation de glace importante. Enfin, les glaciers doivent recouvrir des échelles de temps différentes.

Comment ces archives glaciaires seront-elles gérées ?

J. C. : Nous sommes en train de mettre en place une gouvernance qui décidera de leur usage ; des discussions sont en cours avec l'Unesco et le Programme des Nations unies pour l'environnement. Nous espérons obtenir leur soutien effectif d'ici dix à quinze ans. En attendant, nous devons extraire le maximum de matière première avant qu'elle ne disparaisse ou ne perde de sa qualité d'enregistrement. ■

1. Directeur de recherche au Laboratoire de glaciologie et de géophysique de l'environnement (CNRS/Univ. Grenoble Alpes).
2. La sollicitation des mécènes est coordonnée par la fondation de l'université Grenoble Alpes. 3. Unité CNRS/CEA/UVSQ.

Au doigt et à l'œil face aux technologies numériques

Psychologie cognitive. Lorsque nous croiserons un robot dans la rue, celui-ci devra-t-il nous regarder dans les yeux ? Les annonces sonores des aéroports sont-elles toujours compréhensibles ? Voici le genre de questions passées au crible sur la nouvelle plateforme technologique « Cognition, comportements et usages »¹ de 450 m² installée dans la Maison de la recherche de l'université Toulouse Jean-Jaurès. Chacun de ses neuf plateaux, placé sous la direction d'un chercheur du laboratoire Cognition, langues, langage, ergonomie², est spécialisé dans un domaine de la cognition et étudie le comportement humain, en particulier en tant qu'usager des nouvelles technologies.

PAR CARINA LOUART

▼ Dans ce double dispositif, le sujet est muni d'un bonnet d'électrodes et son œil est visualisé sur l'écran.



DÉCRYPTER LES RÉPONSES PHYSIOLOGIQUES

Grâce à une palette d'outils de mesures physiologiques, les plateaux EEG et Oculométrie permettent d'enregistrer la manière dont des volontaires réagissent et traitent les informations. Tout y passe : respiration, rythme cardiaque, température corporelle, mouvements oculaires (eye-trackers), activité cérébrale (électroencéphalogrammes) et neuromusculaire (caméra thermique), etc. Ces marqueurs peuvent être utilisés pour tous les autres plateaux de la plateforme.

Le plateau Petra permet d'étudier la perception et l'interprétation des sons grâce à une cabine audiométrique et des tests psycho-acoustiques. Parmi les sujets de recherche : l'évaluation et l'amélioration des voix digitalisées et des messages vocaux dans les lieux publics, et l'efficacité des signaux d'alerte dans les cockpits des avions. « Les ingénieurs fabriquent des dispositifs sonores tandis que nous nous intéressons à ce que les êtres humains entendent et comprennent bien ou mal, d'où l'intérêt de travailler ensemble », expliquent les chercheurs de Petra.

DES MESSAGES SONORES PLUS CLAIRS



► Sur le « Perception », une table-écran tactile, les participants trient les sons selon leurs ressemblances.

1. La plateforme CCU dépend de la Maison des sciences de l'Homme et de la société de Toulouse (MSHS-T), une unité de service et de recherche du CNRS et de l'Université fédérale de Toulouse. 2. Unité CNRS/Univ. Toulouse Jean-Jaurès.



► Le robot humanoïde NAO est doté de nombreux capteurs (tactiles, visuels, auditifs) lui permettant d'interagir avec son environnement.



Plus d'informations sur la plateforme sur

» <http://mshs.univ-toulouse.fr>

DES ROBOTS ET DES HOMMES

Le plateau **ROB** étudie l'utilisation et l'acceptabilité des robots par les humains grâce au célèbre NAO, dénué d'expressions faciales. Lui qui ne fronce jamais un sourcil et ne montre aucun signe d'impatience, peut-il être un outil de communication privilégié avec les enfants autistes ? Les personnes âgées accepteront-elles de se faire aider par des robots ? Ceux-ci doivent-ils nous ressembler ? Ce sont certaines des réflexions à mener avant de voir les robots peupler notre quotidien.



Traquer les défauts de l'attention au volant : c'est l'objectif du simulateur de conduite automobile **Simulauto**. Il est équipé de capteurs et de deux écrans géants placés à l'avant et à l'arrière, qui simulent les conditions réelles du réseau routier. Il permettra notamment d'appréhender des problématiques liées aux voitures autonomes : en cas d'aléas, comment un conducteur passera-t-il de l'inaction à la reprise du contrôle du véhicule ? Quid de la perte d'expertise des conducteurs induite par ces voitures ? Et aurons-nous toujours des réflexes efficaces ?

AU VOLANT DE LA VOITURE AUTONOME

► Le simulateur de conduite vise à analyser l'attention du conducteur au volant et ses interactions avec une voiture autonome.

ET AUSSI...

Babylab étudie les interactions entre adultes et enfants de plus de 6 mois, notamment la communication gestuelle. **ImNum** s'intéresse à la perception et à l'influence de l'apparence faciale. **Cloe** étudie les processus langagiers (oral et écrit) pour développer de nouveaux outils d'aide aux personnes en difficulté d'apprentissage et de décodage du langage. Enfin, **TAB** analyse l'usage des tablettes tactiles, en particulier à l'école.



► Le plateau d'imagerie numérique **ImNum** permet la collecte d'images et la constitution de bases de données.

Un tremplin pour les start-up scientifiques

Concours. Organisé par le CNRS et le Groupe AEF, le concours Start-up Connexion entame sa troisième édition. Il s'adresse aux chercheurs et enseignants-chercheurs ayant créé leur start-up et leur donne la possibilité de rencontrer des investisseurs et de suivre un coaching.

PAR VÉRONIQUE MEDER

Frec'n'sys, Hublex, Obuu, PIGM'Azur... Des noms de start-up aussi variés que les domaines de recherche qui ont abouti à leur création. Leur point commun ? Elles font toutes partie des finalistes 2015 et 2016 de Start-up Connexion, les rencontres investisseurs et chercheurs-entrepreneurs. Cette initiative¹ du CNRS et du Groupe AEF, dont la troisième édition a débuté le 20 octobre, a pour buts la détection de projets innovants à haute valeur ajoutée issus de la recherche académique et la valorisation des start-up.

encore de mises en relation avec des investisseurs et des industriels. « *Start-up Connexion nous aide à détecter des projets innovants sur lesquels on pourrait envisager un investissement à très court terme* », confirme Victor Briancon-Marjollet, analyste en capital-risque chez Elaia Partners et membre du jury de l'édition 2017.

« Nourrir son réseau »

Ces rencontres se dérouleront le 17 mars prochain lors des RUE, Salon de l'enseignement supérieur et de la recherche, à Paris. Nicolas Volle, directeur de PIGM'Azur, souligne l'enjeu de cet événement : « *Nourrir son réseau est une des clés de toute création d'entreprise, pour l'activer le moment venu* ». La start-up, qui propose des pigments naturels non allergènes et non toxiques pour les industriels et les artistes, a aujourd'hui terminé son développement et sa montée en échelle. Elle entre en phase de commercialisation de ses produits.

« *Start-up Connexion est arrivé comme un rebond à un moment où on était en peine de voir notre chiffre d'affaires décoller* », se souvient Sylvain



Ballandras, directeur de Frec'n'sys. Cette société fabrique des composants pour les télécoms, la défense et le spatial, et des capteurs pour diverses applications. « *Grâce à ma participation en 2015, confie-t-il, j'ai pu nouer des contacts avec des investisseurs, des dirigeants d'une plateforme de crowdfunding et des industriels. Aujourd'hui, je suis toujours en relation avec l'un d'entre eux et cela pourrait déboucher sur une collaboration dans un proche avenir.* »



Le site du concours :

» www.startup-connexion.com

Le concours s'adresse en effet aux chercheurs et enseignants-chercheurs ayant récemment créé leur entreprise. Il leur offre l'opportunité de bénéficier d'un coaching, d'une formation en propriété industrielle, d'un accompagnement personnalisé avec le cabinet Plasseraud, d'une visibilité dans les actions de communication du CNRS et du Groupe AEF, d'un prix financier ou

1. Elle bénéficie de la participation d'IT-Translation, de l'Afic, des Échos, de CapinTech, de FIST SA et du réseau des SATT, ainsi que d'un partenariat avec le cabinet de propriété industrielle Plasseraud.

START-UP CONNEXION

ÉDITION #3

**Les rencontres investisseurs
et chercheurs-entrepreneurs**

CANDIDATEZ

DU 20/10/2016

AU 13/01/2017

www.startup-connexion.com

Rendez-vous aux RUE
Salon de l'Enseignement supérieur et de la Recherche

LE 17 MARS 2017

PALAIS DES CONGRÈS • PARIS

▲ Ci-contre, l'édition 2016 de Start-up Connexion; ci-dessous, Nicolas Volle de PIGM'Azur, lauréat 2015.



© PHOTOS : AERONAUTIC START-UP CONNEXION



L'appel à candidatures se clôturera le 13 janvier 2017. Les candidats retenus bénéficieront au début du mois de mars d'un coaching assuré par des professionnels de la valorisation et du financement de l'innovation. Objectif : les mettre en conditions du fameux « elevator pitch », parcours obligé de tout entrepreneur en quête d'investissements. L'exercice consiste à présenter son projet en un temps limité devant un potentiel partenaire ou un investisseur. Savoir capter l'attention, donner les bonnes infos, mettre intelligemment en avant son projet sont des éléments qui ne s'improvisent pas.

