

2016

UNE ANNÉE  
AVEC  
**LE CNRS**



4 > 5

**Les temps forts**

6 > 9

**Entretien avec Alain Fuchs,  
président du CNRS**

La visibilité de la science  
française n'a jamais  
été aussi forte

10 > 11

**2016 en chiffres**

12 > 17

**Anne Peyroche**

La science est un vrai  
investissement d'avenir

**Christophe Coudroy**

Une gestion des ressources  
au service des laboratoires

**Nicolas Castoldi**

Construire l'innovation  
avec l'industrie





18 > 31

VIVANT



32 > 43

SOCIÉTÉS



44 > 55

MATIÈRE



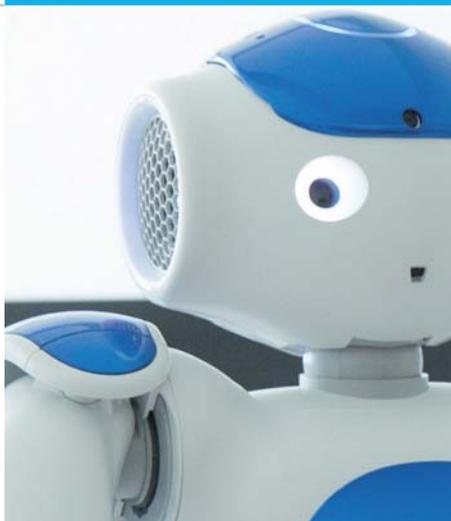
56 > 67

PLANÈTE  
ET UNIVERS



68 > 79

INGÉNIERIE  
ET NUMÉRIQUE



80 > 81

Une boîte à outils  
pour les laboratoires

82 > 83

Organigramme 2017  
et délégations régionales

84 > 86

Éléments budgétaires  
et financiers

Climat, innovation,  
mathématiques, prix Nobel,  
art et science... Retour  
en 18 temps forts sur une  
année riche en événements  
et en actions pour le CNRS.

# LES TEMPS FORTS DE 2016

JANVIER

## MATHS

L'Institut de mathématiques lance **AuDiMath**, un réseau pour soutenir la diffusion de cette discipline auprès du grand public.

## INNOVATION

Le CNRS présente ses **innovations et réflexions autour de la santé** de demain à la Cité des sciences et de l'Industrie.

## TECHNOLOGIE

**Inauguration de Prométée**, plateforme technologique dédiée aux transports, à l'énergie et à l'environnement sur le site de la technopole du Futuroscope.

MAI

## CLIMAT

### L'expédition Tara Pacific

quitte Lorient pour un voyage de deux ans afin d'étudier la biodiversité et l'évolution des récifs coralliens face aux changements climatiques.

## UNIVERS

Le réseau **FRIPON** déploie 100 caméras pour détecter en temps réel les météorites dans le ciel français, calculer leur trajectoire en 3D, leur vitesse et leur point d'impact.

MARS

## CLASSEMENT

### Le CNRS est à la 5<sup>e</sup> place du top 25 Thomson Reuters

des « organismes de recherche qui contribuent le plus à faire progresser la science et la technologie dans le monde ».

JUILLET

## MATHS

**Vincent Calvez**, de l'Unité de mathématiques pures et appliquées et **Hugo Duminil-Copin**, du laboratoire Alexander Grothendieck, figurent parmi les dix lauréats du **Prix de la Société européenne de mathématiques**.

## JUIN

### PRIX

Le CNRS reçoit le **prix d'Argent de la communication responsable** pour ses vidéos *Parlons Handicap* (Grand Prix de la Créativité RH ACCE).

### PRIX

6<sup>e</sup> édition de la **médaille de l'innovation** du CNRS : quatre chercheurs primés.

### NANOTECHNOLOGIES

Avec la création du **Centre de nanosciences et de nanotechnologies (C2N)** la plus grande centrale de nanotechnologies francilienne voit le jour, au cœur du campus de l'université Paris-Saclay.

## OCTOBRE

### INTERNATIONAL

Une nouvelle unité mixte internationale franco-japonaise, **ElyTMax**, explore le comportement des matériaux sous conditions extrêmes.

### PRIX

**Jean-Pierre Sauvage**, pionnier des machines moléculaires et chercheur au CNRS de 1971 à 2014, reçoit le **prix Nobel de chimie 2016**.

### COMMUNICATION

Pour célébrer le **centenaire de Claude Shannon**, père de la théorie de l'information, le CNRS met en ligne un site web : **centenaire-shannon.cnrs.fr**

## DÉCEMBRE

### ART ET SCIENCE

**Platonium**, une œuvre mêlant art et science, est présentée lors de la Fête des lumières à Lyon.

### MATHS

La mathématicienne **Claire Voisin** reçoit la **médaille d'or du CNRS**.

## NOVEMBRE

### PHYSIQUE NUCLÉAIRE

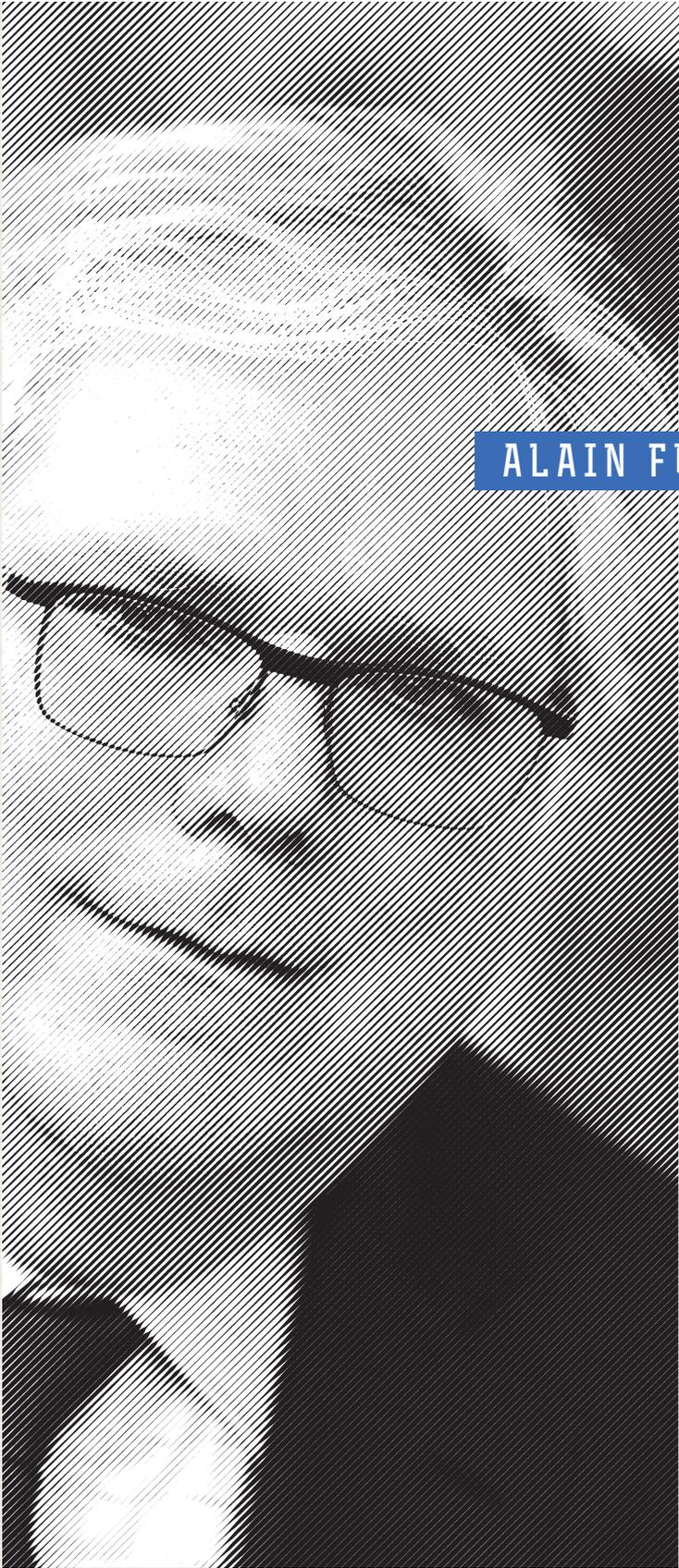
Grâce au nouvel accélérateur de particules **Spiral2**, la France double ses capacités expérimentales en physique nucléaire.

### ÉDITION

Le CNRS lance une nouvelle revue, **Carnets de science**, qui invite le grand public dans les coulisses de la recherche.

### SOCIÉTÉ

Un an après, le CNRS fait le point sur l'appel à projets **attentats-recherche**.



ALAIN FUCHS

PRÉSIDENT DU CNRS

# DE LA SCIENCE N'A

**L'année 2016 a été marquée par la réalisation d'une évaluation scientifique du CNRS conduite par un comité de visite international. Quelle analyse en avez-vous tiré ?**

**Alain Fuchs :** Les précédentes évaluations avaient tendance à considérer le CNRS uniquement sous un angle administratif. Or, nous avons besoin de mesurer l'impact scientifique du CNRS sur notre pays, en tant qu'institution nationale et grand opérateur de la recherche. Il était important de connaître la valeur ajoutée du CNRS au-delà des laboratoires eux-mêmes, qui sont évalués par des processus spécifiques. Rémi Quirion, scientifique en chef du gouvernement du Québec, a présidé un comité de visite international qui a rendu un travail d'une grande qualité, utile pour l'avenir. Sans complaisance, le comité a repéré ce qui fait notre force et formulé aussi quelques recommandations. Il a relevé la spécificité du CNRS dans le paysage des opérateurs de recherches internationaux, montrant le bénéfice qu'il est possible d'en tirer pour la science mondiale plutôt qu'un particularisme qu'il faudrait éradiquer.

Parallèlement, un dialogue s'est établi avec le Haut conseil de l'évaluation de la recherche

# LA VISIBILITÉ FRANÇAISE JAMAIS ÉTÉ AUSSI FORTE

et de l'enseignement supérieur (HCERES) de telle sorte que cette évaluation soit conforme aux bonnes pratiques de cette institution et qu'elle soit reconnue.

## Le CNRS reste-t-il performant ?

**A.F. :** La visibilité de la science française n'a jamais été aussi forte depuis Marie Curie ! La France a régulièrement soutenu sa recherche dans la deuxième moitié du XX<sup>e</sup> siècle et nous en récoltons les fruits aujourd'hui. À titre d'exemple, alors que notre pays n'avait obtenu qu'un seul prix Nobel<sup>1</sup> entre 1935 et 1965, il en a engrangé huit depuis 2005, auxquels il faut ajouter plusieurs médailles Fields et des grands prix internationaux. En 2016, le prix Nobel de chimie a été attribué à Jean-Pierre Sauvage, un chercheur CNRS qui a fait toute sa carrière à Strasbourg. Derrière chaque découverte spectaculaire, comme l'an dernier celle des ondes gravitationnelles, des équipes du CNRS sont impliquées. Les très bons résultats du CNRS à l'ERC nous donnent aussi confiance en l'avenir. Et la recherche n'est pas faite que de grandes découvertes : une science plus silencieuse se construit chaque jour dans les laboratoires, qui constitue, année après année, notre patrimoine culturel et scientifique.

Attention cependant à ne pas nous reposer sur nos lauriers. Nous devons continuer d'investir pour nous maintenir dans la compétition internationale, qui est devenue intense. Pour cela, nous avons besoin de recruter d'excellent.e.s chercheur.e.s et ne pas relâcher les efforts en matière de financement.

*— Nous devons continuer d'investir pour nous maintenir dans la compétition internationale. —*

## Redoutez-vous les conséquences du Brexit ?

**A.F. :** La science est porteuse de valeurs qui sont celles de la libre circulation des cerveaux et des idées. C'est sur ces bases qu'elle s'est développée et qu'elle s'est globalisée. On pensait que ce monde-là, très ouvert, où règne à la fois compétition et coopération, nous était donné pour toujours. Le Brexit, mais aussi certaines décisions prises outre-Atlantique, nous

font craindre une remise en cause de ces principes. L'Europe a inventé la science moderne et a su la développer. Au-delà même des frontières de l'Union Européenne, l'espace européen de la recherche reste le plus grand producteur de science au monde. C'est un trésor supranational européen que d'hériter de cette science qui fait partie de notre identité. Il faut le préserver.

— *Après les attentats, il s'est passé quelque chose dans notre communauté scientifique, de l'ordre de la prise de conscience.* —

**Estimez-vous, au vu des nombreux résultats produits cette année par les recherches issues de l'appel à projets « attentats-recherche » lancé par le CNRS, que les scientifiques, notamment les sciences humaines et sociales, impactent davantage les politiques publiques ?**

**A.F. :** Après les attentats, il s'est passé quelque chose dans notre communauté scientifique, de l'ordre de la prise de conscience. De nombreuses études s'étaient développées pour comprendre les phénomènes de radicalisation mais cet appel a permis d'en élargir le champ et d'en structurer d'autres, comme les sciences du comportement. L'idée même que ces travaux de recherche puissent orienter les politiques publiques, qui n'allait pas de soi il y a quelques années, est entrée dans les mœurs.

Et grâce à cet appel, les liens se sont resserrés avec des institutions qui dépendent de la justice comme l'Institut national des hautes études de la sécurité et de la justice ou de la défense, comme la Direction du renseignement militaire. Leurs équipes sont intéressées à un travail commun sur des sujets de recherche qui émergent de personnes travaillant sur le terrain. Les travaux fondamentaux en sciences humaines et sociales se révèlent extrêmement utiles pour comprendre et expliquer des phénomènes très concrets et très complexes, comme les processus de radicalisation. Mais les équipes ministérielles ont plus de difficulté à intégrer les préconisations des scientifiques dans la décision politique.

**C'est une démarche similaire aux processus collaboratifs qui se développent actuellement entre les équipes de recherche et les entreprises...**

**A.F. :** Effectivement, les démarches ne sont pas très différentes de celles qui concourent à la valorisation. Il a longtemps été reproché au CNRS de ne pas savoir valoriser les résultats de la recherche. Ce n'est pas vrai. Le modèle linéaire, de la découverte de base jusqu'au marché, n'est plus opérant. Il y a aujourd'hui une vraie appétence des entreprises pour aller chercher des découvertes en amont. Le temps du partage des tâches entre organismes qui font de la recherche fondamentale, d'autres de la recherche technologique d'un côté et entreprises centrées sur la R&D de l'autre est révolu. Nous évoluons vers des schémas plus intriqués qui se manifestent notamment par l'émergence de structures communes de recherche. Nous constatons au quotidien que faire de la recherche fondamentale n'est pas du tout contradictoire avec le fait de la valoriser ou de la transférer.

**Justement, une enquête réalisée dans nos laboratoires a révélé l'existence de 120 structures de recherche communes avec les entreprises. Contrairement à une idée reçue, le CNRS n'est donc pas si éloigné que cela du monde économique ?**

**A.F. :** Absolument. Et l'initiative en revient au CNRS qui a su imaginer des structures plus souples et plus opérationnelles que les unités mixtes de recherche par exemple. Ces structures communes de recherche répondent à l'exigence de rapidité et de flexibilité des entreprises qui préfèrent travailler en mode projet. De même pour les start-up. Leur création a certes été facilitée par la législation, mais il y a aussi un état d'esprit dans la maison qui s'est installé et qui y est favorable. Ce qui est nouveau, c'est que nous prenons conscience de notre force dans ce domaine et l'enquête réalisée sur les structures communes de recherche en donne en effet la mesure.

**Le CNRS a lancé *Carnets de science*, une revue qui s'adresse au grand public. En quoi cette initiative répond-elle à une exigence de l'institution ?**

**A.F. :** Le CNRS a toujours eu pour préoccupation de diffuser l'information scientifique, cette mission figure dans le décret de création de l'organisme. Ces dernières années, nous avons multiplié les initiatives en ce sens avec le lancement de *CNRSlejournal* en ligne et la création du Forum « Que reste-t-il à découvrir ? ». Avec l'appui de CNRS images, de sa photothèque et de sa vidéothèque, qui possèdent des contenus exceptionnels, nous avons concentré nos efforts pour créer *Carnets de science*, une revue diffusée en librairie qui comprend des articles



de fonds destinés à des amateurs de science qui ont envie d'en savoir un peu plus. Le tout est porté par des chercheurs qui ont des histoires de science passionnantes à raconter. À une époque où la vérité scientifique est contestée, où les fausses informations (*fake news*) se propagent, menaçant de gagner les esprits, la création d'une revue qui relaie la science et donne la parole à ceux qui la font me paraît salutaire. Le public, qui semble avoir entendu le message, a fait un très bon accueil à ces *Carnets*.

— Il y a aujourd'hui une vraie appétence des entreprises pour aller chercher des découvertes en amont. —

1. En 1956, André Frédéric Cournand en médecine

# 2016

## EN CHIFFRES

**3,2**  
MILLIARDS  
D'EUROS  
de budget

**952**  
unités mixtes  
de recherche

**135**  
unités de service

**32**  
unités propres  
de recherche

### RESSOURCES

**31 637** PERSONNELS  
dont **43 %** de femmes

**11 137**  
chercheur.e.s

**13 415**  
ingénieur.e.s et  
technicien.ne.s

**7 085**  
contractuel.le.s  
non titulaires  
de droit public

**298**  
chercheur.e.s  
recruté.e.s

**332**  
ingénieur.e.s et  
technicien.ne.s recruté.e.s

**1<sup>er</sup>**  
AU CLASSEMENT  
Nature Index  
et  
Scimago Institution  
Ranking

(natureindex.com et Scopus, Scimago, 2016)

### RECHERCHE

**50 600**  
PUBLICATIONS  
SCIENTIFIQUES

dont  
**60 %**  
AVEC UN LABORATOIRE  
ÉTRANGER

(Scopus, Scimago, 2016)

**2,3**  
MILLIONS  
DE PAGES VUES  
sur  
CNRSlejournal.fr

**256**  
COMMUNIQUÉS  
diffusés  
à la presse

et  
**280**  
NOUVEAUX  
CONTENUS  
(articles, vidéos,  
audios,  
infographies,  
etc.)

### COMMUNICATION

**36**

**UNITÉS MIXTES INTERNATIONALES**

**INTERNATIONAL**

**185**  
PROJETS  
EUROPÉENS  
financés

dont **57**  
PAR LE CONSEIL EUROPÉEN  
DE LA RECHERCHE  
(ERC)

**126**  
STRUCTURES  
DE RECHERCHE  
communes  
public/privé

**21**  
ACCORDS-CADRES  
avec de grands  
groupes

**INNOVATION ET PARTENARIATS**

+ de  
**1200**  
START-UP

**6<sup>e</sup>**  
DÉPOSANT  
de brevets français  
(INPI)

**5<sup>e</sup>**  
AU CLASSEMENT  
des 25 organisations  
publiques les plus  
innovantes au monde

et membre des  
**100**  
PRINCIPAUX INNOVATEURS  
MONDIAUX  
(Thomson-Reuters, 2016)



ANNE PEYROCHE

DIRECTRICE GÉNÉRALE  
DÉLÉGUÉE À LA SCIENCE

# LA SCIENCE EST UN VRAI

# INVESTISSEMENT D'AVENIR

## Quel bilan faites-vous de cette première année à la tête de la Direction générale déléguée à la science du CNRS ?

**Anne Peyroche :** Le CNRS est une très belle maison et je suis très fière de l'avoir rejointe en janvier 2016 ! L'année a été extraordinairement riche et dense avec notamment deux évènements internes importants : le renouvellement des sections du Comité national et l'évaluation du CNRS. Pour ce qui est du paysage de l'ESR en général, l'année 2016 a été celle de la confirmation de trois Idex dans lesquels le CNRS est fortement engagé et de la finalisation du processus Idex/Isite avec la vague 2.

Les sections du Comité national ont été fortement renouvelées : ce sont donc principalement de nouveaux membres qui assurent dès 2017 le recrutement et l'évaluation des chercheur.e.s ainsi que le suivi des laboratoires. C'est évidemment un élément important de la vie scientifique du CNRS auquel nous sommes très attentifs ! De ce fait, il m'est apparu plus indispensable que jamais d'établir un dialogue approfondi avec le Comité national pour que nous soyons en phase sur les objectifs dans le respect des grands principes que nous partageons : l'excellence

scientifique, la liberté de la recherche, la valorisation du travail en équipe. Nous portons le même message : la science est un véritable investissement d'avenir pour notre pays. Ce message c'est aussi celui qu'a porté le comité d'évaluation du CNRS qui a souligné, dans son rapport remis en octobre 2016, le remarquable dynamisme scientifique de l'organisme et a indiqué que pour maintenir ces performances, il était nécessaire de soutenir budgétairement le CNRS. D'autres recommandations nous ont également été faites pour améliorer le fonctionnement du CNRS et nous nous employons à les mettre en œuvre : c'est un des objectifs de 2017.

## L'année 2016 a de nouveau été marquée par de grands résultats...

**A.P. :** La « big science » continue en effet d'enregistrer des résultats spectaculaires. Je pense bien sûr à la découverte des ondes gravitationnelles, au recul de la datation des origines de la vie, à la détection d'exoplanètes, ou encore aux grandes campagnes océanographiques de Tara. Mais je veux aussi rendre hommage à une science qui n'est pas celle des grands instruments, celle des petites équipes et des projets moins spectaculaires, qui avance à « bas bruit » et qui

porte elle aussi les ruptures importantes de demain. Cette diversité est intrinsèque à la science et essentielle à l'avancée des connaissances.

Je veux aussi souligner l'effort entrepris en 2016 sous l'impulsion et la coordination de l'institut des sciences biologiques du CNRS pour éclairer la révolution à l'œuvre dans les sciences du vivant. En effet, les sciences du vivant – qui peuvent être totalement déconnectées des questions de santé – vivent des révolutions conceptuelles et méthodologiques, donnant naissance à de nouvelles disciplines scientifiques portées par des chercheurs qui ont un profil très différent de ceux d'il y a dix ans, plus ouverts sur l'interface avec la physique, les mathématiques ou l'informatique notamment. La science change sans cesse et nous devons le faire savoir aux citoyens mais aussi aux décideurs.

C'est un exercice de respiration intellectuelle très bénéfique, qui a mobilisé de très nombreux scientifiques et qui s'adresse à la communauté scientifique dans son ensemble, aux citoyens mais aussi aux décideurs. Il s'apparente d'ailleurs à celui que la direction du CNRS a mené pour préparer les rencontres avec le comité de visite international chargé de l'évaluation de l'organisme.

### **Avons-nous progressé sur l'interdisciplinarité ?**

**A.P. :** Pour progresser en matière d'interdisciplinarité, il faut développer l'excellence disciplinaire sur plusieurs champs et être en capacité d'établir un dialogue scientifique fructueux. Je constate que nous sommes capables de rapprocher des disciplines très différentes sur des questions très transverses. Sur des problématiques comme le changement climatique, nous savons que les approches pluridisciplinaires sont essentielles pour répondre aux défis scientifiques. Mais c'est vrai sur bien des sujets. Concernant le rapport humain/animal par exemple, nous avons pu faire intervenir dans un même colloque, des biologistes, des juristes, des philosophes, des roboticiens, etc. Le CNRS parvient à faire cohabiter et dialoguer des communautés scientifiques très différentes dans des groupements de recherche ou dans des projets novateurs, comme ceux soutenus par la Mission pour l'interdisciplinarité. C'est une des grandes forces du CNRS ! Nous, nous devons inciter, accompagner, faciliter mais nous ne pouvons pas imposer l'interdisciplinarité : le chercheur restera toujours le moteur. Ils sont nombreux à avoir compris aujourd'hui tout le potentiel que représente la recherche interdisciplinaire.

### **Quelle est la stratégie du CNRS à l'international ?**

**A.P. :** Nous avons la chance que le CNRS soit une « marque » très connue et reconnue à l'international. Cela nous ouvre des portes. La présence du CNRS s'est accrue en Asie, à Singapour par exemple, un pays jeune sur le plan scientifique mais qui a vu son nombre de publications de très haut niveau s'accroître fortement. C'est un endroit où il faut être et nos chercheurs collaborent très étroitement avec des équipes sur place. Le CNRS les soutient grâce à sa panoplie d'outils – comme les laboratoires internationaux associés (LIA) ou les unités mixtes internationales (UMI) – qui permettent de formaliser, structurer et d'approfondir ces liens.

Car dans ce domaine comme dans beaucoup d'autres, tout part des chercheur.e.s en quête des complémentarités et de l'émulation partout où la bonne recherche se développe, où que ce soit dans le monde. Le CNRS doit s'attacher, comme il le fait aujourd'hui, à ne pas brider cela.

*\_\_\_\_\_ La science change sans cesse et nous devons le faire savoir aux citoyens mais aussi aux décideurs. \_\_\_\_\_*

### **Où le CNRS se situe-t-il dans la longue séquence de restructuration du paysage scientifique français qui a démarré avec le programme d'investissements d'avenir ?**

**A.P. :** Le CNRS n'a cessé, depuis plusieurs années, d'apporter une contribution décisive à la construction des grands sites de recherche. Nous avons fait preuve d'ouverture, en entrant au conseil d'administration de 14 Communautés d'universités et d'établissement (ComUE), et en investissant dans une présence institutionnelle à peu près partout. L'heure est désormais au bilan. Nous souhaitons conforter nos relations institutionnelles avec les Idex confirmés. A contrario, dans certains sites dans lesquels la structuration n'a pas pris pour différentes raisons, notre présence dans des instances telles que les ComUEs n'a plus forcément de sens ou de plus-value.



**CHRISTOPHE COUDROY**

**DIRECTEUR GÉNÉRAL  
DÉLÉGUÉ AUX RESSOURCES**

# UNE GESTION DES AU SERVICE

**L'organisme réussit à maintenir son niveau d'emploi en 2016. En parallèle, comment évolue son attractivité ?**

**Christophe Coudroy :** Pour la deuxième année consécutive, nous avons recruté près de 300 chercheur.e.s et plus de 300 ingénieur.e.s et technicien.ne.s, soit nettement plus que les départs en retraite. Cette situation distingue le CNRS au sein de l'État et consolide son attractivité au niveau international. Il faut cependant rester vigilant car, en particulier dans les fonctions support (ressources humaines, finances, achats, systèmes d'information, etc.), les règles de rémunération en vigueur peuvent entraver certains recrutements voire motiver des départs. Nous entendons y remédier notamment grâce à la nouvelle politique salariale.

*Les réformes des grilles indiciaires et du régime indemnitaire vont revaloriser la feuille de paye des agents.*

**En quoi les réformes en cours liées aux rémunérations – et dans lesquelles le CNRS est très impliqué – vont-elles être profitables aux agents du CNRS ?**

**C.C. :** Les réformes des grilles indiciaires (PPCR)<sup>1</sup> et du régime indemnitaire (RIFSEEP<sup>2</sup>) vont revaloriser la feuille de paye des agents. Avec les PPCR, une partie des primes est convertie en points d'indice (qui servent de base au calcul de la retraite) et les grilles de catégorie A sont substantiellement relevées pour rattraper le retard accumulé par rapport à la moyenne de la fonction publique. De son côté, le RIFSEEP nous permet d'augmenter significativement l'enveloppe consacrée aux primes des ingénieur.e.s et technicien.ne.s (les chercheur.e.s n'y sont pas soumis.es statutairement). Concrètement, le taux de base sera relevé d'au moins 10 %, certaines fonctions dans les laboratoires seront désormais indemnisées et un rééquilibrage des enveloppes entre siège, délégations régionales et laboratoires sera engagé. Là aussi, il s'agit de se rapprocher des standards de la fonction publique.

**La nouvelle gestion budgétaire et comptable publique (GBCP) est l'autre réforme majeure de l'année 2016. Comment cela s'est-il passé ?**

**C.C. :** La GBCP concerne l'ensemble de l'administration publique. Son application stricte aurait

# RESSOURCES

# DES LABORATOIRES

bloqué le fonctionnement de la recherche car, en particulier, il aurait fallu attendre que les crédits liés aux contrats de recherche soient encaissés avant de démarrer les projets scientifiques. Le dispositif des autorisations globales de dépenses (AGD) permet d'éviter ce problème. Avec l'AGD, le laboratoire bénéficie d'emblée de l'ensemble des crédits du contrat. Le passage à la GBCP, qu'il fallait réaliser dès 2016, s'est déroulé dans des conditions difficiles, avec des outils de gestion dans un format provisoire et au prix d'un plan de formation sans précédent. Grâce aux efforts de tous, la situation s'est améliorée tout au long de l'année et une version plus complète et ergonomique des applications est prévue à l'automne 2017.

**Ces exemples montrent que le CNRS met à profit des réformes qui lui sont imposées pour améliorer sa gestion. Ce qui lui vaut d'ailleurs une certaine reconnaissance à l'extérieur.**

**C.C. :** Outre plusieurs prix récents<sup>3</sup>, nous avons obtenu en 2016 le label européen HRS4R, en matière RH. Cette reconnaissance touche également le domaine financier puisque nous faisons partie des pilotes dans la mise en place de la plateforme nationale *Chorus Pro* (réception de factures numériques). À ce sujet, on peut noter que l'ensemble des factures fournisseurs de l'établissement est désormais traité de manière dématérialisée par le service central de traite-

ment de la dépense à Nancy. En parallèle, nous poursuivons les chantiers de modernisation, comme par exemple : le déploiement de *Webcontrat* pour que tous les acteurs d'un contrat de recherche puissent suivre sa mise en place en temps réel, l'accompagnement des unités en réorganisation par une gestion prévisionnelle des emplois et des compétences (GPEC), le nouveau plan handicap, le nouveau schéma de stratégie immobilière, la montée en puissance du service mutualisé d'Île-de-France (IFSEM), la démarche d'amélioration continue, etc.

## Comment évolue le rôle des fonctions support du CNRS vis-à-vis de la politique de site ?

**C.C. :** L'objectif est d'améliorer le service apporté aux laboratoires et de faciliter le partenariat. Cela passe par la mise à disposition gratuite d'outils comme *Dialog* (dialogue de gestion), *Puma* (achats), *Azur Colloques*, *MyCom* (visioconférence), *MyCore* (plateforme collaborative), *Agate* (gestion des congés)... Grâce au statut de centrale d'achats acquis fin 2015, le CNRS permet en outre à ses partenaires de bénéficier de tarifs très intéressants pour des prestations au service de tout le laboratoire (bibliométrie par exemple).

1. Parcours professionnels, carrières et rémunérations

2. Régime indemnitaire tenant compte des fonctions, des sujétions, de l'expertise et de l'engagement professionnel

3. Cf. Éclairage « Le CNRS soigne sa signature employeur » page 42

# CONSTRUIRE L'INNOVATION AVEC L'INDUSTRIE



**NICOLAS CASTOLDI**

**DÉLÉGUÉ GÉNÉRAL  
À LA VALORISATION**

**Vous avez été nommé délégué général à la valorisation du CNRS en octobre 2015. Quel premier bilan tirez-vous de l'exercice ?**

**Nicolas Castoldi.** : La création de cette nouvelle fonction signifie tout d'abord que l'organisme place la valorisation au cœur de ses préoccupations. C'est un signal fort. L'objectif est de nous donner les moyens de piloter plus efficacement cette politique en interne et de parler d'une seule voix vis-à-vis de nos partenaires. Depuis ma nomination, j'observe deux évolutions majeures. Tout d'abord, les chercheurs se saisissent de plus en plus des possibilités de transfert et de valorisation à leur disposition. Par ailleurs, un renouvellement profond dans la stratégie R&D des industriels est à l'œuvre. Engager des stratégies disruptives suppose aujourd'hui d'aller à la source de l'innovation et de repousser les murs des entreprises. D'où l'intérêt croissant

de l'industrie pour la recherche académique et pour des modèles d'innovation beaucoup plus ouverts.

**Quelles sont les grandes lignes de la stratégie de valorisation et d'innovation du CNRS ?**

**N.C.** : Nous avons aujourd'hui une vision intégrée de la recherche et de la valorisation. Le lieu par excellence de cette imbrication est le laboratoire. Nos structures communes de recherche avec l'industrie sont d'ailleurs devenues des espaces de co-construction de l'innovation. Pour aller plus loin, nous entendons développer encore ces structures, mais aussi lever différents obstacles techniques (propriété intellectuelle, confidentialité). Notre stratégie consiste également à élaborer une offre de valorisation concertée sur certaines thématiques scientifiques clés.

### **Le programme de pré-maturation centré sur le soutien à l'innovation de rupture lancé en 2015 remplit-il ses objectifs ?**

**N.C. :** Ce programme, auquel nous consacrons deux millions d'euros par an, a rencontré un succès exceptionnel. Les nombreux projets candidats mettent en lumière les innovations qui émergent dans les laboratoires. Par ses résultats (preuve du concept, création de start-up, etc.) ce programme révèle également qu'une politique de valorisation efficace requiert davantage un soutien précoce que de gros budgets. Enfin, il s'appuie sur un dialogue entre scientifiques au sein du CNRS, ce qui légitime et renforce la démarche de valorisation des chercheurs.

### **En 2016, une étude a mis au jour l'importance des structures de recherche communes avec les entreprises au CNRS.**

**N.C. :** Cette étude répertorie et donne de la visibilité à nos 126 structures de recherche communes avec les entreprises. Laboratoire commun, unité mixte de recherche ou LabCom de l'ANR, plusieurs types de structures existent en fonction du projet de recherche. On constate que le modèle connaît une progression de 20 % depuis 2014. Par ailleurs, ces structures associent presque autant de PME-ETI que de grands groupes, représentent un budget annuel de 175 millions d'euros et mobilisent environ 1 600 personnes. Autant de données mettant en évidence le fait qu'une révolution culturelle est à l'œuvre en matière de partenariat public-privé de recherche.

