



2014, une année avec le CNRS

Rapport d'activité



www.cnrs.fr

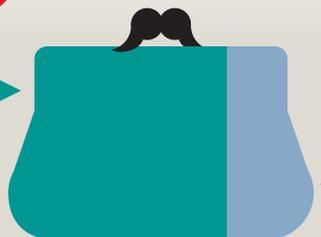


SOMMAIRE

- 2** Chiffres clés
- 4** Entretien avec Alain Fuchs, président du CNRS
- 7** Organigramme fonctionnel
- 8** 3 questions à Philippe Baptiste, directeur général délégué à la science
- 9** Vivant
- 20** Sociétés
- 24** Matière
- 34** Terre
- 40** Univers
- 44** Numérique
- 48** Petite géographie des grands équipements 2014
- 50** Entretien avec Brigitte Perucca, directrice de la communication
- 52** Les regroupements universitaires prennent leur essor
- 54** Au diapason de la science-monde
- 57** Le partenariat industriel, une ambition affichée
- 60** Entretien avec Christophe Coudroy, directeur général délégué aux ressources
- 62** Fonctions support du CNRS : une expertise reconnue
- 64** Le principe de responsabilité au cœur des ressources humaines
- 66** 3 questions à Philippe Gasnot, directeur de la sûreté
- 67** Recherche, l'impératif éthique
- 68** Éléments budgétaires et financiers

3290,43 millions d'euros de budget en 2014

Subvention d'État
2 568,04 M€



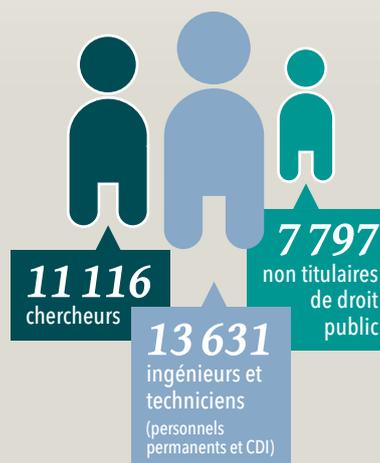
Ressources propres
722,39 M€

Source : CNRS/DSFIM/BFC

32 544

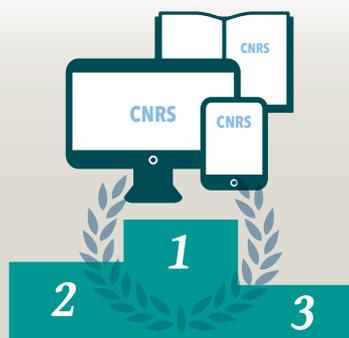
personnels

au 31/12/2014



Source : Sirhus au 31/12/2014 ;
traitement CNRS/DRH/OMES

Le CNRS en tête



du Nature Index

nouveau classement basé sur une analyse qualitative de 68 publications d'excellence sur les douze derniers mois.

Source : www.natureindex.com

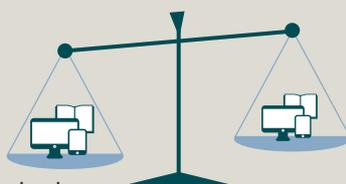
du classement des universités et organismes de recherche

selon le Scimago Institutions Rankings.

Source : Scimago Lab / données Scopus.
www.scimagoir.com

Sur une moyenne annuelle de

35 500 publications



plus de

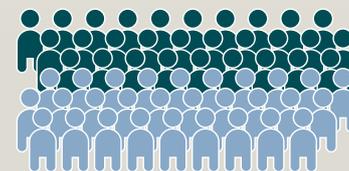
55 %

sont cosignées avec au moins un laboratoire étranger

Source : données SCI Expanded -
CPCI-S (Thomson Reuters) -
traitement CNRS/SAP2S et INIST