Un coaching à la clé

« La journée de coaching a pour objectif d'aider les candidats à prendre un peu de distance, pour identifier les principaux messages à faire passer et déclencher la conviction des auditeurs. Nous leur proposons des améliorations de fond et de forme, et ils progressent très vite », estime Laurent

Kott, président d'IT-Translation, coach et membre du jury. « Aujourd'hui, témoigne Jonathan Lévy, quand je rencontre des industriels, je reprends à 80 % la présentation que j'ai mise en place à cette occasion. »

Participer au concours permet également de gagner en visibilité et en crédibilité. « L'événement est aujourd'hui devenu une référence pour les investisseurs », poursuit Jonathan Lévy. « Alors qu'on venait tout juste d'intégrer l'incubateur Airbus Bizlab à Toulouse, notre participation à l'édition 2016 nous a permis d'être connus en France, d'accéder à d'autres sphères et de nouer des contacts stratégiques », relate de son côté Francisco Inglès, directeur d'Obuu. Cette start-up madrilène se spécialise dans des logiciels d'optimisation des stocks de pièces de rechange et d'outillages spécifiques pour la maintenance aéronautique.

S'initier à la propriété industrielle

Cette année, le concours Start-up Connexion compte quelques nouveautés : grâce à un partenariat avec Plasseraud Start-up, les finalistes de l'édition 2017 pourront bénéficier d'une demi-journée de sensibilisation et de formation à la propriété industrielle. « Cet élément, si important et pourtant si méconnu, constitue l'actif clé d'une start-up. Celui qui intéressera les investisseurs et sécurisera leurs investissements », commente Nadine Rocaboy, responsable de ce pôle au sein du cabinet. Une dotation de 5 000 euros et un accompagnement personnalisé en propriété industrielle récompenseront également la start-up « Coup de cœur » du jury. Autant d'arguments pour ne pas rater cette nouvelle édition... II

En bref

DES ACCORDS INTERNATIONAUX POUR LES MATÉRIAUX

Étudier le comportement des matériaux soumis à des sollicitations extrêmes et complexes, afin de comprendre leurs mécanismes de dégradation au fil du temps et mieux évaluer leur durée de vie : tel est l'objectif du laboratoire inauguré le 4 octobre dernier par le CNRS, l'université de Lyon et l'université du Tohoku. Cette nouvelle unité mixte internationale (UMI), nommée Engineering Science Lyon - Tohoku for Materials and Systems under Extreme Conditions (ELyTMAx), est basée à Sendai, au Japon.

Les matériaux étaient également au programme de l'accord signé à Boston le 9 septembre entre le CNRS, l'université Aix-Marseille et le Massachusetts Institute of Technology (MIT). Celui-ci prolonge les activités de l'UMI « MSE », commencées en 2012 et consacrées aux phénomènes de fracturation et de vieillissement des matériaux multi-échelle et poreux.

UNE ENTRÉE EN BOURSE RÉUSSIE

Début juillet, la société biopharmaceutique GenSight Biologics, créée en 2012 et issue en partie des travaux de l'Institut de la vision, a réalisé une levée de fonds de 45 millions d'euros lors de son introduction en Bourse. Elle développe des candidats médicaments qui combinent thérapie génique et dispositifs technologiques innovants, contre certaines maladies neurodégénératives de la rétine et du système nerveux central. Deux études cliniques de phase III en février ont débuté pour le plus avancé d'entre eux, baptisé GS010.

VALORISATION : LE CNRS BIEN PRÉSENT

Le CNRS est présent dans 27 des 38 Instituts Carnot et Tremplins Carnot, dont la liste a été dévoilée en juillet dans le cadre de l'appel à projets Carnot 3. Un chiffre qui confirme l'implication de l'organisme dans ces structures majeures de la recherche contractuelle en France. Par ailleurs, le CNRS est impliqué dans plus de 40 % des projets qui ont été distingués lors de la 18^e édition du concours national i-LAB d'aide à la création d'entreprises de technologies innovantes.



Le bois prépare sa revanche

À Bordeaux, il n'y a pas que la vigne qui pousse, les immeubles en bois aussi. La ville a lancé en janvier 2016 la construction de la première tour « tout bois » de l'Hexagone : un ensemble de bureaux dont la structure, l'habillage et les aménagements intérieurs seront réalisés avec des essences locales. Et ce n'est que le début : avec l'apparition des nouvelles techniques de construction

et le recours aux panneaux de bois massif ou CLT¹, les architectes affirment pouvoir construire des tours de plusieurs dizaines d'étages. Une folie ? Absolument pas, selon les chercheurs spécialisés dans la mécanique de l'arbre et du bois. « *Les gens ont énormément de préjugés sur le bois, qu'on pourrait résumer en une phrase : "Le bois, ça casse, ça brûle, ça pourrit"*, soupire Bernard Thibaut, ingénieur forestier et directeur de recherche émérite au Laboratoire de mécanique et génie civil² (LMGC), à Montpellier. *Tout est pourtant faux dans cette affirmation.* »

À rebours des idées reçues, le bois se classe parmi les matériaux qui présentent la plus forte résistance à la rupture pour une densité parmi les plus faibles³. Il est solide tout en étant léger, ce qui en fait un matériau particulièrement adapté pour tous les usages de structure, mais aussi pour la fabrication de pièces mécaniques soumises à des contraintes fortes. Quant à l'idée selon laquelle le bois craindrait le feu... « *Ni plus ni moins que les autres*

matériaux, insiste Bernard Thibaut. Si le bois se carbonise sur quelques centimètres en cas d'incendie, il conserve plus longtemps que d'autres matériaux ses propriétés de structure. Le métal, au contraire, se déforme rapidement sous l'effet de la chaleur. »

Caractériser chaque essence pour mieux l'utiliser

Ressource reine en France du XVIII^e siècle jusqu'à la Seconde Guerre mondiale, le bois a été brutalement abandonné au XX^e siècle au profit des matériaux artificiels. Béton armé pour le bâtiment, kevlar et composites de carbone pour les bateaux, les avions... Il y a une raison à cela, selon Meriem Fournier, du Laboratoire d'étude des ressources bois-forêt⁴ : « *Les industriels veulent connaître les propriétés précises des matériaux qu'ils utilisent. Or le bois est extrêmement variable. Sa densité, sa couleur, sa résistance au pourrissement, sa déformation sous l'effet de l'humidité... Tous ces facteurs varient d'une essence à l'autre. Or on compte plus de 50 000 espèces d'arbres sur la planète !* »

« *Cette diversité, c'est la malédiction du bois et sa chance tout à la fois* », analyse Joseph Gril, responsable de l'équipe « Bois » au LMG, qui dirige également un réseau réunissant tous les spécialistes français du bois⁵. C'est pourquoi un énorme travail de caractérisation des essences est aujourd'hui en cours. Objectif : produire pour chaque essence une carte d'identité complète de ses propriétés (couleur, densité, coefficient de déformation, résistance à la rupture, viscoélasticité...), comme il en existe pour tous les autres matériaux.

Autre propriété d'importance : la résistance à la putréfaction. « *Chaque bois contient un cocktail de molécules qui*

MATIÈRE

Innovation. Les industriels ne jurent que par le béton ou les composites. La nature a pourtant inventé une ressource révolutionnaire : le bois. Zoom sur ce matériau aux propriétés étonnantes.

PAR LAURE CAILLOCE

1. Le bois lamellé-croisé ou CLT (*cross-laminated timber*) est un sandwich de planches collées perpendiculairement entre elles afin de garantir une robustesse maximale. 2. Unité CNRS/Univ. de Montpellier. 3. Le bois affiche une densité comprise entre 0,1 et 1,3 selon l'espèce. À titre de comparaison, le kevlar a une densité de 1,4 et les métaux sont dix fois plus denses. 4. Unité Inra/AgroParisTech. 5. Créé en 2012, le Groupement de recherche « Bois » regroupe près de 500 chercheurs répartis dans 70 laboratoires.



► Version en bois de l'Empire State Building conçue par le cabinet MGA. Selon les architectes, il n'y a pas de limite pour construire en bois, sinon psychologique.

lui permettent de résister plus ou moins bien aux bactéries, insectes et champignons responsables du pourrissement », explique Joseph Gril. Le chêne contient ainsi une centaine de ces molécules, parmi lesquelles les tanins, un antiseptique naturel qui lui permet de se défendre face aux champignons et aux insectes. « En Guyane, où l'on compte pas moins de 1 600 essences, seules 250 ont été caractérisées pour leurs propriétés mécaniques et 150 pour leur résistance aux champignons, précise Bernard Thibaut. Dans l'Hexagone, où une centaine d'essences sont présentes, seules les molécules du chêne sont à peu près connues. »

Pour les chercheurs, une chose est sûre : les usages du bois ne pourront pas se multiplier sans ce travail de caractérisation. « En France hexagonale, seules les forêts de résineux font l'objet d'une demande industrielle, tandis que les forêts de feuillus, les plus nombreuses, sont ignorées », regrette Meriem Fournier. Cela s'explique : les résineux poussent droit et de manière homogène, tandis que les feuillus sont moins prévisibles. De plus, toutes les machines à exploiter le bois sont fabriquées en Europe du Nord, où les résineux prédominent, et sont mal adaptées aux autres essences.

Des robots aux... polymères

Des projets commencent pourtant à voir le jour. En Lorraine, un bâtiment scolaire (à Tendon) et des gîtes de tourisme (à Xertigny) ont été construits en bois de hêtre, une essence locale abondante. « Nous avons mis au point un traitement thermique permettant de protéger ce bois peu résistant aux champignons et aux insectes. Le hêtre est porté à 250 °C sans oxygène afin d'éviter la combustion », précise Meriem Fournier.