### **Où en est la démarche de valorisation concertée du CNRS avec ses partenaires ?**

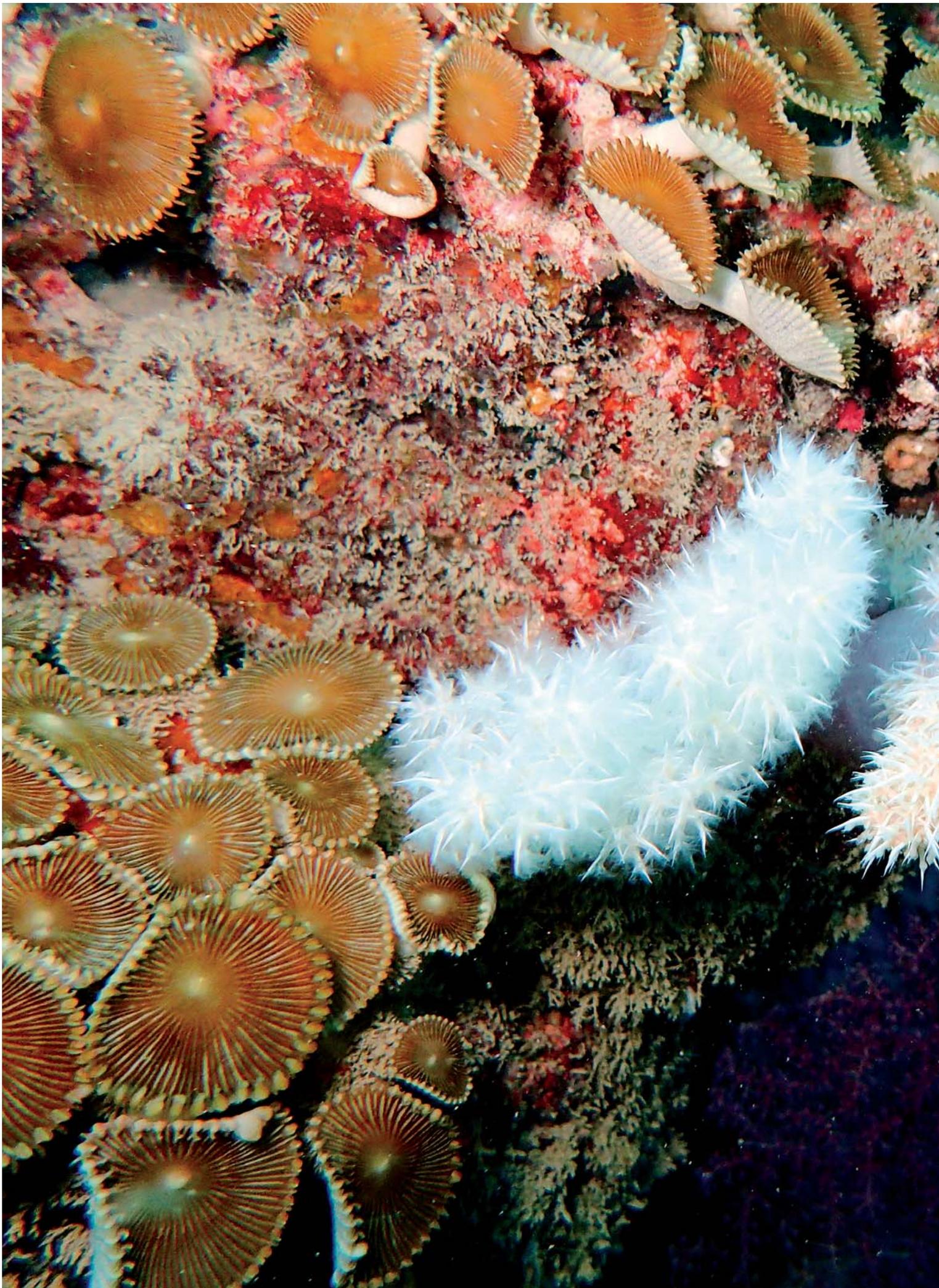
**N.C. :** Le CNRS est pleinement intégré à l'écosystème de la valorisation et de l'innovation, caractérisé en France par un foisonnement de structures et de dispositifs. Nous y participons tout en affirmant notre modèle qui

*On constate un intérêt croissant de l'industrie pour la recherche académique et pour des modèles d'innovation beaucoup plus ouverts.*

consiste à mettre les laboratoires au cœur de la politique de valorisation. Nous avons récemment clarifié nos relations avec les sociétés d'accélération du transfert de technologie (SATT), dont nous sommes actionnaires. Grâce aux SATT, le CNRS et les universités travaillent ensemble pour articuler leurs actions de valorisation. Nous avons tous à gagner en nous engageant dans cette logique de coopération et de simplification des points d'entrée. Les Instituts Carnot sont également des structures intéressantes qu'il faudrait encore développer. Leur capacité à proposer une offre de partenariat à l'échelle d'un territoire s'avère très efficace.

### **Plusieurs événements ont été organisés ces dernières années au CNRS autour de l'innovation, tant pour les partenaires que le grand public. Quels en sont les objectifs ?**

**N.C. :** Les événements tels que les *Innovatives* sont intéressants à plus d'un titre. Tout d'abord, ils mettent en valeur les laboratoires et favorisent les contacts avec des partenaires industriels. Ce sont également des moments qui font date dans l'émergence et la structuration d'un sujet : voiture du futur, Big Data, etc. À ce titre, le CNRS joue pleinement son rôle de carrefour et de catalyseur en matière de transfert de technologies. Par ailleurs, les *Innovatives* ont contribué à la prise de conscience des innovations dont les sciences humaines et sociales sont porteuses.





# VIVANT

**La flore intestinale** ouvre des perspectives thérapeutiques, **des bactéries tuent** leurs congénères avec une arbalète, **les fourmis s'allient** pour bâtir leur nid, **les cellules immunitaires** s'auto-renouvellent à l'infini, **les chimiothérapies** gagnent en efficacité et **la complexité du cerveau** est modélisée.

Coraux mous, gorgones et alcyonnaires blancs, île de Tûtua, Samoa américaines.  
© S. Bujan/EPOC/CNRS Photothèque



# LA RÉVOLUTION BIOLOGIQUE

Complexe, captivant et étonnant, le vivant n'a pas fini d'interroger les chercheurs. À la clé, des réponses de plus en plus précises et fiables... des origines de la vie au fonctionnement des êtres vivants.

« Nos découvertes révolutionnent la vision du vivant, et la façon de faire de la biologie change. » déclare Catherine Jessus, directrice de l'Institut des sciences biologiques. La biologie vit en effet une véritable révolution : le vivant est présent partout, même dans des endroits que l'on pensait incompatibles avec le développement de la vie. L'étendue de cette biodiversité et la variété des environnements où elle prospère sont telles qu'il reste encore bon nombre de mystères à percer sur son fonctionnement.

Longtemps insoupçonnée, la vie en milieu extrême, dans des eaux bouillonnantes, glaciales ou encore hyperacides, est peu à peu décryptée. « Les micro-organismes

hors-normes appelés extrémophiles découverts dans ces environnements, ressemblent certainement à ceux qui ont pu apparaître il y a 3,7 milliards d'années, voire à ceux qui pourraient exister sur d'autres planètes. De quoi bousculer notre vision des premiers êtres vivants », explique Catherine Jessus. Autre monde que les chercheurs découvrent : les microbiotes, ces populations de bactéries, virus et champignons qui habitent un organisme vivant. Rien que dans notre intestin, 100 000 milliards de micro-organismes se révèlent de véritables alliés pour notre santé. Autant de formes microbiennes ingénieuses, capables de coloniser des milieux improbables. Mais la révolution du vivant ne se joue pas que dans le domaine microbien ou dans l'histoire du vivant. D'autres terrains complexes sont en train de livrer leurs secrets, du fonctionnement des génomes à celui du cerveau humain...

« Dans cette quête du vivant, les avancées technologiques et interdisciplinaires sont absolument cruciales », ajoute Catherine Jessus. La preuve avec le prix *European Mathematical Society* décerné à Vincent Calvez, pour ses recherches sur les

déplacements des bactéries à l'intérieur des liquides. « Vincent Calvez a réussi à dégager des liens forts entre des modèles mathématiques précis et des descriptions biologiques. Il s'agit là de travaux pionniers à l'interface entre les mathématiques et la biologie », explique Christophe Sorger, directeur de l'institut national des sciences mathématiques et de leurs interactions. Quant au prix Nobel de chimie attribué à Jean-Pierre Sauvage, ne récompense-t-il pas son travail sur la reconstitution d'objets purement synthétiques et s'inspirant de la réalité du vivant ? « Ses machines moléculaires sont analogues aux muscles, avec la complexité du système macroscopique vivant. La chimie biologie tire le meilleur des deux mondes », ajoute Dominique Massiot, directeur de l'Institut de chimie. C'est l'avènement aussi de la théranostique, qui utilise l'imagerie moléculaire pour cartographier et cibler les cellules cancéreuses. Ou de la métagénomique qui permet de séquencer les génomes de milliers d'individus d'espèces différentes dans un échantillon complexe (goutte d'océan ou de contenu intestinal...)

— *Les avancées technologiques et interdisciplinaires sont absolument cruciales.* —

L'année 2016 voit donc se confirmer une tendance forte : les biologistes abordent leur discipline armés d'avancées technologiques et conceptuelles qui touchent à différents champs scientifiques. « Nous arrivons à un tournant de la discipline qui devient une véritable composante des sciences dures. Les données sont analysées avec des outils mathématiques et statistiques afin d'en tirer des modèles prédictifs qui donneront des pistes pour expérimenter et tester en laboratoire », conclut Catherine Jessus. /

## Une bactérie tueuse de... bactéries

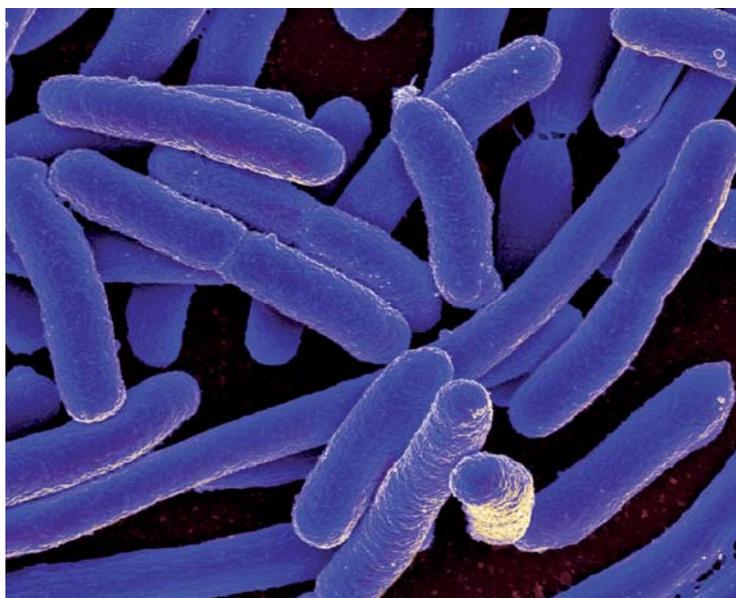
**Certaines bactéries ont développé une structure contractile comparable à une arbalète qui leur permet de tuer leurs congénères. Des chercheurs viennent d'élucider les étapes d'assemblage de cette structure moléculaire complexe.**

— Pour mieux coloniser leur environnement, les bactéries ont développé des processus de collaboration et d'échange d'informations, mais également des mécanismes pour tuer leurs congénères, et ainsi avoir un accès privilégié aux ressources disponibles.

Pour cela, les bactéries utilisent des structures contractiles qui fonctionnent comme une micro-arbalète : une flèche portant le poison est entourée d'un fourreau agissant comme un ressort. La contraction du ressort propulse la flèche létale en direction de la cellule cible. Les chercheurs<sup>1</sup> ont mis en évidence le rôle clé de la protéine TssA dans l'assemblage de ces structures contractiles complexes. TssA se fixe au niveau de la membrane, puis coordonne l'assemblage de la flèche et de son fourreau. Sa structure ressemble à une étoile de mer à six bras. Les chercheurs ont déterminé que la partie centrale de la protéine est impliquée dans la polymérisation de la flèche tandis que les bras contribuent à la polymérisation du fourreau contractile.

*Nature*, février 2016 —

1. CNRS/Aix-Marseille Université



Bactéries *Escherichia coli* vues au microscope électronique à balayage (cliché colorisé).  
© Wikimedia commons/NIAD



## - ÉCLAIRAGE -

# POLITIQUE DE SITE

Depuis 2012, le CNRS a signé 16 conventions de site

Contribuer à l'émergence et à la structuration des grands pôles de recherche métropolitains, tel est l'objectif des conventions de site que signe le CNRS avec ses partenaires de l'enseignement supérieur et de la recherche<sup>1</sup>.

Elles dessinent une stratégie scientifique partagée et définissent un cadre de fonctionnement pour les unités mixtes de recherches.

Thématiques scientifiques, coopérations internationales, infrastructures de recherche, partenariats et gestion administrative sont les grands thèmes de ces accords qui s'inscrivent pleinement dans le schéma national de reconfiguration du paysage de l'ESR.

1. Le CNRS a également signé cinq conventions bilatérales avec des universités.



— Nombre de partenaires de l'ESR signataires de la convention (hors CNRS)



## Ramollir les tumeurs pour mieux les traiter

**Des chercheurs ont trouvé un moyen de ramollir les tissus cancéreux grâce à des nanotubes de carbone chauffés. Une méthode qui pourrait améliorer grandement l'efficacité des chimiothérapies.**

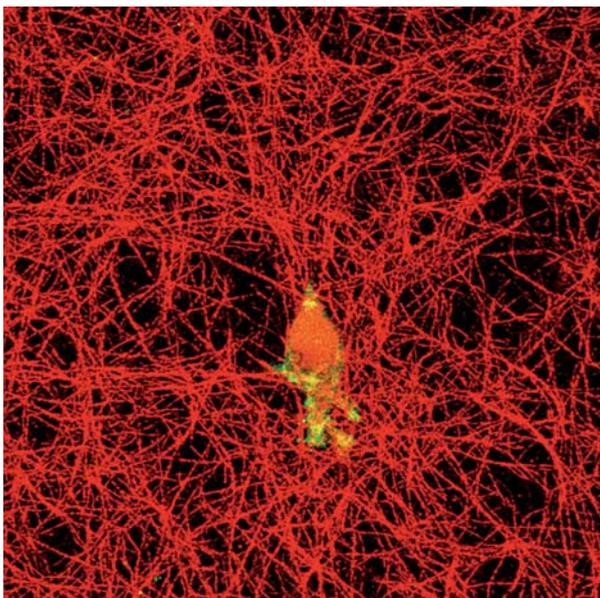
— La rigidité des tumeurs est directement liée à deux obstacles dans la lutte contre le cancer : elle favorise la prolifération des cellules malignes et limite la pénétration des chimiothérapies.

Une équipe de chercheurs<sup>1</sup> est parvenue à ramollir des tumeurs de souris en les chauffant. Ils ont pour cela injecté dans les tissus cancéreux des nanotubes de carbone, chauffés ensuite par un laser. La rigidité des tumeurs a été suivie de manière non invasive grâce à une technique proche de l'échographie.

Lors de deux séances à un jour d'intervalle, des tumeurs ont été chauffées à 52 °C pendant trois minutes. Elles se sont d'abord rigidifiées, avant de ramollir progressivement dans la dizaine de jours suivant les interventions. Cette méthode pourrait servir de traitement adjuvant pour épauler les chimiothérapies.

*Theranostics*, janvier 2017 —

1. CNRS/Université Paris-Diderot/Inserm/Université Paris-Descartes/ESPCI



Cellule cancéreuse humaine migrant dans une matrice de collagène, vue en microscopie confocale.

© A. Duperray/C. Verdier/MicroCell/IAB/LiPhy/CNRS Photothèque

# Comment les fourmis s'auto-organisent pour construire leur nid

**Les mécanismes qui permettent aux fourmis de se coordonner pour bâtir leurs nids sont désormais connus. Elles interagissent indirectement entre elles pour édifier collectivement les architectures complexes de leur fourmilière.**

... Comment des milliers de fourmis arrivent-elles à se coordonner pour bâtir collectivement des nids à l'architecture parfois très complexe ? Pour résoudre cette énigme, des chercheurs<sup>1</sup> ont combiné des techniques d'analyse comportementale, d'imagerie 3D et de modélisation.

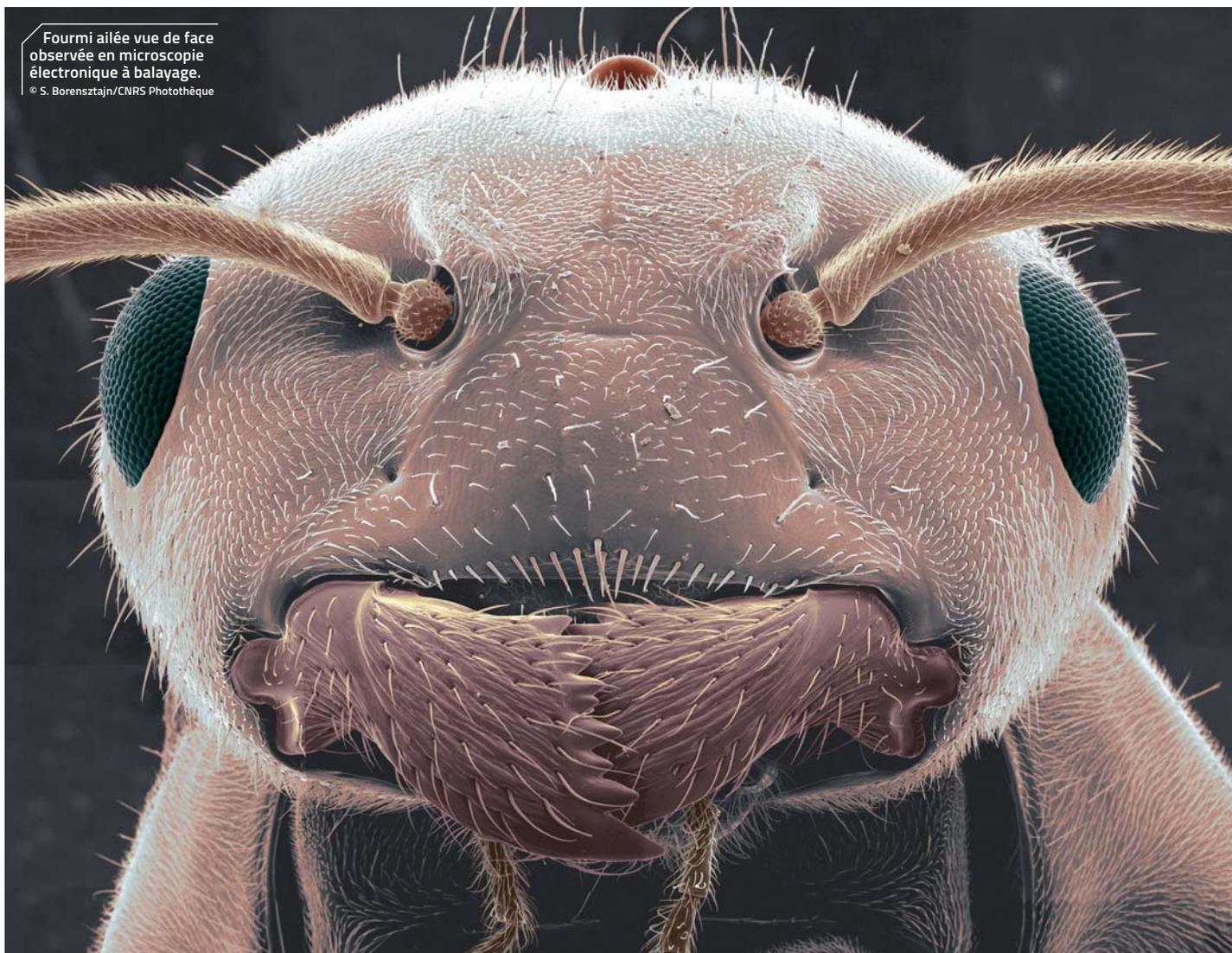
Leurs travaux montrent que les fourmis déposent préférentiellement leurs boulettes de terre dans une zone où il y en a déjà. En effet, en ajoutant une phéromone à leurs matériaux, elles incitent leurs congénères à construire aux mêmes endroits. Il en résulte la formation de piliers régulièrement espacés. Ensuite, les ouvrières utilisent leur corps comme

gabarit pour déterminer à quelle hauteur elles doivent commencer à déposer des boulettes latéralement. Elles façonnent alors des « chapiteaux » au sommet des piliers.

Les fourmis disposent donc de deux types d'interactions indirectes pour édifier collectivement leur fourmilière. Par ailleurs, la dégradation plus ou moins rapide de la phéromone, selon le climat, permet également aux fourmis d'adapter la forme de leurs nids aux conditions environnementales.

*PNAS*, janvier 2016

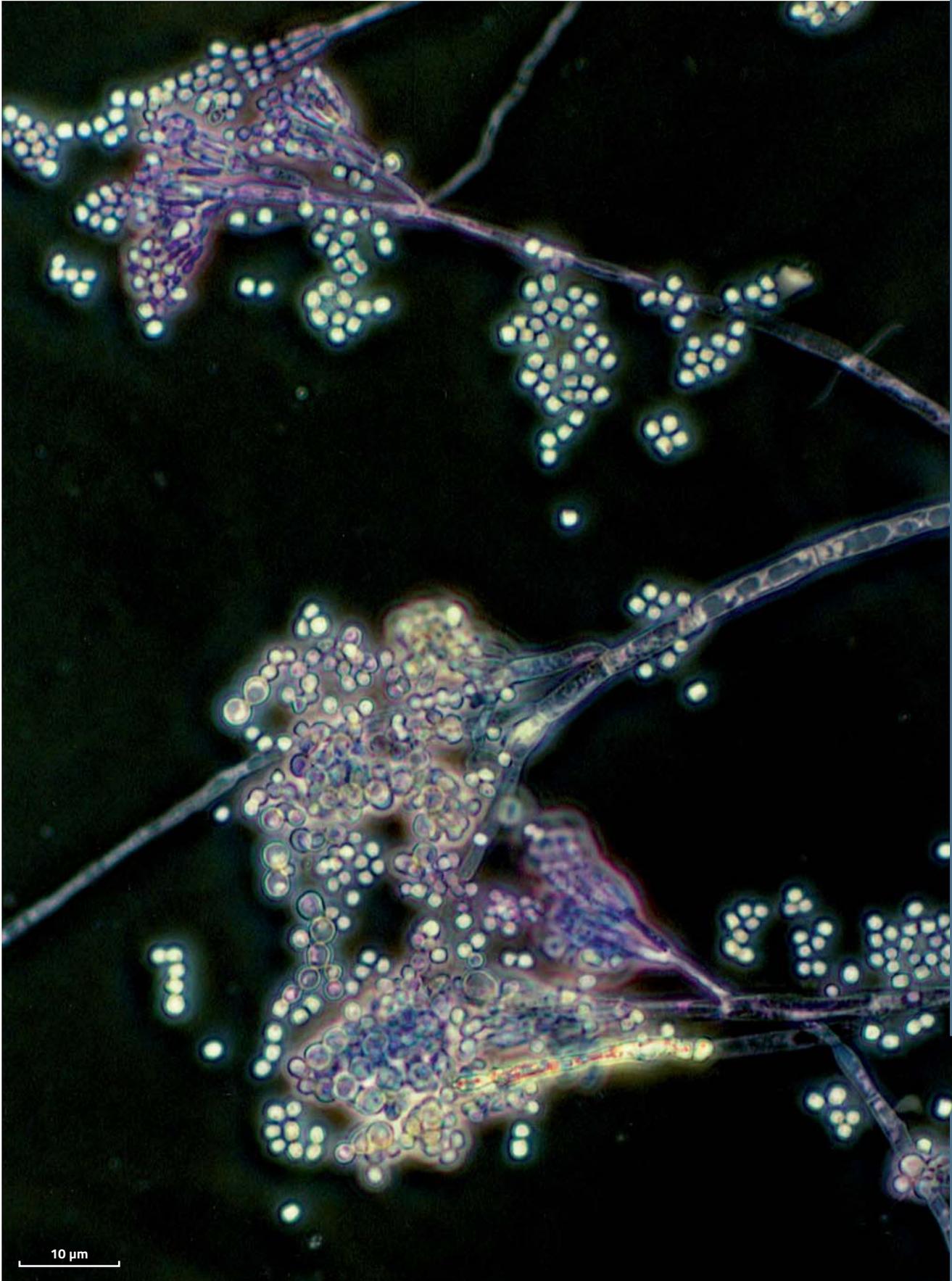
<sup>1</sup>. CNRS/Université Paul-Sabatier (Toulouse III)/Université de Nantes/École des Mines de Nantes



Fourmi ailée vue de face observée en microscopie électronique à balayage.  
© S. Borensztajn/CNRS Photothèque



Voir le film : *Dans les secrets d'une fourmilière*  
> <http://bit.ly/2lFmw0q>



Culture de *Penicillium sp.*  
(microscopie optique à contraste  
de phase). © Wikimedia commons/  
Doc. RNDr. Josef Reischig, CSc.

Croissance juvénile, lutte contre le cancer, l'obésité ou le diabète...  
L'étude du microbiote intestinal offre des résultats très prometteurs.

# Les 1 001 espoirs thérapeutiques de la flore intestinale

Les microbiotes sont constitués de micro-organismes comme les bactéries, les virus, les parasites et les champignons non pathogènes logés dans notre peau, notre bouche ou nos intestins... Avec  $10^{12}$  à  $10^{14}$  micro-organismes, soit 2 à 10 fois plus que le nombre total de cellules du corps humain, le microbiote intestinal est le premier d'entre eux. Certains scientifiques le considèrent même comme un organe à part entière, et la flore intestinale ouvre de multiples espoirs de progrès médicaux.

Longtemps, les chercheurs ont supposé qu'une symbiose féconde se produit entre le microbiote et son hôte, mais les moyens techniques pour étudier leurs interactions étaient limités. Les techniques de séquençage haut débit du matériel génétique ont révolutionné la recherche en la matière.

Des chercheurs<sup>1</sup> ont ainsi comparé, dans différentes conditions nutritionnelles, le développement de souris possédant un microbiote normal, et d'autres dites axéniques, sans microbiote intestinal. « Après avoir travaillé plusieurs années sur l'influence des bactéries intestinales dans le développement et la nutrition de la mouche drosophile, nous souhaitions tester si nos observations chez cet organisme modèle s'appliquaient aussi aux mammifères, et donc à la souris », explique François Leulier, chercheur au CNRS et à l'ENS de Lyon. Résultat : certaines souches de bactéries intestinales, appartenant à l'espèce *Lactobacillus plantarum*, favorisent la croissance de jeunes souris. Une avancée qui ouvre une piste vers de nouvelles stratégies préventives ou thérapeutiques afin de lutter contre les effets délétères de la malnutrition sur la croissance infantile.

Dans un autre domaine, une équipe<sup>2</sup> a pu mettre en évidence que deux bactéries intestinales (*E. hirae* et

*B. intestinihominis*) potentialisent les effets thérapeutiques anticancéreux du cyclophosphamide (médicament utilisé en chimiothérapie), en apportant une réponse immunitaire (destruction des cellules tumorales) au passage des bactéries dans le sang. « L'efficacité d'un médicament anticancéreux repose sur la capacité du patient à élaborer une mémoire immunitaire efficace contre certaines de ces bactéries », souligne Mathias Chamaillard, directeur de recherche à l'Inserm. Prochaine étape : améliorer la survie des patients avec des médicaments dérivés de ces bactéries.

Enfin, alors que nous savions que les aliments riches en fibres protègent l'organisme de l'obésité et du diabète, les mécanismes en restaient mal connus. Il est désormais prouvé que l'intestin est capable de synthétiser du sucre et de le libérer dans le sang entre les repas et au cours de la nuit. Ainsi, la sensation de faim est mieux contrôlée, la dépense énergétique de repos augmente, et le foie produit moins de glucose. Une collaboration franco-suédoise a révélé que la flore intestinale, en fermentant les fibres alimentaires en propionate et, de façon jusque-là insoupçonnée en succinate, offre à l'intestin les précurseurs pour produire du glucose. « C'est donc le rôle du microbiote de convertir les signaux bénéfiques contenus dans les aliments en métabolites actifs sur l'hôte », conclut Gilles Mithieux de l'Inserm. À l'aune de cette découverte, de nouvelles recommandations nutritionnelles et thérapeutiques sont attendues.

Les 100 000 milliards de bactéries vivant dans notre intestin n'ont sans nul doute pas fini de dévoiler leurs secrets physiologiques.

1. CNRS/ENS Lyon/Université Claude-Bernard Lyon 1/Inserm/Inra/Insa Lyon  
2. Inserm/IGR/CNRS/Institut Pasteur Lille/Université Paris-Sud/Université Lille

- INNOVATION -



Les bactéries présentes sur la peau sont responsables des mauvaises odeurs corporelles.  
© Wikimedia commons - Minghong

**MODULER LE FROTTEMENT DU DOIGT AVEC DES ONDES ULTRASONORES**

*De nombreuses technologies cherchent à créer des sensations tactiles virtuelles, afin notamment d'enrichir l'interaction avec les écrans par des formes et des textures programmables perceptibles au toucher. Parmi elles : la modulation de frottement par ondes ultrasonores transverses, capable de créer des reliefs sur des plaques de verre transparentes, superposables à des écrans. Une équipe de l'Institut des Sciences du Mouvement (Aix-Marseille Université) a prouvé que les vibrations ultrasonores peuvent réduire le frottement d'un doigt humain sur une plaque de verre de plus de 95 %. Cette réduction est causée par le rebond du doigt sur une couche d'air piégée entre la peau et le verre.*

PNAS, août 2016

**DES ANTICORPS EN PLASTIQUE CONTRE LES ODEURS CORPORELLES**

*Les mauvaises odeurs corporelles sont dues à des acides organiques volatils issus de précurseurs inodores, dégradés par des bactéries résidant sur la peau. Des chercheurs, en collaboration avec L'Oréal, ont utilisé un anticorps en plastique pour piéger les précurseurs de ces acides, empêchant les bactéries de les transformer en molécules malodorantes. Une option plus saine que les déodorants à base de sels d'aluminium ou d'antibactériens qui peuvent à long terme perturber la microflore de la peau.*

Angewandte Chemie, avril 2016

**TARDIS : UNE MÉTHODE UNIVERSELLE DE SÉQUENÇAGE À LA PORTÉE DE TOUS**

*Le séquençage haut-débit des ARN est un outil puissant pour étudier l'expression des gènes. Il lui manquait un protocole universel permettant de gérer de manière efficace et rentable n'importe quelle source d'ARN. C'est chose faite avec TARDIS, une méthode modulaire extrêmement performante, applicable à tous les scénarios expérimentaux. Ce procédé hautement reproductible permet de détecter aussi bien les molécules d'ARN rares que d'ARN faiblement exprimés. De plus, le module de préparation de la banque rend possible l'identification globale de molécules d'ARN, tout en incluant les ARN qui échappent à la détection par les technologies existantes.*

Nature Protocols, décembre 2015



**DES PISTES POUR UNE VISION PLUS NETTE**

*Inventées il y a une dizaine d'années, les prothèses rétiniennes permettent à certaines personnes aveugles de percevoir des signaux lumineux. Cependant, l'image restituée n'est pas suffisamment précise. En comparant, chez le rongeur, l'activité du cortex visuel générée artificiellement par les implants à celle produite par la « vision naturelle », des chercheurs ont identifié les facteurs limitant la résolution des prothèses, puis amélioré la précision de l'activation prothétique. Ces travaux ouvrent la voie à de nouveaux progrès pour les prothèses rétiniennes chez l'homme.*

eLife, août 2016

**EIDO, UNE NOUVELLE POLICE DE CARACTÈRES DESTINÉE AUX PATIENTS MALVOYANTS**

*La dégénérescence maculaire liée à l'âge touche plus d'un million de personnes en France et provoque notamment des difficultés de lecture. Des chercheurs ont développé une nouvelle police de caractères spécialement destinée aux malvoyants. Baptisée EIDO (du grec « percevoir visuellement »), elle se distingue des autres polices couramment utilisées par ses caractères aux formes optimisées pour ne pas être confondus entre eux.*

PLoS One, avril 2016

**UNE USINE DE PRODUCTION SUR PUCE**

*Les besoins en plaquettes sanguines, indispensables à la coagulation du sang, vont croissant. Une équipe de physico-chimistes et de*



Tubes contenant des solutions d'ARN (acide ribonucléique).  
© C. Fresillon/CNRS Photothèque

Stimulation rétinienne, par un sujet portant des lunettes de stimulation visuelle des implants rétiniens.