287

chercheurs et chercheuses recrutés en 2014

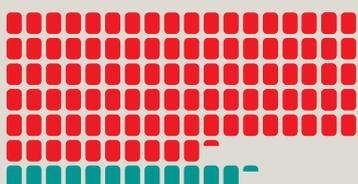


289

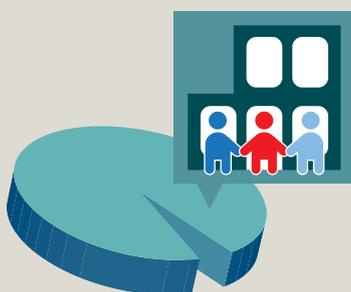
ingénieurs et technicien(ne)s recrutés en 2014

Source : CNRS/DRH

1 025
unités
de recherche



et **123**
unités de service



95%

des unités de recherche et de service sont en partenariat avec des établissements d'enseignement supérieur et de de recherche et d'autres organismes nationaux ou internationaux.

Source : Labintel au 31/12/2014 – traitement CNRS/SAP2S

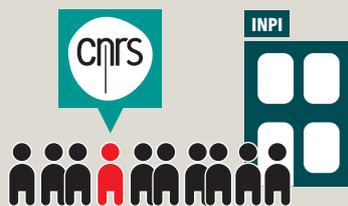
Le CNRS fait partie des

100

principaux
innovateurs
mondiaux

(Top 100 Global Innovators) depuis la création de cet indicateur par Thomson Reuters en 2011.

Source : 2014 Thomson Reuters
Top 100 Global Innovators



4 535 familles de
brevets actives

7^e déposant de
brevets en
France en 2014

Source : CNRS/DIRE, INPI

25



accords-cadres
en cours avec de grands groupes

100
structures
de recherche

public/privé en activité



dont **23 laboratoires**
en cotutelle
entre le CNRS et une entreprise

17 LabCom

(partenariats avec une PME ou entreprise de taille intermédiaire ayant reçu un financement de l'ANR)

Source : CNRS/DIRE

1 229

projets déposés

par des équipes CNRS dans le cadre de la première année du programme H2020



La France obtient le meilleur taux de succès global,

18,5%

sur la première année d'H2020.

Source : CNRS/DERCI

62 000

missions
à l'étranger



d'une durée moyenne de 11 jours, dont 41 000 dans l'Espace européen de la recherche

35

unités mixtes
internationales

en activité dont 5 créées en 2014

Source : CNRS/DERCI

L'année 2014 conforte la participation du CNRS au meilleur niveau de la science-monde. Classements et prix scientifiques prestigieux, créations d'entreprises et partenariats à l'international en témoignent... tout comme la mobilisation des chercheurs sur les grands sujets de société.

Le CNRS s'affiche en tête des classements scientifiques et l'année 2014 a apporté son nouveau lot de résultats importants et de récompenses scientifiques. Tous les voyants sont-ils au vert ?

Nous ne devons jamais oublier que l'excellence scientifique s'évalue par les pairs et non par les chiffres. Mais les classements existent et nous disent quelque chose sur le système français d'enseignement supérieur et de recherche dans l'espace mondialisé.

Le *Nature Index*, qui porte sur une sélection très restreinte de 68 revues seulement, nous attribue en effet la première place, ce dont nous sommes bien sûr très fiers. Ce classement a la particularité, tout comme le Scimago, de classer indifféremment les universités et les RPO¹. C'est un premier mérite que de ne pas opposer les uns et les autres comme s'ils se faisaient de l'ombre mutuellement.

Ce classement donne un coup de projecteur sur des revues d'excellence. Il montre que la place du CNRS en haut des classements n'est pas due seulement à sa taille, comme le font valoir certains de nos détracteurs, mais aussi aux résultats scientifiques de ses chercheurs. Il montre que la science française est de très bon niveau. Car la signature du CNRS est très largement partagée avec ses partenaires universitaires et doit être un objet de fierté pour tous. Il ne faut pas oublier que les unités mixtes de recherche, qui constituent plus de 95 % des laboratoires du CNRS, rassemblent 11 000 chercheurs de notre organisme et le double d'enseignants-chercheurs publiant dans les universités. C'est cette mixité qui permet à la « signature CNRS » d'être placée si haut dans les classements et qui finalement fait la force française.