De nouveaux usages commencent aussi à émerger. « Dans l'automobile, on voit apparaître des polymères enrichis en fibres de bois pour fabriquer carrosseries ou

tableaux de bord, indique Bernard Thibaut. Certains robots sont fabriqués avec des bras en bambou, un bois élastique qui permet des mouvements plus fluides. On peut même concevoir des caisses d'ordinateur pour les pays tropicaux, car le bois absorbe une partie de l'humidité ambiante et évite la condensation sur les circuits... » La chimie s'empare également de ce matériau : les microfibrilles de cellulose permettent aujourd'hui de fabriquer des films optiques et électroniques de quelques nanomètres d'épaisseur à peine. Quant à la lignine, la molécule la plus présente dans le bois avec la cellulose, c'est un polymère naturel qui constitue une bonne alternative au pétrole, dans la plasturgie notamment.

Redonner toute sa place au bois n'est pas qu'une question économique, c'est aussi un choix de société. « Le bois pousse tout seul, avec de l'air et l'eau du ciel, rappelle Joseph Gril. À un moment où tout le monde parle de transition énergétique, c'est une ressource qu'on ne peut plus négliger. » Reste pour cela à convaincre la société de cette nécessité. « Les gens apprécient le bois, qu'ils voient comme une matière noble mais, paradoxalement, ils n'aiment pas qu'on coupe des arbres ! Il faut leur expliquer que prélever des arbres de manière raisonnée permet d'entretenir la forêt et donne la possibilité aux autres de pousser mieux », pointe Meriem Fournier. D'autant que la forêt française a doublé de surface depuis le milieu du XIX^e siècle. La forêt préférée des Français, telle qu'ils la décrivaient dans un récent sondage, correspond d'ailleurs en tout point à une forêt gérée : sans bois mort, aérée, où il fait bon se promener... II

“Le bois se classe parmi les matériaux qui présentent la plus forte résistance à la rupture pour une densité parmi les plus faibles.”

► Solide et léger, le bois permet de fabriquer des pièces exigeantes, comme les jantes de ce vélo de compétition.



© GHISALDO WOODEN RIMS



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

Gaia: le grand inventaire galactique

UNIVERS

Astronomie. Des chercheurs viennent de livrer un inventaire gigantesque des astres situés dans la Voie lactée et au-delà.

PAR VAHÉ TER MINASSIAN

C'est du jamais-vu de mémoire d'astronome ! Le 14 septembre, l'équipe de la mission Gaia, de l'Agence spatiale européenne, a publié la première version de son catalogue, un titanesque index de plus de 1 milliard d'étoiles. Lancé en 2013, le satellite Gaia est dédié à l'astrométrie, cette branche de l'astronomie qui se consacre à la mesure de la position et du mouvement des astres. Et sa mission est immense : non seulement Gaia doit établir la trajectoire sur la voûte céleste de plus d'un milliard d'astres et mesurer leur distance, mais il doit aussi, pour 150 millions d'entre eux, établir la vitesse à laquelle ils s'éloignent ou se rapprochent de nous. Gaia devrait aussi préciser l'orbite de centaines de milliers d'astéroïdes, détecter la présence de milliers d'exoplanètes et identifier des millions d'étoiles doubles et variables ainsi que des dizaines de milliers de « naines brunes ». Par ailleurs, la mission ne se limitera pas à notre galaxie et prendra en compte pas moins de 6 000 supernovæ et 500 000 quasars.

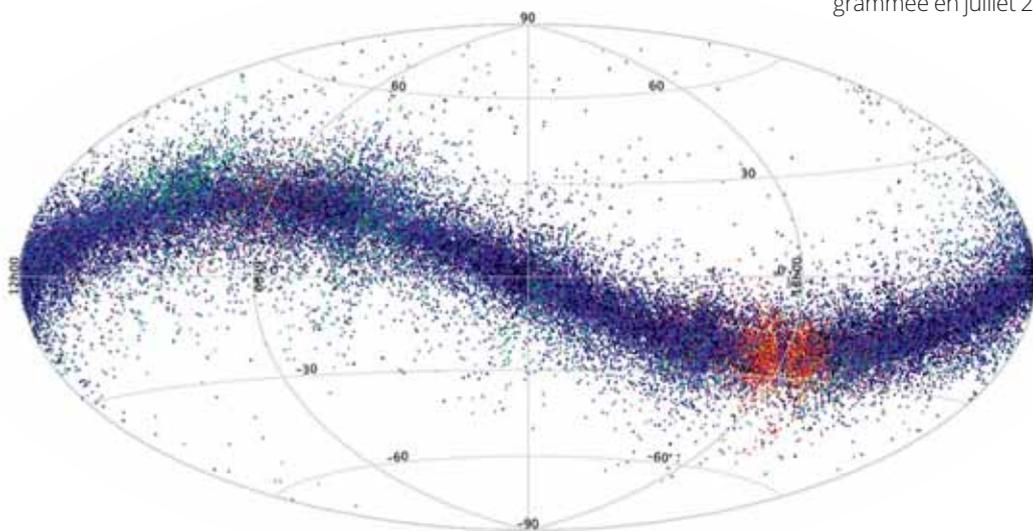
Un instrument d'une précision inédite

En précisant l'âge des différentes sous-parties de notre environnement galactique et en apportant des informations inédites sur la matière noire qui l'englobe, cet énorme répertoire permettra de dresser une carte précise de la Voie lactée

et d'améliorer nos connaissances sur sa structure et sa dynamique. Pour atteindre cet objectif, les chercheurs comptent sur la qualité hors norme de leur satellite, doté de deux télescopes et de 106 détecteurs haute performance qui lui permettent de discerner des étoiles 400 000 fois moins brillantes que celles perceptibles à l'œil nu ! Gaia analyse systématiquement la lumière des astres les plus brillants de la voûte céleste. Il génère ainsi une énorme quantité de données, dépouillées au sein d'un consortium DPAC (Data Processing and Analysis Consortium) qui réunit 450 ingénieurs et astronomes de 25 pays. « Répartie dans divers groupes spécialisés, cette masse d'informations est traitée avant d'être validée par un comité scientifique », explique Frédéric Arenou, du laboratoire Gepi¹, responsable de la validation des résultats.

1,2 milliard d'étoiles déjà répertoriées

Restreint pour l'instant aux observations réalisées entre le 25 juillet 2014 et le 16 septembre 2015, le catalogue ne contient qu'une fraction des informations qui seront disponibles dans sa version finale. Toutefois, la mission est d'ores et déjà un succès. Le catalogue décrit la position de 1,2 milliard d'étoiles et de 250 000 quasars ou noyaux actifs de galaxies. Et, pour chacun de ces objets, il indique sa magnitude ou sa luminosité apparente. L'équipe de Gaia a aussi eu l'idée de croiser, dans le cadre d'un programme baptisé TGAS², son catalogue avec celui établi vingt-cinq ans plus tôt par le satellite Hipparcos pour déduire non seulement la vitesse de déplacement des astres mais aussi leur distance. Multipliant par vingt le nombre d'objets dont ces caractéristiques sont connues en une seule année d'observation ! Un apéritif gargantuesque pour les astronomes qui attendent maintenant la prochaine livraison de la mission Gaia, dont la fin est programmée en juillet 2019. ▮



▸ Carte des astéroïdes détectés par Gaia en huit mois d'observation.



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

© L. GALLUCCIO, F. MIGNARD, P. TANGARRES/GAIA/DPAC/CSA

1. Galaxies, étoiles, physique et instrumentation (CNRS/Observatoire de Paris/Univ. Paris-Diderot). 2. Tycho-Gaia Astrometric Solution.

LES IDÉES



*Où l'on apprend tout sur l'uchronie,
la zone critique de notre
vieille planète et l'inventeur
du « bit » informatique.*

ILLUSTRATION : ATELIER BINGO/LA SUITE POUR CNRS LE JOURNAL

SOCIÉTÉS

Histoire. Que serait-il arrivé si Hitler était devenu un peintre reconnu en 1914, ou si Napoléon avait vaincu à Waterloo ? Deux historiens revisitent leur discipline en partant de ce genre de raisonnements contrefactuels.

PROPOS RECUEILLIS PAR LYDIA BEN YTZHAK



Réimaginer l'histoire pour mieux la comprendre

Si l'intérêt de l'**uchronie** n'est plus à démontrer dans le domaine de la littérature, du cinéma et de la fiction, ce n'est que depuis peu que l'histoire s'intéresse à ce que l'on appelle le raisonnement contrefactuel. En quoi consiste une telle démarche ?

Quentin Deluermoz¹ : La question contrefactuelle « Que se serait-il passé si tel événement n'avait pas eu lieu ? » procède d'un raisonnement ordinaire : nous y recourons quotidiennement pour apprécier un fait, évaluer l'impact d'un phénomène ou la pertinence de nos choix. Les psychologues ont démontré son importance dans les processus de prise de décision et dans l'apparition et le développement d'émotions telles que le regret, le sentiment d'injustice ou de soulagement et de satisfaction : il suffit de constater, dans les compétitions sportives, la déception du deuxième imaginant qu'il aurait pu être premier, tandis que le troisième s'estime heureux, considérant qu'il aurait pu ne pas figurer sur le podium. Les neurosciences estiment qu'il s'agit d'un mode de raisonnement propre à l'espèce humaine, traduisant le rôle de l'imagination dans la saisie du réel. Les artistes et les écrivains s'en sont emparés assez tôt, avec par exemple l'essor de l'uchronie à partir du milieu du XIX^e siècle,

le roman, le théâtre moderne et le cinéma aujourd'hui, à l'instar d'*Inglorious Basterds* de Quentin Tarantino.