© C. Hargoues/Institut de la Vision/CNRS Photothèque



*biologistes, en collaboration avec la start-up PlatOD, a développé un dispositif microfluidique qui produit en quelques heures une grande quantité de plaquettes sanguines. Une forêt de micropiliers fragmente en plaquettes de très grosses cellules appelées mégacaryocytes. Son fonctionnement se révèle beaucoup plus performant que tous les dispositifs déjà à l'étude et permet d'envisager des réponses efficaces aux problèmes de pénurie, puisque la seule source de plaquettes est actuellement le don du sang.*

*Scientific Reports*, février 2016 —

### X-FRAGILE : LA MOLÉCULE DU CNRS RECONNUE AUX ÉTATS-UNIS

*Le syndrome de l'X-fragile est une maladie génétique rare. Touchant près d'une naissance sur 4 000, elle s'accompagne d'un déficit intellectuel, de troubles du comportement de type autistique et de signes physiques caractéristiques. Les patients ne bénéficient pour l'instant d'aucun traitement spécifique. Après l'Agence européenne du médicament (EMA), son homologue américain, la Food and Drug Administration (FDA) a accordé la désignation « médicament orphelin » à la molécule BMS 204352 testée par le CNRS. Conséquences : un développement pharmaceutique facilité grâce à des crédits d'impôt, une dispense de frais, des accords règlementaires, ainsi que, sur le plan commercial, un accès rapide au marché et une protection plus longue.*

## Des cellules immunitaires capables de s'auto-renouveler à l'infini

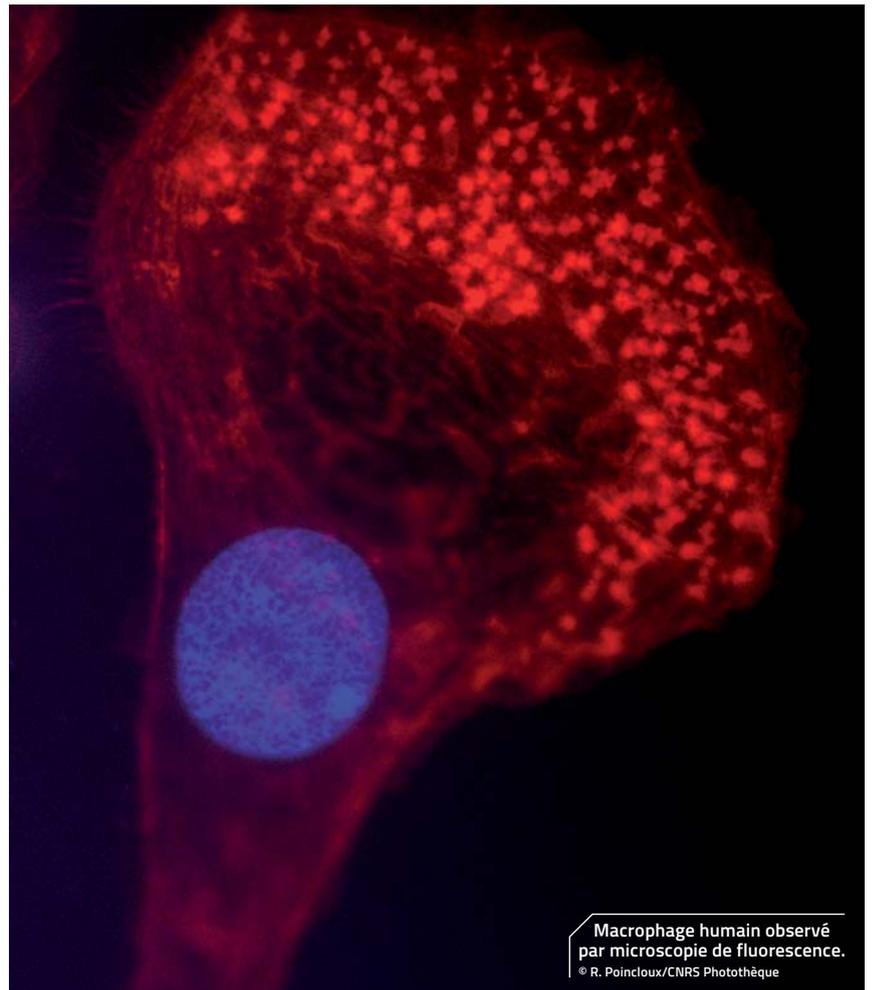
**L'auto-renouvellement n'est plus réservé aux seules cellules souches. Des cellules du système immunitaire sont dotées de cette capacité, ouvrant ainsi de nouvelles perspectives en médecine régénératrice.**

—À la manière des cellules souches embryonnaires, les cellules immunitaires matures, autrement dit les macrophages, sont capables de s'auto-renouveler. Une équipe de recherche<sup>1</sup> franco-allemande a démontré que ces cellules clés de la réponse immunitaire et de la régénération tissulaire sont capables de se multiplier quasiment à l'infini. L'activation d'un réseau de gènes similaire à celui des cellules souches est à l'origine de cette propriété précieuse.

En temps normal, des protéines régulatrices inhibent l'activation de ces gènes et donc la multiplication des macrophages. Mais les chercheurs ont démontré qu'une concentration naturellement faible de ces régulateurs ou leur inhibition permettent aux macrophages de se multiplier. En médecine régénérative, il serait ainsi envisageable de remplacer des tissus malades en s'affranchissant des cellules souches. Les macrophages pourraient également être utilisés pour stimuler la régénération tissulaire puisqu'ils contribuent au maintien de l'homéostasie de nos tissus.

*Science*, janvier 2016 —

1. CNRS/Inserm/Aix-Marseille Université/Centre de médecine moléculaire Max Delbrück, Berlin



Macrophage humain observé par microscopie de fluorescence.  
© R. Poincloux/CNRS Photothèque

- EN BREF -



**LE MÉCANISME MOLÉCULAIRE DU MOUVEMENT DES BACTÉRIES VIENT D'ÊTRE DÉVOILÉ** *Longtemps restée mystérieuse, la motilité des bactéries implique des complexes protéiques qui se déplacent puis s'immobilisent, entraînant de ce fait la propulsion du micro-organisme.*

*Nature*, octobre 2016 \_\_\_

**LES MAMMIFÈRES MÂLES SERAIENT PLUS MUSCLÉS GRÂCE À DES GÈNES HÉRITÉS D'ANCIENS VIRUS !** *C'est ce qui a été récemment démontré chez la souris. Ces gènes d'origine rétrovirale codent pour une protéine. La même qui, chez les femelles, est essentielle à la formation du placenta.*

*PLOS Genetics*, septembre 2016 \_\_\_

**LES EMBRYONS D'AMNIOTES SONT STRUCTURÉS EN POUPÉES RUSSES** *avec cinq cylindres successifs : le tube neural, le tube digestif, le corps, le sac amniotique et le chorion. Ce résultat n'est pas le fait de biologistes, mais de physiciens !*

*Physical Review E*, août 2016 \_\_\_

**UNE PARTIE DES MÉCANISMES PAR LESQUELS UN TISSU CHANGE SA TAILLE ET SA FORME** *au cours du développement a été décryptée. Les chercheurs ont pu caractériser, chez la mouche drosophile, les contributions de chaque comportement cellulaire, les forces mécaniques, et le rôle de la division.*

*eLife*, mars 2016 \_\_\_

**LE MYSTÈRE DE LA MIGRATION DES ANGUILLES ENFIN DÉVOILÉ !** *Huit anguilles argentées de Méditerranée, équipées de balises Argos, ont été suivies durant les six premiers mois de leur migration. Les chercheurs ont pu mettre en évidence que ces anguilles sont capables de traverser le détroit de Gibraltar pour se diriger vers la mer des Sargasses de l'autre côté de l'Atlantique, seul lieu supposé de leur reproduction.*

*Scientific Reports*, 6, février 2016 \_\_\_

**L'ANGIOGÈNESE TUMORALE VIENT D'ÊTRE MODÉLISÉE** *et montre un processus de développement des vaisseaux sanguins qui se rapproche de la formation de cristaux de glace. Devenus prédictifs, de tels modèles mathématiques pourraient permettre d'établir des stratégies thérapeutiques très ciblées pour chaque patient.*

*Scientific Reports*, mars 2016 \_\_\_

**UNE NOUVELLE MOLÉCULE CONTRE LA MALADIE DE PARKINSON ?** *La 3-phényl-6-aminoquinoxaline (PAQ) est capable de traverser la barrière hémato-encéphalique pour protéger les neurones du stress oxydant qui les détruit.*

*J. Med. Chem.*, juin 2016 \_\_\_

**LA MODÉLISATION MATHÉMATIQUE ASSISTE LA KINÉSITHÉRAPIE RESPIRATOIRE** *pour aider des patients à éliminer des sécrétions pulmonaires. Par exemple, le choix d'un volume pulmonaire adapté permet d'optimiser l'efficacité des manipulations.*

**UNE MOLÉCULE POUSSE AU SUICIDE LES CELLULES CANCÉREUSES DU MÉLANOME** *Baptisée HA15, cette nouvelle molécule présente des effets thérapeutiques sur le mélanome métastatique, une des formes les plus agressives du cancer de la peau.*

*Cancer Cell*, juin 2016 \_\_\_



- ÉCLAIRAGE -

## DES GROTTES HABITÉES PAR LES HOMMES DE NÉANDERTAL

Coup de tonnerre dans notre connaissance de la Préhistoire ! Jusqu'à présent, la plus ancienne preuve formelle de fréquentation des grottes par l'Homme datait de 38 000 ans (Chauvet). Avec la découverte à Bruniquel (Aveyron) de structures réalisées à base de stalagmites cassées et disposées en cercles, cette date est repoussée à 176 500 ans, soit bien avant l'arrivée d'Homo sapiens. Le documentaire Néandertal à Bruniquel explique comment l'équipe pluridisciplinaire et internationale, à l'origine de la datation de la plus vieille grotte préhistorique connue, a obtenu ce résultat majeur.



Voir le film : *Néandertal à Bruniquel*  
> <http://bit.ly/2nn4ZLv>



## - DISTINCTIONS -

# LES QUATRE VISAGES DE L'INNOVATION

Marin Dacos, Thierry Heidmann, Cathie Vix-Guterl et Ali Zolghadri sont les quatre lauréats de la médaille de l'innovation 2016 du CNRS. Portrait de ces as de l'innovation.

Pionnier de l'édition scientifique en ligne en accès ouvert, Marin Dacos, directeur du Centre pour l'édition électronique (Cléo), a créé la plateforme d'édition électronique OpenEdition qui a reçu plus de 64 millions de visites en 2015.

Spécialiste des rétrovirus endogènes et infectieux humains ou animaux, Thierry Heidmann est à l'origine de nouveaux candidats vaccins ciblant ces agents pathogènes, dont celui contre le virus de la leucose féline.



Marin Dacos



Thierry Heidmann



Cathie Vix-Guterl



Ali Zolghadri

Experte des matériaux carbonés, céramiques et hybrides, la chimiste Cathie Vix-Guterl a contribué à créer deux structures incontournables de l'innovation des matériaux : l'Institut de science des matériaux de Mulhouse et le Materials Institute Carnot Alsace (MICA) qu'elle dirige.

Membre du laboratoire de l'Intégration du matériau au système (IMS), Ali Zolghadri a notamment développé une méthode de surveillance du système de commandes de vol qui est embarquée sur l'A350.



Voir les films :  
> <http://bit.ly/1snumNu>

© Photos : F. Plas/CNRS Photothèque



## L'astate, une nouvelle molécule de radiothérapie ?

**L'astate semble être un très bon candidat pour développer de nouvelles radiothérapies. Une étape essentielle vient d'être franchie : la découverte d'une forme stable de cet élément.**

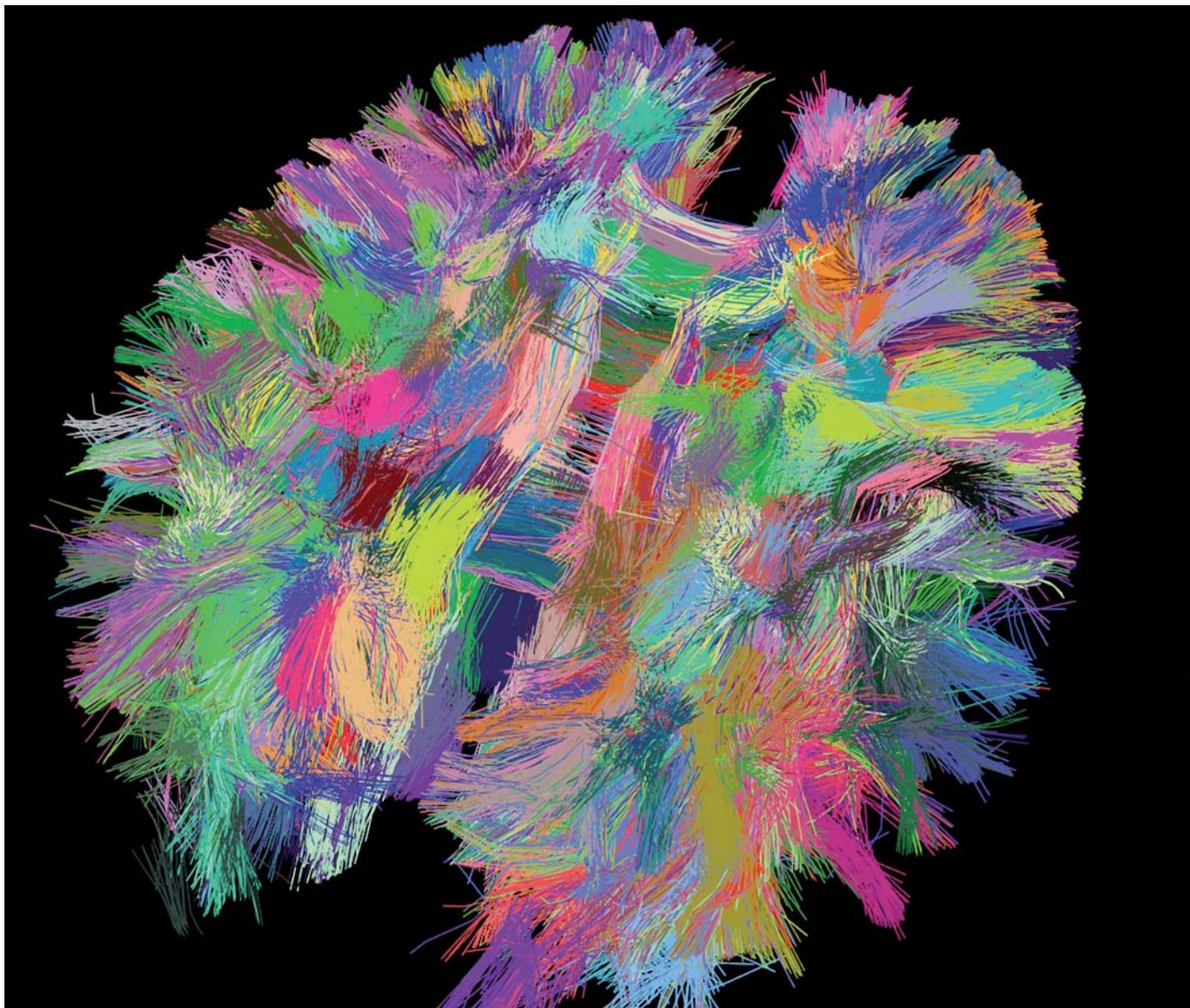
... L'isotope 211 de l'astate pourrait être particulièrement intéressant pour attaquer les cellules cancéreuses. Encore faut-il pouvoir transporter l'élément radioactif vers la tumeur. Pour cela, l'un des enjeux des recherches était de trouver des formes chimiques stables de cet isotope. C'est chose faite grâce à un vaste programme de recherche<sup>1</sup> dont l'un des résultats majeurs est la mise en évidence d'une nouvelle espèce ionique en solution aqueuse :  $\text{AtO}(\text{OH})_2^-$ . Son existence a été démontrée en suivant une approche originale qui associe expériences de radiochimie et simulations basées sur la chimie quantique. Une prouesse technique quand on sait que l'astate est un élément rare à l'état naturel puisque sa forme la plus stable n'a qu'une demi-vie de 8,1 heures.



Chemistry - A European Journal, février 2016 —

1. CNRS/Université de Nantes/École des Mines de Nantes

Dispositif de radiothérapie.  
© C. Fresillon/CNRS Photothèque



# Modéliser la complexité du cerveau humain

Extraction des principaux réseaux de faisceaux de substance blanche cérébrale chez l'homme à partir d'images d'IRM. © A. Grigis/Université de Strasbourg/CNRS Photothèque

**Des chercheurs ont reproduit in vitro des modèles simplifiés de réseaux neuronaux. En modélisant la complexité du cerveau humain, cette étude laisse entrevoir l'élaboration de traitements contre les maladies neurodégénératives.**

...Décrypter le processus de traitement de l'information dans le cerveau, c'est l'ambitieux objectif de Thibault Honegger, récompensé en 2016 par une bourse ERC *Starting Grants* (bourse européenne pour les jeunes scientifiques).

Avec d'autres chercheurs<sup>1</sup>, il a créé des modèles de circuits neuronaux physiologiquement significatifs. Appelées « connectomes-sur-puce », ces technologies fournissent un environnement minimaliste pertinent pour l'étude de la relation structure-fonction des circuits du cerveau. L'équipe a mis en évidence une forte décorrélation entre les réseaux fonc-

tionnels (communication entre les neurones) et la structure supportant ces réseaux (liaisons physiques entre neurones). La réalisation de circuits neuronaux complexes se rapprochant de la physiologie humaine ouvre ainsi de nouvelles perspectives dans l'étude du fonctionnement du cerveau et la découverte de traitements contre les maladies neuro-dégénératives.

*Scientific Reports*, juin 2016. —

1. CNRS/CEA/Université Grenoble-Alpes/Institut de technologie du Massachusetts

## - STARTUP -



### UN CANDIDAT MÉDICAMENT POUR LE TRAITEMENT DE LA MUCOVISCIDOSE

Affectant plus de 70 000 personnes dans le monde, dont 7 000 en France, la mucoviscidose est due aux mutations d'un gène codant. ManRos Therapeutics développe des essais sur la roscovitine, une molécule découverte à la Station biologique de Roscoff par Laurent Meijer, fondateur de la start-up bretonne. Cette molécule inhibe des protéines de la famille des kinases dépendantes des cyclines, qui régulent la division cellulaire et le fonctionnement neuronal. Plusieurs liens ont été établis entre la roscovitine et la mucoviscidose. L'aventure franchit un nouveau cap : le candidat médicament est entré en essai clinique de phase IIa, une étude en double aveugle, multicentrique et contrôlée par placebo, pour évaluer la tolérance, ainsi que les effets secondaires et bénéfiques de la roscovitine.

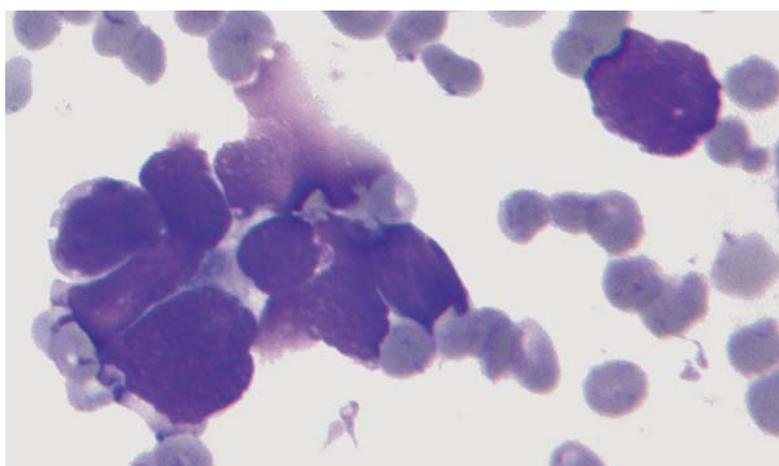
⊕ Pour en savoir plus : <http://www.manros-therapeutics.com>

### MODÉLISER L'AGRESSIVITÉ DES TUMEURS

Le projet Nénuphar, mené à Bordeaux par des équipes du CNRS et de l'Inria, a donné naissance à un logiciel capable d'évaluer l'agressivité des tumeurs ou la réponse au traitement de métastases pulmonaires. Faisant entrer de plain-pied les techniques de prédiction issues

du calcul scientifique dans le domaine médical pour une médecine prédictive et personnalisée, Nénuphar permet d'évaluer l'agressivité de tumeurs cancéreuses à partir de données longitudinales en temps d'imagerie médicale (examens de type ct-scan). Avec plusieurs images de la lésion à des instants différents, le logiciel donne des indications concernant l'évolution de la tumeur, de son volume et de sa forme... Il est ainsi possible de décider du moment le plus opportun pour une intervention ou un prochain examen de contrôle.

Aspect des cellules malades dans le cas d'un cancer bronchique à petites cellules.  
© Wikimedia commons - Nephron



## - ÉCLAIRAGE -

### LA BIO-INSPIRATION EN FRESQUE



© Cyril FRESILLON/CNRS Photothèque

Cette année, le CNRS a tapissé les 134 mètres du couloir de la station de métro Montparnasse-Bienvenue d'une fresque géante intitulée « Le vivant comme modèle ». Une colle inventée par des vers marins, un drone qui évite les obstacles à la manière des insectes ou encore une nano seringue mimant le fonctionnement des bactéries, les voyageurs ont pu découvrir à quel point la nature inspire les travaux des chercheurs.



En savoir plus : [www.cnrs.fr/bioinspiration](http://www.cnrs.fr/bioinspiration)





# SOCIÉTÉS

Le quotidien **des premiers Néandertaliens**, une balade sonore dans Paname au XVIII<sup>e</sup> siècle, une **conversation entre singes**, les sociétés face au **terrorisme** et la mobilisation pour **le futur des océans**.

Urbanisation anarchique sur les hauts de La Paz, Bolivie.  
© E. Amice/LEMAR/IRD/CNRS Photothèque



# SCIENCES SOCIALES ET ÉCOLOGIE :

# LA SÉCURITÉ AU PREMIER PLAN

La sécurité est au cœur des préoccupations des politiques et de nos sociétés. Qu'elle soit traitée sous un angle philosophique ou environnemental, la question mobilise les chercheurs des sciences humaines et de l'environnement.

Après les attentats de Nice et de Paris, le CNRS s'est mobilisé pour constituer une nouvelle communauté scientifique sur les questions de sécurité. L'appel attentats-recherche, lancé fin 2015 et qui a couru sur toute l'année 2016, a mobilisé toutes les disciplines, en premier lieu les

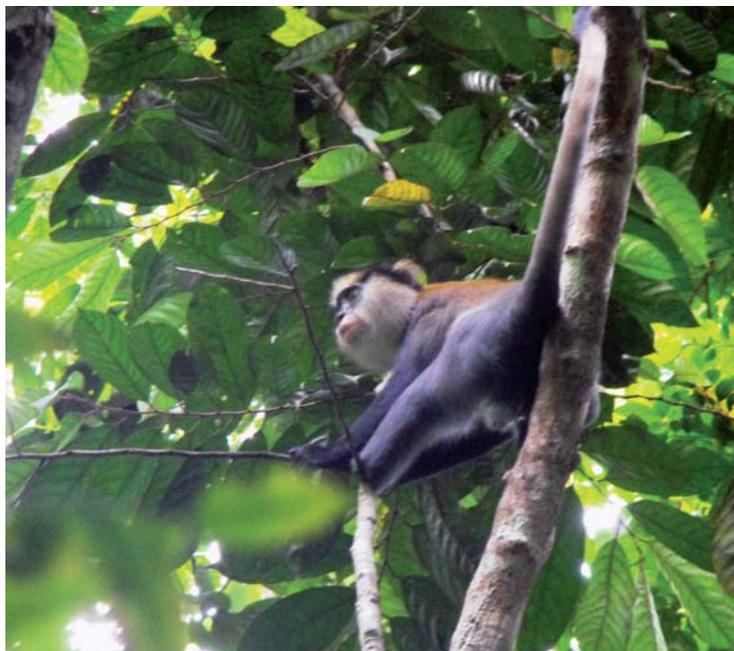
sciences humaines et sociales, bien sûr, mais aussi la chimie, l'informatique, les mathématiques et la biologie. De là est née, notamment, la première école thématique internationale consacrée à la diversité des phénomènes de radicalisation, rassemblant chercheurs en sciences humaines et sociales, professionnels de la santé et de l'éducation, et experts du monde politique et judiciaire. Les sciences sociales du religieux se penchent désormais sur la notion de sécurité humaine. « Les chercheurs ont longtemps travaillé sur la sécurité humaine sous l'angle environnemental des risques liés à l'exposition aux pesticides. Aujourd'hui, le sujet est aussi traité sous un angle philosophique et social », indique Patrice Bourdelais, directeur de l'Institut des sciences humaines et sociales. Si la science ne peut expliquer le terrorisme,

elle travaille à comprendre les processus de radicalisation et les faiblesses de nos sociétés qui le génère.

Il est un autre prisme par lequel les chercheurs abordent la sécurité humaine, celui qui touche à l'écologie et au développement durable. « Avec la question cruciale de savoir comment les sociétés actuelles gèrent leur environnement, pour que demain des actions concrètes soient mises en place », souligne Stéphanie Thiébault, directrice de l'Institut écologie et environnement. Pour la première fois de son histoire, l'humanité voit son espérance de vie diminuer. Les maladies infectieuses (sida, paludisme...) et chroniques (cardio-vasculaires, obésité...) sont toujours plus meurtrières. L'écologie de la santé nous apprend à lire nos maux à la lumière environnementale et comportementale. Cette nouvelle approche tente d'élucider les mécanismes en jeu dans la transmission et l'émergence de nouveaux pathogènes, dans la résistance toujours croissante aux antibiotiques et dans les comportements dans de nouveaux environnements.

*Les sciences sociales du religieux se penchent désormais sur la notion de sécurité humaine.*

Un singe de Campbell.  
© Université de Neuchâtel



## La « langue » des singes décryptée

**Une collaboration entre linguistes et primatologues a posé les bases d'une linguistique primate.**

— Il est avéré depuis longtemps que, par leurs cris, les singes transmettent de l'information sur leur environnement. Mais récemment, une équipe mixte<sup>1</sup> de linguistes et de primatologues a posé les bases d'une linguistique primate. En utilisant les méthodes générales de la linguistique contemporaine, les scientifiques ont éclairé d'un jour nouveau la morphologie des cris de singes, leur syntaxe et tout particulièrement leur sémantique. Les singes mâles de Campbell (Afrique), par exemple, font usage d'une distinction entre racines et suffixes. Leur combinaison leur permet de décrire tant la nature d'une menace que son degré de danger. Ainsi, « hok » prévient de menaces aériennes sérieuses comme le survol d'un aigle, tandis que « hok-oo » peut être utilisé pour des événements aériens plus divers. Le suffixe « -oo » sert alors d'atténuateur. Les cris peuvent également être combinés en suivant certaines contraintes, ce qui pourrait laisser penser qu'il existe une syntaxe primate. Les « langages singes » n'ont en aucune façon la complexité des langues humaines, mais cette approche permet d'observer, par une comparaison des répertoires d'espèces apparentées, que certains cris sont préservés depuis plus de trois millions d'années !

*Journal of the Acoustical Society of America*, juillet 2016 —

1. CNRS/EHESS/ENS/Collège de France/Aix-Marseille Université/Université Bretagne Sud/Université Paris-Sorbonne/Université Caen-Normandie/Université Rennes 1





Mise en place d'un dispositif de mesure de champ magnétique dans la grotte de Bruniquel, Tarn-et-Garonne.  
© E. Fabre/SSAC



Voir le film :  
*Néandertal à Bruniquel*  
> <http://bit.ly/2nn4ZLv>

L'étude de la grotte de Bruniquel  
montre que les premiers  
Néandertaliens savaient utiliser le  
feu pour s'éclairer dans un espace  
contraint, loin de la lumière du jour.

# Bruniquel change notre vision de Néandertal

Nichée sur une colline, au bord de la rivière Aveyron, et révélée par des spéléologues en 1990, la grotte de Bruniquel vient de faire l'objet d'une découverte de grande ampleur. À 336 mètres de l'entrée, d'étonnantes structures aménagées ont pu être datées d'environ 176 500 ans. Ce qui classe ces constructions parmi les premières de l'histoire de l'humanité !

## Stalagmites et « spéléofacts »

La grotte abrite quelque 400 stalagmites réparties au sol en formes plus ou moins circulaires. À leurs côtés, divers témoins attestent de l'utilisation du feu : calcite rougie, noircie par la suie et éclatée par la chaleur, ainsi que des vestiges d'os brûlés. Une équipe de chercheurs français et belges<sup>1</sup> a lancé depuis 2013 un inventaire de ces éléments, en effectuant une série de relevés 3D et en menant une étude magnétique pour établir un plan des vestiges carbonisés.

Les constructions comptent 112 mètres cumulés de stalagmites brisées et bien calibrées, soigneusement alignées et superposées sur deux, trois et même quatre rangs, soit entre 1,2 et 1,4 tonne de matériaux.

Jusqu'ici, on ne connaissait aucune autre structure de cette ampleur. Il a donc fallu développer le nouveau concept de « spéléofacts » pour nommer et décrire ces agencements. Et pour la datation, les chercheurs ont utilisé une méthode appelée uranium-thorium. L'uranium, présent en faible quantité dans l'environnement, se désintègre au fil du temps en d'autres éléments, dont le thorium : il suffit donc de doser, dans la calcite de la stalagmite, le thorium produit et l'uranium restant pour en calculer l'âge. On a ainsi daté la calcite qui a cessé de croître au moment de son arrachement (l'âge le plus ancien),

et celle recouvrant les constructions (l'âge le plus récent). Les deux séries d'échantillons encadrent logiquement l'âge de la réalisation des structures.

## Des agencements antérieurs à l'arrivée de l'Homme moderne en Europe

Les chercheurs estiment l'âge des agencements à 176 500 ans (à plus ou moins 2 000 ans). Or, l'appropriation des grottes profondes, loin de la lumière du jour, n'était connue jusqu'ici que pour le début du Paléolithique récent (~ 40 000).

Les constructions de Bruniquel sont donc antérieures à l'arrivée de l'Homme moderne en Europe. « Les auteurs de ces structures seraient les premiers hommes de Néandertal, pour lesquels la communauté scientifique ne supposait aucune appropriation de l'espace souterrain, ni une maîtrise aussi perfectionnée de l'éclairage et du feu, et guère plus des constructions aussi élaborées », conclut Jacques Jaubert, chercheur à l'université de Bordeaux. En Europe comme ailleurs, aucune fréquentation de l'espace souterrain n'avait jamais été démontrée jusqu'à cette découverte.

Ces travaux ont été menés par une équipe internationale impliquant notamment Jacques Jaubert de l'université de Bordeaux, Sophie Verheyden de l'Institut royal des Sciences naturelles de Belgique et Dominique Genty<sup>2</sup> du CNRS, avec le soutien logistique de la Société spéléo-archéologique de Caussade, présidée par Michel Soulier.

*Nature*, mai 2016

1. CNRS/Université de Bordeaux/Ministère de la culture et de la communication/EPHE/Inrap

2. UVSQ/CNRS/CEA



## Les sociétés connectées à l'épreuve du terrorisme

Les slogans ont un rôle fédérateur lors d'événements tragiques comme les attentats.  
© Wikimedia commons - E. Walter

**À quoi renvoie notre sidération face aux attentats de ces dernières années ? Un sociologue a cherché à comprendre ce que vivent nos sociétés lorsqu'elles font face aux attaques terroristes.**

...La sidération. C'est le sentiment qu'aura retenu Gérôme Truc<sup>1</sup> en étudiant les réactions du public suite aux attentats. Dans la lignée d'Émile Durkheim, le chercheur propose une sociologie attentive à l'expérience qu'en font des individus ordinaires. La sidération survient lorsque la violence éclate dans le cours paisible de nos vies. Aujourd'hui, les chaînes d'information en continu alimentent cet état avec les retransmissions télévisuelles en quasi-direct, les images qui repassent en boucle et le relais massif sur les réseaux sociaux. Difficile alors de distinguer les effets de l'acte de ceux de sa médiatisation.

Les sociologues le savent depuis longtemps : toute société en proie à une attaque éprouve le besoin de réaffirmer sa cohésion en se mobilisant autour de symboles et de slogans fédérateurs. Depuis l'arrivée des réseaux socionumériques, la mobilisation autour d'un même slogan semble en revanche aller beaucoup plus vite.

Les réseaux jouent aussi certainement un rôle dans le formidable élan de solidarité constaté lors de ces événements dramatiques en faisant apparaître les victimes dans leur singularité individuelle, avec des visages et des noms. Si nous n'avions connaissance que d'un nombre de morts indistinct, notre réaction serait très différente.

1. Université Paris-Nanterre/ENS/CNRS/EHESS



**En savoir plus :**  
> <http://reat.hypotheses.org>

- ÉCLAIRAGE -

## FORUM SUR LE BIG DATA

350

entrepreneurs, chercheurs  
et décideurs présents

6

start-up spécialisées dans le  
Big Data exposent leurs solutions

4

partenaires :

Thales, EDF, Cap Digital, GDR Madics

Cartographie du génome, observatoire virtuel en astronomie, simulation en physique des particules, numérisation du patrimoine, la science n'échappe pas à l'exploitation intensive des données. C'est dans ce contexte que le CNRS a organisé son Forum Innovatives Big Data, le 13 octobre 2016.

L'occasion d'exposer des travaux de recherche novateurs à l'horizon 2020-2030, mais aussi de pousser la réflexion sur les enjeux de la nouvelle économie numérique qui touche aujourd'hui tous les secteurs d'activité.



En savoir plus :  
> [www.innovatives.cnrs.fr](http://www.innovatives.cnrs.fr)



## Mieux comprendre les processus de radicalisation

**Le CNRS a organisé, à la fin de l'année 2016, la première école thématique internationale sur les radicalisations. Objectif : constituer une communauté scientifique capable de travailler sur la diversité des phénomènes de radicalisation.**

... Chercheurs, professionnels de la santé et de l'éducation, experts politiques et judiciaires étaient réunis lors de la première école thématique internationale sur les radicalisations. Et le pluriel est important, tant le phénomène couvre diverses réalités (jihadisme, attentats islamistes, mouvements indépendantistes, d'extrême gauche, d'extrême droite...).

Jusqu'au point de basculement dans la violence, ces processus d'engagement présentent de très nombreux points communs. De plus, comparer les différentes formes de radicalisation éclaire les processus de « déradicalisation » sur lesquels la science ne s'était pas encore penchée.

Une personne ne « tombe » pas dans le terrorisme : elle y arrive par une série de petits choix successifs qui compliquent le retour en arrière. Le processus commence généralement lors d'une période transitoire (départ du foyer familial, chômage...), et par une phase de séduction idéologique à l'occasion d'une rencontre dans le cercle amical, familial, professionnel ou numérique. Certains jeunes sont conquis par la dimension politique ou révolutionnaire du discours. D'autres se sentent revalorisés par un engagement religieux ou sont attirés par la dimension d'« aventure » que cela présente.

Même si, contrairement à ce que l'on a pu entendre, l'univers carcéral n'est pas l'espace d'endoctrinement par excellence, l'effet de groupe joue toutefois un rôle majeur dans ces processus. Plus de 80 % de ceux qui rejoignent les réseaux de radicalisation islamiste le font avec des amis et en groupe.

Motivé par une très forte demande sociale d'éclairage sur ces processus de radicalisation, cette toute première école thématique a également rencontré un réel succès dans le monde professionnel.

L'effet de groupe, fréquent dans les prisons, joue un rôle majeur dans les processus de radicalisation.

© Wikimedia commons - Dfrg.msc



- EN BREF -



**GENS DE LA SEINE, UNE BALADE SONORE SUR LES RIVES DU FLEUVE AU XVIII<sup>e</sup> SIÈCLE**

*Premier parcours de la collection Gens de Paris, cette balade a été conçue par une sociologue, une historienne et une directrice artistique. Équipé de son téléphone, le promeneur marche sur les pas des riverains d'alors pour imaginer leur quotidien.*

⊕ En savoir plus : <http://gensdelaseine.com>

**UNE MACHINE REDONNE VIE À LA VOIX DE NELSON MANDELA** *Les archives sonores de son procès ont été numérisées grâce à l'Archéophone, seul appareil moderne capable de lire tous les formats de cylindres phonographiques.*

⊕ En savoir plus : <http://www.archeophone.org>

**MÊME À + 2 °C, LES ÉCOSYSTÈMES MÉDITERRANÉENS SERONT FORTEMENT PERTURBÉS,** *la végétation évoluant vers des états plus secs. Des résultats déterminants pour la viabilité des forêts et des agrosystèmes du pourtour méditerranéen.*

Science, octobre 2016 —

**QUAND ET OÙ LE CHIEN EST-IL DEvenu LE MEILLEUR AMI DE L'HOMME ?** *Une équipe réunissant archéo-zoologues et paléogénétiens a retracé l'histoire de la domestication du chien. L'étude suggère que le chien dérive de deux domestications indépendantes de loups : une en Europe il y a 15 000 ans, l'autre en Asie il y a 12 500 ans.*

Science, juin 2016 —



Chien polaire.