La CNRS a publié en décembre 2014 une enquête sur la création d'entreprises par les unités de recherche. A-t-elle révélé des surprises ?

Cette étude a plusieurs mérites. Le premier est de montrer la place prépondérante du CNRS en matière de valorisation en général et de création d'entreprises en particulier. Avec ses partenaires académiques, les universités en premier lieu, le CNRS a contribué à générer plus de 1 000 entreprises et plus de 7 000 emplois depuis 1999, soit un bilan extrêmement positif en termes de valorisation et de transfert de la recherche.



© CNRS Photothèque / Francis Verhiet

Ces créations d'entreprises s'inscrivent dans un contexte de relations denses avec le monde industriel, comme le montrent le nombre de contrats de collaborations mais aussi celui de laboratoires communs : il en existe une centaine, qui mobilisent environ 1 200 personnes et représentent un budget de 150 millions d'euros. Le CNRS compte enfin plus de vingt unités mixtes de recherche CNRS-entreprises, dont quatre sont à l'étranger. Je crois que ces chiffres éloquentes montrent à quel point les détracteurs du système français d'enseignement et de recherche se trompent.

“Le CNRS a contribué à générer plus de 1000 entreprises et plus de 7000 emplois depuis 1999.”

“La France a obtenu le meilleur taux de succès global, 18,5 %, aux appels d’offres 2014 du programme H2020.”

Le CNRS conserve-t-il les moyens de ses ambitions avec le budget 2015 ?

Dans un contexte national difficile, le CNRS est globalement protégé, l’enseignement supérieur et la recherche étant moins affectés que d’autres secteurs de la fonction publique par les baisses de crédits et de postes. Avec 3,23 milliards d’euros, soit une diminution de 1,3 % par rapport à 2014, le budget 2015 préserve l’essentiel à nos yeux.

Il nous permet de maintenir les dotations destinées aux unités ainsi que les ressources nécessaires à la mise en œuvre des politiques scientifiques des instituts. Nos ressources, à 95 % d’origine publique, baissent donc légèrement sous le double effet d’une diminution de 4,1 millions d’euros de la subvention d’État et de celle des ressources propres (662 millions d’euros prévus pour 2015, soit 38 millions de moins que l’année précédente) ; cette dernière baisse étant liée principalement à la diminution des fonds alloués par l’Agence nationale de la recherche.

Surtout, nous serons en mesure, cette année encore, de renouveler l’intégralité des départs à la retraite des titulaires et même un peu plus puisque 310 recrutements de chercheur(e)s sont prévus en 2015 pour 286 départs à la retraite. Du côté des ingénieur(e)s et technicien(ne)s (IT), nous prévoyons 324 recrutements².

La participation française en général, et du CNRS en particulier, aux programmes européens (ERC et H2020) est-elle à la hauteur des espérances ?

Les premières tendances pour 2014, la première année du programme H2020, sont excellentes. Les équipes françaises ont répondu massivement aux appels d’offres européens, et ont obtenu le meilleur taux de succès global, 18,5 %, même si notre pays reste derrière l’Allemagne et le Royaume-Uni pour les financements captés. La compétition a été extrêmement rude car il y a eu un énorme assaut sur les appels d’offres, notamment de la part d’équipes de recherche espagnoles et italiennes.

Avec 1 229 projets déposés, le CNRS obtient un taux de participation sensiblement équivalent à la première année du programme précédent (FP7), qui avait suscité un vrai engouement à ses débuts avant d’accuser une chute sévère. Notre objectif est que nos chercheurs gardent le rythme et continuent à répondre aux futurs appels d’offres en 2015, 2016 etc. Il ne faut pas qu’ils se démobilisent s’ils ont été évincés la première année. Je sais à quel point un échec peut être décourageant compte tenu de l’engagement

qu’exigent les programmes européens. C’est pourquoi le CNRS s’efforce de renforcer l’environnement administratif pour mieux accompagner les équipes.