Les historiens semblent plutôt réticents à l'égard de cette démarche...

Q. D. : Si les historiens utilisent fréquemment ce raisonnement de façon implicite pour évoquer une occasion manquée, un drame évité ou encore une erreur commise par un personnage, ils s'en méfient car il semble contrevir aux règles de la discipline. En effet, certains types de récits contrefactuels posent problème : ceux qui se perdent dans la fabulation, qui considèrent que tout est hasard ou qui se fondent sur une causalité trop simple et reproduisent un schéma déterministe du type « Si Hitler n'avait pas existé, la Seconde Guerre mondiale n'aurait pas eu lieu ». En fait, c'est un genre particulier d'histoire contrefactuelle qui pose le plus de problèmes : les histoires alternatives ou uchronies, qui imaginent ce qui aurait pu se passer en prolongeant le récit loin au-delà du point de bifurcation. Cette démarche n'est pas dénuée d'intérêt : elle offre une ressource

UCHRONIE

Genre qui repose sur le principe de la réécriture de l'histoire à partir de la modification d'un événement du passé.



▼ Quentin Deluermoz

▼ Pierre Singaravélou

1. Maître de conférences en histoire contemporaine à l'université Paris 13. 2. Professeur d'histoire contemporaine à l'université Paris 1 Panthéon-Sorbonne.



► « The man in the high castle », série TV adaptée d'un roman uchronique de Philip K. Dick.

© AMAZON STUDIOS - ELECTRIC SHEPHERD PRODUCTIONS - SCOTT FREE PRODUCTIONS T.C.I.D. / VISUAL PRESS AGENCY



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

aux romanciers ou un outil moral efficace pour les avocats qui tentent d'obtenir des réparations pour les préjudices de l'histoire comme la colonisation et l'esclavage. Des experts se sont ainsi livrés à de savants calculs pour dédommager les descendants d'esclaves en imaginant qu'ils aient été salariés et en inventant une Afrique dont le développement « normal » n'aurait pas été bouleversé par l'intrusion européenne. En revanche, pour l'historien, cette histoire alternative risque d'être contre-productive. Si l'on examine l'exemple canonique de Napoléon qui aurait remporté Waterloo, l'histoire alternative de sa conquête des îles Britanniques n'a aucun intérêt. En remplissant la trame avec des schémas convenus, la démarche risque souvent de tarir plus que de stimuler l'imagination. Mais ce n'est là qu'une des formes possibles du contrefactuel.

Quels sont, alors, les usages pertinents pour l'historien ?

Pierre Singaravélou² : Les contrefactuels, utilisés à certaines conditions, peuvent être utiles, parfois nécessaires, voire être un lieu de prolongement de la réflexion historique. Ainsi, pour saisir l'enjeu de la fuite de Louis XVI, stoppée à Varennes le 21 juin 1791, Mona Ozouf s'est dite contrainte d'évoquer ce qui aurait pu se passer en cas de succès ; cette histoire hypothétique l'aide à rendre compte de ce qui fait véritablement événement dans cet échec. Dans un autre registre, cette méthode peut enrichir l'analyse des causes. Les comparaisons entre ce qui a été et ce qui aurait pu avoir été permettent d'éprouver les liens de causalité dans le temps. Ainsi, l'historien Jay Winter a pu tester l'affirmation selon laquelle la Grande Guerre aurait précipité le déclin démographique de l'Angleterre. Il a repris une analyse des courbes de la population anglaise, puis procédé à une

comme l'industrialisation, la modernisation, qui se fondent souvent sur des contrefactuels cachés. Ainsi, cette démarche enrichit la boîte à outils des historiens.

Vous allez au-delà, en plaidant en faveur d'une « histoire des possibles »...

Q. D. : Nous insistons en effet sur l'intérêt de cette approche. L'étude des possibles permet d'éviter la production d'un récit linéaire qui donne l'impression que ce qui est advenu était inévitable. Elle démontre que les processus sociaux ne sont pas univoques, que l'histoire est aussi l'objet de choix, d'opportunités, de rapports de force entre différents groupes d'acteurs. L'histoire peut aussi appréhender dans les archives les futurs craints et espérés des acteurs, notamment pour saisir plus finement les moments d'ouverture des possibles comme les périodes révolutionnaires. Nous avons mobilisé cette analyse à propos de la révolution de 1848 afin de nous émanciper d'une approche centrée sur son issue (la construction de notre République) pour prendre en compte tout ce qui précède et n'a pas été opérant. L'histoire des possibles autorise un renversement des perspectives : elle rend la parole aux perdants. Ce faisant, l'étude des possibles du passé permet de déplacer la frontière trop nette et rassurante entre histoire et littérature, contingence et déterminisme, science et jeu, et finalement la frontière entre celui qui sait et celui qui est dans l'ignorance.

En quoi cette démarche peut-elle favoriser le partage des savoirs et l'échange avec le plus grand nombre ?

P. S. : Elle autorise des modalités originales de coproduction d'une histoire interactive et vivante. Nous avons par exemple mis en place des ateliers d'histoire partagée, fondés sur des questions de type contrefactuel et un échange avec la salle. Chacun apporte son savoir, son ignorance, ses impressions, son vécu, pour participer à la discussion. La frontière entre bons et mauvais élèves s'estompe : tout le monde a le droit de jouer et de se tromper. Quant à l'historien, il assume de perdre un peu le contrôle du récit afin de saisir aussi tout ce que l'histoire met en jeu. La démarche nous pousse alors à assumer une définition de l'histoire comme une œuvre ouverte que le lecteur et l'auditeur contribuent à produire. Et les participants retrouvent, en jouant sérieusement, la dimension fondamentalement expérimentale de l'histoire. En définitive, cette question des possibles appartient donc de plein droit à l'enquête historique. Elle peut être à l'origine d'une histoire tout aussi documentée, mais plus ouverte, plurielle, défatalisée, bref, plus humaine. **II**

“L'histoire des possibles autorise un renversement des perspectives : elle rend la parole aux perdants.”

projection fictive dans le cas où la Première Guerre n'aurait pas eu lieu, pour constater que la démographie anglaise aurait quand même décliné. Cette approche permet aussi de dénaturer certaines grandes catégories de l'entendement historique. Daniel Milo a « désautomatisé » l'usage des périodes canoniques en faisant débiter notre ère à partir de la Passion du Christ et non de sa circoncision, le XVIII^e siècle devenant le « siècle des Lumières et du romantisme », tandis qu'Einstein appartiendrait au XIX^e siècle... De même, le chercheur peut tester la cohérence des acteurs de l'histoire, comme les États-nations, ou encore certaines notions clés



Pour une histoire des possibles. Analyses contrefactuelles et futurs non advenus, Quentin Deluermoz et Pierre Singaravélou, Seuil, coll. « L'univers historique », fév. 2016, 448 p., 24 €



Pourquoi nos organes sont inégaux face au cancer

Frédéric Thomas et Benjamin Roche

Codirecteurs du Centre de recherches écologiques et évolutives sur le cancer

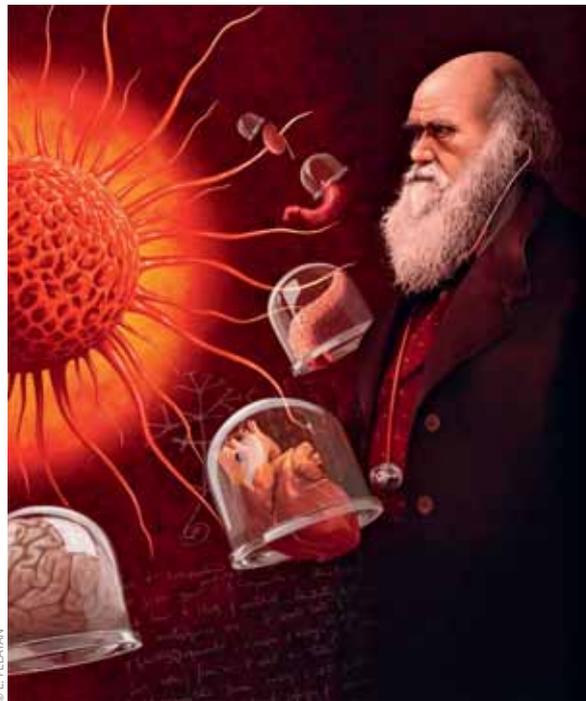
Face au cancer, certaines parties de notre corps sont bien plus vulnérables que d'autres.

Ainsi, les cancers du cerveau, du cœur, du pancréas ou de l'intestin grêle sont assez rares par rapport à ceux du sein, de la peau, du côlon ou de la prostate. Comment l'expliquer ? Pour les scientifiques, la question constitue un casse-tête à résoudre pour mieux comprendre cette maladie, première cause de mortalité en Europe de l'Ouest.

Une myriade d'écosystèmes

Une nouvelle voie de recherche, plutôt inattendue, commence à émerger : elle s'appuie sur les concepts de l'écologie et des sciences de l'évolution. Ce nouveau champ, baptisé « Écologie évolutive des organes », vient de faire la une de la prestigieuse revue *Trends in Cancer*¹, relayant les travaux d'une équipe de chercheurs français, américains et australiens. Il consiste à envisager les organes du corps comme une myriade d'écosystèmes plus ou moins connectés entre eux. Chaque écosystème a ses propres caractéristiques « biotiques » (telles espèces de bactéries et de microbes présentes en telle quantité...) et « abiotiques » (température, exposition aux UV, pH, quantité d'oxygène...). Au sein de ce réseau, les cellules cancéreuses sont comparables à des parasites microscopiques qui se seraient adaptés aux conditions locales.