© Claude LORUIS/Fonds Lorius/  
CNRS Photothèque



## La communauté scientifique se mobilise pour les océans

**Une équipe internationale d'experts a analysé les implications de l'Accord de Paris, adopté lors de la COP21, pour le futur des océans. Les risques d'impact dépendent fortement de la trajectoire d'émissions de gaz à effet de serre que l'humanité s'apprête à suivre.**

... Quels seront les impacts des engagements de l'Accord de Paris sur les océans ? Cette question fait l'objet d'une étude menée par des experts internationaux de l'Oceans 2015 Initiative, dont le but est de fournir des informations clés sur le futur des océans. Leurs résultats révèlent qu'en l'état l'Accord de Paris amène au minimum à un doublement du niveau actuel de risque d'impact sur l'océan. Même le scénario à faibles émissions de gaz à effet de serre, qui correspond globalement à l'objectif de + 2 °C d'ici 2100 de l'Accord de Paris, devrait multiplier par 1,4 le niveau de risque d'impact actuel.



Le futur des océans est au cœur des préoccupations des chercheurs dans le cadre des études sur le réchauffement global du climat. © DT INSU/CNRS Photothèque

Les océans tempèrent le réchauffement global du climat, mais cela se fait au prix d'une altération profonde de son fonctionnement physique et chimique, de ses écosystèmes et des services qu'ils fournissent à l'humanité (pêche, aquaculture, tourisme littoral, protection côtière, etc.)

Alors que la COP22 (Marrakech 2016) a permis de rappeler la vulnérabilité de la Méditerranée, la COP23 de 2017 (sous la présidence des Fidji) mettra à l'honneur les océans et les îles. La mobilisation de la communauté scientifique sur les océans a déjà porté ses fruits au sein des COP sur le climat. Sont attendus, d'ici 2020, deux rapports spéciaux, l'un sur un monde à + 1,5 °C, l'autre sur les océans et la cryosphère, de façon à avoir une vision claire des bénéfices à espérer d'efforts d'atténuation très ambitieux.

*Nature Climate Change*, mai 2016

## - ÉCLAIRAGE -

### LE CNRS, ACTEUR DE LA LOI NUMÉRIQUE

La loi « Pour une République numérique » est la première co-écrite avec les internautes. Grâce à l'écho rencontré par la contribution du CNRS, dont l'essentiel a été repris par le législateur, les chercheurs ont acquis de nouveaux droits.

Promulguée le 7 octobre 2016, la loi « Pour une République numérique », comprend trois volets : la circulation des données et du savoir, la protection des citoyens dans la société numérique et l'accès au numérique pour tous. Concernant le travail de la science, le CNRS a favorisé deux avancées majeures.

**Le droit de publier !** Les chercheurs ont le droit de diffuser, après une période d'embargo plus courte, leurs articles liés à des recherches financées à plus de 50 % par des fonds publics. Ce délai est réduit à 6 mois pour les sciences, technologies et médecine et à 12 mois pour les sciences humaines et sociales. Cette avancée permet de limiter la captation injustifiée des publications scientifiques par les éditeurs privés qui, jusque-là, fixaient librement la durée de conservation de l'exclusivité d'un article.

**Le droit de fouiller !** La loi autorise les chercheurs du secteur public à explorer, sans autorisation préalable des ayants-droits, les textes, scientifiques ou non, et les données associées aux écrits scientifiques. Cette possibilité de fouiller dans les textes et données (text and data mining) sans aucune entrave permet aux chercheurs de produire plus rapidement de nouvelles connaissances.

Ou comment utiliser les potentialités du big data à des fins scientifiques !



En savoir plus :  
Livre blanc CNRS « Une science ouverte dans une république numérique »  
> <http://bit.ly/1SmppNO>

## - ÉCLAIRAGE -

# LE CNRS SOIGNE SA SIGNATURE EMPLOYEUR

Attirer et fidéliser les meilleurs est indispensable pour rester parmi les grands centres de recherche et renforcer l'excellence de la recherche au CNRS. « Il est primordial de veiller à notre attractivité et à la fidélisation de nos talents », souligne Isabelle Longin, Directrice des ressources humaines adjointe.

**Des étudiants ingénieurs séduits.** Selon le baromètre 2016 de l'Institut allemand Trendence/L'Étudiant, l'attractivité professionnelle du CNRS progresse. Il est en effet remonté de la 11<sup>e</sup> à la 6<sup>e</sup> place dans le classement des entreprises que souhaitent rejoindre les étudiants ingénieurs, après Airbus Group, Google et Safran. Il est également le seul organisme de recherche présent dans le top 20. Parmi les critères de choix des étudiants interrogés, l'ambiance de travail, l'égalité des chances et la possibilité d'évolution arrivent en tête. Si la génération Y favorise l'équilibre entre la vie privée et la vie professionnelle, c'est également une priorité au CNRS. Par ailleurs, l'organisme propose des dispositifs dynamiques comme l'accueil d'apprentis permettant de préparer des diplômes de niveau supérieur. Il favorise également l'emploi des personnels en situation de handicap avec un site web dédié et encourage leur recrutement et leur accompagnement avec son 3<sup>e</sup> plan d'insertion « Parlons Handicap, Pensons Solutions » (2016-2019).

**Des carrières mieux valorisées.** Concernant l'évolution des carrières, la DRH a travaillé tout au long de l'année 2016 à la mise en place des deux réformes clés du nouveau système de rémunération de la fonction publique. Le RIFSEEP, régime indemnitaire tenant compte des fonctions, des sujétions, de l'expertise et de l'engagement professionnel, remplacera, dès 2017, les primes et indemnités existantes pour les ingénieurs et techniciens (IT). Quant au protocole PPCR, parcours professionnels, carrières, rémunérations, il revalorise progressivement et substantiellement les salaires et les parcours de carrières de tous les agents. « Ces réformes étaient attendues et soutenues parce qu'elles impactent de façon positive la rémunération et valorisent l'évolution de carrière », conclut Isabelle Longin.

### QUATRE PRIX RH EN UN AN !

Après le prix du DRH numérique et le trophée d'or des Victoires des leaders du Capital Humain obtenus en 2015, la politique RH du CNRS a été reconnue en 2016 par quatre prix :

**Prix Trendence Top Employeurs 2016** de la meilleure évolution pour l'attractivité auprès des femmes ingénieures/IT (Trendence/L'Étudiant).

**Trophée de l'équipe RH digitale** de la « TEMPOralité collaborative » pour la mise en place de l'application de gestion de temps Tempo (groupe RH&M).

**Grand prix de la créativité RH**, catégorie Communication responsable, trophée d'argent pour sa campagne sur le handicap (ACCE).

**Trophée du DRH Entrepreneur** pour sa vision innovante qui place les compétences, les organisations et les hommes au cœur de son action (groupe RH&M / MGRH).



© Kasto/Fotolia



En savoir plus :  
 > <http://maremuneration.cnrs.fr>  
 > <http://handicap.cnrs.fr>

## - EN BREF -



Mortalité partielle d'un corail, lagon de Fakarava, Polynésie française.  
© T. Vignaud/CNRS Photothèque



**LA GOÉLETTE SCIENTIFIQUE TARA** sillonne l'océan Pacifique pour découvrir la diversité des récifs coralliens et leurs capacités d'adaptation aux changements climatiques. L'équipe interdisciplinaire vient d'achever une campagne inédite dans l'archipel des Tuamotu. Le constat est sans appel : les récifs polynésiens que l'on pensait jusqu'ici épargnés par le réchauffement ont en réalité subi des mortalités très importantes.

En savoir plus : <http://oceans.taraexpeditions.org>

**DES INITIATIVES LOCALES POUR PRÉSERVER LES RÉCIFS CORALLIENS** réussissent là où les politiques nationales s'avèrent parfois impuissantes. Ces résultats scientifiques montrent que des cas isolés de gestion intelligente de la biodiversité marine ont des caractéristiques communes comme l'engagement et la responsabilisation des populations locales.

*Nature*, juillet 2016

**LA VÉRITABLE NATURE DES SURALES D'AMÉRIQUE DU SUD** Ces petits monticules d'une grande régularité forment un écosystème unique qui s'étend du Venezuela à la Colombie. Une étude révèle que ces buttes de terre sont dues à l'intense activité d'un ver de terre du genre *Andiorrhinus*. L'espèce, qui peut dépasser 1,5 m de long, est la clef de voûte de cet écosystème à l'origine d'une grande biodiversité floristique.

*Plos One*, mai 2016

**LE CAMPUS CONDORCET PREND CORPS** Les premières pelleuses sont arrivées sur le site, à Aubervilliers, fin 2016. À son inauguration en 2019, la « Cité des humanités et des sciences sociales » réunira plusieurs dizaines d'unités de recherche, un grand équipement documentaire (GED), un centre de colloques, une maison des chercheurs,

un hôtel à projets et 450 logements étudiants. Le site accueillera également le siège de l'Institut national d'études démographiques. Des milliers de scientifiques et d'étudiants rejoindront ce pôle de recherche et de formation ouvert sur la ville, durable et numérique, qui sera bientôt le plus grand campus européen en sciences humaines et sociales.

**QUI SONT LES JEUNES EUROPÉENS ?** Réponses avec *Generation What ?*, une consultation en ligne à laquelle ont répondu des milliers de jeunes de 18 à 34 ans. L'enquête brosse le portrait d'une génération à la fois innovante et fragile, aventureuse et en quête de sécurité.

En savoir plus : <http://generation-what.francetv.fr>

**LA CORRESPONDANCE DE D'ALEMBERT** est publiée dans un volume montrant le célèbre savant encyclopédiste à l'œuvre entre 1741 et 1752. Il complète l'édition critique de ses Œuvres complètes initiée par un groupe de scientifiques depuis 25 ans.

En savoir plus : <http://dalembert.academie-sciences.fr>



## - DISTINCTIONS -

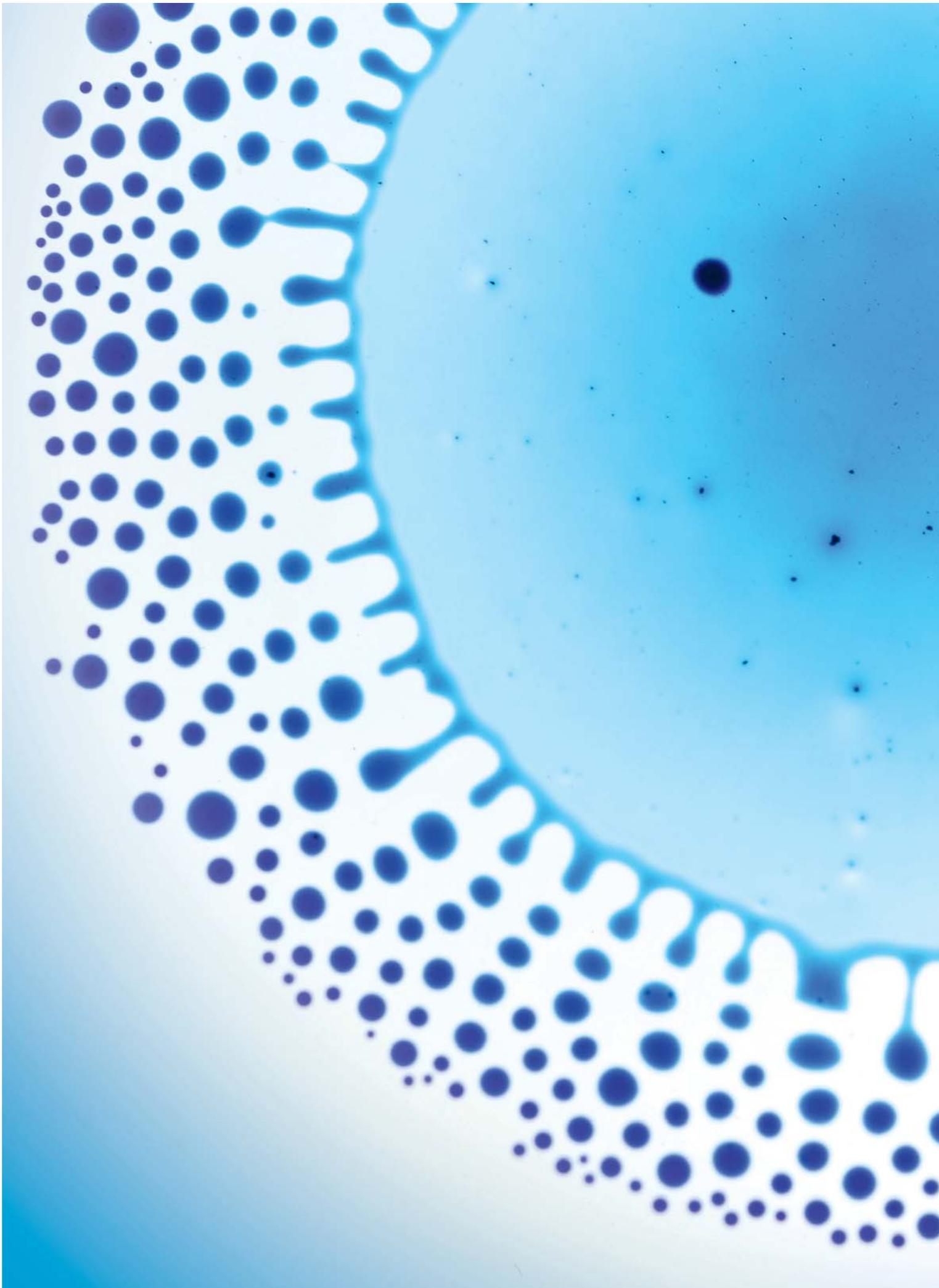
### FRANÇOISE BRIQUEL-CHATONNET REÇOIT LE PRIX IRÈNE JOLIOT-CURIE DE LA « FEMME SCIENTIFIQUE DE L'ANNÉE »

Historienne et directrice de l'équipe Mondes sémitiques du laboratoire Orient et Méditerranée, textes – archéologie – histoire<sup>1</sup>, Françoise Briquel-Chatonnet a été récompensée pour ses travaux sur l'histoire du Levant au I<sup>er</sup> millénaire av. J.-C. et sur la culture des chrétiens du Proche-Orient. Elle a été la première à étudier les textes des manuscrits, mais aussi leur mode de fabrication ou les matériaux utilisés. Une mine d'informations pour lever un voile sur les mystères des manuscrits syriaques notamment.

1. CNRS/Université Paris-Sorbonne/Université Paris 1 Panthéon-Sorbonne/EPHE/Collège de France/Musée du Louvre



© Cyril Frésillon/CNRS Photothèque



# MATIÈRE

Où l'on voit que **les ondes gravitationnelles** existent bel et bien ; où **l'informatique quantique** franchit une étape grâce à un composant à boîte quantique, et où l'on comprend de mieux en mieux **le comportement des matériaux.**

Éclatement d'une goutte d'eau colorée et d'alcool sur un bain d'huile.

© E. Reyssat/PMMH/CNRS Photothèque



## MATIÈRE

# DES DÉCOUVERTES À TOUTES LES ÉCHELLES

De l'infiniment grand à l'infiniment petit, la physique quantique ne cesse d'apporter son lot de découvertes.

Une nouvelle fenêtre s'est ouverte sur l'infiniment grand. C'est l'un des faits majeurs de l'année, toutes disciplines confondues, – et salué par l'hebdomadaire américain *Science* comme la découverte scientifique de 2016 – pour la première fois, les ondes gravitationnelles (prédites il y a 100 ans par Albert Einstein dans la théorie de la relativité générale) ont été détectées. C'est le résultat de la collision, à près de 1,5 milliard d'années-lumière de la Terre, de deux trous noirs d'une trentaine de masses solaires chacun. On cherche maintenant à améliorer la sensibilité des outils et à diminuer le bruit de la mesure pour abaisser le seuil de

détection de ces ondes gravitationnelles. Loin d'être un aboutissement en soi, la découverte de ce phénomène va permettre de dévoiler des informations inédites sur les trous noirs stellaires et supermassifs, sur les collisions d'étoiles ou encore sur la théorie de la relativité générale en conditions extrêmes.

« Les ondes gravitationnelles vont aussi nous aider à en savoir plus sur la naissance de l'Univers. Car, au moment du Big Bang, il y a eu émissions d'ondes gravitationnelles », explique Reynald Pain, directeur de l'Institut national de physique nucléaire et de physique des particules.

Du côté de l'infiniment petit, « un des grands projets en cours concerne la manipulation d'objets quantiques individuels comme des atomes, des photons... », confie Alain Schuhl, directeur de l'Institut de physique. Le challenge des physiciens sera de mettre en cohérence ces objets pour pouvoir en manipuler une

vingtaine à la fois et les faire interagir entre eux. « Le travail du chimiste sera de mettre en œuvre et de synthétiser des systèmes définis à l'échelle moléculaire », ajoute Dominique Massiot, directeur de l'Institut de chimie.

« 2016 a donné du sens à la mécanique quantique 2.0, la seconde révolution quantique, où l'on est entre autres capable de créer artificiellement des systèmes similaires à ces objets et qui permettent de résoudre des problèmes de physique », insiste Alain Schuhl. Avec pour Graal l'ordinateur quantique, une machine très puissante capable de procéder à des milliards de calculs parallèles à une vitesse phénoménale.

\_\_\_\_\_2016 a donné du sens à la mécanique quantique 2.0, la seconde révolution quantique.\_\_\_\_\_

Et des calculs, il en faudra aussi pour modéliser les propriétés des matériaux, et prévoir leur fissuration. « La capacité de prédiction de dégradation des propriétés des matériaux est un domaine relativement nouveau », décrit Jean-Yves Marzin, directeur de l'Institut des sciences de l'ingénierie et des systèmes. Que ce soit pour anticiper les dégradations de matériaux sensibles dans l'aéronautique ou l'électronique ou visualiser les déformations d'un organe en temps réel pendant un acte chirurgical, ce mouvement de fond répond aux enjeux industriels d'aujourd'hui. /



## Comprendre la stabilité du bois face à l'humidité

**Le bois de bagasse, une essence guyanaise à forte croissance, ne craint pas l'humidité car les métabolites secondaires, qui la protègent des insectes et des champignons, bloquent également le phénomène de gonflement lié à l'humidité.**

— Le bois est généralement sensible à l'humidité. Il gonfle ou rétrécit en fonction de l'humidité ambiante. Un bois est dit stable lorsque ses dimensions changent peu avec l'humidité. Des chercheurs du laboratoire EcoFoG en Guyane<sup>1</sup> ont mis en évidence le rôle des métabolites secondaires dans la stabilité dimensionnelle du bois de bagasse (*Bagassa guianensis*). Ces métabolites sont synthétisés par l'arbre dans la partie centrale de son tronc pour le protéger des insectes et des champignons. Les chercheurs ont comparé la manière dont des échantillons de bois de bagasse réagissent au séchage en fonction de la quantité de métabolites. Ils en ont conclu que le cœur de ce bois est très stable quel que soit le degré d'humidité, et ce d'autant plus quand la teneur en métabolites secondaires augmente.

Ces résultats, dont la méthodologie sera étendue à une large diversité d'espèces d'arbres, montrent l'intérêt de décrire la biodiversité en effectuant une analyse approfondie des propriétés des bois afin de découvrir des espèces prometteuses qui pourront être plantées à l'avenir.

*PLOS ONE*, mars 2016 \_\_\_\_\_

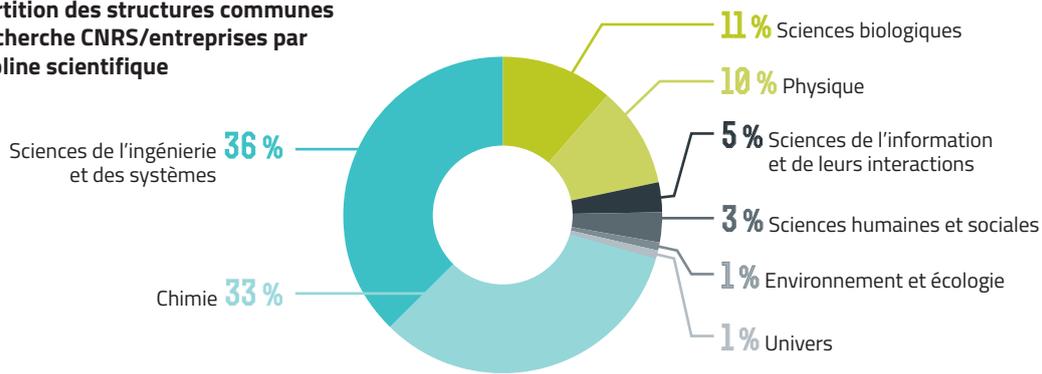
1. CNRS/Inra/Cirad/Agroparistech/Université de Guyane/Université des Antilles



- ÉCLAIRAGE -

## OPEN INNOVATION AVEC LES ENTREPRISES

Répartition des structures communes de recherche CNRS/entreprises par discipline scientifique



126, c'est le nombre de structures de recherche communes entre le CNRS et ses partenaires industriels. En plein essor, ce modèle intégré de recherche public/privé repose sur une gouvernance et un programme scientifique partagés à moyen et long terme. Plusieurs types de partenariats existent en fonction du projet de recherche : laboratoire

commun « sans mur » ou unité mixte de recherche, y compris à l'international. L'étude réalisée en 2016 révèle que la chimie et les sciences de l'ingénierie et des systèmes sont les domaines de prédilection de ces collaborations.



En savoir plus :  
> <http://bit.ly/2nsFDP3>



- EN BREF -



### DES LIQUIDES POREUX, C'EST POSSIBLE !

Courante chez les solides, la notion de porosité est rarement employée pour décrire les propriétés de liquides, même quand ils ont la capacité d'emprisonner des gaz. Les chercheurs ont synthétisé une nouvelle famille de liquides présentant des pores permanents. De tels liquides pourraient ainsi se révéler très prometteurs pour la séparation d'espèces chimiques.

Nature, novembre 2015

LA « PHYSIQUE QUANTIQUE 2.0 » est au cœur des préoccupations de l'Europe qui, pour asseoir sa position de leader dans le développement des technologies quantiques, a lancé un programme de type Flagship. L'objectif est de favoriser l'émergence de projets mariant recherche académique et industrielle, le tout au service de la connaissance, de l'innovation

et de la société. La physique quantique voit en effet ses applications se multiplier, notamment en matière de calcul et de traitement de l'information, de sécurisation des données ou encore en météorologie.

**UN « NOYAU BULLE » ATYPIQUE** Une équipe internationale a prouvé le caractère très singulier d'un isotope radioactif du silicium. Alors que dans leur très grande majorité les noyaux atomiques se caractérisent par une densité homogène, le silicium-34 s'apparente à un « noyau bulle », avec une densité de protons anormalement faible en son centre.

Nature Physics, octobre 2016

**AUTO-RÉPARATION DE CELLULES PHOTOVOLTAÏQUES** Les pérovskites, utilisées en production photovoltaïque, ne cessent de progresser, avec des rendements

atteignant ceux du silicium. Mais elles sont instables pour un passage à l'industrie. Des chercheurs ont mis en évidence et analysé l'auto-réparation de cellules après une dégradation très lente des rendements photovoltaïques sous rayonnement solaire.

Nature Communications, mai 2016

### PRÉDIRE LA PROPAGATION DES FISSURES DANS LES MATÉRIAUX MULTICRISTALLINS

Grâce à la simulation numérique, des chercheurs ont pu y parvenir. Ils ont prédit pour la première fois le trajet de la fissure à l'échelle de la microstructure dans des matériaux polycristallins. Une avancée très utile pour l'amélioration de nombreux métaux, céramiques ou encore du silicium. De plus, une très bonne corrélation a été observée dans le cas des cellules photovoltaïques.

Journal of Physics D: Applied Physics, novembre 2016

# Les états quantiques enfin mesurés

**Les trois physiciens Yu, Shiba et Rusinov avaient vu juste il y a plus de 50 ans ! Des états quantiques très localisés se forment autour d'un atome magnétique plongé dans un matériau supraconducteur.**

— L'extension de ces états quantiques, appelés états de Yu-Shiba-Rusinov, est infime, de l'ordre d'une fraction de nanomètre, au point que jusqu'ici personne n'avait été capable de les mesurer. Des chercheurs<sup>1</sup> viennent pour la première fois d'observer ce phénomène dans un supraconducteur bidimensionnel, et d'en mesurer la taille et la structure.

Pour mener ces travaux, les physiciens ont étudié des cristaux supraconducteurs avec une organisation lamellaire, conférant à la structure électronique un comportement quasi bidimensionnel. Ces cristaux ont été fabriqués en ajoutant un faible pourcentage de fer conduisant à l'inclusion homogène de défauts magnétiques dans les échantillons. À l'aide d'un micros-

cope à effet tunnel, les physiciens ont pu reconstituer la distribution des états électroniques engendrés par les atomes magnétisés, et par conséquent imager la structure des états de Yu-Shiba-Rusinov.

Ces résultats posent les premières pierres d'une nouvelle approche pour produire et manipuler des fermions de Majorana, ces quasi-particules pressenties pour servir de bits en informatique quantique.

*Nature Physics*, octobre 2015 —

1. Institut des nanosciences de Paris (CNRS/UPMC), Laboratoire de physique des solides (CNRS/Univ. Paris-Sud), Institut des matériaux Jean-Rouxel de Nantes (CNRS/Univ. Nantes)

## Une nouvelle source de lumière quantique

**Un composant à boîte quantique capable d'émettre un par un des photons parfaitement identiques a été réalisé. Cette technologie inédite permettra d'effectuer des calculs quantiques d'une complexité sans précédent.**

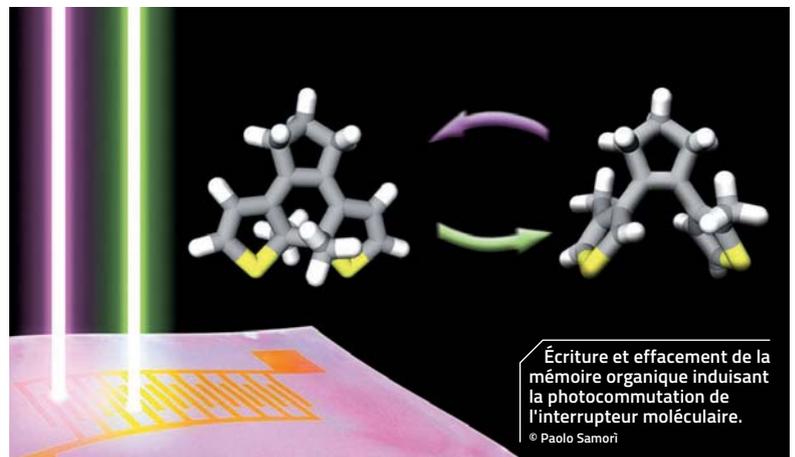
— C'est un des verrous majeurs de l'informatique quantique que des physiciens<sup>1</sup> viennent de lever. Jusqu'à présent, les sources de photons n'étaient pas suffisamment efficaces pour utiliser l'information quantique à grande échelle. En effet, les particules lumineuses doivent être émises une par une, tout en étant parfaitement identiques entre elles, et cela à des rendements suffisants pour une utilisation en optique quantique.

Le composant à boîte quantique mis au point par les chercheurs remplit tous ces critères, notamment grâce à la réduction considérable du « bruit » autour de la boîte, qui rend habituellement les photons différents les uns des autres. Par ailleurs, le processus de fabrication utilisé est le seul, à ce jour, à être parfaitement contrôlé et reproductible.

Ce résultat, attendu depuis longtemps par la communauté internationale, devrait donner un nouveau souffle aux technologies quantiques optiques pour réaliser des calculs quantiques d'une complexité sans précédent.

*Nature Photonics*, mars 2016 —

1. CNRS/Université Paris-Diderot/Université Paris-Sud, en collaboration avec des chercheurs de Brisbane (Australie)



Écriture et effacement de la mémoire organique induisant la photocommutation de l'interrupteur moléculaire.  
© Paolo Samorì

## Des mémoires organiques et flexibles

**L'amélioration des capacités de stockage passe désormais par les mémoires multi-niveaux, c'est-à-dire des mémoires capables de stocker plusieurs bits d'information par dispositif.**

— Des chercheurs de l'Institut de Science et d'Ingénierie supramoléculaires<sup>1</sup> ont réussi à fabriquer des mémoires optiques de haute performance et multi-niveaux, à 8 bits. Il aura fallu un mélange d'une petite molécule photocommutable conçue sur mesure et d'un polymère semi-conducteur. Le tout donne une mémoire organique de haute fiabilité qui peut être écrite et effacée par illumination. Mais ce n'est pas tout. L'équipe a réussi à transférer ce dispositif sur des substrats flexibles et légers. Ces résultats sont d'une grande importance pour la réalisation de dispositifs électroniques de haute performance, intelligents et pliables. Ils ouvrent la voie vers le papier électronique, les dispositifs intelligents et plus généralement vers l'optoélectronique de prochaine génération.

*Nature Nanotechnology*, juin 2016 —

1. Université de Strasbourg/CNRS

- DISTINCTIONS -

## JEAN-PIERRE SAUVAGE REÇOIT LE PRIX NOBEL DE CHIMIE

Jean-Pierre Sauvage, chercheur au CNRS de 1971 à 2014 et aujourd'hui professeur émérite à l'université de Strasbourg, a reçu le prix Nobel 2016 de chimie aux côtés du Britannique J. Fraser Stoddart et du Néerlandais Bernard L. Feringa. Tous trois sont récompensés pour la conception et la synthèse de « machines moléculaires ».

Ces dispositifs, les plus petites machines du monde, formés de molécules aux mouvements contrôlables, peuvent se mettre en marche sous l'effet de signaux lumineux, thermiques ou électriques par exemple. Un des domaines d'application possible concerne l'électronique moléculaire, avec la réalisation de transistors ou mémoires à l'échelle moléculaire.

Jean-Pierre Sauvage et son équipe sont également parvenus à concevoir et synthétiser des systèmes moléculaires reproduisant à l'échelle nanométrique des mouvements de rotation, de translation, de contraction à l'image d'une fibre musculaire ou d'autres processus biologiques importants. Bref, des nano-machines capables de reproduire les mouvements du vivant. En robotique, il sera possible d'imiter le muscle dans ses détails les plus fins, mais de là à parler de bionique... il faudra encore attendre quelques années.



© C. Schroeder/Uhista



Tunnel du LHC.  
© C. Fresillon/LHC/CNRS Photothèque

## Attention, collisions de protons au LHC !

**La chasse aux particules bat son plein au Grand collisionneur de hadrons (LHC) du Cern. De plus en plus de protons circulent dans le plus puissant accélérateur de particules au monde.**

... Remonter aux sources de l'Univers, voilà la mission du LHC<sup>1</sup>. Déjà en 2012, une formidable avancée dans l'infiniment petit avait été réalisée avec la découverte du boson de Higgs, la particule apparue à un millième de milliardième de seconde après le Big Bang...

Pour aller au-delà et percer davantage le mystère, le collisionneur de particules fonctionne à plein régime. Et l'année 2016 a été très productive : la moisson de données a été 10 fois plus abondante qu'en 2015, même si les mesures effectuées en 2016 n'ont pas permis de confirmer l'hypothèse de l'existence d'une nouvelle particule.

Le projet LHC à haute luminosité, qui entre dans sa phase de construction, va permettre de multiplier par dix la luminosité, et le nombre de collisions. Une énergie inégalée et des records d'intensité propices à la détection des petits frères du boson de Higgs...

1. 13 laboratoires de l'IN2P3 travaillent sur les expériences du LHC





## - ÉCLAIRAGE -

# MIEUX PRENDRE EN COMPTE LA QUALITÉ DE VIE AU TRAVAIL

Le CNRS a lancé en 2016 une démarche en faveur de la qualité de vie au travail (QVT) et a choisi d'en faire une de ses priorités RH.

Le CNRS a toujours accordé une place importante aux conditions de vie au travail. Dès 2011, soit deux ans avant l'accord-cadre sur la prévention des risques psychosociaux (RPS) dans la fonction publique, le CNRS a adopté un plan d'action sur les conditions de vie au travail et la prévention des risques psychosociaux. En 2016, une démarche plus globale de qualité de vie au travail a été engagée.

### Donner la parole aux ingénieurs et techniciens

« Pour agir sur la qualité de vie au travail, il faut connaître et comprendre les attentes des agents », explique Corinne Quilgars, responsable du développement social à la DRH. Ainsi, près de 400 ingénieurs et techniciens, tirés au sort parmi toutes les branches d'activités et familles professionnelles, ont été réunis pour s'exprimer sur les conditions d'exercice de leur métier. Ils ont fait remonter des facteurs de RPS sur lesquels ils souhaitent plus d'actions de prévention, mais également les facteurs de protection qui leur permettent actuellement

d'exercer leur métier dans de bonnes conditions. Ce diagnostic conduira en 2017 à un nouveau plan d'action visant le renforcement de l'attractivité du CNRS et la fidélisation des personnels qui se dédient à la recherche.

### Guides pratiques

Concernant la qualité de vie au travail, un premier guide a été diffusé sur la conciliation des temps de vie qui rassemble les dispositifs existants pour articuler vies personnelle et professionnelle. Tous les sujets y sont abordés avec les contacts en interne, les liens vers les sites d'information et les dispositifs mis à jour. À noter également, le *Cahier de recettes* pour mieux travailler ensemble réalisé par la promotion 2014 des « Jeunes Talents » du CNRS. Il comprend une soixantaine de propositions pour améliorer les conditions de travail, la reconnaissance des métiers, les relations entre les personnels.