Avec cinq nouvelles unités mixtes internationales (UMI) créées en 2014, le CNRS poursuit son objectif de mettre cet outil que sont les UMI au service du rayonnement de la recherche française.

Effectivement, avec ces cinq nouvelles unités, le CNRS donne un coup d’accélérateur à la présence de la science française à l’international et en Asie en particulier, en passe de devenir le centre de gravité de la recherche mondiale. Mais plus que le nombre, c’est la diversité des champs de recherche et le rayonnement de ces laboratoires sur l’ensemble de la planète qu’il convient de relever. Avec l’université d’UCLA³ en Californie, nous avons créé une UMI axée sur l’interdisciplinarité autour du lien entre l’épigénétique et les sciences sociales. Au Japon, c’est avec Saint-Gobain et l’Institut des sciences des matériaux que nous nous sommes associés autour des matériaux innovants. À Singapour, deux nouvelles unités ont été inaugurées, l’une dans le domaine de la mécanobiologie et l’autre dans le domaine du calcul quantique. Enfin, c’est pour bénéficier de l’expertise chilienne dans le domaine qu’un laboratoire a été financé dans ce pays autour de recherches sur l’écosystème côtier.

Encore une médaille Fields pour le CNRS : quel est le secret de la vitalité des mathématiques françaises ?

Avec la récompense décernée en août 2014 à Séoul au Franco-Brazilien Artur Avila, directeur de recherche au CNRS, la France comptabilise désormais douze médailles Fields et se positionne juste derrière les États-Unis. Au-delà de cette récompense prestigieuse, le Congrès international des mathématiciens (ICM), qui s’est tenu à Séoul du 13 au 21 août 2014, a choisi des Français pour donner trois des vingt et une très prisées conférences plénières. Ce rendez-vous incontournable de milliers de mathématiciens a été un très bon cru ●●●

... pour la France. Notre délégation de 38 conférenciers, la plus nombreuse après celle des États-Unis, a illustré le dynamisme de la recherche tricolore dans cette discipline. Mieux encore, parmi l'ensemble des orateurs, toutes nationalités confondues, près d'un sur cinq est rattaché à l'école française, et au CNRS. Cette école est reconnue depuis longtemps comme l'une des meilleures au monde. Elle est basée sur la filiation établie à l'issue des années de thèse, la paternité scientifique étant incarnée le plus souvent par le seul directeur de thèse. Parallèlement, en remontant l'arbre généalogique des mathématiques, on voit certes apparaître les grands noms des mathématiques françaises, mais aussi l'éclosion de nouvelles branches. C'est là aussi le signe de la vitalité notre école.

Le CNRS a repris à la fin de l'année 2014 la présidence d'Athéna, l'Alliance nationale des sciences humaines et sociales. Comment les SHS se sont-elles mobilisées après les attentats du début d'année ?

Athéna, dont la mission est de produire une réflexion prospective sur les sciences humaines et sociales et qui regroupe tous les acteurs de la recherche dans ces domaines, a établi un premier bilan des recherches et publications réalisées depuis une quinzaine d'années sur les thématiques de la marginalisation sociale, de l'éducation, de la situation de la jeunesse dans les banlieues, de la pratique religieuse dans sa diversité et de ses relations à la citoyenneté et à la République. Ce bilan s'est également étendu aux recherches sur le racisme et l'antisémitisme, le rôle des religions dans la construction des identités culturelles, l'intégration

des populations musulmanes, sur la place de l'école dans cette intégration ainsi que sur le rôle des prisons dans l'ensemble des processus de radicalisation. En tant que président d'Athéna, je suis déterminé d'une part à ce que ces travaux soient davantage partagés avec les décideurs politiques, et d'autre part à combler les lacunes que nous avons repérées à cette occasion. Ainsi avons-nous sans doute négligé d'investir dans des recherches nouvelles, avec les méthodes et le sens critique des sciences humaines et sociales, sur le risque qui concerne la sécurité humaine et toutes les formes de terrorisme et de violence. Faire de la science c'est aussi repousser les limites de l'ignorance. ||

1. Research Performing Organisations : organismes de recherche
2. Dont 37 par examens professionnels réservés aux personnes handicapées
3. University of California, Los Angeles

“**Faire de la science c'est aussi repousser les limites de l'ignorance.**”



Le 13 août 2014, à Séoul, le Franco-Brésilien Artur Avila a reçu la médaille Fields lors de l'International Congress of Mathematicians.