Dès lors que l'on regarde les choses ainsi, un cortège de connaissances devient transposable au cancer. Par exemple, l'adaptation des outils de l'écologie du paysage, couplée aux modèles mathématiques qui permettent de prédire la dispersion des plantes et des animaux, devrait éclairer la manière dont migrent certaines cellules cancéreuses, aboutissant aux foyers secondaires appelés métastases. Autre illustration, la théorie de la biogéographie des îles a montré que la diversité et l'abondance des espèces sont corrélées



▼ Visuel de couverture du numéro de *Trends in Cancer* paru en août 2016.

à la taille des habitats. Si ces règles s'appliquent au cancer, on pourrait s'attendre à ce que les « conditions écologiques » de chaque organe aient un impact sur la taille et la forme des tumeurs, mais aussi sur la diversité des cellules cancéreuses (qui est aujourd'hui la principale cause de la résistance aux traitements).

Le concept de valeur sélective

Mais ce n'est pas tout. Les tenants de l'approche évolutionniste avancent une seconde proposition : il s'agit de prendre en compte l'importance de chaque organe pour la survie de l'organisme tant que celui-ci est en mesure de se reproduire. La théorie de l'évolution prévoit en effet que les facteurs qui optimisent la reproduction et la transmission des gènes sont favorisés au fil des générations. Or la valeur sélective d'un individu (le nombre de descendants laissés) a plus de chance d'être fortement diminuée si ce dernier



Lire l'intégralité du billet sur lejournalecncr.fr

rencontre durant sa vie reproductrice un problème de santé au cœur, au cerveau ou au pancréas, plutôt qu'à la vésicule biliaire ou à la rate. L'on sait aussi, pour certains organes comme les poumons qui vont par paire et sont de grande taille, que l'organisme peut fonctionner même si une seule copie est apte au service. Bref, tous les organes n'ont pas la même importance ni la même contribution dans cette histoire d'évolution.

Selon la théorie, la protection des organes contre les maladies devrait être d'autant plus forte que ces derniers jouent un rôle crucial dans la maximisation de la valeur sélective. L'application de ce principe au cancer pourrait expliquer en partie les différences d'accumulation de tumeurs plus ou moins graves dans les organes. Rappelons que nous avons tous des cellules cancéreuses dans notre organisme et que plus nous vieillissons, plus nous en avons. L'enjeu est donc de comprendre pourquoi elles s'accumulent davantage dans certains organes que dans d'autres, et de déterminer les liens entre ces différences et la probabilité que certaines évoluent vers des tumeurs graves.

Une médecine en plein essor

Pour y parvenir, d'importantes recherches sont en cours. Les scientifiques effectuent un suivi du statut cancéreux de chaque organe chez la souris. Ce travail révélera ses conclusions dans quelques mois. En parallèle, ils ont commencé à développer des modèles pour mettre sur pied un cadre prédictif précis pour les processus oncologiques. Apparue il y a une vingtaine d'années, la médecine évolutionniste – c'est-à-dire l'application des sciences de l'écologie et de l'évolution aux problèmes de santé humaine – est en plein essor. Ce croisement inédit offre un renouveau sur bien des sujets dans le monde médical, que ce soit les allergies, la résistance aux antibiotiques ou encore les maladies auto-immunes. Aujourd'hui, il peut certainement apporter un recul précieux et une palette de nouveaux concepts pour mieux comprendre le cancer. II

1. « Evolutionary Ecology of Organs : A Missing Link in Cancer Development? », Frédéric Thomas et al., *Trends in Cancer*, août 2016, vol. 2 (8) : 409-415.

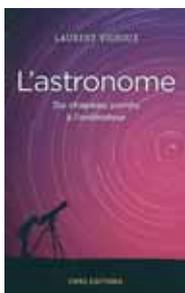
À lire

ASTRONOMIE

L'astronomie n'a pas toujours été scientifique, mais sa pratique remonte à la plus haute Antiquité si ce n'est aux origines de l'humanité. Dans cet ouvrage, l'astrophysicien Laurent Vigroux se propose donc de retracer l'histoire et les évolutions de l'autre plus vieux métier du monde. On y apprend comment – en s'équipant de lunettes, de télescopes puis d'ordinateurs de plus en plus puissants – les astrologues, jadis chargés d'observer dans le ciel les desseins des dieux ou d'établir des calendriers fiables grâce à leur connaissance des étoiles et des événements cosmiques, sont devenus les astronomes et les

astrophysiciens d'aujourd'hui.

L'astronome. Du chapeau pointu à l'ordinateur, Laurent Vigroux, CNRS Éditions, août 2016, 270 p., 23 €.



MIGRATIONS

« Après (...) les désirs d'un monde sans frontières ou les théories du village global, nous savons maintenant que la mondialisation (...) n'a pas supprimé les frontières : elle les transforme, les déplace, elle les multiplie et les élargit, tout en les rendant plus fragiles et incertaines », écrit l'anthropologue Michel Agier dans son dernier essai. Le chercheur a enquêté plus de quinze ans auprès des personnes déplacées, allant voir comment elles vivent dans les lieux qu'elles traversent ou qu'elles finissent par habiter. En fait de « migrants », il évoque surtout de « nouveaux cosmopolites » et nous propose de mieux comprendre ces mondes de Babel nouvellement créés.

Les migrants et nous. Comprendre Babel, Michel Agier, CNRS Éditions, octobre 2016, 64 p., 5 €



HUMANITÉ

Passionné par la génétique des populations humaines, Pierre Darlu signe un nouvel opus sur la fameuse molécule en forme de double hélice. Le b.a.-ba de l'ADN une fois posé dans un chapitre clair et précis, ce directeur de recherche émérite au CNRS mène sa réflexion sur la notion d'identité et d'appartenance. Comment les séquences d'ADN de restes humains vieux de milliers d'années peuvent-elles nous aider à remonter à la rencontre de nos (très) lointains parents ? Des obstacles techniques persistent, mais la quête de nos origines et de notre passé ne fait apparemment que commencer...

Origines : l'ADN a-t-il réponse à tout ? Pierre Darlu, Le Pommier, Coll. « Les plus grandes petites pommes du savoir », octobre 2016, 128 p., 7,90 €



TERRE

Cet ouvrage est une véritable encyclopédie du Groenland ! Il rassemble les contributions de plus de 100 chercheurs, qui abordent sous tous ses aspects (climat, économie, population...) cette île de deux millions de kilomètres carrés, la plus grande au monde. Il faut dire que jamais le Groenland n'avait suscité autant d'intérêt qu'aujourd'hui.

Le changement climatique y est ressenti plus que partout ailleurs sur la planète, avec des conséquences que l'on commence à peine à envisager. La fonte de la calotte glaciaire devrait contribuer à la hausse du niveau des mers et modifier la circulation des courants océaniques ; elle pourrait avoir des répercussions économiques inattendues, comme l'accès facilité aux gisements pétroliers et minéraux. Le recul inexorable de la banquise d'été, quant à lui, attise les convoitises autour du célèbre passage du Nord-Ouest : si elle se produit, son ouverture permanente à la navigation fera gagner un temps précieux aux navires ralliant l'Europe à la Chine. Tirillée entre la volonté de préserver ses traditions et le désir de se moderniser, la population inuite fait face à une modification en profondeur de ses conditions de vie, tout en négociant pas à pas son autonomie vis-à-vis du Danemark.

Le Groenland. Climat, écologie, société, Valérie Masson-Delmotte, Émilie Gauthier, David Grémillet, Jean-Michel Huctin et Didier Swingedouw (dir.), CNRS Éditions, octobre 2016, 336 p., 29 €.



JOURNÉE NATIONALE DE L'INNOVATION EN SANTÉ 2017

#InnovationSanté 27, 28 et 29 janvier 2017

Rétine artificielle, prothèse connectée, robot chirurgical, nouvelles thérapies géniques, simulateur de vieillissement :

Quelques exemples d'innovations en santé à découvrir les 27, 28 et 29 janvier 2017 à la Cité des sciences dans le cadre de la 2^e Journée de l'Innovation en santé, organisée par l'Université de Caen Normandie avec le soutien du ministère des Affaires sociales et de la Santé.

Un lieu universcience

Entrée libre

Une zone si critique

TERRE

Géosciences. L'humanité se rassemble sur une fine pellicule de la planète, un espace qui ne se laisse pas étudier aisément. Les chercheurs Nicolas Arnaud et Jérôme Gaillardet nous en disent plus sur ce que l'on appelle la « zone critique ».

Les inondations de la Seine en juin dernier sont venues nous rappeler combien nous sommes fragiles face à la menace hydrologique et, avec elle, à l'érosion de nos terres, agricoles et industrielles, ou à la contamination de nos nappes phréatiques et de nos rivières. L'inquiétude environnementale n'est plus globale et abstraite, elle touche notre territoire et notre quotidien, avec un effet immédiat et tangible.

L'humanité se rassemble en réalité sur une mince pellicule de la planète qui va des roches fraîches situées à la base du sol jusqu'à la basse atmosphère, et inclut tout le vivant. Baptisée « zone critique » par les scientifiques, cette pellicule, très réactive, est interconnectée : l'eau, les gaz de l'atmosphère et les minéraux qui constituent les roches interagissent les uns avec les autres et façonnent cet environnement dans lequel nous évoluons.