En savoir plus :  
> <http://blog-rh.cnrs.fr>

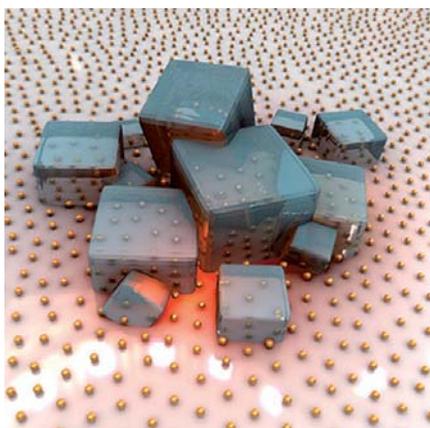


Image de synthèse de microcristaux sur un tapis de nanoparticules d'or agissant comme nanosources de chaleur sous illumination laser.

© Institut Fresnel

## De l'or pour maintenir de l'eau liquide à 200 °C

**Quel est le secret pour maintenir de l'eau liquide à 200 °C et à pression ambiante ? Réponse : des nanoparticules d'or comme source de chaleur.**

... Désormais, les réactions chimiques utilisant comme solvant l'eau liquide surchauffée entre 100 et 200 °C pourraient se faire en milieu ouvert. Plus besoin d'un autoclave scellé sous pression pour reculer le point d'ébullition. Le procédé a été validé à l'échelle microscopique en illuminant des nanoparticules d'or déposées sur un substrat de verre et chauffées localement sous microscope par illumination laser. L'absence d'ébullition de l'eau jusqu'à 230 °C provient de l'absence naturelle de centres de nucléation dans les échantillons utilisés.

Cette nouvelle technique de synthèse chimique a été développée par des chercheurs de l'Institut Fresnel<sup>1</sup>. Le milieu restant ouvert, elle offre plusieurs avantages : la possibilité d'y introduire des réactifs pendant la réaction ou le suivi de la croissance de cristaux par microscopie. L'expérience, qui s'applique à des réactions chimiques réalisées à de petites échelles, ouvre de nouvelles perspectives en micro et en nano fabrication.

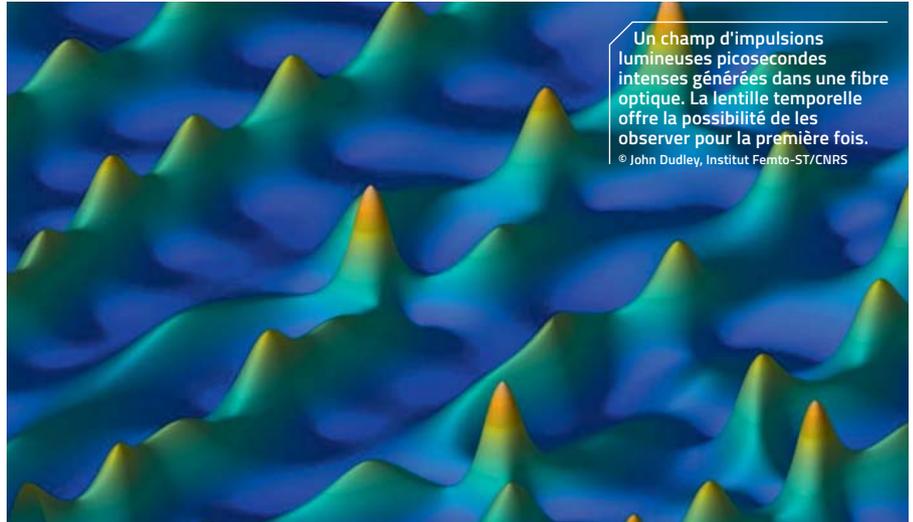
ACS Omega, juillet 2016 —

1. Aix-Marseille Université/CNRS/École centrale de Marseille

# Prédire des événements extrêmes en dilatant le temps

Une technique, appliquée pour le moment à la photonique, vient d'être mise au point pour dilater les échelles de temps. Elle devrait permettre de mieux comprendre les événements extrêmes de la nature.

...Dilater les échelles de temps pour explorer les événements extrêmes de la nature... Une prouesse rendue envisageable grâce à une équipe de l'Institut FEMTO-ST<sup>1</sup>. Appliquée jusque-là à la photonique, cette technique innovante utilise le principe de lentille temporelle pour dilater l'échelle de temps tout en augmentant la résolution. Les chercheurs ont ainsi pu observer en temps réel des impulsions géantes de lumière, avec une intensité plus de 1 000 fois supérieure à celle des fluctuations initiales de la source lumineuse. Ces résultats ont une portée qui va bien au-delà du domaine de la pho-



Un champ d'impulsions lumineuses picosecondes intenses générées dans une fibre optique. La lentille temporelle offre la possibilité de les observer pour la première fois.  
© John Dudley, Institut Femto-ST/CNRS

tonique puisque cet outil pourrait aider à la prédiction d'événements naturels extrêmes comme les vagues scélérates. Ces vagues aussi hautes que destructrices apparaissent de manière soudaine à la surface des océans. La capacité à dilater les échelles de temps ouvre donc une nouvelle voie

vers la compréhension de nombreux systèmes naturels pour lesquels il est difficile d'étudier les instabilités de manière directe et d'obtenir des échantillons statistiques fiables.

*Nature Communications*, 19 décembre 2016 —

1. CNRS/Université de Franche-Comté/Université Technologique Belfort-Montbéliard/École Nationale Supérieure de Mécanique et Microtechniques



## - ÉCLAIRAGE -

### 20 ANS DE DIALOGUE AVEC LA FONDATION RUSSE POUR LA RECHERCHE FONDAMENTALE

Avec plus de 500 projets cofinancés depuis 1996, la Fondation russe pour la recherche fondamentale (RFFI) est le principal partenaire institutionnel du CNRS en Russie. Pour fêter les 20 ans de ce partenariat, plusieurs événements ont jalonné l'année. Un nouvel accord-cadre de coopération scientifique a été signé pour quatre ans. Les collaborations anciennes en physique, mathématiques et sciences de l'Univers s'ouvrent sur de nouveaux domaines comme l'exploitation de la biomasse ou la biologie moléculaire. Par ailleurs, grâce à la fusion de la RFFI et de la Fondation russe pour les sciences humaines, ce partenariat couvre désormais l'ensemble des champs disciplinaires scientifiques dont l'histoire, l'archéologie,

l'économie, la sociologie et la psychologie. De nombreux terrains d'études intéressent tout particulièrement le CNRS en Russie. Il s'agit notamment des zones uniques que sont l'Arctique et la Sibérie, essentielles pour les recherches sur le climat (disparition du pergélisol, fonte des glaces, etc.) et l'environnement (écologie et paléo-environnement des forêts froides, art préhistorique, etc.) Unité mixte internationale en mathématiques, Institut de recherche français à Moscou, laboratoires internationaux associés ainsi que de nombreux projets conjoints, échanges de chercheurs et co-publications, témoignent de l'importance des relations scientifiques entre le CNRS et la Russie.

## - EN BREF -



**DERRIÈRE CHAQUE TECHNOLOGIE INNOVANTE SE CACHENT BIEN SOUVENT... DES MATHÉMATIQUES** Avec comme chairman Cédric Villani, directeur de l'Institut Henri-Poincaré, le colloque *Mathoxynum - Oxygène du numérique s'est tenu, en octobre 2016, sur le campus de l'UPMC-Sorbonne Universités, à Paris. Parmi les sujets de débat : comment les mathématiques dessinent-elles le monde de demain ? Quels enjeux éthiques et sociaux ?*

En savoir plus : <http://www.mathoxynum.fr/>

**QUAND UN SOLIDE RESPIRE...** Quel comportement bizarre que celui de certains matériaux nanoporeux : ils permettent de capturer et libérer de manière contrôlée les composés chimiques, gaz ou liquides. Une équipe franco-allemande a mis au point un

de ces matériaux au comportement étrange, le DUT-49. Lorsque la pression augmente pour faire entrer davantage de gaz dans un échantillon, celui-ci se contracte subitement et libère son contenu !

Nature, avril 2016 \_\_\_

**L'IMAGERIE OPTIQUE POUR DÉPISTER LES CANCERS DE LA PEAU** Lauréat du concours des start-up du magazine *Challenges*, DAMAE Medical, issue en 2014 du Laboratoire Charles-Fabry, repose sur la tomographie par cohérence optique (OCT), qui promet de révolutionner les pratiques actuelles de la dermatologie. Ainsi, il n'est plus nécessaire de réaliser une biopsie de la zone afin de l'analyser en profondeur au moyen d'un microscope. En projetant un faisceau de lumière sur la surface cutanée concernée, directement sur le patient, et

en analysant la lumière réfléchie, on obtient en temps réel des images précises des anomalies à l'échelle cellulaire. Une détection immédiate et non invasive.

**ÉNERGIES RENOUVELABLES ET NANOPARTICULES** Grâce à des nanoparticules chauffées par induction magnétique, une équipe a mis au point un procédé original pour la synthèse de méthane à partir de dioxyde de carbone. Objectif : mettre sur la voie de l'industrialisation ce nouveau procédé de catalyse, dans le but de stocker des énergies renouvelables intermittentes. Deux brevets ont été déposés et la technologie est entrée en phase préindustrielle en collaboration avec la société LEAF.

**COMMENT PIÉGER ET CONTRÔLER INDÉPENDAMMENT LA POSITION DES ATOMES ?** Des physiciens viennent de réaliser une plateforme expérimentale mettant en œuvre plusieurs dizaines d'atomes froids dont il est possible de programmer à volonté la géométrie. Alors que l'on sait aujourd'hui piéger et contrôler en très petit nombre des photons, ions, ou atomes, il s'agit ici de réaliser des systèmes constitués d'un plus grand nombre d'objets quantiques. Cette approche devrait pouvoir s'étendre à une centaine d'atomes, et ainsi ouvrir de nouvelles perspectives à la « simulation quantique ».

Science, novembre 2016 \_\_\_

**PROMOUVOIR L'IMAGE DES MATHÉMATIQUES AUPRÈS DU GRAND PUBLIC** Tel est l'objectif du réseau AuDiMath, le Groupement de Service « Autour de la Diffusion des Mathématiques ». À la clé : soutenir la communication dans les unités de mathématiques du CNRS et participer au développement du site « Images des Mathématiques », dont le but est de présenter la recherche mathématique et le métier de mathématicien, à l'extérieur de la communauté scientifique.

En savoir plus : <http://audimath.math.cnrs.fr> et <http://images.math.cnrs.fr>

## Évaluer l'état des parchemins par microscopie

Une cartographie de l'état de dégradation de parchemins anciens a été réalisée, pour la première fois, grâce à une technique de microscopie optique. Un diagnostic sans contact ni prélèvement.

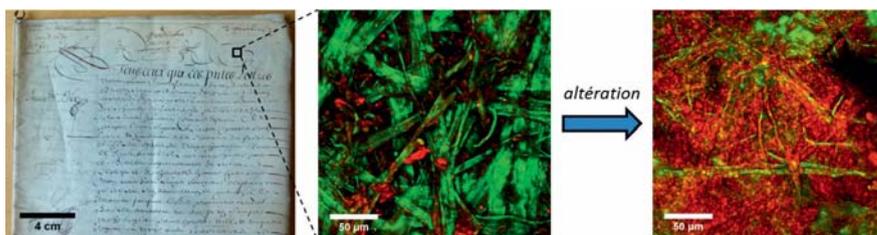
Les conservateurs et restaurateurs du patrimoine peuvent se réjouir. Physiciens et chimistes<sup>1</sup> ont collaboré pour mettre au point une technique d'imagerie capable d'évaluer l'état de dégradation de parchemins anciens. L'invasivité minimale et la rapidité de cette méthode permettent d'envisager le diagnostic, sans contact ni prélèvement, de collections et d'œuvres fragiles.

Au Moyen Âge, le parchemin était le principal support d'écriture. Fabriqué à partir de peau animale traitée, ce matériau est sensible à l'eau et à la chaleur. Or, l'état de dégradation doit être déterminé pour sélectionner les meilleures conditions de conservation et les traitements de restauration.

Les parchemins, comme la peau dont ils sont issus, sont principalement constitués de collagène. Les scientifiques ont pensé à utiliser une technique de microscopie optique non linéaire, précédemment optimisée pour l'imagerie du collagène dans les tissus biologiques. L'interprétation des signaux spécifiques, dits de second harmonique, a été validée par corrélation avec une analyse chimique sur des prélèvements de parchemin et sur du collagène purifié puis dénaturé.

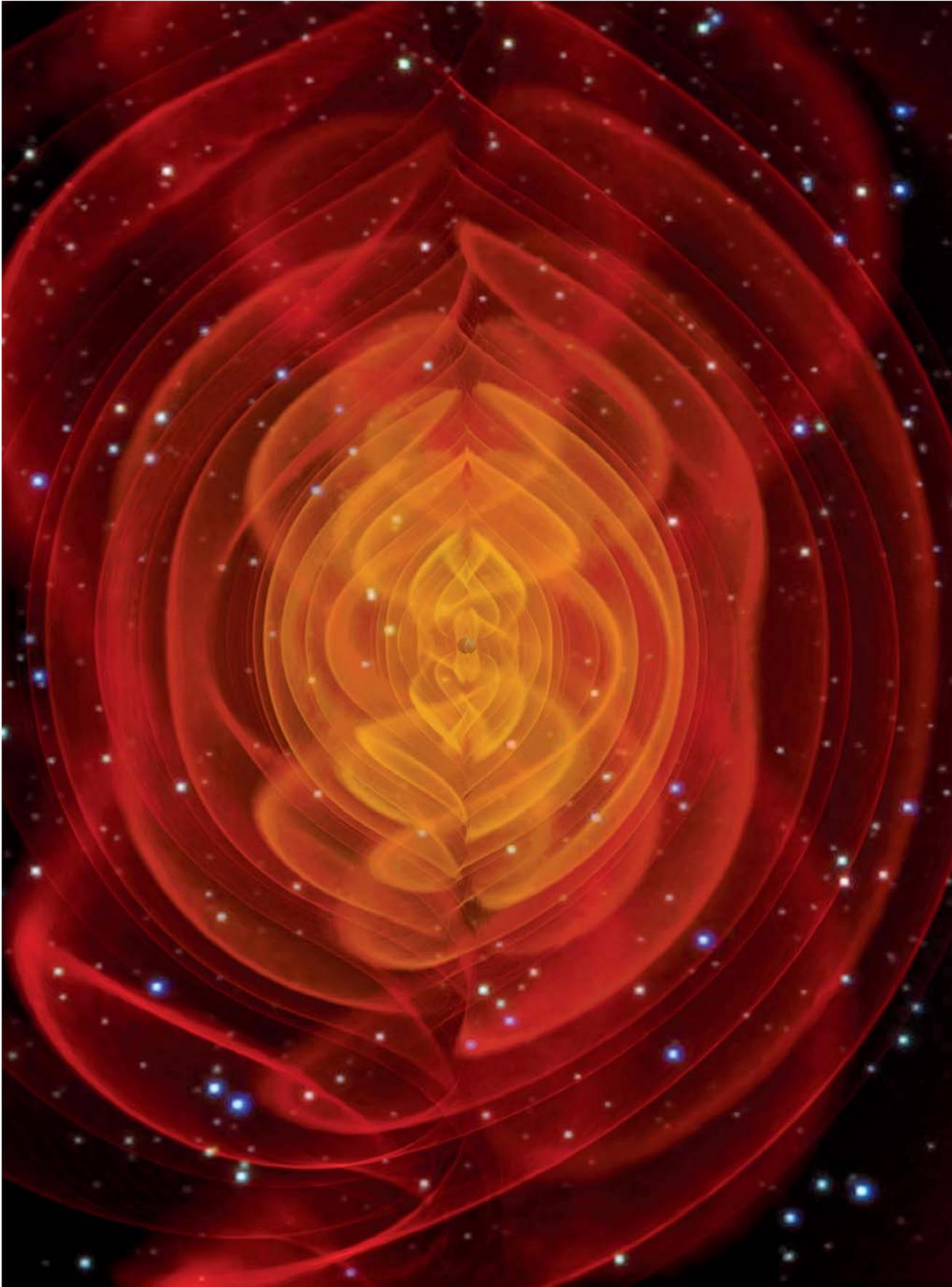
Scientific Reports, mai 2016 \_\_\_

1. Université Paris-Sud/CNRS/École polytechnique/ Ministère de la Culture et de la Communication/Université Pierre-et-Marie-Curie



Cartographie d'un parchemin du XVII<sup>e</sup> siècle. Sur une zone non altérée (centre), le collagène émet de forts signaux (vert) montrant sa structure fibrillaire. Après altération, il émet des signaux de fluorescence (rouge) non structurés, caractéristiques de sa gélatinisation.

© Laurianne Robinet/CRCC ; LOB



Simulation des ondes gravitationnelles générées par la collision de deux trous noirs.  
© C. Henze/Nasa/Goddard Space Flight Center



Voir le film : *Ondes gravitationnelles, les détecteurs de l'extrême*  
> <http://bit.ly/2mUQceZ>

Prédites par Einstein en 1915 dans la théorie de la relativité générale, mais jamais directement observées, les ondes gravitationnelles ont enfin pu être détectées.

# Première détection d'ondes gravitationnelles

C'est l'un des événements scientifiques majeurs de l'année 2016. Le CNRS, avec pas loin d'une centaine d'ingénieurs et chercheurs de six laboratoires<sup>1</sup> qui lui sont associés, a participé à la découverte. Sa contribution théorique a, par ailleurs, joué un rôle crucial tout au long de cette aventure.

À l'aide d'antennes gravitationnelles, des interféromètres laser géants, les scientifiques ont pu détecter un signal émis lors de l'ultime phase de l'évolution d'un système de deux trous noirs qui ont fusionné pour n'en faire plus qu'un. Les orbites des deux objets diminuant de plus en plus rapidement, leur énergie de liaison gravitationnelle se transforme en ondes gravitationnelles.

La détection de ce phénomène a pu être réalisée pour la première fois en septembre 2015 et annoncée début 2016, confirmant une prédiction majeure de la théorie de la relativité générale formulée par Albert Einstein en 1915.

## Le ballet d'un couple de trous noirs

Certains trous noirs vivent en couple dans le vide intersidéral, orbitant l'un autour de l'autre, et sont d'origine stellaire : ils sont formés lors des explosions des étoiles massives en fin de vie. Au fil du temps, les deux astres se rapprochent en perdant progressivement de l'énergie orbitale, puis entrent en collision à une vitesse « relativiste » de l'ordre de la moitié de celle de la lumière, avant de fusionner. Le phénomène est appelé coalescence. Le trou noir résultant est plus léger que la somme des deux trous noirs de départ, une partie de leur masse étant convertie en ondes gravitationnelles, selon la célèbre formule  $E=mc^2$ .

« Les ondes gravitationnelles sont des oscillations de la géométrie de l'espace-temps qui se propagent à la vitesse de la lumière, et que l'on peut détecter à grande

distance de leur point de formation », précise Luc Blanchet, directeur de recherche à l'Institut d'Astrophysique de Paris.

## Un signal détecté par des antennes gravitationnelles

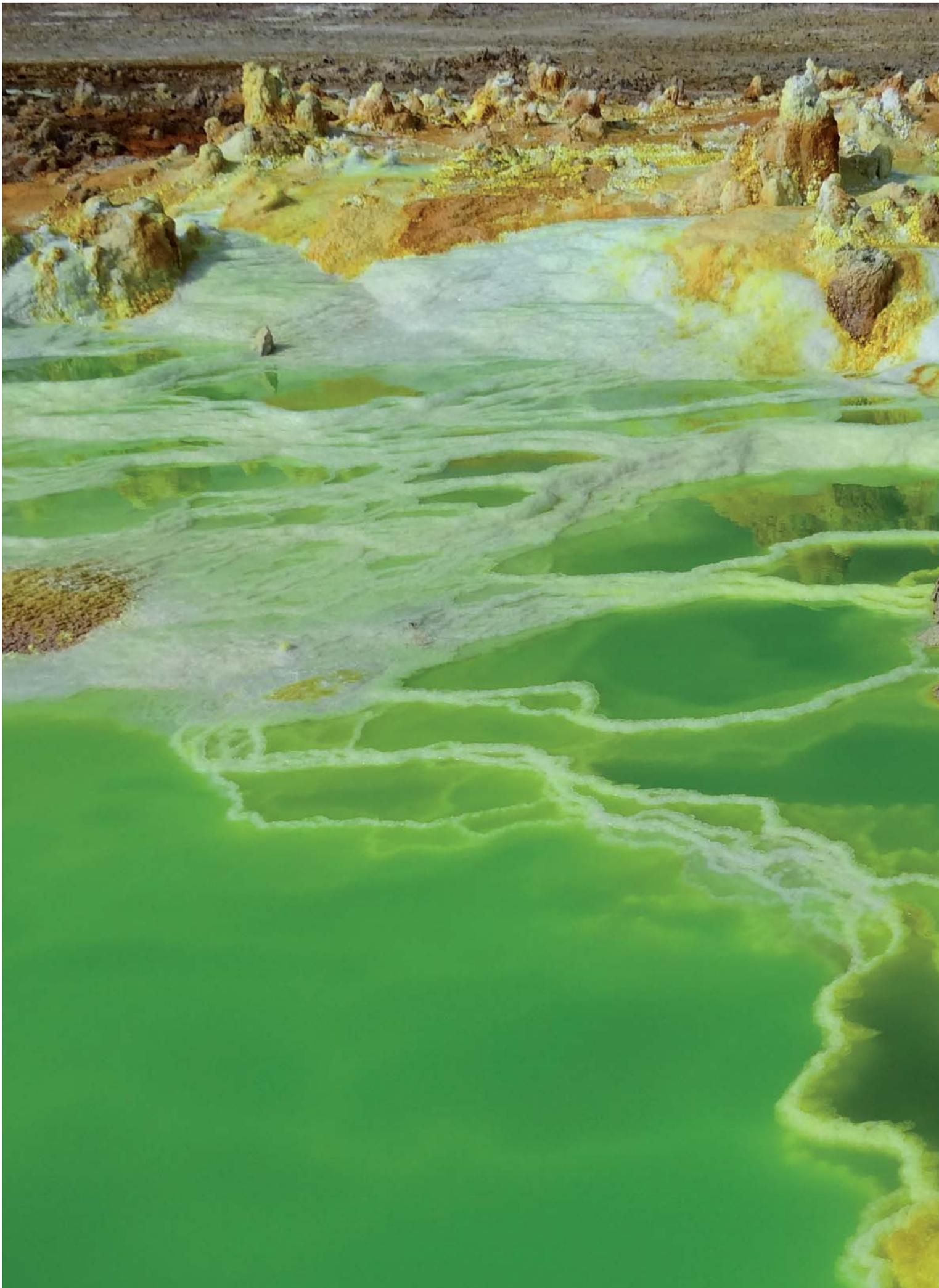
C'est ce signal que les scientifiques viennent d'enregistrer pour la première fois. Réunis dans une large collaboration internationale autour des observatoires LIGO aux États-Unis (*Laser Interferometer Gravitational-wave Observatory*) et Virgo en Europe, utilisant des interféromètres lasers géants, les scientifiques ont pu étudier un très ancien événement cataclysmique, baptisé GW150914, qui s'est produit il y a 1,3 milliard d'années. Deux trous noirs tournant l'un autour de l'autre et pesant chacun environ 30 fois la masse du Soleil ont fini par se rencontrer et fusionner.

Annoncée le 11 février 2016, la détection du signal résultant a été simultanément enregistrée par les deux instruments LIGO, à 3 000 km de distance l'un de l'autre. Une découverte réalisée avec la collaboration scientifique de Virgo, le détecteur gravitationnel européen situé en Italie. « Cette double détection de forts signaux identiques et de forme caractéristique nous assure qu'il ne s'agit pas d'une fausse alerte », insiste Benoît Mours, chercheur au Laboratoire d'Annecy-le-Vieux de physique des particules et responsable scientifique du projet Virgo en France.

« Pour l'astrophysique, cette découverte est un peu ce qu'a été celle du boson de Higgs aux yeux des physiciens des particules », conclut de son côté Tania Regimbau, astrophysicienne dans le groupe Virgo. Une avancée qui ouvre une nouvelle fenêtre sur l'étude du cosmos, radicalement différente de celle de l'astronomie traditionnelle basée sur l'étude de la lumière.

*Physical Review Letters*, février 2016 —

1. CNRS/Université Savoie Mont Blanc/Observatoire de la Côte d'Azur/Laboratoire de l'accélérateur linéaire, Orsay





# PLANÈTE ET UNIVERS

Un inventaire galactique géant, le basculement **de la surface de Mars** voici 3 à 3,5 milliards d'années, **une exoplanète** potentiellement habitable et un pas de plus vers la compréhension des **origines de la vie.**

Vasques d'eau hyperacide et cheminées hydrothermales sur le dôme de Dallol, Éthiopie.  
© J. M. Lopez-Garcia/ESE/CNRS Photothèque



# DE LA TERRE AUX ÉTOILES : TOUJOURS PLUS DE DONNÉES À ANALYSER

En sciences de l'Univers et de la Terre, les observations régulières, grâce notamment aux satellites ou aux télescopes bardés de technologies toujours plus pointues, sont des dispositifs incontournables pour accompagner la recherche.

Seuls 5 % de la matière et de l'énergie qui constituent l'Univers sont connus des scientifiques. En attendant d'en savoir plus sur les 95 % restants, les chercheurs enrichissent leurs catalogues de données qu'ils collectent via des technologies de plus en plus pointues, comme les instruments du *Very Large Telescope* ou la sonde Rosetta. Les données provenant du système solaire sont également très importantes. « Les phénomènes d'érosion des rivières de Mars

aident à comprendre les mécanismes mis en place sur Terre pour fabriquer la croûte terrestre. Cela donne des enseignements sur ce qui a pu se produire, il y a plus de 3 milliards d'années sur notre propre planète », explique Pascale Delecluse, directrice de l'Institut national des sciences de l'Univers. Les catalogues de données et les outils qui permettent de les combiner comme au Centre de données astronomiques de Strasbourg, permettent d'explorer l'origine et le fonctionnement des planètes de notre système solaire comme des exoplanètes que les télescopes découvrent en nombre. Et ce déluge de données concerne également les étoiles : plus d'un milliard a été catalogué en mille jours dans la Voie lactée et au-delà par le satellite Gaia, doté de deux télescopes et de 106 détecteurs très sensibles. « Et avec l'inauguration du nouvel accélérateur SPIRAL2 au Grand Accélérateur National d'Ions Lourds, le Ganil à Caen, nous allons mieux comprendre la synthèse dans les étoiles. Cela augure des découvertes majeures... »,

affirme Reynald Pain, directeur de l'Institut national de physique nucléaire et de physique des particules.

De ces étoiles et du Soleil, nous savons maintenant que proviennent des milliards de particules neutres de très faible masse appelées neutrinos dont les scientifiques cherchent à comprendre le fonctionnement. « Nous menons des expériences dans les réacteurs nucléaires, avec le projet JUNO en Chine, au fond de la mer Méditerranée avec KM3NeT, auprès des accélérateurs et sous Terre avec le détecteur SuperNEMO à Modane », ajoute Reynald Pain. Les neutrinos étant encore une énigme, tous les moyens sont bons pour les cerner et les analyser. Afin, peut-être, de percer le mystère de la domination de la matière sur l'antimatière au tout début de l'Univers.

*Seuls 5 % de la matière et de l'énergie qui constituent l'Univers sont connus des scientifiques.*

Grâce au programme Sentinel d'observation de la Terre et aux réseaux d'observation terrestres, « nous travaillons à faire interagir nos quatre champs de recherche, à savoir la Terre solide, l'océan, l'atmosphère et les surfaces continentales », ajoute Pascale Delecluse. Le pôle de données pour le Système Terre, lancé en 2016, permettra d'ailleurs de combiner et de rendre interopérables ces nouvelles données. Le comportement de l'atmosphère, par exemple, se décide avec les océans, mais aussi avec les surfaces continentales. Quand l'océan se réchauffe, cela a des impacts sur la lithosphère, l'enveloppe extérieure de la Terre formée de plaques tectoniques, et joue sur les séismes. « Nous sommes surpris par la vitesse à laquelle certains phénomènes, comme la fonte des calottes polaires, se propagent. C'est, conclut-elle, beaucoup plus rapide que ce qu'on avait appréhendé jusque-là. »



## Des acides gras atmosphériques à l'origine d'une photochimie complexe

**Les acides gras présents dans toutes les particules atmosphériques étaient réputés photochimiquement inertes. Une idée récemment démentie. Aux interfaces air/eau, ces molécules s'organisent en une fine couche qui interagit avec la lumière.**

— Contrairement à ce qu'il était communément admis, les acides gras composant les aérosols atmosphériques ne sont pas inertes vis-à-vis de la lumière. Ces minuscules particules se retrouvent en suspension dans l'atmosphère à la suite d'émissions directes, comme avec les embruns marins, ou grâce à des conversions gaz-particules donnant naissance aux aérosols organiques secondaires.

Les modèles qui décrivent la réactivité des aérosols avec l'atmosphère et la lumière ne tenaient donc pas compte des acides gras, pourtant omniprésents dans la composition chimique de ces particules en suspension. Mais des scientifiques<sup>1</sup> ont montré qu'aux interfaces air/eau, ces acides gras s'organisent en une très fine couche. Cet agencement rend les molécules réactives, alors qu'isolées elles n'absorbent pas la lumière. Irradiée, cette couche d'acides gras est source de radicaux et à l'origine d'une photochimie complexe.

Les interfaces air/eau étant prépondérantes à la surface de la planète et les acides gras présents partout dans l'environnement, ces réactions devront être prises en compte pour décrire au mieux les impacts environnementaux des aérosols atmosphériques.

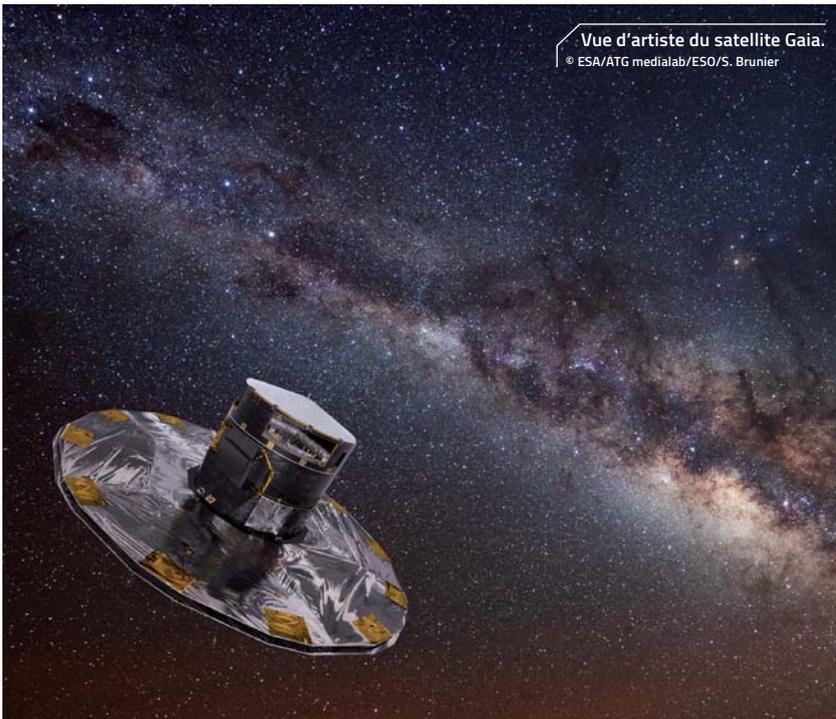
*Science*, août 2016 —

1. CNRS/Université Lyon Claude Bernard, en coopération avec les universités de Toronto et de Clermont-Ferrand



Les volcans participent à l'émission d'aérosols dans l'atmosphère. Volcans Bromo (gauche) et Semeru (arrière-plan), île de Java, Indonésie.

© Wikimedia commons – Michael Day



Vue d'artiste du satellite Gaia.  
© ESA/ATG medialab/ESO/S. Brunier

# Gaia : le grand inventaire galactique

L'équipe de la mission Gaia vient de livrer la cartographie du ciel la plus précise jamais réalisée. Plus d'un milliard d'étoiles ont été cataloguées en 1 000 jours dans la Voie lactée et au-delà.

...C'est un titanesque index que vient de livrer la mission Gaia de l'Agence spatiale européenne. 1,2 milliard de corps célestes ont été caractérisés : position, taille, intensité lumineuse, trajectoire et surtout distance et vitesse pour une partie d'entre eux. Du jamais vu de mémoire d'astronome ! Et ce n'est pas tout. Gaia devrait aussi préciser l'orbite de centaines de milliers d'astéroïdes, détecter la présence de milliers d'exoplanètes, aider à l'identification de millions d'étoiles doubles et variables et de naines brunes. Sans compter que la mission ne se limite pas à notre galaxie et prend en compte pas moins de 6 000 supernovae et 500 000 quasars.

Cet énorme répertoire permettra de dresser une carte à trois dimensions, et d'améliorer ainsi nos connaissances sur la structure et la dynamique de la Voie lactée. Les chercheurs<sup>1</sup> vont également pouvoir établir de précieuses statistiques sur les différents types d'astres, qui seraient inexploitablement sans un inventaire aussi vaste.

Ce titanesque objectif a été rendu possible grâce à la qualité hors norme du satellite Gaia. Lancé fin 2013 depuis Kourou en Guyane, l'engin spatial est doté de deux télescopes et de 106 détecteurs si sensibles qu'ils peuvent discerner des étoiles 400 000 fois moins brillantes que celles perceptibles à l'œil nu ! Gaia génère une énorme quantité de données qui sont dépouillées par un consortium scientifique réunissant 450 ingénieurs et astronomes de 25 pays, dont la France. La mission devrait se poursuivre jusqu'en juillet 2019.

*Astronomy & Astrophysics*, septembre 2016 —

1. CNRS/Observatoire de Paris/Observatoire de la Côte d'Azur



En savoir plus :  
> <http://gaia.obspm.fr>

## - EN BREF -



**Étudier les séismes lents** Ces séismes durent de quelques semaines à quelques mois et peuvent atteindre des magnitudes de 7,5. Grâce aux progrès des mesures par GPS, leur étude pourrait aider à mieux estimer l'aléa sismique, en particulier les temps de récurrence des grands séismes, selon les chercheurs de l'Institut des Sciences de la Terre.