ORGANIGRAMME FONCTIONNEL

au 31/05/2015



Alain Fuchs, président



Philippe Baptiste,
directeur général délégué
à la science

Joël Bertrand jusqu'au 01/06/2014



Christophe Coudroy,
directeur général délégué
aux ressources

Xavier Inglebert jusqu'au 22/02/2015



Marie-Hélène Beauvais,
directrice de cabinet



Institut des sciences biologiques
(INSB)

Catherine Jessus, directrice



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

Jacques Martino, directeur



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

Marie-Laure Inisan-Ehret, directrice
Bernard Adans jusqu'au 23/03/2015



Institut de chimie (INC)

Dominique Massiot, directeur



Institut national des sciences de
l'Univers (INSU)

Pascale Delecluse, directrice



Direction de la stratégie financière, de
l'immobilier et de la modernisation
(DSFIM), **Ophélie Robin**, par interim
Chantal Chambellan-Le Levier jusqu'au 31/03/2015



Institut écologie et environnement
(INEE)

Stéphanie Thiébault, directrice



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

Jean-Noël Verpeaux, directeur



Direction des ressources humaines
(DRH)

Pierre Coural, directeur
*Christophe Coudroy jusqu'au 22/02/2015**



Institut des sciences humaines et
sociales (INSHS)

Patrice Bourdelais, directeur



Direction Europe de la recherche et
coopération internationale (DERCI)

Patrick Nédellec, directeur



Direction des affaires juridiques (DAJ)

Nicolas Castoldi, directeur



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

Michel Bidoit, directeur



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

Marie-Pierre Comets, directrice



Direction des systèmes d'information
(DSI)

Jean-Marc Voltini, directeur



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

Jean-Yves Marzin, directeur



Direction information scientifique et
technique (DIST)

Renaud Fabre, directeur



Direction de la sûreté (DIRSU)

Philippe Gasnot, directeur



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

Christoph Sorger, directeur



Direction de la communication
(Dircom)

Brigitte Perucca, directrice



Pôle santé et sécurité au travail
• Coordination nationale de prévention
et de sécurité (CNPS)

Yves Fenech, coordinateur national



Institut de physique (INP)

Alain Schuhl, directeur

Jean-François Pinton jusqu'au 31/01/2015



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

Joëlle Raguideau, directrice



• Coordination nationale de médecine
de prévention
Docteur **Arnaud Vasseur**, médecin
coordonnateur national

** Isabelle Longin a assuré la direction par intérim
de la DRH du 23/02/2015 au 30/04/2015*

Parce que la science est par définition un champ ouvert, accompagner les chercheurs qui explorent de nouveaux territoires est essentiel. Sur un autre plan, intégrer la révolution du big data dans les sciences ou inventer des alternatives à la « course aux publications » participe aussi de la politique scientifique du CNRS.

Les frontières des sciences changent et des champs nouveaux apparaissent. Comment un organisme comme le CNRS vous paraît-il aider à l'émergence de nouveaux champs scientifiques ?

Les dynamiques du progrès scientifique sont complexes : des phases d'avancées scientifiques en continuité avec les connaissances existantes alternent avec des ruptures. Il faut que nous soyons en mesure d'identifier très tôt ces ruptures qui ouvrent de nouveaux champs. Elles ne

“**La science avance à la fois à un rythme constant et par ruptures.**”

sont en réalité pas si brutales que ça, et résultent souvent d'un processus de maturation. L'épigénétique, par exemple, ne s'est pas constituée en quelques mois. Ce domaine, qui a bouleversé la recherche en biologie, a émergé il y a une bonne dizaine d'années et reste encore largement à défricher. La science avance à la fois à rythme constant et par ruptures, les deux phénomènes sont très intriqués.