Ce sont ces réactions physiques, chimiques et biologiques qui ont rendu la planète habitable : en réagissant avec les roches, le CO₂ de l'air, un redoutable acide, est neutralisé sur les continents pour se retrouver dans l'océan sous forme de calcaire. Ces mécanismes ont sauvé la Terre en consommant le gaz carbonique de l'atmosphère primitive, lui évitant ainsi un effet de serre qui aurait fini par tuer les premières formes de vie.

Un espace largement méconnu

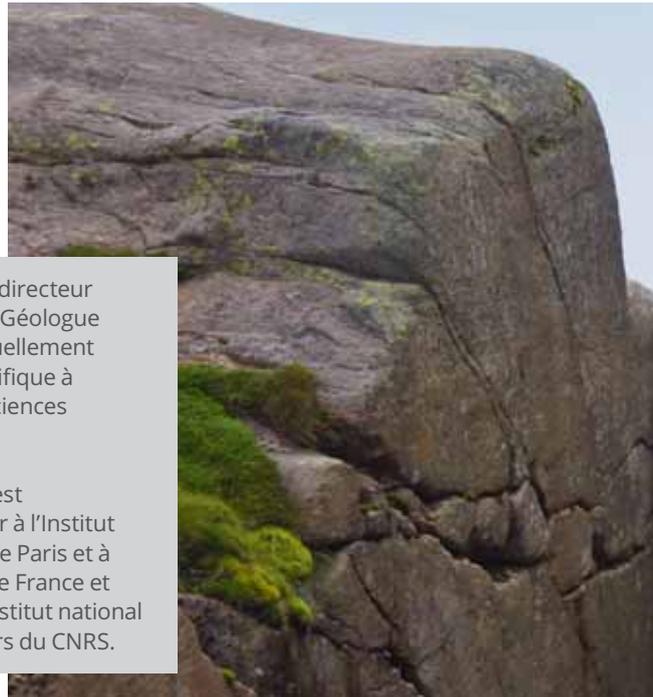
« Critique », cette zone l'est évidemment aussi pour les hommes. C'est là que nous cultivons, que nous bâtissons, que nous construisons nos sociétés. C'est cette zone qui concentre notre ressource en eau, celle qui nourrit le vivant et où s'organisent les écosystèmes. Mais c'est aussi là où nous stockons nos déchets et où les activités humaines pèsent le plus lourdement. Dans son ouvrage *Face à*



Nicolas Arnaud est directeur de recherche au CNRS. Géologue de formation, il est actuellement directeur adjoint scientifique à l'Institut national des sciences de l'Univers du CNRS.



Jérôme Gaillardet est géochimiste, professeur à l'Institut de physique du globe de Paris et à l'Institut universitaire de France et chargé de mission à l'Institut national des sciences de l'Univers du CNRS.



Gaïa (La Découverte, 2015), le philosophe des sciences Bruno Latour explique combien le terme de « critique » est hautement géopolitique et place cette interface au cœur des relations nouvelles entre l'homme et la nature alors que nous entrons dans cette nouvelle période géologique qu'est l'anthropocène.

Pour autant, les scientifiques n'ont qu'une connaissance partielle de la zone critique de la Terre. Nous ne savons toujours pas, par exemple, modéliser et donc prévoir correctement sa réponse à un doublement de la teneur en CO₂ de l'atmosphère et au réchauffement climatique qui l'accompagne. Nul n'est capable de dire pour l'instant comment, à l'échelle de nos territoires, elle réagira à une agriculture de plus en plus intensive ou à l'urbanisation galopante.

C'est que la zone critique est un milieu qui ne se laisse pas étudier facilement. Dans ce milieu complexe, les temps de réaction sont en effet très variables. S'il faut quelques secondes à une bactérie pour se reproduire dans le sol, la dégradation des minéraux peut prendre, elle, des millions d'années... Sans compter que ces deux processus ne sont pas indépendants. Comment

modéliser des systèmes dont l'évolution au rythme des millions d'années est conditionnée par des réactions aussi rapides que la photosynthèse, la respiration ou un glissement de terrain ?

Un défi interdisciplinaire

Il faut pour relever ces défis réunir une armée de scientifiques à la croisée des « géo » et des « bio » sciences, de cultures différentes et toutes nécessaires : géologues, écologues, pédologues (*les pédologues sont les spécialistes des sols, NDLR*), biologistes, météorologues, géochimistes, géophysiciens... Le défi est immense, car l'approche fondamentalement holistique nécessaire se heurte à l'hyperspécialisation des sciences modernes.

Pour mener ce combat, les scientifiques s'appuient sur des observatoires où des mesures sont conduites de manière régulière et dans la durée, notamment en France qui en a été précurseur. Certains enregistrent des données depuis plusieurs décennies – débit d'eau des rivières, composition chimique des différents milieux, échanges sol-atmosphère – et révèlent sur le long terme les évolutions montrant la réponse de la zone critique à des perturbations locales ou globales.

► Le rocher suspendu de Kjeragbolten, en Norvège.



© KEREN SUIGETTY IMAGES

Parmi eux, l'Observatoire hydrogéochimique de l'environnement de Strasbourg vise à observer et à comprendre les effets de l'ère industrielle sur les cycles biogéochimiques de l'écosystème forestier vosgien (comme l'effet des pluies acides) et notamment sur l'une de ses rivières, le Strengbach. Quarante années de chroniques permettent désormais de constater un progressif retour à la normale des conditions d'acidité dudit ruisseau.

L'histoire des sciences le montre : les progrès instrumentaux ont souvent été à l'origine de révolutions dans notre façon de comprendre le monde. Dans le domaine des surfaces terrestres, de gros progrès restent à accomplir pour doter les scientifiques d'instruments d'auscultation performants. Le programme Critex, piloté par le CNRS, ambitionne de développer

des capteurs innovants et couple pour la première fois des techniques d'exploration permettant d'enregistrer des données aussi diverses que le débit des fleuves, leur composition chimique, la teneur en eau des sols et son évaporation depuis les surfaces agricoles.

Le défi est considérable car, si nous parvenons à envoyer sur la planète Mars un robot autonome équipé de capteurs incroyables, les outils d'observation de nos sols, rivières et forêts restent souvent et paradoxalement beaucoup plus rudimentaires...

Au-delà de nos frontières, l'Europe, les États-Unis et la Chine financent également des programmes ambitieux visant à renforcer l'intégration de leurs observatoires de la zone critique en y conviant écologues, géologues et géophysiciens. Comme le dit James Kirschner, éminent spécialiste d'hydrologie et de géomorphologie, « *échantillonner et analyser une rivière une fois par semaine, c'est comme écouter une symphonie de Beethoven en échantillonnant une note toutes les minutes* ». Les « critical-zonists » ont besoin d'une révolution culturelle et technologique pour ouvrir leurs oreilles à la symphonie du monde qui nous nourrit. II

Libération

Une fois par mois, retrouvez sur lejournal.cnrs.fr les Inédits du CNRS, des analyses scientifiques originales publiées en partenariat avec Libération.

3 questions à

Mathieu Vidard

L'animateur de « La tête au carré » sur France Inter publie *Le Carnet scientifique*¹.

PROPOS RECUEILLIS PAR LAURE CAILLOCE

Comment est né cet ouvrage ?

Cela fait dix ans que j'anime « La tête au carré », moi qui n'avais au départ aucune culture scientifique ! Pour fêter cet anniversaire, je voulais un livre amusant, instructif, poétique, qui soit un peu l'écume de tout ce que j'ai appris. J'ai choisi la forme du carnet, car elle me semblait plus intime. Ce n'est pas un résumé de l'émission, même si elle nourrit évidemment ce vagabondage.

On trouve pêle-mêle des textes courts, des listes, des dessins...

C'est le principe des miscellanées, un couteau suisse qui permet d'explorer des tas de sujets sans rapport direct les uns avec les autres. Il y a néanmoins des fils directeurs. Le vertige de l'infini en est un : le livre s'ouvre sur le symbole de l'infini et se referme sur l'« ampoule éternelle » qui brille dans une caserne de pompiers de Californie depuis 1901. Le nombre Pi et une partie de ses décimales s'y étalent également sur quatre pages. Autre fil rouge, les listes en plusieurs volets comme la liste des espèces disparues, ou la liste des « logies » qui égrène les noms de toutes les disciplines scientifiques – c'est incroyable, cette diversité !

Quelles rencontres vous ont le plus marqué durant ces dix années ?

Svante Pääbo, le spécialiste de l'ADN qui a trouvé nos gènes communs avec Neandertal, ou encore Michel Mayor, qui a observé la première exoplanète en 1995. Ces gens-là sont des explorateurs, de la même trempe que les grands découvreurs du XV^e siècle. Je me souviens également de fous rires extraordinaires avec l'astrophysicien André Brahic, qui savait si bien transmettre la science. II

1. Grasset/France Inter, octobre 2016, 240 p., 18 €



Claude Shannon, le monde en binaire

PAR ANNE-SOPHIE BOUTAUD



© COURTESY MIT MUSEUM

Mathématiques. Père du binaire et théoricien de l'information, Claude Shannon aurait eu 100 ans cette année. Parmi les nombreux hommages émaillant cet anniversaire, un site interactif¹ du CNRS relate son parcours.