**Le séisme du 30 octobre 2016 en Italie** Ce séisme, d'une magnitude de 6,5, est le plus fort enregistré sur la péninsule depuis les 36 dernières années. Il a produit le glissement co-sismique le plus important jamais observé en Méditerranée sur une faille normale, avec un déplacement vertical atteignant deux mètres, d'après le groupe de chercheurs envoyés sur place, dans le cadre de la cellule d'intervention post-sismique.

**Pourquoi le manteau terrestre bouge-t-il ?** Selon une équipe de l'université de Lille 1 et de l'Unité matériaux et transformation du CNRS, l'étude des défauts microscopiques des minéraux de hautes pressions du manteau a permis de mieux comprendre leur déplacement aux vitesses de déformation très lentes de la convection, et de simuler sur ordinateur le comportement des roches de la Terre profonde jusqu'à la limite avec le noyau.

*Scientific Reports*, octobre 2016 —

**L'âge des comètes** La sonde Rosetta de l'Agence spatiale européenne a dévoilé l'âge des comètes. L'identification des glaces enfouies à l'intérieur de la comète 67P/Churyumov-Gerasimenko, par une équipe internationale, montre qu'elles se trouvent essentiellement sous forme cristalline. Elles seraient donc issues de la nébuleuse primitive, et donc du même âge que notre système solaire. Ces résultats proviennent de l'analyse de données fournies par l'instrument Rosina<sup>1</sup>, placé à bord de la sonde.

*The Astrophysical Journal Letters*, mars 2016 —

1. Rosetta Orbiter Spectrometer for Ion and Neutral Analysis

**Le CO<sub>2</sub>, une ressource à exploiter ?** Pour réduire la quantité de CO<sub>2</sub> présent dans l'atmosphère, des chercheurs ont eu l'idée de l'utiliser comme matière première. À la clé : la fabrication de polymères, de carburants ou de matériaux de construction.

## - ÉCLAIRAGE -

# PRIORITÉ À L'ÉGALITÉ PROFESSIONNELLE

La Mission pour la place des femmes au CNRS a fêté ses 15 ans en 2016. Rattachée à la présidence, cette instance pionnière dans l'univers de la recherche s'emploie à promouvoir l'égalité professionnelle entre femmes et hommes, et l'intégration de la dimension de genre dans les programmes de recherche au CNRS.

Le colloque-anniversaire organisé en mars 2016 a mis en avant les progrès accomplis ces dernières années dans la mise en œuvre du plan d'action pour l'égalité professionnelle adopté par l'organisme, dont la nette progression dans l'attribution des médailles est l'un des résultats les plus marquants. Des actions originales ont également été lancées dans le cadre du Comité dit « STRIDE » animé par la Mission, qui réunit responsables du Comité national, des Instituts,

de la DRH, et expert.e.s, autour des questions d'inégalités femmes-hommes dans les processus d'évaluation scientifique des chercheur.e.s au CNRS. Au-delà de la sensibilisation aux stéréotypes sociaux de genre, des observations ont ainsi été menées pendant les concours 2015 et restituées en 2016 afin de développer une pratique réflexive. Le réseau des correspondant.e.s égalité en délégations régionales créé en 2015 a par ailleurs poursuivi son action, marquée en 2016 par une campagne de sensibilisation au harcèlement sexuel au travail déclinée dans toutes les délégations.



En savoir plus :  
> <http://www.cnrs.fr/mpdf>



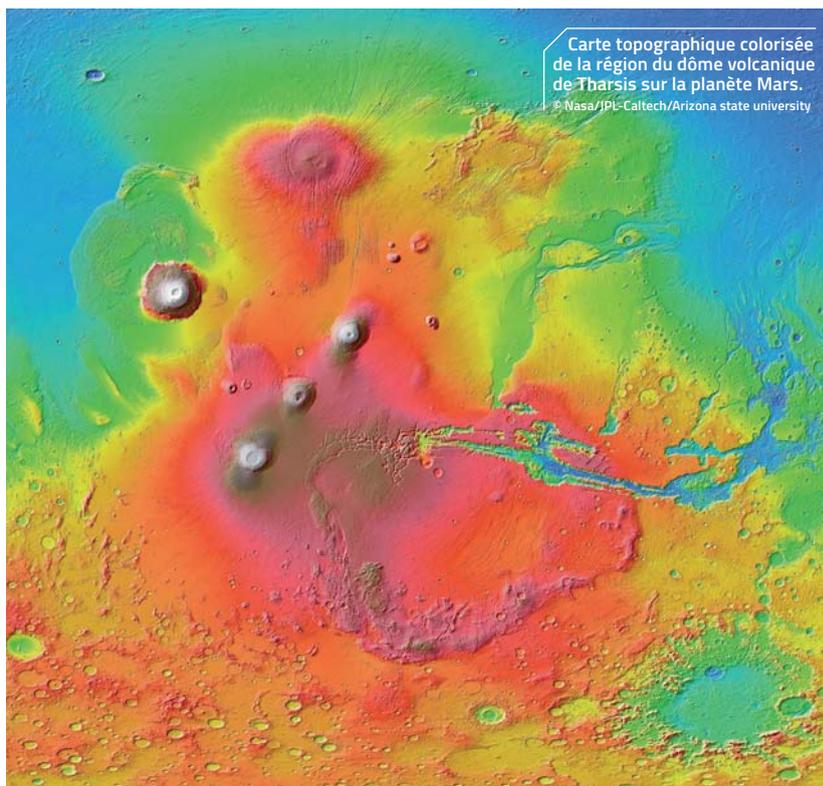
## Le nouveau visage de Mars

**Les enveloppes superficielles de la planète Mars ont subi une rotation voici 3 à 3,5 milliards d'années. Ce basculement est dû à la formation du gigantesque dôme volcanique de Tharsis.**

... C'est une révolution dans l'histoire de la géographie martienne. La surface de la planète rouge a basculé de 20 à 25 degrés, voici 3 à 3,5 milliards d'années. C'est le plus vaste édifice volcanique du système solaire qui en est la cause : le dôme de Tharsis. Il résulte d'une activité volcanique qui a duré plusieurs centaines de millions d'années jusqu'à former un gigantesque plateau, d'un poids estimé à un milliard de milliards de tonnes. Une masse telle qu'elle a fait pivoter la croûte et le manteau de Mars. Le dôme de Tharsis s'est alors retrouvé sur l'équateur, sa position actuelle.

Dans cette étude, des géomorphologues français ont démontré que les fameuses rivières martiennes étaient, à l'origine, réparties sur une bande tropicale sud d'une planète Mars tournant autour de pôles décalés d'une vingtaine de degrés par rapport aux pôles actuels. Cette conclusion s'est révélée en cohérence avec les résultats d'un modèle géophysique réalisé en 2010. Il montrait qu'en retirant le dôme de Tharsis de la planète, elle s'orienterait différemment par rapport à son axe. Cette corrélation remarquable est confortée par des observations d'autres équipes scientifiques.

L'existence de ce grand basculement donne un nouveau visage à la planète Mars à un moment où la vie aurait pu apparaître. Elle offre aussi une réponse unique à trois



mystères : l'emplacement des rivières, la position équatoriale du dôme de Tharsis et la raison pour laquelle certains réservoirs souterrains de glace, qualifiés jusqu'ici d'anomalie, se situent loin des pôles.

*Nature*, mars 2016

1. CNRS/Université Paris-Sud



Vue d'artiste de la surface de  
l'exoplanète Proxima Centauri b.  
© ESO/M. Kornmesser

Proxima du Centaure, l'étoile la plus proche du Soleil, possède au moins une planète. Elle est probablement rocheuse, et surtout située dans la zone habitable de son étoile. Là où l'eau liquide peut exister en surface...

# Proxima b peut-être habitable !

Cette planète tourne autour de Proxima du Centaure, l'étoile la plus proche du Soleil située à « seulement » 4,2 années-lumière de notre astre. Il s'agit de Proxima b, une planète probablement rocheuse qui serait située dans la zone dite habitable de son étoile. Cette découverte majeure a été réalisée par une équipe internationale comprenant le Laboratoire Univers et Particules de Montpellier. Deux autres équipes d'astrophysiciens et de planétologues<sup>1</sup> ont approfondi les recherches sur son environnement (formation, rotation, climat, présence ou non d'une atmosphère...).

## La planète pourrait héberger de l'eau liquide à sa surface

Les scientifiques soupçonnaient depuis longtemps la présence d'une planète autour de Proxima du Centaure. Mais il aura fallu une campagne de deux ans pour prouver son existence, les chercheurs utilisant un vaste réseau d'observation (le spectrographe HARPS à La Silla au Chili, le télescope ASH2 de San Pedro de Atacama au Chili et les 18 télescopes du réseau de Las Cumbres, en Californie).

Ces observations ont été combinées à de précédents relevés, effectués entre autres depuis HARPS. Les chercheurs ont collecté les nouvelles données durant 60 nuits, et ont fini par détecter une très faible oscillation, d'une période de 11,2 jours, de la vitesse radiale de Proxima du Centaure, soit à peine 5 km/h. « C'est bien la signature de l'attraction gravitationnelle produite par Proxima b », explique Franck Selsis, du Laboratoire d'astrophysique de Bordeaux.

Conclusion : Proxima b se trouve à 7 millions de kilomètres de Proxima du Centaure, 20 fois plus près que la Terre ne l'est du Soleil. Elle reçoit de son étoile

– une naine rouge bien moins brillante que le Soleil – suffisamment d'énergie pour permettre à l'eau liquide de couler à la surface, si toutefois de l'eau était bien présente. « À ce stade des recherches, ces caractéristiques en font une candidate pour une future recherche de signatures de vie ».

## Des instruments plus performants pour étudier son mouvement orbital

Si Proxima b se trouve bien aujourd'hui dans la zone habitable, là où des océans peuvent exister en surface, cela n'a pas toujours été le cas. Au début de son histoire, le rayonnement énergétique de l'étoile était tel qu'il a pu vaporiser l'eau liquide en une épaisse atmosphère.

Avec de nouveaux instruments plus performants, comme un télescope géant au miroir de 39 mètres, il sera possible de mieux distinguer Proxima b de son étoile. On pourra alors étudier non seulement le mouvement orbital de la planète, mais également déterminer s'il y a une atmosphère et, le cas échéant, sa composition.

Mais n'allons pas trop loin quand même : cette planète ne peut pas être considérée comme une jumelle de la Terre. L'histoire de Proxima b et de son étoile étant radicalement différente de celle de la Terre et du Soleil.

<sup>1</sup> Nature, août 2016

1. CNRS/Université de Bordeaux/UPMC/ENS Paris/École Polytechnique

- ÉCLAIRAGE -

## FACILITER LES GRANDS PROJETS

Derrière chaque grand projet scientifique international se cache une expertise juridique pointue. C'est notamment le cas concernant ESS dans lequel le CNRS est très impliqué.

Explorer la matière via une source de neutrons trente fois plus puissante que les instruments actuels, telle est la vocation de l'*European Spallation Source* (ESS). La construction de ce grand instrument de recherche européen a débuté en Suède en 2014, pour une mise en service prévue fin 2019. Impliqué tant au niveau de la construction de l'accélérateur que de son instrumentation scientifique, le CNRS est aussi à la manœuvre sur le volet juridique. En effet, l'ampleur de ce projet intra-communautaire, sa complexité scientifique et technique ainsi que ses enjeux financiers appellent des réponses. « Notre rôle consiste à trouver des solutions juridiques opérationnelles qui sécurisent au maximum l'engagement de recherche de l'établissement », explique Myriam Fadel, directrice des affaires juridiques. Concrètement, il s'agit de plancher sur des contrats présentant une technicité particulière, de formaliser des partenariats intégrant la réglementation étrangère et les règles de commande publique intracommunautaire, mais aussi de baliser les questions de propriété intellectuelle. « Cet accompagnement juridique tout terrain assoit la réussite des grands projets européens et accroît notre expertise en matière d'infrastructures scientifiques européennes », ajoute-t-elle.



Représentation des bâtiments de l'ESS (Suède).  
© Courtesy of ESS



## Le trou noir au centre de notre galaxie à l'origine de rayons cosmiques de très haute énergie

**Une source de rayonnement cosmique à des énergies encore jamais observées a été localisée. Il s'agirait du trou noir super massif situé au centre de la Voie lactée.**

...D'où viennent les rayons cosmiques galactiques ? Depuis plus de 10 ans, le réseau de télescopes HESS (*High Energy Stereoscopic System*, réseau de télescopes en Namibie auquel contribuent le CNRS et le CEA) tente de percer le mystère. Lors de ses premières années d'observation de notre Galaxie, HESS a permis de découvrir une source ponctuelle et très puissante, mais inconnue, de rayons gamma au centre de la Voie lactée.

Des observations approfondies apportent un nouvel éclairage. Il s'agit d'une source cosmique capable d'accélérer des protons jusqu'à des énergies voisines du pétaélectronvolt (10<sup>15</sup> eV) ! Le centre de notre Galaxie abrite de nombreux objets susceptibles de produire des rayons cosmiques de très haute énergie. Cependant, le trou noir super massif au centre de la Voie lactée, Sagittarius A, est de loin le candidat le plus vraisemblable.

L'observation des rayons gamma permet de mesurer indirectement le spectre énergétique des protons accélérés par le trou noir central : Sagittarius A accélérerait encore maintenant des protons. Si le trou noir a été plus actif dans le passé, il aurait même pu produire à lui seul la quasi-totalité du rayonnement cosmique galactique observé à ces énergies. Un argument décisif au débat centenaire sur l'origine des rayons cosmiques galactiques.

*Nature*, mars 2016



## - Océan-Atmosphère -



Filé d'étoiles sur le site de l'expérience HESS (High Energy Stereoscopic System), en Namibie.  
© J. Bolmont/Collaboration HESS/ CNRS Photothèque

**SEUIL RECORD DE CO<sub>2</sub> FRANCHI DANS L'HÉMISPHERE SUD** L'augmentation de dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>) dans l'atmosphère s'accélère. Elle est mesurée depuis 35 ans par le service national d'observation ICOS-France du Laboratoire des Sciences du Climat et de l'Environnement, au niveau de l'île Amsterdam, dans le sud de l'océan Indien. Elle a pour la première fois franchi la valeur symbolique des 400 ppm, soit 0,04 %. Et cet observatoire est celui où l'on relève les concentrations en CO<sub>2</sub> les plus basses au monde, du fait de son éloignement des sources anthropiques...

### POUSSIÈRES AFRICAINES : QUEL IMPACT SUR LE CLIMAT DE LA PLANÈTE ?

On se doutait que les vents du Sahara, en dispersant de grandes quantités de poussières à travers la planète, en modifiaient le climat. Les chercheurs en sont maintenant convaincus. Les phénomènes météorologiques comme El Niño ou les précipitations au Sahel impactent bien les soulèvements de poussières par l'accélération d'un vent saharien en aval des principaux massifs montagneux ouest-africains. Un nouveau modèle prédictif a été mis en place, selon lequel les émissions de poussières sahariennes vont diminuer au fil des cent prochaines années.

Nature, mars 2016 \_\_\_\_

**SAUVEGARDER LA MÉMOIRE DE LA GLACE** À dix ans d'intervalle, la température au sein des glaciers du col du Dôme (Alpes) et de l'Illimani (Andes) s'est élevée de 1,5 à 2 °C. Avant que cette hausse n'affecte irrémédiablement la mémoire géochimique enfouie dans les glaciers, les scientifiques ont décidé de constituer un patrimoine mondial de carottes de glace pour les générations futures. Une première mission a été lancée dans le massif du Mont Blanc : des chercheurs du CNRS, de l'IRD et de l'université Grenoble Alpes ont prélevé les premières carottes de « glace patrimoine » au col du Dôme, en anticipation de leur stockage à long terme en Antarctique.

### ÉPISODES MÉDITERRANÉENS : VERS UNE MEILLEURE PRÉVENTION

En automne, le pourtour méditerranéen est le siège d'épisodes de fortes pluies et de crues rapides. Comment améliorer la prévision et l'anticipation de ces risques hydrométéorologiques qui mettent en danger

les populations et provoquent d'importants dégâts ? C'est une des missions du programme HyMeX, lancé en 2010, sur le cycle de l'eau en Méditerranée. Ce programme, coordonné par Météo-France a livré en 2016 ses premiers résultats sur la campagne internationale de mesures réalisées à l'automne 2012. Les chercheurs ont notamment mis en évidence des mécanismes communs de formation des systèmes précipitants, dont le rôle de la convergence des vents sur mer, induite par les reliefs et les îles montagneuses en Méditerranée occidentale.

Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society, août 2016 \_\_\_\_

### À LA RECHERCHE DE LA GLACE ANCIENNE

Le rythme des glaciations s'est brusquement ralenti il y a un million d'années. Pourquoi ? Les scientifiques ont décidé d'aller chercher la réponse dans une glace vieille d'au moins 1,5 million d'années. Un consortium de chercheurs issus de 14 institutions, parmi lesquelles le CNRS et l'IPEV, va tenter, durant la saison australe 2016-2017, de localiser en Antarctique un site permettant de remonter au-delà des 800 000 ans, âge maximal de la glace extraite à ce jour. Les études ont commencé à proximité du dôme Fuji et de la base Concordia. Les équipes françaises y testent une sonde inédite qui analyse la glace en temps réel, sans nécessiter de carottage.

### DES CAROTTES SÉDIMENTAIRES

#### GÉANTES 59,48 mètres précisément !

C'est la longueur de la carotte sédimentaire géante, et non déformée, prélevée par le Marion-Dufresne. Entièrement modernisé en 2015 (projet EquipEx CLIMCOR dans le cadre du programme d'investissements d'avenir), le navire océanographique de l'Institut polaire français (IPEV) a ainsi pu prélever, à l'aide du carottier géant CALYPSO, à 3 630 mètres de profondeur, le plus long échantillon jamais réalisé en carottage, et ce avec un échantillonnage parfait. La campagne, qui s'est déroulée dans l'océan Austral, est le début d'une série de recherches au service de la paléoclimatologie et de la paléocéanographie avec de nouveaux outils conçus par des ingénieurs du CNRS pour étudier des archives sédimentaires sur plusieurs cycles climatiques dépassant parfois les 800 000 ans.

PAGES Magazine, août 2016 \_\_\_\_



# Origine de la vie : la pièce manquante détectée dans une « comète artificielle »

**En simulant la formation de glace interstellaire composant les comètes, des chercheurs ont réussi à créer du ribose, une des briques de base du vivant. Une étape importante pour comprendre l'origine de l'apparition de la vie sur Terre... Et peut-être ailleurs dans l'Univers.**

... Pour la première fois, des chercheurs montrent que le ribose, un composant de tous les organismes vivants, a pu se former dans les glaces cométaires. Plusieurs acides aminés et bases azotées ont déjà été trouvés sur des météorites, ainsi que dans des comètes reproduites en laboratoire. Mais le ribose est le « squelette » de l'acide ribonucléique (ARN), considéré comme le matériel génétique des premiers organismes vivants. Ce sucre n'avait encore jamais été détecté dans du matériel extraterrestre ni produit en laboratoire dans des conditions « astrophysiques ».

Ce résultat est le fruit d'une collaboration entre chimistes et astrophysiciens. Dans un premier temps, une comète artificielle a été produite à l'Institut d'astrophysique spatiale<sup>1</sup>. Un mélange représentatif d'eau, de méthanol et d'ammoniac a été placé dans une chambre à vide et à -200 °C pour reproduire la formation de grains de poussière enrobés de glace, la matière première des comètes. Les astrophysiciens ont ensuite irradié le matériau obtenu par des UV pour simuler les conditions des nébuleuses

où se forment ces grains. Puis l'échantillon a été porté à température ambiante imitant ainsi l'astre qui s'approche du Soleil.

La composition de la comète obtenue en laboratoire a été analysée à l'Institut de chimie de Nice<sup>2</sup>. Plusieurs sucres ont été détectés, et parmi eux le ribose. Leur diversité et leur abondance relative suggèrent qu'ils ont été formés à partir de formaldéhyde, une molécule composée de méthanol et d'eau, présente dans l'espace et sur les comètes.

S'il reste à confirmer l'existence de ribose dans les comètes réelles, cette découverte complète la liste des « briques moléculaires » de la vie qui peuvent être formées dans la glace interstellaire. Elle conforte la théorie selon laquelle la Terre aurait été « ensemencée » par des comètes ou astéroïdes contenant les molécules de base nécessaires à la construction d'ARN et d'ADN.

*Science*, avril 2016

1. CNRS/Université Paris-Sud

2. Université Nice-Sophia-Antipolis/CNRS



Centre de la nébuleuse trifide.  
© Subaru Telescope/NAOJ/Hubble Space Telescope – M. Pugh/R. Gendler.

## - EXOPLANÈTES -



Vue nocturne de l'instrument SPHERE, observatoire de Paranal, Chili. © C. Delhaye/ESO/CNRS Photothèque

### MÉTÉORITES SOUS

**VIDÉOSURVEILLANCE FRIPON** est un réseau connecté, unique au monde, de détection des bolides à l'origine des météorites. Cent caméras sont en cours d'implantation sur tout le territoire pour surveiller le ciel français, de jour comme de nuit. Fruit de l'expertise scientifique de l'Observatoire de Paris, du Muséum national d'histoire naturelle, des universités Paris-Sud et Aix-Marseille et du CNRS, cette couverture servira à détecter les chutes de météorites, à calculer la zone d'impact au sol et à organiser des campagnes de recherche sur le terrain. Enfin, les observations vont permettre de connecter les connaissances sur les météorites avec celles sur les astéroïdes, en associant l'orbite mesurée par le réseau à la météorite retrouvée.

⊕ En savoir plus : [www.fripon.org](http://www.fripon.org)

### AUX ABORDS DU TROU NOIR DE LA

**GALAXIE** En scrutant le centre de notre Galaxie avec une précision inégalée, une équipe européenne d'astronomes a pu observer une étoile de faible luminosité, très proche du trou noir super massif qui occupe le centre de la Voie lactée. Ce résultat a été obtenu en combinant les faisceaux lumineux issus des quatre télescopes de huit mètres du Very Large Telescope (VLT) grâce à l'instrument GRAVITY « explorateur de trou noir » récemment installé. Les performances atteintes sont comparables à celles qu'aurait un télescope de 130 mètres de diamètre. Des observations prometteuses pour GRAVITY qui devra sonder le champ gravitationnel extrêmement intense qui règne à proximité du trou noir central, offrant la perspective de confirmer la présence d'un trou noir super massif au centre galactique et de tester la validité de la théorie de la relativité générale d'Einstein en champ fort.

### DANS LES RECOINS DE L'UNIVERS

Une équipe internationale d'astronomes a pu explorer l'un des recoins de l'Univers, appelé l'Univers jeune, à l'aide du vaste réseau (sub-)millimétrique de l'Atacama, ALMA. Précisément, ALMA a étudié ce que l'on appelle le champ ultra profond de Hubble (HUDF). De nouvelles observations plus profondes et mieux résolues que les sondages antérieurs effectués dans le domaine millimétrique. Avec comme résultat la mise en évidence d'une étroite relation entre le taux de formation stellaire



dans les galaxies jeunes et leur masse stellaire totale, et un nouvel aperçu de « l'Âge d'Or » de la formation galactique qui date de quelque dix milliards d'années.

### COMMENT SONT SCULPTÉS LES

**SYSTÈMES SOLAIRES** Mieux connaître les disques protoplanétaires, c'est le but du travail mené par plusieurs équipes d'astronomes. C'est au sein de ces formations étendues de gaz et de poussières, situées en périphérie de jeunes étoiles, que se forment les planètes. Cette

étude a permis, à partir de l'instrument SPHERE, qui équipe le Very Large Telescope (VLT) de l'ESO (observatoire européen austral), d'observer de manière directe la dynamique complexe qui anime les jeunes systèmes solaires. Des observations, bien plus détaillées qu'auparavant, ont mis en évidence des structures très surprenantes autour de trois étoiles, comme une vaste cavité centrale entourée de deux grands bras spiraux, ou des systèmes d'anneaux concentriques très fins.

*Astronomy and Astrophysics*, novembre 2016



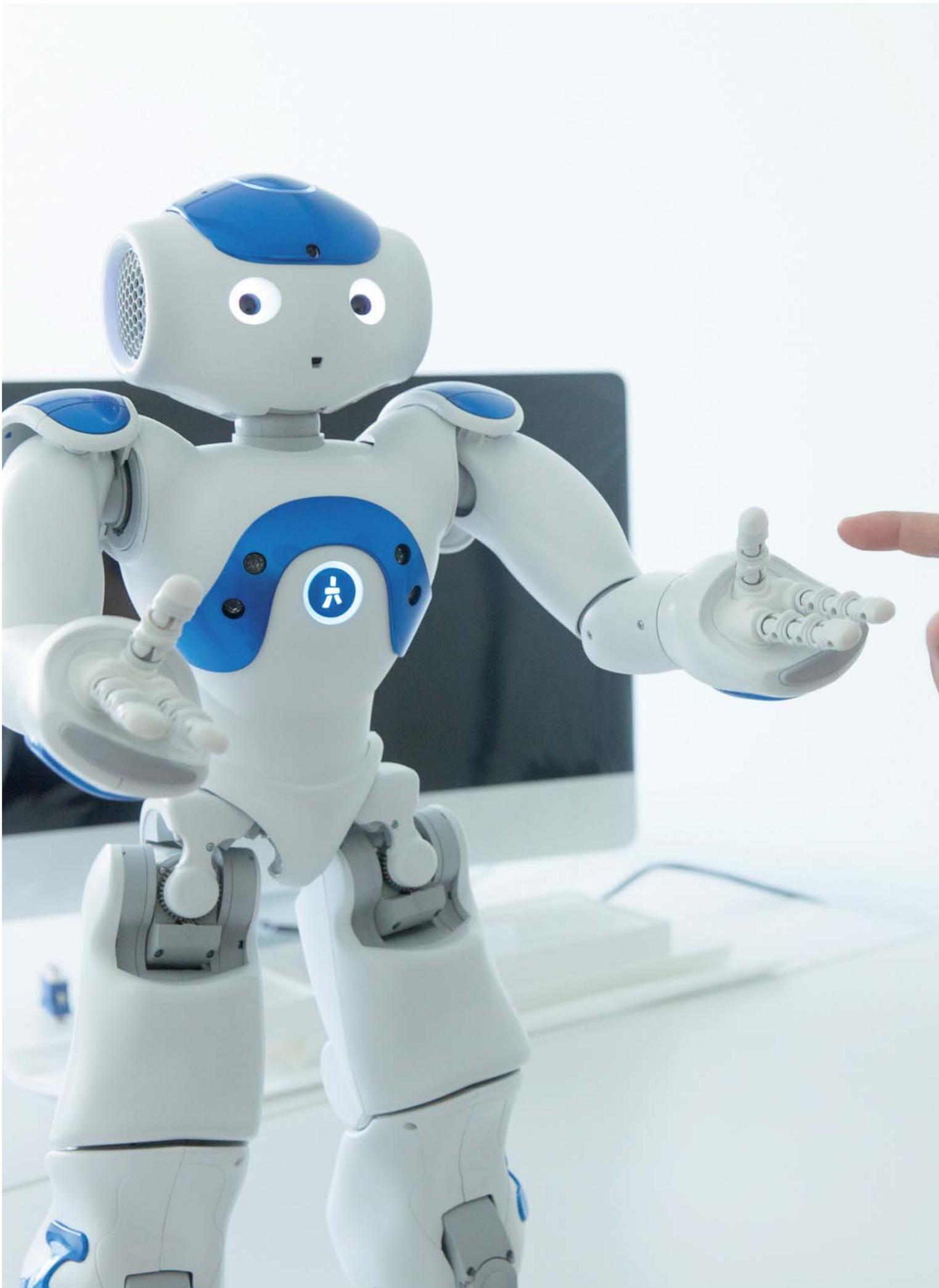
## - ÉCLAIRAGE -

### DU BON USAGE DU WEB ET DES RÉSEAUX SOCIAUX

Aujourd'hui, le web et les réseaux sociaux permettent aux scientifiques de communiquer leurs résultats rapidement, gratuitement et à un large public. Dans un avis rendu en avril 2016, le Comité d'éthique (COMETS) du CNRS met en relation le succès de ces nouveaux espaces de dialogue entre scientifiques et les limites rencontrées par le modèle du peer review. La révélation par les chercheurs de mauvaises pratiques dans la recherche y est également évoquée, compte-tenu de l'impact des sites signalant des méconduites scientifiques (RetractionWatch, PubPeer). S'il soutient une large diffusion des résultats scientifiques notamment via les archives ouvertes publiques, le COMETS en appelle à la responsabilité des chercheurs vis-à-vis des médias et du grand public afin d'éviter les annonces trop précoces dommageables à l'image de la science.



En savoir plus :  
> <http://bit.ly/2n31WZM>





# INGÉNIERIE ET NUMÉRIQUE

On miniaturise des batteries, on modélise **l'homme élastique**, on humanise **les robots**, on simule **la mécanique des fluides**, on roule en **véhicule autonome** et on imprime son téléphone portable **en 3D**.

Interaction entre un ingénieur  
et le robot humanoïde NAO.  
© F. Maligne/MSHN Toulouse/CNRS Photothèque



# LA RECHERCHE À L'HEURE

# DU DIGITAL

Dans un monde de plus en plus numérisé, sciences de l'information et mathématiques sont intimement liées. Avant d'être une réponse aux enjeux industriels, l'innovation digitale est étudiée dans les laboratoires.

Toutes les disciplines scientifiques et techniques se nourrissent des sciences de l'information pour leur développement actuel et à venir. « Cela pose de grands défis aux informaticiens, et les mène à inventer de nouvelles solutions », analyse Michel Bidoit, directeur de l'Institut des sciences de l'information et de leurs interactions.

Les recherches sur la cybersécurité, par exemple, touchent à la protection des données personnelles, aux techniques

de cryptographie et d'authentification, à la sécurité des dispositifs logiciels ou encore aux virus informatiques. Concernant les malwares, des approches novatrices et sophistiquées par rapport au détecteur de virus traditionnel sont développées. De nouvelles techniques d'authentification biométrique se basent, quant à elles, sur notre façon de taper sur le clavier.

De plus, l'arrivée des algorithmes dans la vie quotidienne pousse les entreprises à se transformer. « De grandes avancées technologiques intéressent de près les entreprises : on arrive à des algorithmes intelligents capables d'effectuer des tâches précises », expliquent Christophe Sorger, directeur de l'Institut national des sciences mathématiques et de leurs interactions et Michel Bidoit, directeur de l'Institut des sciences de l'information et de leurs interactions. L'apprentissage profond (ou « *deep learning* ») par exemple utilise la modélisation par des réseaux des neurones

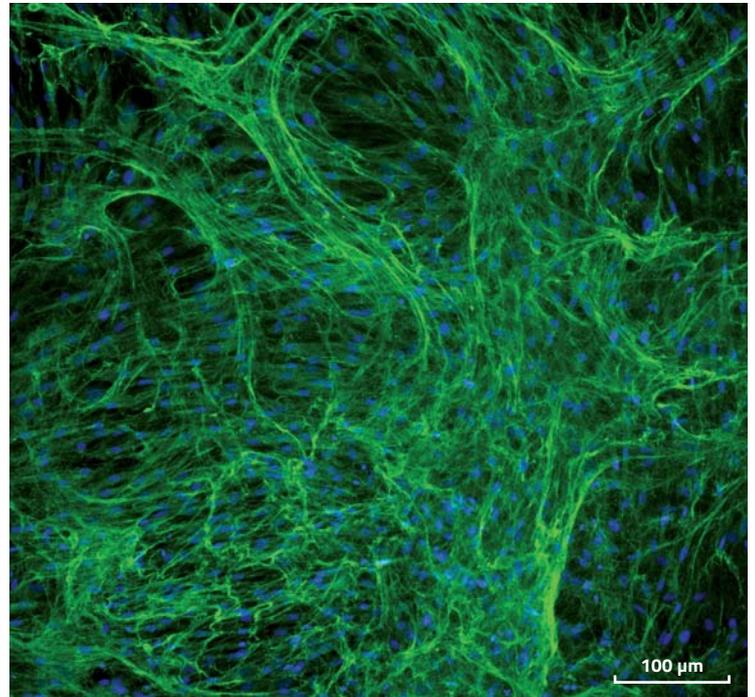
et la capacité à traiter de grandes masses de données pour « apprendre » à reconnaître des objets dans une image, à interpréter le langage parlé, ou encore à effectuer des traductions automatiques, etc., autant de domaines qui intéressent le secteur industriel (robotique médicale, traitement de données satellites, sécurité aéronautique, etc.)

L'innovation digitale, et les 1 100 start-up adossées au CNRS, intéressent autant les mathématiciens, les informaticiens que les ingénieurs. « Avec la prédominance du numérique, l'interdisciplinarité est nécessaire pour prendre en compte l'augmentation de la puissance de calcul ou encore la possibilité de simulation », ajoute Jean-Yves Marzin, directeur de l'institut des sciences de l'ingénierie et des systèmes.

— On arrive à des algorithmes intelligents capables d'effectuer des tâches précises. —

Au-delà de l'industrie, il y a les humanités numériques. Leur essor date certes de plusieurs années mais, aujourd'hui, la numérisation des textes n'a plus de limites. « Nous pouvons intervenir à volonté sur des textes que nous n'avions encore jamais comparés. Cette nouvelle instrumentation change radicalement notre façon de travailler, car elle permet une nouvelle lecture », renchérit Patrice Bourdelais, directeur de l'Institut des sciences humaines et sociales.