L'année 2016 marque le centenaire de la naissance de Claude Shannon, ingénieur et mathématicien américain. Atypique et méconnu du grand public, il est le premier à s'intéresser à la question de l'information et de sa transmission. Un siècle plus tard, le père du binaire est à l'honneur : dans un dossier multimédia, le CNRS retrace le parcours de ce scientifique original à travers des photos, ses travaux, ses improbables passions et l'héritage considérable qu'il nous a légué.

Né en 1916 à Petoskey, dans le Michigan, diplômé en ingénierie et mathématiques, il a partagé sa carrière entre le Massachusetts Institute of Technology (MIT) et les Laboratoires Bell. C'est en s'inspirant des travaux du mathématicien britannique Georges Boole que, dès 1937, Shannon comprend que le monde peut se laisser décrire avec des 0 et des 1. Le calcul booléen établit deux règles de logique : le 1 vaut pour une proposition vraie et le 0 pour une proposition fautive. Shannon fait l'analogie avec le flux du courant dans les circuits électriques. Le 1 pour un circuit

ouvert : le courant passe. Le 0 pour un circuit fermé : le courant ne passe pas. En plein développement des télécommunications et de l'informatique, ses travaux vont connaître un retentissement inédit.

De la cryptographie à la théorie de l'information

Pendant la Seconde Guerre mondiale, Claude Shannon est employé dans le service de cryptographie de l'armée américaine. En 1948, il publie un article dans *The Bell Technical Journal*, « Une théorie mathématique de l'information ». Pour lui, « le problème fondamental de la communication est de reproduire exactement ou approximativement un message donné d'un point à un autre ». Un message, c'est une lettre, un nombre, un texte, une image, une vidéo. Traduite en langage binaire, l'information devient alors quantifiable et probabiliste, indifférente à la sémantique. « Pour Shannon, "amour" et "haine" ne sont que deux mots de cinq lettres prises dans un alphabet qui en compte 26 », explique Claude Berrou, professeur au département d'électronique de Télécom Bretagne, l'un des scientifiques qui ont participé au dossier. L'objectif est de transmettre le maximum d'information de la façon la plus efficace et la moins onéreuse possible. Claude Shannon propose une solution : ne conserver que l'information pertinente, c'est-à-dire la quantité d'information nécessaire pour que le récepteur puisse déterminer, sans ambiguïté, ce que la source a transmis. Comme dire la même chose, avec moins de mots.

Le XXI^e siècle, l'avènement de Claude Shannon

L'acquisition, le traitement, le stockage et la transmission des données sous la forme numérique reposent sur la théorie de Claude Shannon : cette conversion depuis le monde analogique vers le monde numérique a façonné le début du XXI^e siècle. Leur transmission sur des fibres optiques, des réseaux mobiles, des réseaux Wifi mais aussi l'imagerie par résonance magnétique (IRM), ou encore l'imagerie 3D sont des innovations scientifiques récentes mais initiées par Shannon. L'information est au cœur de nos systèmes artificiels. « C'est arrivé parce que personne d'autre n'était familier avec ces deux champs, l'ingénierie et les mathématiques, en même temps », a dit Claude Shannon. Il s'est éteint en 2001. Souffrant de la maladie d'Alzheimer, il a passé les dernières années de sa vie sans pouvoir prendre la mesure de l'immense patrimoine scientifique qu'il laisse derrière lui. ||



Le site interactif :

» <http://centenaire-shannon.cnrs.fr>

1. Ce site a obtenu le « CSS Design Award » du 23 octobre 2016.



Ces articles aux mille et une signatures

David Pontille

Directeur de recherche au Centre de sociologie de l'innovation¹



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

En mai 2015, deux articles parus dans des revues de renom repoussaient le record de signatures dans leur domaine respectif.

Le premier, consacré au génome de la mouche drosophile, était publié avec une liste de 1 014 noms. Certains spécialistes en génomique ont considéré qu'autant de noms minaient le sens de la signature, tandis que d'autres se sont interrogés sur la contribution de chaque signataire. Le second article, qui proposait l'estimation la plus précise du boson de Higgs établie jusque-là, comportait... 5 154 signataires. Cette liste, bien que cinq fois plus longue, n'a suscité aucune indignation de la part des physiciens. Comment comprendre de telles différences ?

Une marque de reconnaissance

La publication est centrale en science. Les articles enregistrent aussi bien les percées spectaculaires que des résultats partiels. Simultanément, elle est le moyen d'attribuer la paternité des découvertes aux chercheurs et elle joue ainsi un rôle majeur dans leur évaluation. En signant un article dans une revue de renom, un scientifique acquiert de la reconnaissance, se positionne plus facilement sur un appel à projet, obtient une promotion...

Malgré la mise en avant régulière des parcours individuels de scientifiques (biographies, attribution de prix...), la recherche scientifique n'est pas une affaire d'esprits solitaires faisant une découverte majeure. C'est un travail de longue haleine qui se réalise en collaboration étroite avec d'autres chercheurs, ingénieurs et techniciens. La tension est alors grande entre l'organisation du travail collectif et l'évaluation des contributions individuelles.

Les articles arborent un nombre croissant de noms depuis les années 1950, au point qu'il devient difficile de distinguer

l'apport de chaque signataire d'une publication. Cela suppose de trouver des compromis entre la pleine reconnaissance des prestations individuelles et la bonne conduite des affaires collectives.

Des listes fortement codifiées

Au fil du temps, les scientifiques ont développé des pratiques en ce sens : l'ordre alphabétique, censé mettre les participants sur un plan d'égalité ; l'ordre décroissant des contributions ; ou encore l'importance de la dernière place, qui signale le nom du responsable du laboratoire. Toutefois, d'autres conventions de signature et d'évaluation ont progressivement vu le jour avec le développement de projets ambitieux nécessitant l'intervention de nombreux laboratoires.

En sciences de la vie, la liste des signatures est fortement codifiée. Tandis que la première place est réservée à ceux qui réalisent la majeure partie du travail expérimental, la dernière est occupée par le responsable du laboratoire. Les positions entre ces deux bornes accueillent d'autres contributions indispensables, mais jugées moindres. La première position étant très convoitée par les jeunes chercheurs pour leur carrière, elle est souvent partagée par les deux premiers signataires de la liste. Et, afin de rendre traçable le processus de production, les contributions individuelles sont

Il est urgent de sortir de l'obsession du comptage pour parler de science différemment.

dorénavant systématiquement décrites au sein même des articles.

Ces dispositions convergent vers l'idée que chaque production collective demeure le résultat d'un auteur principal. Les conventions de signature sont ainsi focalisées sur l'évaluation individuelle. Conséquence : la liste des articles signés par le chercheur et le détail de ses collaborations sont cruciaux pour sa carrière.

Inversement, en physique des hautes énergies, les noms sont toujours rangés par ordre alphabétique. Et la liste des signatures n'est mise à jour que tous les six mois, assumant ainsi son rattachement partiel au travail effectif des signataires... Plus que la liste des articles signés, c'est la régularité de son travail au sein d'un groupe de recherche qui importe pour la carrière d'un chercheur. Les échanges informels internes aux projets de recherche et les lettres de recommandation priment sur le palmarès des signatures.

Évaluer autrement ?

Problème : si les chercheurs connaissent les règles de la signature spécifiques à leur discipline, ils ne connaissent pas forcément celles en vigueur dans les autres domaines... Cela ne va pas sans poser de problèmes à l'heure de l'interdisciplinarité. Comment être sûr, par exemple, que les chercheurs en informatique ne seront pas lésés par les règles de signature en vigueur en génomique ?

Face à l'inflation du nombre d'articles publiés, comme du nombre de signatures par article, il est urgent de sortir de l'obsession du comptage pour parler de science différemment. Relativiser l'impact de la signature d'articles dans l'évaluation du chercheur et prendre en compte ses autres contributions – interventions dans des colloques, animation de cours et séminaires, responsabilités administratives, relations avec le grand public – est une première piste, assurément. **II**

1. Unité CNRS/Mines ParisTech.



Isabelle Charrier, chercheuse en bioacoustique à l'Institut des neurosciences Paris-Saclay (Neuro-PSI)¹.

“Je me souviens...”

PROPOS RECUEILLIS PAR ANNE-SOPHIE BOUTAUD

... de ma mission en Australie du Sud, sur l'île Kangourou, au parc national de Seal Bay. J'étais partie cinq semaines en avril 2006 pour étudier des lions de mer australiens, *Neophoca cinerea*. Je débutais alors un projet sur les processus de reconnaissance vocale entre la mère et son jeune. Leur cycle de reproduction, asynchrone et de 17 à 18 mois au lieu d'un cycle annuel chez les autres mammifères en général, est unique. Comme tous les otaridés, la femelle alterne des voyages alimentaires en mer et des séjours sur terre pendant toute la lactation. Ces voyages débutent une dizaine de jours seulement après la naissance du petit. Le jeune lion de mer est soumis à des périodes de jeûne et d'allaitement jusqu'à son sevrage, vers 18 mois. Il est donc essentiel qu'à chaque retour de mer, la femelle puisse retrouver son petit, resté seul dans la colonie au milieu des autres congénères. Cette identification se fait principalement

via leurs vocalisations, échangées entre eux dès la naissance. Nos premiers enregistrements, en 2005, nous avaient permis de démontrer que ces cris étaient spécifiques à chaque individu. L'année suivante, nous avons poursuivi ces enregistrements pour réaliser des expériences de playback. En diffusant auprès d'une femelle des cris de son petit et des cris d'un autre jeune de la colonie, nous pouvons déterminer grâce à son comportement si celle-ci est capable de distinguer les deux voix. Nous avons ainsi démontré que mères et jeunes se reconnaissent vocalement et de façon mutuelle. Je m'intéresse par ailleurs aux autres modalités sensorielles comme l'olfaction et la vision, également impliquées dans ces processus de reconnaissance individuelle.”