Immunomarquage fluorescent de la tropoélastine (vert). Celle-ci confère l'élasticité aux fibres élastiques matures.  
© R. Debret/LBTI/CNRS Photothèque



## Les promesses de l'homme élastique

**Le corps humain est élastique. Ce concept émergent s'annonce riche en retombées médicales. Un colloque organisé en décembre 2016 a permis de progresser dans ce domaine aux applications cliniques multiples.**

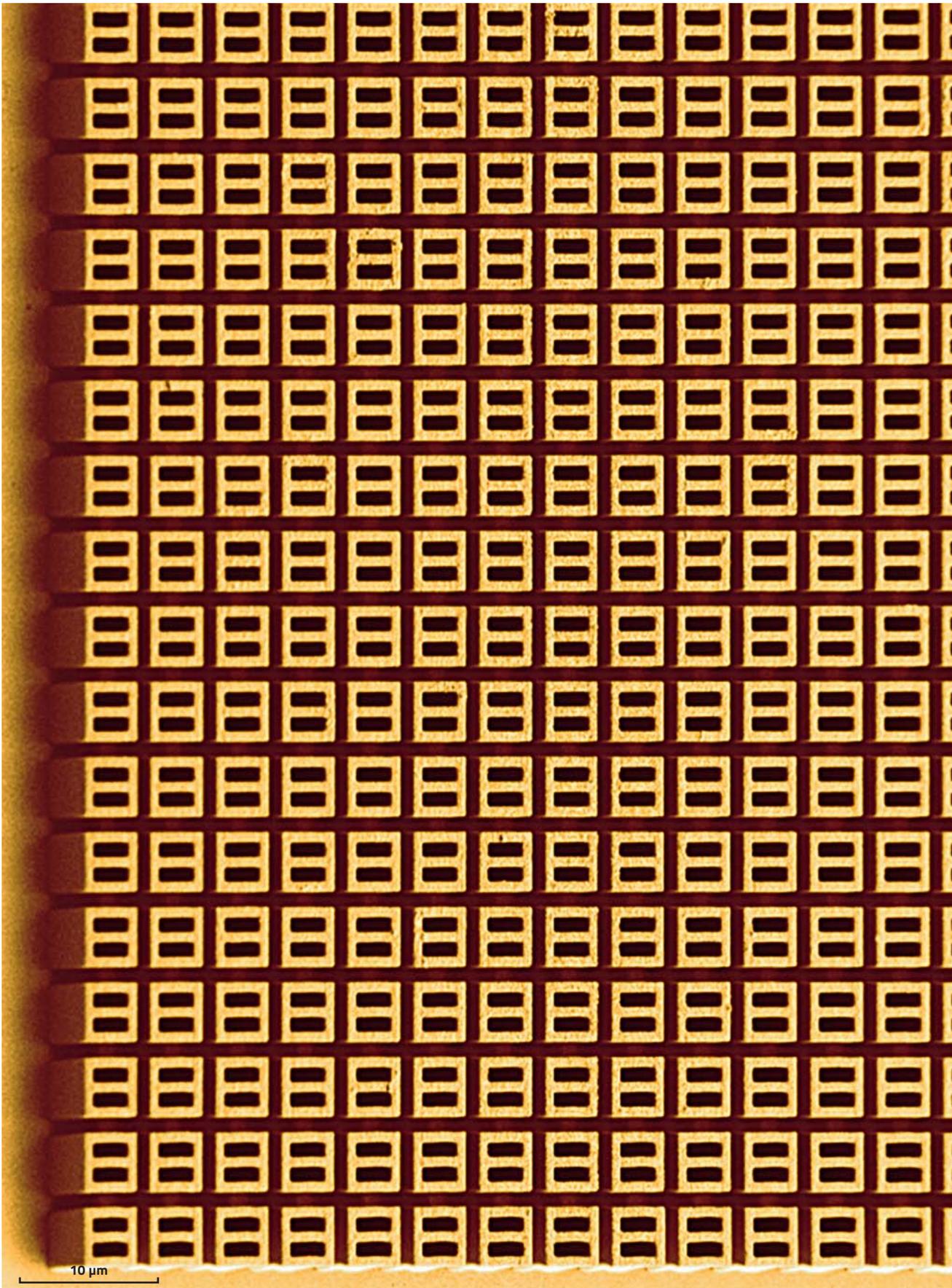
— Os, peau, vaisseaux, ligaments... La plupart de nos tissus sont élastiques. Ce n'est pas une découverte, mais cette notion est en pleine expansion grâce à la contribution de nouvelles technologies comme l'imagerie par résonance magnétique et les ultrasons, la biologie cellulaire et la bio-ingénierie, la modélisation et la robotique chirurgicale.

Avec le temps, les fibres élastiques du corps se renouvellent peu, puis plus du tout. Plusieurs pathologies sont liées à l'érosion de ce capital élastique comme l'insuffisance cardiaque, la rupture d'anévrisme, l'emphysème ou même les rides. La recherche s'attache à mieux comprendre les caractéristiques mécaniques des tissus et des organes, notamment via la modélisation mathématique, pour réparer, remplacer, et opérer le corps.

On sait, par exemple, qu'une tumeur peut être détectée précisément parce qu'elle n'a pas la même élasticité qu'un tissu sain. Chez les grands brûlés, un défi reste de régénérer la peau avec son élasticité. Simuler les déformations d'un organe en temps réel peut aider un chirurgien lors d'une opération. Le colloque organisé par le CNRS et l'Académie des technologies a d'ailleurs été l'occasion inédite de réunir de nombreuses disciplines sur ces questions.



En savoir plus :  
> <http://bit.ly/2nEVreZ>



Cliché obtenu avec un microscope  
électronique à balayage des  
micro-tubes doubles.  
© C. Lethien

## Le développement de nouveaux micro-dispositifs de stockage électrochimique a pour objectif d'augmenter la densité d'énergie des batteries et des supercondensateurs.

# Miniaturisation pour objets connectés

Alors que les objets connectés envahissent le quotidien, les micro-capteurs intelligents dont ils sont équipés exigent des sources d'énergie embarquées de petites surfaces et de grande densité.

### **Batteries miniatures nomades : un nouveau design 3D**

Comment augmenter la densité d'énergie des micro-batteries extra-plates ? Jusqu'ici, cela passait par l'utilisation de couches de matériaux plus épaisses, ce qui limitait la miniaturisation. Des chercheurs<sup>1</sup> rassemblés au sein du réseau RS2E (Réseau sur le stockage électrochimique de l'énergie) ont rebattu les cartes. Les scientifiques ont pu améliorer la densité d'énergie sans augmenter l'empreinte surfacique de la batterie, limitée à quelques millimètres carrés dans les capteurs nomades.

Et cela grâce à des matériaux aux performances améliorées par leur dépôt sur une structure 3D originale à base de micro-tubes, et usinée dans un wafer, c'est-à-dire une galette de silicium. La réalisation de la batterie passe ainsi par le dépôt des différents matériaux qui la composent, en couches fines et régulières. « Grâce à une technologie de pointe, le dépôt par couche atomique, les matériaux ont pu épouser parfaitement les formes 3D de la structure. Ainsi, la densité d'énergie est décuplée par la grande surface spécifique du squelette 3D, tout en conservant une faible empreinte surfacique. Un défi technologique inspiré du comportement de nos intestins par exemple, qui développent une importante surface spécifique lorsqu'ils sont "dépliés" », explique Christophe Lethien, enseignant chercheur à l'Institut d'électronique, de microélectronique et de nanotechnologie de Lille.

Les chercheurs ont créé une architecture 3D recouverte d'une couche isolante en alumine, d'un collecteur de courant en platine, d'une électrode négative en dioxyde de titane et d'un électrolyte solide en phosphate de lithium conduisant les ions lithium.

### **Micro-supercondensateur : un procédé de fabrication pour supports flexibles**

Les micro-supercondensateurs sont un autre domaine d'étude. Ils stockent de l'énergie par adsorption réversible d'ions dans des électrodes poreuses, développent des puissances et durées de vie plus élevées que les micro-batteries et se présentent donc comme leur complément idéal au sein d'une unité de stockage miniature. Or, si les prototypes sont légion à sortir des laboratoires, « les procédés de fabrication ne sont pas forcément compatibles avec ceux de l'industrie », rappelle Christophe Lethien, impliqué également dans ces travaux.

Dans le cadre du RS2E, plusieurs équipes de l'université de Lille et de Toulouse<sup>2</sup> ont développé un procédé de fabrication de micro-supercondensateurs adapté aux standards industriels. Un nouveau dispositif miniature de stockage électrochimique a été conçu sous forme de film mince déposable tant sur puce de silicium que transférable sur support flexible. Ce micro-supercondensateur à base de carbone nanoporeux affiche à ce jour le meilleur rapport énergie/puissance surfacique. Sa structure à deux électrodes présente une très bonne adhésion sur la puce de silicium. L'extraction contrôlée et sélective du métal issu des électrodes en carbure métallique permet la formation d'une couche de carbone nanoporeux, prête à « accueillir » les ions de taille nanométrique de l'électrolyte en solution.

De quoi prendre une longueur d'avance, face à la nécessité d'inclure le stockage électrochimique de l'énergie directement sur des puces électroniques...

*Advanced Energy Materials*, octobre 2016 \_\_\_\_

*Science*, février 2016 \_\_\_\_

1. CNRS/Université de Lille/Université de Nantes

2. CNRS/Université de Lille/Université de Toulouse III-Paul Sabatier/INP Toulouse

- INNOVATION -



**AEROMINES SIMULE LA MÉCANIQUE DES FLUIDES POUR L'INDUSTRIE** Une plateforme web de simulation d'écoulement des fluides, développée au sein du Centre de mise en forme des matériaux, offre aux industriels la possibilité de tester leurs idées en la matière et d'orienter la conception de leurs produits. Grâce à cette application web, un mois suffit pour répondre à une problématique donnée.

**TEXISENSE : MODÉLISATION ET CAPTEURS POUR PRÉVENIR LES PLAIES DE PRESSION** Lauréate du prix Blaise-Pascal et du concours mondial d'innovation 2016, la start-up *TexiSense*, issue des laboratoires grenoblois TIMC-IMAG et AGIM, développe une solution logicielle de modélisation biomécanique du membre inférieur et de la région fessière. Couplé à des capteurs textiles, cet outil qui permet de prévenir les plaies de pression, a fait l'objet d'un brevet.

**EIKOSIM FAIT CONVERGER SIMULATION NUMÉRIQUE ET ESSAIS MÉCANIQUES** Cette start-up, issue du Laboratoire de mécanique et technologie, développe et commercialise un nouveau type d'algorithme en rupture avec les technologies connues de traitement d'images. Il s'agit, sur la base de corrélation d'images numériques, de caractériser les essais afin d'optimiser la simulation et d'identifier les paramètres de lois de comportement. Marchés visés : transports aéronautiques et terrestres, énergie, fabrication de matériaux et équipements mécaniques.

**IMPRESSION 3D : L'ÉLECTRONIQUE AUSSI** Va-t-on pouvoir imprimer son téléphone portable ou un microsatellite en 3D ? Probablement, car l'impression 3D touche désormais l'électronique. Le workshop « Fabrication additive pour l'électronique », organisé en janvier 2016,

a pu faire un bilan des activités et des perspectives de recherche dans ce domaine, aussi bien pour le grand public que pour le spatial ou la défense.

**DE MEILLEURS LOGICIELS GRÂCE À UN DÉVELOPPEMENT LUDIQUE** Le développement logiciel se heurte à un écueil : la « dette » technique. À savoir l'ensemble des éléments d'un projet venant, par exemple, de versions antérieures, ou tout simplement des bugs. Composée d'éléments non terminés, dépassés, imparfaits et qu'il faudra tôt ou tard corriger, cette dette pèse sur le prix du développement et nuit à la qualité logicielle. La réponse a été trouvée par la start-up *ProMyze*, et issue des travaux du Laboratoire bordelais de recherche en informatique<sup>1</sup> dans le domaine de la qualité logicielle. Cela a abouti à la mise au point de l'outil *Themis*. Celui-ci offre un nouveau type de suivi pour les équipes de développement et les managers. *Themis* observe, de manière transparente et non intrusive, les actions de développement réalisées, et en mesure les impacts en temps réel, notamment sur la dette technique, tout en donnant des suggestions personnalisées. Il s'appuie sur le concept de « gamification » qui, en appliquant les mécanismes du jeu dans des situations de travail, favorise l'adhésion des équipes, et donc participe à la qualité. À la clé : l'optimisation des pratiques de développement logiciel, la réduction du poids de la dette technique et l'amélioration de la qualité du produit.

1. Bordeaux INP/CNRS/Université de Bordeaux



L'interaction avec l'utilisateur est un axe de recherche clef pour les bâtiments intelligents du futur.  
© D. Morel/G2ELab/CNRS Photothèque

## La maison du futur sera intelligente

**Le bâtiment du futur permettra de produire de l'énergie, d'optimiser sa répartition et de la stocker.**

...Ce bâtiment existe déjà à Grenoble, conçu par le G2ELab<sup>1</sup>. Le concept de smart grid ou réseau « intelligent » de distribution d'énergie va contribuer à accélérer la transition énergétique. À l'échelle d'un bâtiment, ce système inspiré des objets connectés et du big data permet d'optimiser et de décentraliser les flux d'énergie, offrant ainsi une réponse au problème d'intermittence du solaire ou de l'éolien. C'est à partir de cette idée qu'a été conçue une maison intelligente à Grenoble. Un best of des meilleures technologies en matière d'efficacité énergétique. Des recherches cruciales quand on sait que les bâtiments sont les plus gros consommateurs du réseau électrique.

Proceedings of the 5th International Conference on Smart Cities and Green ICT Systems, Avril 2016 ...

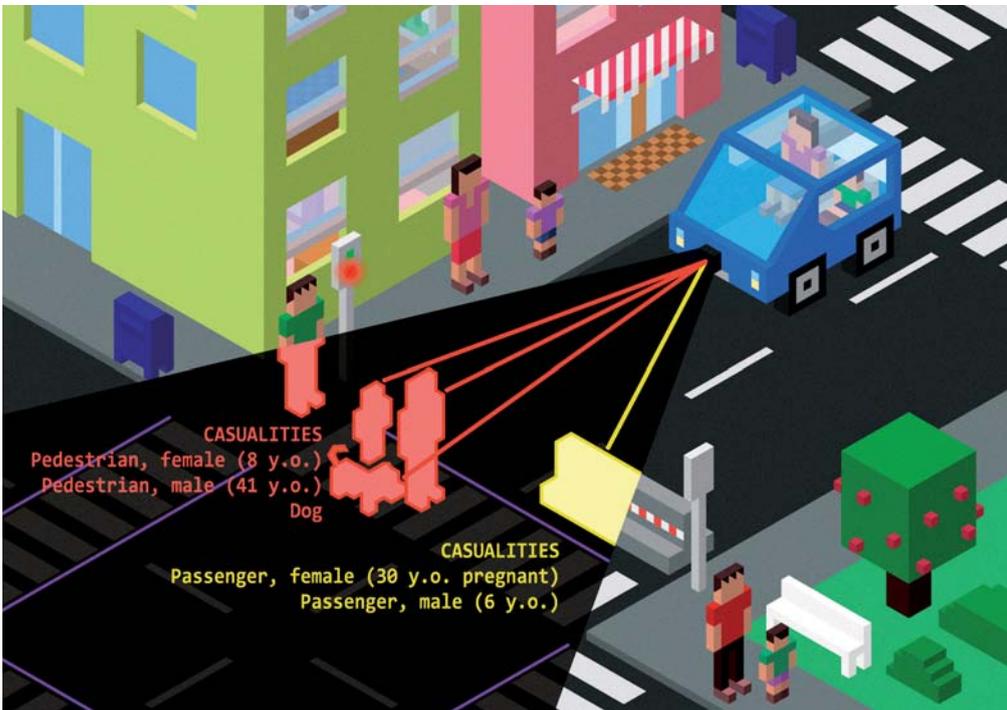
1. CNRS/Université Joseph-Fourier/Grenoble INP

# Des voitures programmées... pour nous sacrifier ?

**Sommes-nous prêts à circuler dans une voiture programmée pour nous tuer quand notre sacrifice peut sauver de nombreuses autres vies ?**

— Une conduite calme et économe en énergie, un trafic fluide, et surtout une sécurité améliorée. Tels sont les avantages attendus des véhicules autonomes, appelés VSC pour voitures sans chauffeur... Mais, dilemme posé aux chercheurs et aux usagers : il leur faudra dans certaines situations choisir entre deux catastrophes !

Dans cet exemple de scénario, la voiture autonome transporte une femme enceinte et un enfant de 6 ans tandis qu'un homme et sa fille traversent le passage piéton. © Iyad Rahwan



Un exemple : les VSC pourront être amenées à décider, en une fraction de seconde, entre la vie de leur passager ou celle d'un groupe de piétons. Des chercheurs<sup>1</sup> du CNRS, de l'université d'Oregon et du MIT ont étudié la manière dont des Américains perçoivent ces véhicules. Étonnamment, les personnes interrogées ont une forte préférence morale pour les VSC qui « sacrifient » leur passager pour le plus grand nombre. Mais elles seraient moins disposées à acheter une VSC si le gouvernement imposait à ces véhicules de sauver le maximum de personnes...

Science, juin 2016 —

1. CNRS/Université Toulouse 1 Capitole/TSE



En savoir plus :  
> <http://moralmachine.mit.edu>



- ÉCLAIRAGE -

## PRIX D'ARCHITECTURE POUR UN LABORATOIRE CUBISTE

Tout blanc, rectiligne, percé de patios et recouvert d'une ombrière, le Laboratoire de mécanique acoustique de Marseille (LMA) a remporté le prix spécial AMO Saint-Gobain « Inventivité et matériaux » en juin 2016. Conçu par le cabinet d'architectes Groupe-6, le bâtiment accueille bureaux et laboratoires dont trois grandes chambres anéchoïques (chambres sourdes), des cabines audio et un studio d'enregistrement.



© Alain Rimeymeille - CNRS LMA

- DISTINCTIONS -  
**CLAIRE VOISIN,  
MÉDAILLE D'OR  
DU CNRS**



© P. Imbert/College de France

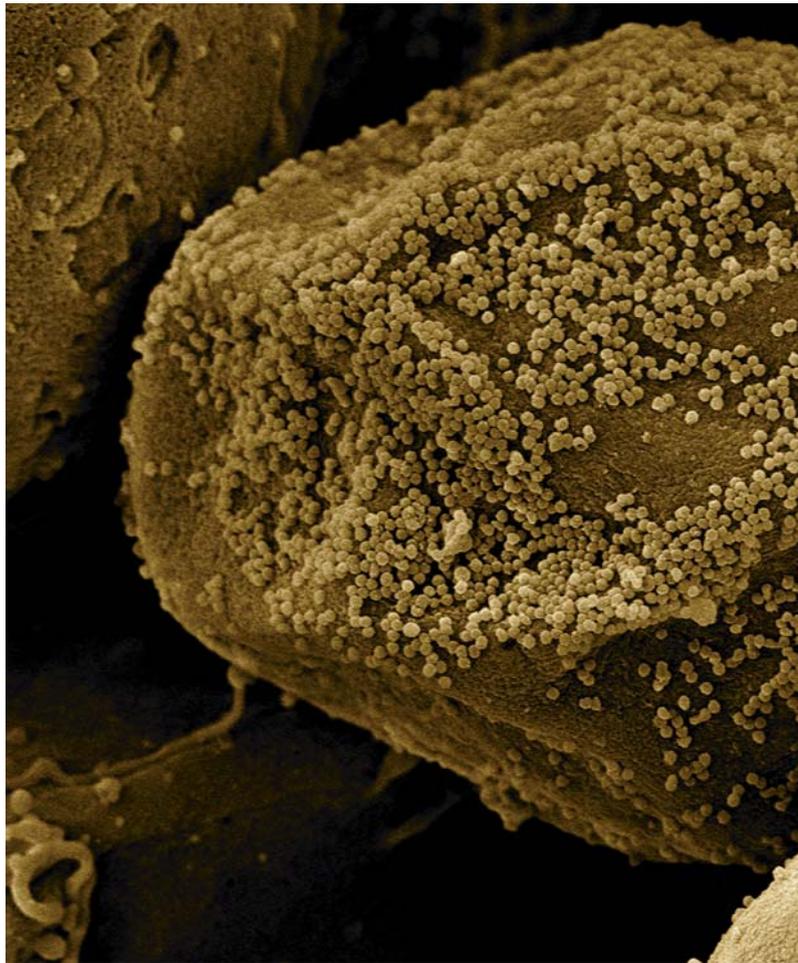
La mathématicienne Claire Voisin, chercheuse au CNRS pendant près de trente ans et titulaire de la chaire Géométrie algébrique du Collège de France, est récompensée pour l'ensemble de ses travaux qui se situent à l'interface entre trois domaines des mathématiques : la topologie, la géométrie complexe et la géométrie algébrique.

Cette médaille d'or couronne ses contributions majeures dans le domaine, de même que l'originalité et la diversité de ses travaux. Les avancées qu'elle a réalisées et les méthodes novatrices qu'elle a introduites ouvrent de nouvelles perspectives en mathématiques.

Parmi ses faits d'armes, on trouve des contre-exemples à la conjecture de Hodge, des travaux en géométrie projective sur la conjecture de Green pour les courbes, un regard novateur sur le théorème de Kodaira qui montre que ce théorème n'est pas généralisable à toutes les dimensions, sans oublier la découverte et l'étude de nouveaux invariants birationnels qui ont permis des avancées majeures dans l'analyse du problème de Lüroth et ses variantes.



Voir le film :  
*Claire Voisin, la force de l'abstraction*  
> <http://bit.ly/2oFzOLN>



## Sida : un dixième gène découvert grâce à la bio-informatique

**L'existence d'un dixième gène a été confirmée par des chercheurs qui ont comparé entre elles 23 000 séquences.**

...L'existence d'un dixième gène du virus du sida, dit *asp*, restait débattue ; elle a pu être confirmée par des analyses bio-informatiques et le développement de nouvelles méthodes. Les chercheurs du LIRMM<sup>1</sup>, spécialisés dans les modèles mathématiques de l'évolution biologique, et ceux du CPBS<sup>2</sup>, experts dans la transcription antisens chez les rétrovirus, ont ainsi réalisé la première étude évolutive du gène *asp*.

Objectif : analyser la conservation et l'évolution d'*asp*, depuis l'origine de l'introduction du VIH-1 chez l'homme. Les scientifiques ont étudié près de 23 000 séquences du virus afin de déterminer si le gène *asp* était conservé dans les différents groupes du VIH-1 et du SIV, l'équivalent du VIH chez les singes.

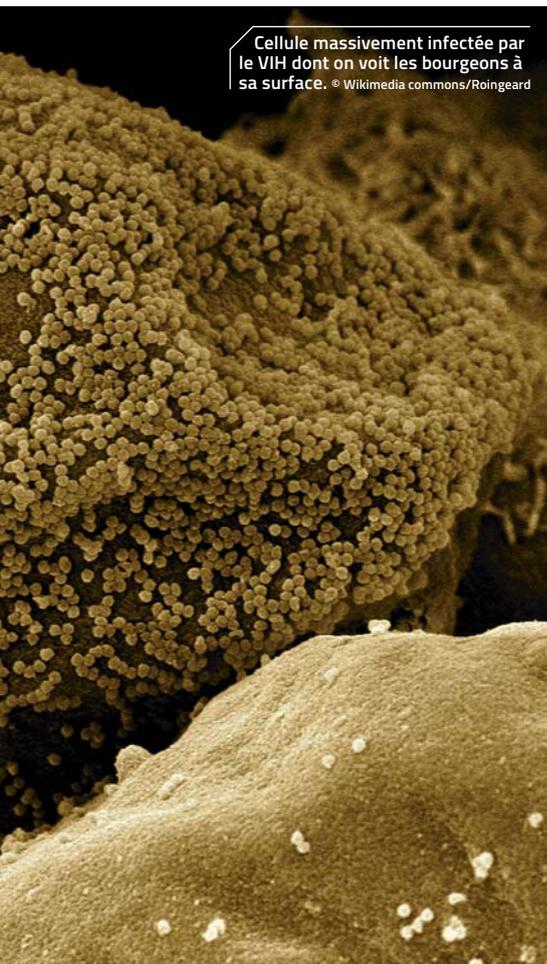
Les chercheurs ont montré que le gène *asp* n'existe que chez le groupe de virus responsables de la pandémie humaine, et que son apparition est concomitante à l'émergence du VIH-1 chez l'homme, vers le début du XX<sup>e</sup> siècle.

*PNAS*, avril 2016

1. CNRS/Université de Montpellier/Université Perpignan-Via Domitia/Inria  
2. CNRS/Université de Montpellier



Cellule massivement infectée par le VIH dont on voit les bourgeons à sa surface. © Wikimedia commons/Roingard



## Identifiez-vous : soyez naturel !

**Après les empreintes digitales, le visage ou l'iris, les chercheurs explorent de nouvelles stratégies d'authentification biométrique, basées cette fois sur notre façon de bouger et sur notre manière très personnelle d'interagir avec nos smartphones.**

— Chacun aurait sa propre façon de manipuler son téléphone ou son ordinateur, à commencer par la manière dont il tape sur un clavier. Précise, brutale, légère ou rapide... La dynamique de frappe a inspiré une équipe du laboratoire Greyc<sup>1</sup> pour élaborer une nouvelle méthode d'authentification biométrique. Surnommée « frappologie », son point fort est sa grande simplicité. Elle ne nécessite pas de capteur supplémentaire et se base sur seulement trois paramètres : le temps de pression, le temps de relâchement et le temps de vol entre deux touches.

Autre piste de recherche : la façon de prendre en main son téléphone. L'analyse de la gestuelle se base sur les capteurs gyroscopiques et l'accéléromètre intégrés dans chaque smartphone. Cette approche, développée par des chercheurs de l'Insa de Lyon et du LIRIS, en collaboration avec l'université de Guelph (Canada), s'intègre dans un projet du géant Google. Elle montre que la manière de bouger son smartphone est hautement corrélée avec son identité. L'objectif est de combiner plusieurs méthodes pour supprimer les mots de passe.

IEEE Access, avril 2016 —

1. CNRS/Université de Caen/EnsiCaen

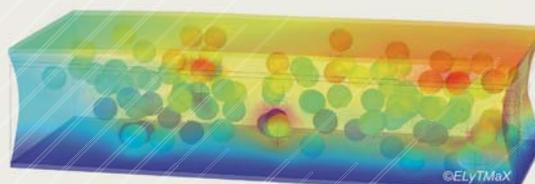


## - ÉCLAIRAGE -

# UNE NOUVELLE UMI FRANCO-JAPONAISE EXPLORE LA RÉSISTANCE DES MATÉRIAUX

« Engineering science Lyon-Tohoku for materials and systems under extreme conditions » (ELyTMaX), c'est le nom de l'unité mixte internationale (UMI) inaugurée à Sendai, au Japon, en octobre 2016. Elle marque l'aboutissement de 30 ans de coopérations entre l'université de Lyon, l'université du Tohoku et le CNRS. Forts de leur expertise commune, les chercheurs étudient le comportement des matériaux soumis à des sollicitations extrêmes et complexes : pression, température, irradiation ou encore environnement hautement corrosif. L'un des objectifs principaux est de comprendre les mécanismes de dégradation des matériaux au

fil du temps afin de mieux évaluer leur durée de vie. ELyTMaX est la première UMI créée avec une Comue (l'université de Lyon) et la première ayant pour thématique les matériaux de structure.



Déformation de matériaux hétérogènes sous champs électromagnétiques. © ELyTMaX

# Des robots humanoïdes au travail

**Un programme de recherche franco-japonais vise à développer des technologies de robotique humanoïde pour assister les ouvriers dans les usines aéronautiques.**

— Un robot capable de serrer un écrou ou manipuler des boulons dans un endroit exigu comme le fuselage d'un avion ? C'est le challenge d'un projet du Joint Robotics Laboratory (JRL)<sup>1</sup> et d'Airbus. Les chercheurs développent de nouvelles technologies de locomotion dites multi-contacts. En s'aidant de tout son corps, le robot peut s'agenouiller ou même grimper à une échelle. Pour arriver à de telles postures, les chercheurs devront concevoir de nouveaux algorithmes extrêmement puissants. Les calculs doivent également être suffisamment rapides pour que les mouvements des robots restent efficaces. Ces algorithmes seront testés sur un ensemble de scénarios tirés des besoins d'Airbus, et dont le réalisme ira croissant au fil des années.

1. CNRS/National Institute of Advanced Industrial Science and Technology (AIST, Japon)



Le JRL développe, à partir des modèles de robots HRP-2, des nouvelles technologies de locomotion multi-contacts.  
© E. Perrin/CNRS Photothèque



## Portrait-robot de virus

**Les chercheurs du Laboratoire de haute sécurité du LORIA<sup>1</sup> ont créé un anti-virus d'un nouveau genre. Mode d'action : identifier un par un les malwares pour mieux se protéger des menaces connues ou inconnues...**

— Dans un contexte de cyberespionnage et de cybercriminalité, comment garantir la sécurité numérique des citoyens et des organisations ? Grâce au Laboratoire de Haute Sécurité, les chercheurs du LORIA, à Nancy, première plateforme de recherche française créée et dédiée à la sécurité informatique, participent activement à la lutte contre le piratage. Les malwares (logiciels malveillants

comme des virus, des vers, des chevaux de Troie...) passent entre les mains du logiciel Cyber-Detect qui est alors capable de les identifier un par un, grâce à des graphes « signatures », visualisables en 3D et en couleur. Une fois le portrait-robot du virus obtenu, il est possible de le comparer à la collection, d'étudier ses fonctionnalités, et ainsi de distinguer un programme ordinaire d'un programme malveillant.

La technique permet, en particulier, de mieux détecter les malwares « mutants », d'identifier des menaces inconnues et ainsi de les prévenir. Un anti-virus d'un nouveau genre. La start-up Cyber-Detect devrait voir le jour en avril 2017.

1. CNRS/INRIA/Université de Lorraine

## - EN BREF -



**QUEL FUTUR POUR L'ÉNERGIE SOLAIRE ?** Les pérovskites, cellules solaires hybrides constituées d'un mélange de matériaux organiques et inorganiques, ouvrent une nouvelle voie pour le photovoltaïque qui pourrait ainsi atteindre 43 % de rendement théorique en tandem avec le silicium au lieu de 29 % pour les cellules au silicium seul.

**COMMENT DÉVELOPPER UNE CHIMIE « DURABLE » ?** Increase, un réseau collaboratif associant recherche et industrie, inauguré à l'université de Poitiers, va utiliser la biomasse, une source de carbone renouvelable, comme matière première.

**CULTURE, ARTS ET SCIENCES MAIN DANS LA MAIN...** À l'occasion de l'accord-cadre entre le ministère de la Culture et de la Communication et le CNRS 2016-2020, le colloque « Nouvelles

dynamiques pour la recherche culturelle » a souligné l'intérêt d'une politique partagée, en lien avec les sciences, sur la créativité, les patrimoines et les pratiques artistiques innovantes.

**À L'HEURE DU BIG DATA, L'ANALYSE DES RÉSEAUX PAR APPRENTISSAGE STATISTIQUE** Ce type d'analyse est devenu une discipline forte avec des applications à des domaines comme la biologie, la géographie ou l'histoire. Une nouvelle méthode dite STBM (Stochastic Topic Block Model) permet, par exemple, d'analyser les échanges de mails entre employés d'une entreprise ou entre individus d'un réseau social.

**QUELLE EST LA PROBABILITÉ QU'UN MARCHEUR REVIENT À SON POINT DE DÉPART** sans avoir quitté un certain cône ? Le cas du marcheur de Gessel est remarquable, car cette

probabilité est donnée par une formule étonnante de simplicité mais complexe à prouver. D'abord démontrée par ordinateur en 2009, elle a reçu une nouvelle preuve élémentaire et constructive grâce à la mathématicienne Mireille Bousquet-Mélou.

*Advances in Mathematics*, novembre 2016 —

**DES CATALYSEURS FILTRABLES POUR LA CHIMIE FINE...** Ou comment éliminer simplement les catalyseurs utilisés lors des synthèses de produits chimiques. C'est ce que permet le projet Novecal, grâce à de nouveaux catalyseurs à base de macromolécules cycliques.

**CAPTURER ET VALORISER LE CO<sub>2</sub> À L'AIDE DE LEVURES** Issue de Toulouse White Biotechnology, la start-up EnoBraQ utilise le CO<sub>2</sub> pour le transformer en molécules d'intérêt pour l'industrie chimique. Des résultats couverts par deux brevets.

## - ÉCLAIRAGE -

### RELEVER LES DÉFIS DE LA CHIMIE DE DEMAIN AVEC SOLVAY

Après 40 ans de collaboration historique, le groupe international de chimie et de matériaux avancés Solvay et le CNRS renforcent leur partenariat avec un nouvel accord-cadre signé en décembre 2016. Soit cinq nouvelles années pour innover ensemble dans les domaines de la catalyse, des tensioactifs, de la polymérisation et de la micro-fluidique. Les recherches conjointes entre le CNRS et Solvay ont d'ores et déjà permis de découvrir les fondamentaux scientifiques utiles au développement de nouveaux agents tensioactifs, de polymères et revêtements destinés aux applications d'hygiène personnelle ainsi que de produits agrochimiques et de récupération assistée du pétrole.

**280**  
publications  
scientifiques  
(depuis 2013)

**110**  
brevets  
et  
**450**  
contrats  
(depuis 2006)

**4**  
laboratoires  
communs  
(France, Chine,  
États-Unis)



## Autonomie, sécurité : les défis des IoT

**D'ici à 2020, ils devraient être 50 milliards : les objets connectés posent de nombreuses questions aux scientifiques.**

... Il n'est pas un jour sans qu'une start-up, à Paris ou à San Francisco, ne présente un nouvel objet connecté. Santé, énergie, maison, voiture, confort, productivité personnelle mais aussi usine du futur : les objets connectés, ou IoT (*Internet of Things*), dont le nombre devrait atteindre 50 milliards en 2020, lancent de nouveaux défis aux scientifiques<sup>1</sup>.

Avec une particularité : en matière de recherche, l'IoT réclame une collaboration interdisciplinaire exploratoire, notamment avec des sociologues car il s'agit d'étudier l'acceptation de ces technologies par les usagers.

Les thèmes traités vont de l'autonomie énergétique des capteurs à la sécurité des données. Ou encore, sur un plan plus macroscopique, on notera les travaux sur la densification du trafic d'informations qui induit des risques de saturation et une demande en énergie conséquente.

<sup>1</sup>. Université de Lille/IRCICA/IRISA/Lab-STICC/Tima

Dématérialisation, applications de gestion, maîtrise des risques, communication interne... Le CNRS renforce sa panoplie d'outils à destination des agents des unités de recherche et des services administratifs. Autant de solutions pour gagner du temps, sécuriser les activités et faciliter les échanges.

## GESTION ET FINANCES

### Facturation électronique pour tous

Depuis début 2017, les entreprises doivent transmettre des factures dématérialisées à leurs clients publics. Obligation à laquelle le CNRS peut aisément répondre puisqu'il est depuis longtemps précurseur dans le domaine de la dématérialisation. En effet, les délégations régionales ont progressivement transféré la gestion de leurs factures au service centralisé de traitement de la dépense (SCTD) situé à Nancy. Avec un résultat notable : le respect du délai légal de paiement de 30 jours.

### Gestion optimisée des contrats de recherche

Les contrats de recherche - 630 millions d'euros par an - représentent des ressources propres essentielles au fonctionnement des laboratoires. Dans le cadre de la gestion budgétaire et comptable publique (GBCP), une autorisation globale de dépense (AGD) a été mise en place afin que les laboratoires disposent de la totalité de l'enveloppe financière du contrat dès sa signature. Ce qui constitue une amélioration puisque, jusque-là, la mise en place des crédits devait être échelonnée.

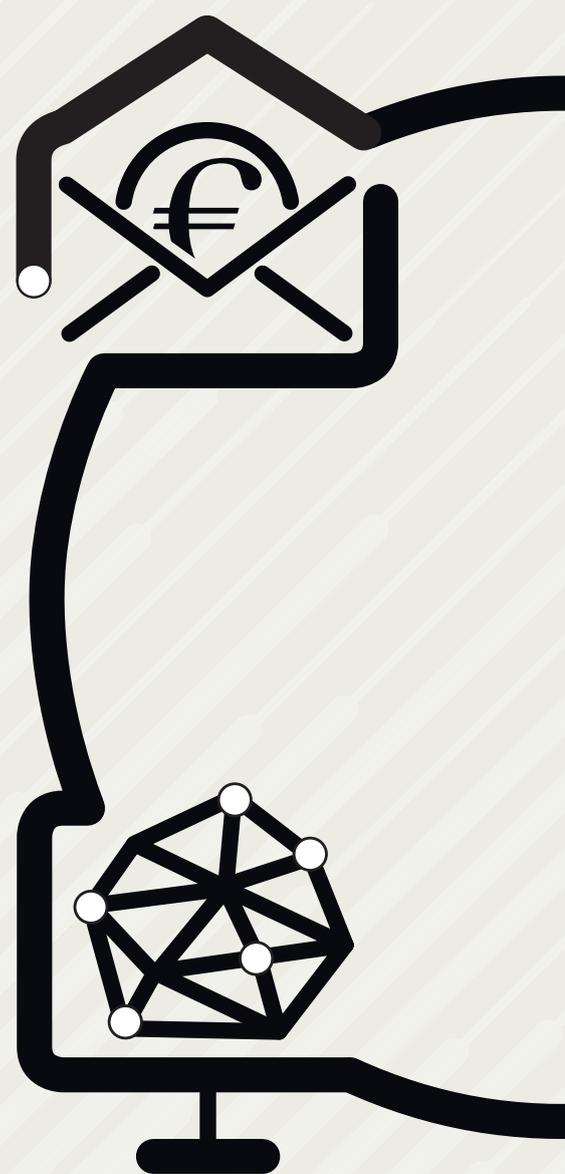
## SYSTÈMES D'INFORMATION

### My Com : un réseau social professionnel

Visioconférence, chat et partage d'écran, telles sont les principales fonctionnalités de My Com. Cette plateforme sécurisée développée avec la solution Skype Entreprise est ouverte aux agents des unités de recherche et des services administratifs. Tel un réseau social professionnel, il permet d'interagir avec ses contacts (messagerie instantanée, appel audio et vidéo), d'organiser des réunions (jusqu'à 250 participants) depuis son poste de travail, son smartphone ou une tablette. Il est possible de convier à une visioconférence des participants extérieurs au CNRS n'ayant pas de compte My Com, y compris hors univers académique.

### My CoRe : un outil très apprécié

Depuis son lancement en 2015, l'outil My CoRe a remporté un franc succès. Stockage individuel et collectif des données, synchronisation sur différents terminaux et partage des fichiers en sont les principales fonctionnalités. Et ce, en toute sécurité et confidentialité. Avec près de 15 000 utilisateurs et plus 150 nouveaux inscrits chaque semaine, My CoRe a fait la preuve de son utilité. À noter, une prochaine évolution de l'outil permettra à chaque utilisateur de créer des comptes invités pour des personnes extérieures au CNRS et de partager avec elles des dossiers.



# UNE BOÎTE À OUTILS POUR LES LABORATOIRES

## SÉCURITÉ

### Des applications pour maîtriser les risques

LiSa est une nouvelle application web pour la prévention des risques d'exposition aux Rayonnements optiques artificiels (ROA). Elle est mise à disposition des unités de recherche rattachées au CNRS. Nocifs pour les yeux et pour la peau, les ROA sont présents dans les procédés industriels et médicaux. LiSa permet de calculer les valeurs limites d'exposition, conformément au code du travail et aux normes de référence. Autre application web dédiée à la prévention et à la sécurité, Neo est une plateforme de formation des nouveaux agents. Ce didacticiel bilingue français/anglais propose quatre modules de formation de 20 minutes sur la prévention, le risque incendie, le risque chimique et le risque biologique.

### Utilisation des drones dans la recherche

Repérer des sites archéologiques enfouis, cartographier l'érosion des plages en 3D, modéliser les ruines de Pompéi, autant de recherches réalisées grâce à l'utilisation de drones. Ces engins volants légers et maniables peuvent embarquer caméra thermique, appareil photo, gyroscope, logiciel intuitif de pilotage, etc. Pour respecter la réglementation et éviter que chacun ne s'improvise pilote, le CNRS a mis en place en 2016 une nouvelle politique d'utilisation. Outre la détention d'un certificat d'aptitude théorique, le télépilote doit passer une visite médicale d'aptitude. Un espace « Avions, drones, ballons » a été ouvert sur la plateforme collaborative My CoRe. Il donne accès à la réglementation en vigueur et au cahier d'activité aérienne indispensable pour effectuer un vol dans le cadre de la recherche.

## COMMUNICATION INTERNE

### Intranet, un espace commun pour s'informer

L'intranet du CNRS a ouvert le 1<sup>er</sup> décembre 2016. Il offre un point d'accès unique à l'information et à la documentation institutionnelles relatives aux missions, à l'accueil et au recrutement d'agents, aux campagnes RH, à la santé et la sécurité au travail, à la sécurité des données et à la communication. Les agents disposent désormais d'un portail interne pour obtenir des contenus pratiques et utiles au bon déroulement des activités dans les laboratoires, les délégations, les instituts et les directions.





**ALAIN FUCHS**

PRÉSIDENT



**MARIE-HÉLÈNE BEAUVAIS**

DIRECTRICE DE CABINET



**ANNE PEYROCHE**

DIRECTRICE GÉNÉRALE  
DÉLÉGUÉE À LA SCIENCE



**CHRISTOPHE COUDROY**

DIRECTEUR GÉNÉRAL  
DÉLÉGUÉ AUX RESSOURCES



**NICOLAS CASTOLDI**

DÉLÉGUÉ GÉNÉRAL  
À LA VALORISATION



**CATHERINE JESSUS**

DIRECTRICE  
Institut des sciences  
biologiques (INSB)



**MICHEL BIDOIT**

DIRECTEUR  
Institut des sciences  
de l'information et  
de leurs interactions  
(INS2I)



**REYNALD PAIN**

DIRECTEUR  
Institut national de  
physique nucléaire  
et de physique des  
particules (IN2P3)



**DOMINIQUE MASSIOT**

DIRECTEUR  
Institut de chimie (INC)



**JEAN-YVES MARZIN**

DIRECTEUR  
Institut des sciences  
de l'ingénierie et  
des systèmes (INSIS)



**PASCALE DELECLUSE**

DIRECTRICE  
Institut national des  
sciences de l'Univers  
(INSU)



**STÉPHANIE THIÉBAULT**

DIRECTRICE  
Institut écologie et  
environnement (INEE)



**CHRISTOPH SORGER**

DIRECTEUR  
Institut national des sciences  
mathématiques et de leurs  
interactions (INSMI)



**PATRICE BOURDELAIS**

DIRECTEUR  
Institut des sciences  
humaines  
et sociales (INSHS)



**ALAIN SCHUHL**

DIRECTEUR  
Institut de physique  
(INP)



**ANNE RENAULT**

DIRECTRICE  
Mission pour  
l'interdisciplinarité  
(MI)

## - LES DÉLÉGUÉS RÉGIONAUX -



**JEAN-NOËL VERPEAUX**

**DIRECTEUR**  
Direction d'appui à la structuration territoriale de la recherche (DASTR)



**PATRICK NÉDELLEC**

**DIRECTEUR**  
Direction Europe de la recherche et coopération internationale (DERCI)



**MARIE-PIERRE COMETS**

**DIRECTRICE**  
Direction de l'innovation et des relations avec les entreprises (DIRE)



**RENAUD FABRE**

**DIRECTEUR**  
Direction de l'information scientifique et technique (DIST)



**BRIGITTE PERUCCA**

**DIRECTRICE**  
Direction de la communication (DIRCOM)



**JOËLLE RAGUIDEAU**

**DIRECTRICE**  
Mission pilotage et relations avec les délégations régionales et les instituts (MPR)



**JEAN-MARC OLÉRON**

**DIRECTEUR**  
Direction de la stratégie financière, de l'immobilier et de la modernisation (DSFIM)



**PIERRE COURAL**

**DIRECTEUR**  
Direction des ressources humaines (DRH)



**MARIE-LAURE INISAN-EHRET**

**DIRECTRICE**  
Direction des comptes et de l'information financière (DCIF)



**MYRIAM FADEL**

**DIRECTRICE**  
Direction des affaires juridiques (DAJ)



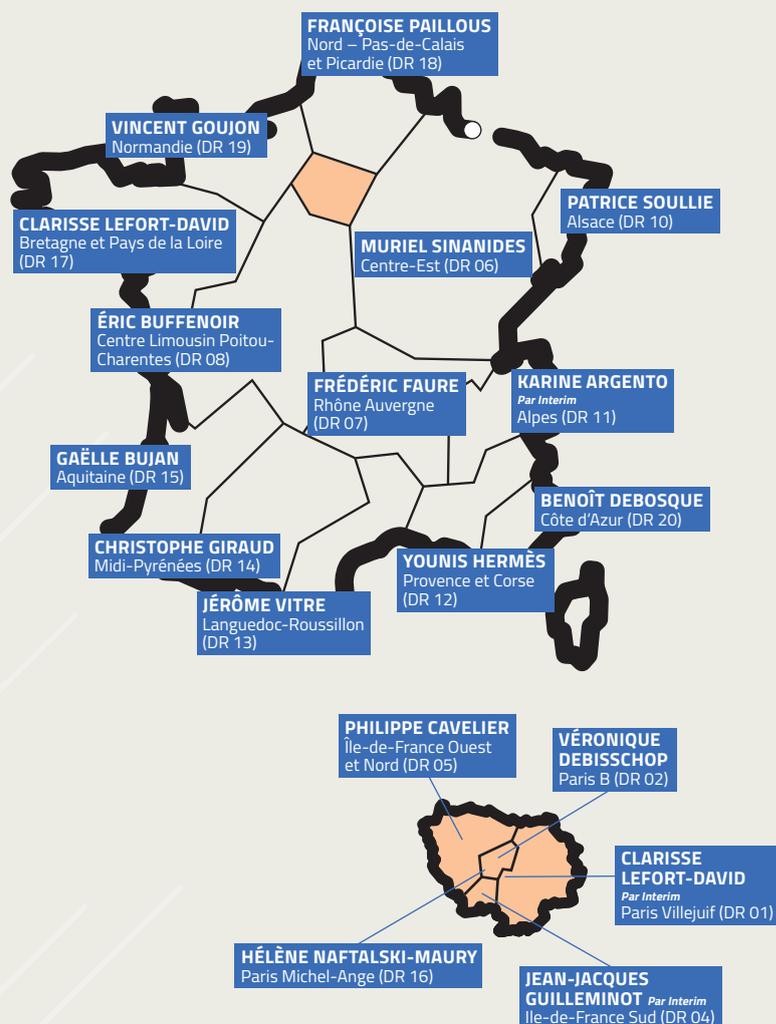
**JEAN-MARC VOLTINI**

**DIRECTEUR**  
Direction des systèmes d'information (DSI)



**PHILIPPE GASNOT**

**DIRECTEUR**  
Direction de la sûreté (DIRSU)



### PÔLE SANTÉ ET SÉCURITÉ AU TRAVAIL



**YVES FENECH**

**COORDINATEUR NATIONAL**  
Coordination nationale de prévention et de sécurité (CNPS)

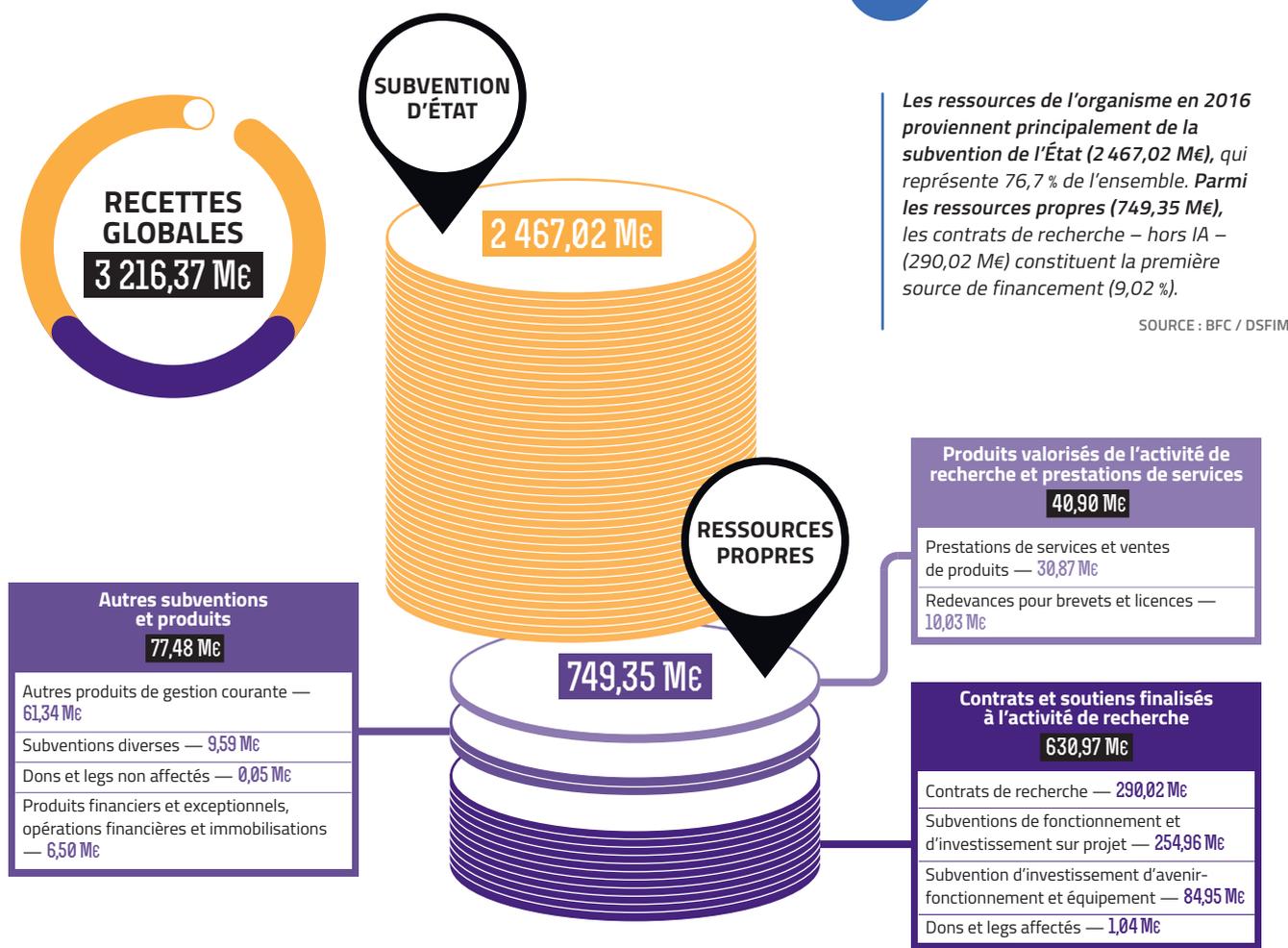


**DOCTEUR ARNAUD VASSEUR**

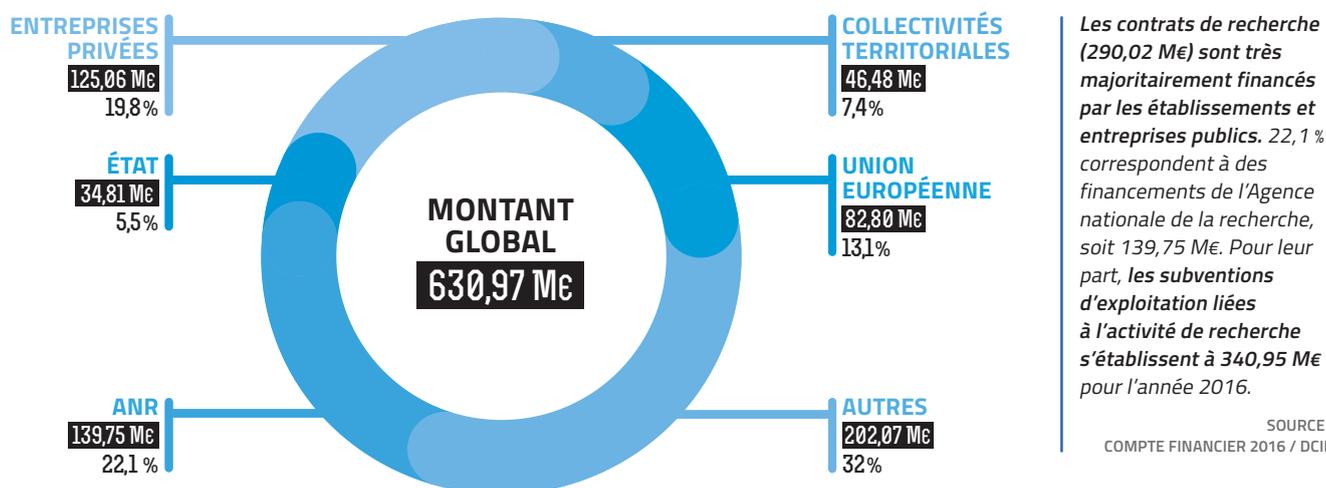
**MÉDECIN COORDONNATEUR NATIONAL**  
Coordination nationale de médecine de prévention

La réalisation des activités de recherche menées dans les laboratoires liés au CNRS et la mise en œuvre de la politique scientifique de l'établissement sont lisibles à travers le budget de l'organisme.

- LES RESSOURCES DU CNRS EN 2016 -



- LES CONTRATS ET SOUTIENS FINALISÉS À L'ACTIVITÉ DE RECHERCHE DU CNRS EN 2016\* -

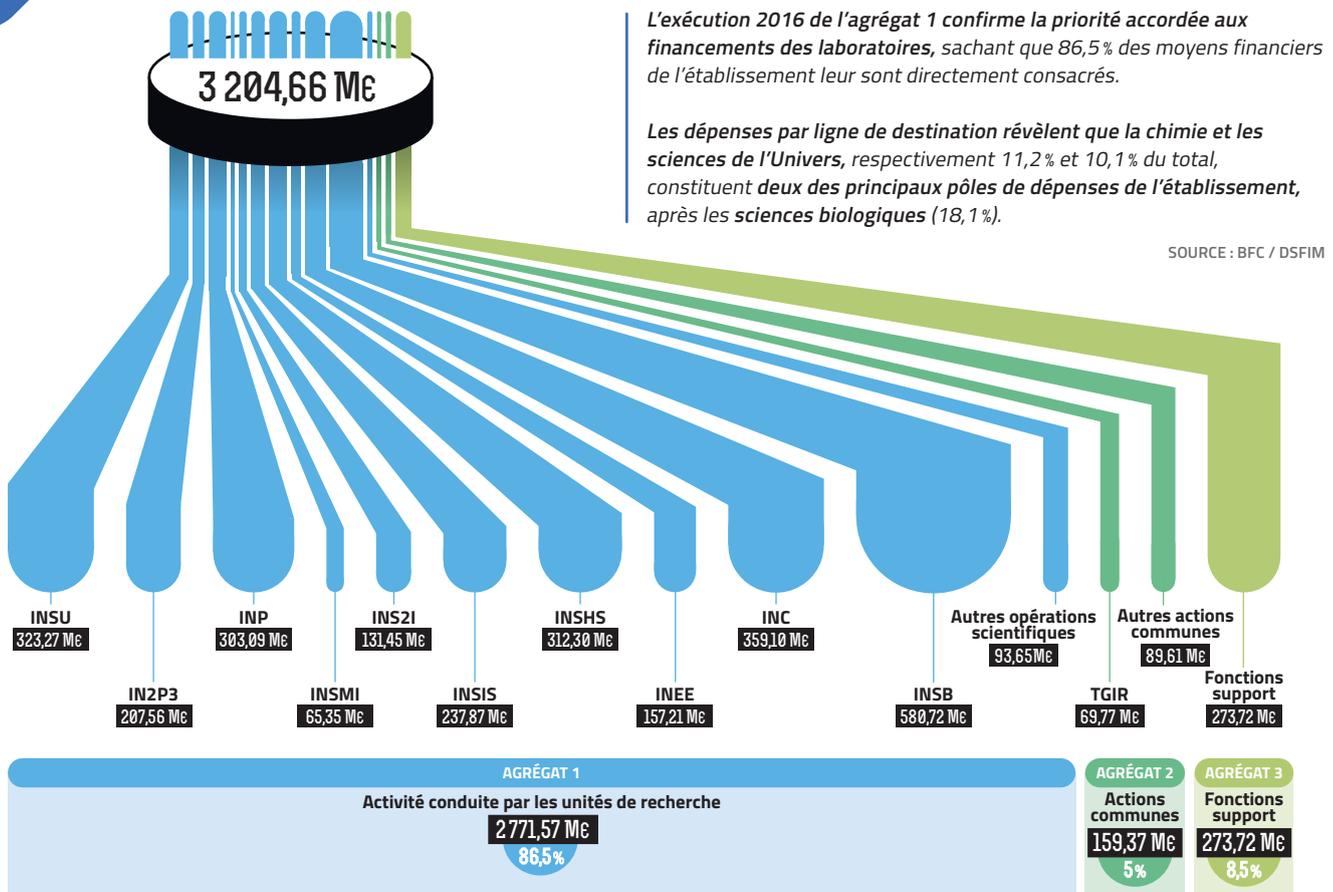


\* Y compris subventions d'exploitation liées à l'activité de recherche (340,95 M€)

# DÉPENSES

Le montant des dépenses 2016 de l'organisme sur subvention d'État et ressources propres est de 3 204,66 M€. La déclinaison des dépenses est présentée dans les graphiques ci-après.

## LES DÉPENSES PAR AGRÉGAT ET PAR DESTINATION

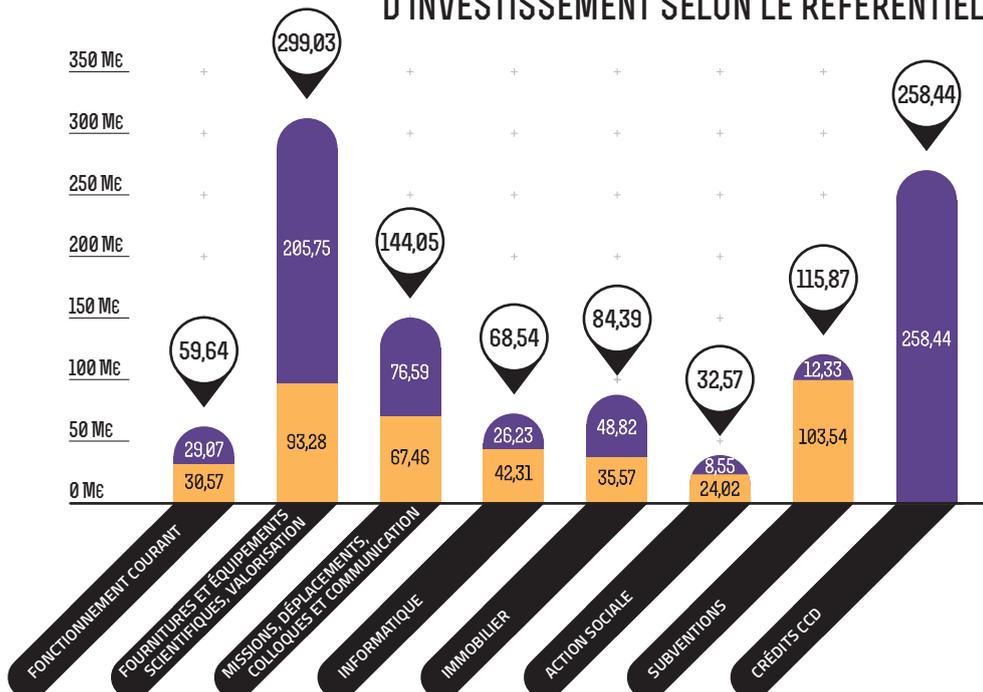


L'exécution 2016 de l'agrégat 1 confirme la priorité accordée aux financements des laboratoires, sachant que 86,5% des moyens financiers de l'établissement leur sont directement consacrés.

Les dépenses par ligne de destination révèlent que la chimie et les sciences de l'Univers, respectivement 11,2% et 10,1% du total, constituent deux des principaux pôles de dépenses de l'établissement, après les sciences biologiques (18,1%).

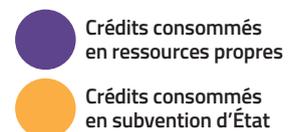
SOURCE : BFC / DSFIM

## LES DÉPENSES DE FONCTIONNEMENT D'ÉQUIPEMENT, ET D'INVESTISSEMENT SELON LE RÉFÉRENTIEL BUDGÉTAIRE DU CNRS



Depuis 2010, le CNRS dispose d'un référentiel budgétaire lui permettant d'obtenir une présentation de ses dépenses suivant des regroupements fonctionnels. Ce référentiel budgétaire est utilisé à tous les niveaux de responsabilités de l'établissement (budget du CNRS, des instituts, des entités fonctionnelles et budgets des laboratoires) et dans les différentes phases d'élaboration et d'exécution du budget (des arbitrages macro-économiques du CNRS à l'exécution des dépenses).

SOURCE : COMPTE FINANCIER 2016 / DCIF



- LE COMPTE DE RÉSULTAT 2016 -

Charges (en M€)	2014	2015	2016	Produits (en M€)	2014	2015	2016
Total charges d'exploitation	3 294	3 307	3 284	Total produits d'exploitation	3 298	3 313	3 279
<b>Résultat d'exploitation : BÉNÉFICE</b>	4	6		<b>Résultat d'exploitation : PERTE</b>			5
Charges financières	2	7	5	Produits financiers		10	4
<b>Résultat financier : BÉNÉFICE</b>		2		<b>Résultat financier : PERTE</b>	2		ns
Charges exceptionnelles	4	4	22	Produits exceptionnels	5	4	4
<b>Résultat exceptionnel : BÉNÉFICE</b>	1	ns		<b>Résultat exceptionnel : PERTE</b>			18
<b>Total des charges</b>	<b>3 299</b>	<b>3 318</b>	<b>3 311</b>	<b>Total des produits</b>	<b>3 303</b>	<b>3 327</b>	<b>3 288</b>
<b>Bénéfice</b>	<b>3</b>	<b>9</b>		<b>Perte</b>			<b>23</b>
<b>Total</b>	<b>3 303</b>	<b>3 327</b>	<b>3 311</b>	<b>Total</b>	<b>3 303</b>	<b>3 327</b>	<b>3 311</b>

SOURCE : COMPTE FINANCIER 2016 / DCIF



- LE BILAN 2016 -

Actif (en M€)	31/12/2015	Corrections	01/01/2016	2016	Passif (en M€)	31/12/2015	Corrections	01/01/2016	2016
<b>Actif immobilisé net</b>	<b>1 241</b>		<b>1 241</b>	<b>1 214</b>	<b>Capitaux permanents</b>	<b>1 562</b>	<b>7</b>	<b>1 570</b>	<b>1 537</b>
<b>Actif circulant net (hors trésorerie)</b>	<b>1 322</b>		<b>1 322</b>	<b>1 245</b>	<b>Provisions</b>	<b>203</b>		<b>203</b>	<b>218</b>
<b>Trésorerie (actif)</b>	<b>485</b>		<b>485</b>	<b>493</b>	<b>Dettes (hors trésorerie)</b>	<b>1 282</b>	<b>-7</b>	<b>1 275</b>	<b>1 198</b>
<b>Total</b>	<b>3 048</b>		<b>3 048</b>	<b>2 953</b>	<b>Trésorerie (passif)</b>	<b>ns</b>			<b>1</b>
					<b>Total</b>	<b>3 048</b>		<b>3 048</b>	<b>2 953</b>

SOURCE : COMPTE FINANCIER 2016 / DCIF

Direction de la publication **Alain Fuchs** — Direction de la rédaction **Brigitte Perucca** — Direction adjointe de la rédaction **Fabrice Imperiali**  
 Rédaction en chef **Christine Girard, Claire Debôves** — Rédaction des textes **Contenteo** — Secrétariat de rédaction **Emilie Silvoz** — Suivi de fabrication **Laurence Winter**  
 Reportages photo **Élodie Morel** (service audiovisuel du siège, délégation Paris Michel-Ange) — Recherche iconographique **Christine Girard, Anne-Emmanuelle Héry**  
 (iconographe CNRS le Journal), **Marie Mabrouk** (photothèque du CNRS) — Conception graphique, mise en page, infographies **Céline Hein**

**Remerciements** Dominique Armand, Nicolas Arnaud, Clément Blondel, Christophe Cartier dit Moulin, Jean-Michel Courty, Pétronille Danchin, Clotilde Fermanian-Kammerer, Marie Gaille, Géraldine Gondinet, Muriel Ilous, Simon Jumel, Armelle Leclerc, Jean-Antoine Lepesant, Lisa Maymon, François Mercier, Ana Poletto, Chloé Rimalho, Perrine Royole-Degieux, Marie Signoret, Conceição Silva, Laure Thiébault, Kelly Will, Stéphanie Younès, Jérémy Zuber.

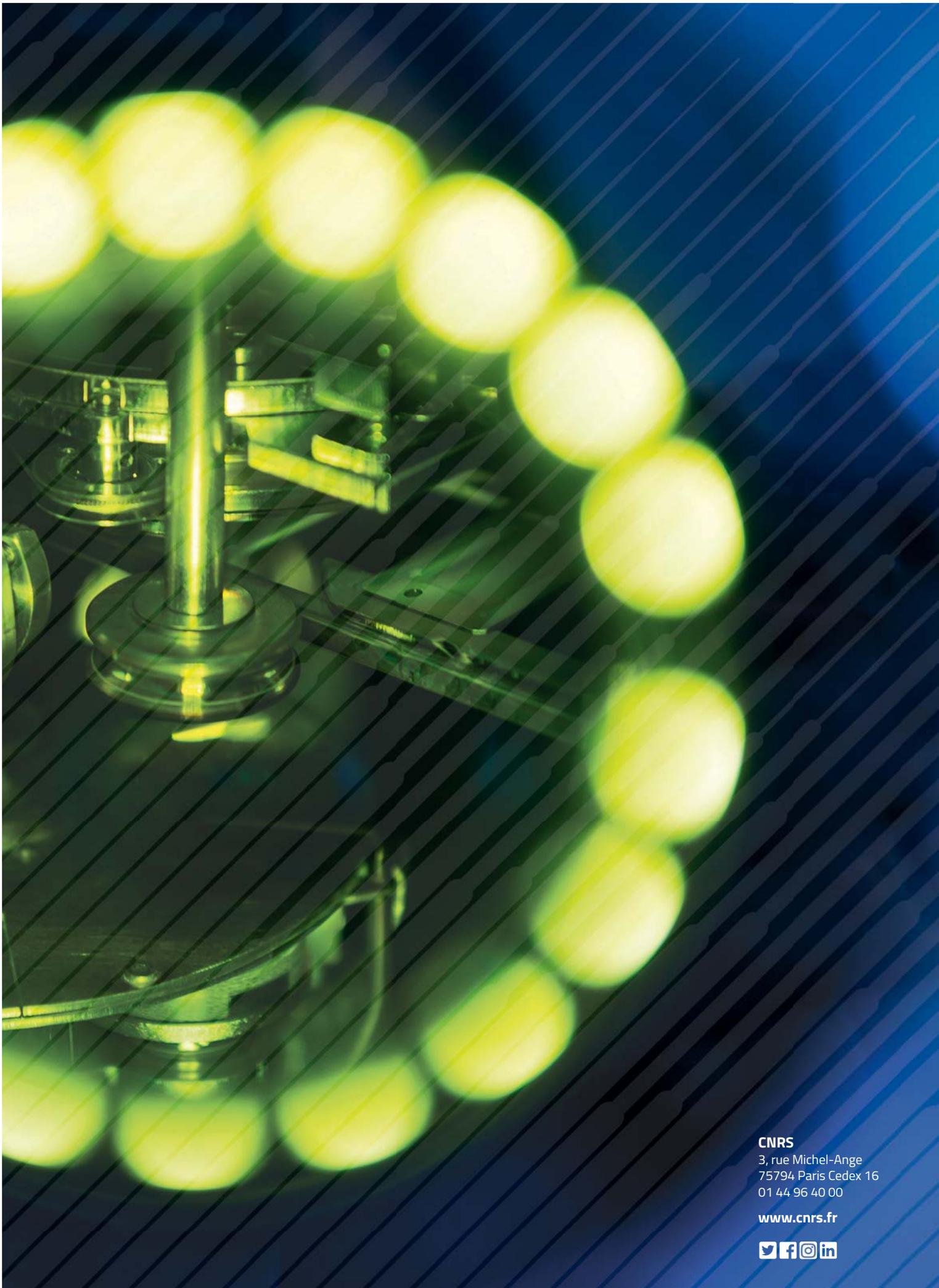


Brochure imprimée par l'imprimerie l'Artésienne sur du papier issu de forêts gérées durablement — Dépôt légal : juin 2017 — ISSN : 1776-2154



Photo de couverture : **Carrousel de cibles d'un bâti d'ablation laser au sein d'un cluster de croissance d'oxydes fonctionnels.** © C. Fresillon/UMR CNRS-Thales/CNRS Photothèque





**CNRS**  
3, rue Michel-Ange  
75794 Paris Cedex 16  
01 44 96 40 00

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