PHOTO : I. CHARRIER/CNRS PHOTOTHÈQUE

1. Unité CNRS/Univ. Parsi-Sud/CEA/Inra/Inserm/Univ. Jean-Monnet.



de Denis Guthleben,
historien au CNRS

La République a besoin de savants !

Les crédits de la science, thème de ma chronique précédente, ont suscité des réactions. On ne va pas s'en étonner. Avant tout, merci de vos messages bienveillants. Merci aussi pour ceux qui l'étaient moins... et tournons la page pour aborder un sujet plus consensuel. Pourquoi pas la politique ? Rien de tel pour rétablir un peu de sérénité dans les cœurs et les esprits ! À ceux qui craignent la redondance, une précision : si le budget de la recherche découle en partie de choix politiques, une bonne politique de la recherche ne se résume pas à un exercice comptable. Il faut aussi une ambition, disons même une vision, adossées à une solide détermination. Une sacrée alchimie, en somme, dont l'histoire récente offre des exemples.

Pierre Mendès France, des mots...

Il y a tout d'abord les précédents notoires. Parmi eux figurent le Front populaire et le tandem des deux Jean, Zay et Perrin, qui ont posé les fondations du CNRS et, plus largement, les bases d'une politique nationale de la science¹. Ou, vingt ans plus tard, cette France gaullienne

qui a suivi pendant une décennie le mot d'ordre lancé par le Général dès février 1959 : « *L'État a le devoir et a la fonction d'entretenir dans la Nation un climat favorable à la recherche* ». Ou encore, à nouveau vingt ans plus tard, le même pays qui a porté François Mitterrand à sa tête, avec la promesse – tenue, cela arrive parfois... – de redonner confiance à ses chercheurs et d'ériger « *la recherche scientifique et le développement technologique* » au rang de priorités nationales.

Et puis il y a les épisodes moins connus, mais néanmoins déterminants. Le « moment Mendès France » en fait partie. Bien avant d'accéder aux plus hautes responsabilités, Pierre

Mendès France s'était déjà illustré par son engagement en faveur de la recherche. Le 3 juin 1953, à la tribune de l'Assemblée nationale, il avait pris position : « *La République a besoin de savants ; leurs découvertes, le rayonnement qui s'y attache et leurs applications contribuent à la grandeur du pays* ». Il s'était ensuite impliqué dans la préparation d'un

numéro spécial de la revue *La Nef*, paru en juin 1954, où il martelait qu'une nation « *est vouée à la décadence si elle perd sa vitalité intellectuelle* ».

... et des actes

Le 18 juin 1954, Pierre Mendès France est désigné à la présidence du Conseil. Au lendemain de Diên Biên Phu, tous les regards sont tournés vers l'Extrême-Orient. Mobilisé sur la scène internationale, le chef du gouvernement n'en oublie pas pour autant la science. Déployant un effort massif en faveur de l'enseignement supérieur, il institue aussi auprès de lui un secrétariat d'État à la Recherche scientifique, confié à l'ancien directeur du CNRS Henri Longchambon. Las ! l'expérience est de courte durée : huit mois après avoir fait face à la question indo-chinoise, le gouvernement Mendès France trébuche sur les « affaires algériennes ».

Mais, dans le domaine de la recherche, le « moment Mendès France » transcende cette fugace présidence du Conseil. Après son départ et pendant plus d'un an et demi, avec le regretté Jean-Louis Crémieux-Brilhac et quelques scientifiques dont Pierre Auger, Jacques Monod et André Lichnerowicz, le député de l'Eure travaille à l'organisation d'une consultation nationale. Le « colloque de Caen », du 1^{er} au 3 novembre 1956, a posé un jalon capital sur le chemin de notre politique de la recherche. Dans sa forme, en donnant la parole aux chercheurs – « *Parlez, nous vous écoutons* », leur annonce d'emblée Pierre Mendès France –, il préfigure les grandes réflexions ultérieures, telles que les assises de la recherche de 1981. Sur le fond, en abordant des sujets aussi variés que l'investissement dans l'équipement scientifique, la réforme de l'enseignement supérieur, le développement des liens avec l'industrie, ou encore la revalorisation des carrières des personnels de la recherche, il fournit un bréviaire dont le pouvoir gaullien s'inspirera deux ans plus tard avec l'assentiment de Pierre Mendès France. Parce que si l'argent de la science n'a pas forcément d'odeur, la politique scientifique n'a pas nécessairement de couleur...

Hasard accidentel du calendrier – vous pouvez me croire –, au moment où ces lignes s'écrivent, il se murmure que François Hollande se rendra à Caen début novembre 2016. Et qu'il pourrait même y prononcer quelques mots sur la recherche, 60 ans jour pour jour après Pierre Mendès France. Alors, Monsieur le président de la République, parlez, nous vous écoutons... II

“Dans le domaine de la recherche, le « moment Mendès France » transcende sa fugace présidence du Conseil.”

1. Lire la chronique en ligne : <https://lejournal.cnrs.fr/billets/jean-zay-rejoint-jean-perrin-au-pantheon>

En 2017, le CNRS recrute des chercheuses et chercheurs dans tous les domaines scientifiques

Les personnes en situation de handicap peuvent également être recrutées par voie contractuelle.



Sciences biologiques, chimie, sciences de l'environnement et écologie, sciences humaines et sociales, sciences de l'information, sciences de l'ingénierie et des systèmes, mathématiques, physique, physique nucléaire et des hautes énergies, sciences de la planète et de l'Univers.



Inscription en ligne sur emploi.cnrs.fr
du 1^{er} décembre 2016 au 6 janvier 2017



>> LES LAURÉATS 2016

PRIX COUPS D'ÉLAN POUR LA RECHERCHE FRANÇAISE

Quatre laboratoires du CNRS et de l'Inserm rénovés et/ou équipés.



THIERRY GALLI

Trafic membranaire et développement neuronal
CENTRE DE PSYCHIATRIE ET NEUROSCIENCES - PARIS



BERNARD DE MASSY

La recombinaison méiotique et la stabilité du génome
INSTITUT DE GÉNÉTIQUE HUMAINE MONTPELLIER



FRANK SCHNORRER

Quantification des forces mécaniques médiées par les protéines individuelles du sarcomère et leur impact sur la myofibrillogenèse
INSTITUT DE BIOLOGIE DU DÉVELOPPEMENT MARSEILLE



JESSICA ZUCMAN-ROSSI

Tumeurs du foie : des mécanismes aux nouvelles thérapies
CENTRE DE RECHERCHE DES CORDELIERS PARIS

5 SCIENTIFIQUES ET LEURS ÉQUIPES DE RECHERCHE RÉCOMPENSÉS

PROGRAMME ATIP-AVENIR

Une nouvelle équipe de recherche créée au sein d'un laboratoire de recherche français.



BÉNÉDICTE AMILHON

Parler la langue du cerveau : comment les interactions entre circuits neuronaux génèrent le comportement ?



FONDATION
BETTENCOURT
SCHUELLER

La Fondation Bettencourt Schueller s'est fixé pour objectif d'agir durablement sur l'écosystème de la recherche dans les sciences de la vie en travaillant sur trois leviers indissociables :

- accentuer le rayonnement de la recherche biomédicale française,
- accélérer le processus d'innovation,
- améliorer les conditions de travail des chercheurs.

Depuis 1990, elle a déjà attribué 372 prix, accordé 315,2 M€ de dons cumulés et encouragé plus de 5 000 chercheurs.



Pour en savoir plus : www.fondationbs.org

CARNETS DE SCIENCE

La revue du CNRS #1



Entrez dans les coulisses de la recherche

(...) Les mathématiques ont été créées pour résoudre des problèmes du monde qui nous entoure. C. Villani

de l'évidence. Surtout, l'histoire précédente, ce n'est pas celle que nous avons connue jusqu'à présent. C'est une histoire qui a été écrite pour les mathématiciens et ce n'est pas toujours facile pour nous, quand on a des problèmes d'habits à l'école ou que nous allons faire. Une dernière question me paraît importante, elle a trait au développement des mathématiques. Quel message faut-il donner aux élèves et aux étudiants? C'est une question qui me touche à l'école et vers ce domaine en plein développement?

C. Villani: Avant de tout autre chose, il faut nous parler de cet amour que vous avez pour les mathématiques. C'est une passion qui vous a conduit à faire ce que vous faites aujourd'hui. C'est une passion qui vous a conduit à faire ce que vous faites aujourd'hui. C'est une passion qui vous a conduit à faire ce que vous faites aujourd'hui.

de l'évidence. C'est une histoire qui a été écrite pour les mathématiciens et ce n'est pas toujours facile pour nous, quand on a des problèmes d'habits à l'école ou que nous allons faire. Une dernière question me paraît importante, elle a trait au développement des mathématiques. Quel message faut-il donner aux élèves et aux étudiants? C'est une question qui me touche à l'école et vers ce domaine en plein développement?

C. Villani: Avant de tout autre chose, il faut nous parler de cet amour que vous avez pour les mathématiques. C'est une passion qui vous a conduit à faire ce que vous faites aujourd'hui. C'est une passion qui vous a conduit à faire ce que vous faites aujourd'hui. C'est une passion qui vous a conduit à faire ce que vous faites aujourd'hui.

En vente en librairie
et Relay

200 pages / 12,50 €

www.carnetsdescience-larevue.fr

CNRS EDITIONS