En tant que direction scientifique d'un grand organisme comme le CNRS, notre plus-value est de savoir accompagner les chercheurs. Nous devons être à l'écoute des scientifiques qui sont dans les laboratoires, là où se « fait » la science », être capables d'identifier les signaux faibles, les émergences et les bons « porteurs » pour orienter les ressources en conséquence.

Le nombre des publications ne cesse de croître et avec lui le risque d'erreurs. Que peut-on faire face à cette situation ?

Il me semble en effet que nous sommes en train d'atteindre les limites d'un système où la course à la publication est devenue la règle. Ce système, historiquement

construit autour de petites communautés, peine à s'adapter à une science de masse. Je rappelle que dix millions de personnes mènent des activités de recherche dans le monde. Même si toutes les disciplines ne succombent pas à cette course dans les mêmes proportions, nous constatons tous des excès et des dérives, avec des erreurs, des défauts de vérification et des problèmes d'éthique.

La pression que ressentent les chercheurs est aussi entretenue par la multiplication des journaux. Le marché de l'édition scientifique pèse aujourd'hui 10,5 milliards d'euros !

Je crois que le temps est venu de réfléchir sérieusement à des alternatives, les épi-journaux¹ par exemple. La publication est et doit rester un corollaire de la science et pas le contraire.

La question des data a continué d'occuper le devant de la scène scientifique tout au long de l'année 2014. Quels sont les enjeux pour les scientifiques ?

La question des data, qui envahit l'espace scientifique, dépasse les questions propres aux mathématiques et à l'informatique. Elle bouleverse l'ensemble des champs scientifiques, avec d'énormes enjeux socio-économiques à la clé.

Notre capacité à récupérer de plus en plus de données, et cela dans tous les domaines, fait du traitement de ces données un nouvel instrument scientifique. Il nous permet de faire des choses que nous ne pouvions pas faire avant, nous ouvre des portes jusque-là interdites aussi bien dans la compréhension du vivant que de l'origine de la matière. Ce que je résumerais brutalement par un provocateur « pas de boson sans data ». Nous devons prendre acte de cette révolution instrumentale, entretenue de surcroît par les développements constants de l'informatique. II

1. Revues électroniques en libre accès alimentées par les articles déposés dans les archives ouvertes.

STRATÉGIE



STÉPHANIE THIÉBAUD,
directrice de l'Institut
écologie et environnement

Directrice de recherche, Stéphanie Thiébaud est paléo- et archéobotaniste. Ses recherches sont consacrées aux relations de l'homme avec son milieu végétal et aux dynamiques de végétation au cours des quinze derniers millénaires.

Une année sous le signe de l'écologie de la santé

En désignant l'écologie de la santé comme sa thématique phare en 2014, l'Institut écologie et environnement du CNRS œuvre pour le développement de cette jeune discipline scientifique qui s'intéresse aux effets des perturbations environnementales sur notre santé.

« **É**radiquer les agents pathogènes est impossible. Mieux vaut apprendre à leur faire face, ce qui suppose de savoir comment ils fonctionnent et interagissent avec leur environnement », lance Stéphanie Thiébaud, directrice de l'Institut écologie et environnement (INEE). Explorer les dynamiques de transmission des virus, bactéries et autres parasites dans leur écosystème, telle est l'ambition de l'écologie de la santé. « En amont de la maladie, cette approche est essentielle pour relever le défi sanitaire posé à l'échelle planétaire par l'émergence d'agents infectieux et le développement des maladies

chroniques », souligne la biologiste.

Conscient des enjeux, l'INEE s'est mobilisé tout au long de l'année pour développer ce champ de recherche. « Notre objectif était d'aiguillonner la communauté scientifique et de donner une impulsion à des travaux issus des sciences humaines et sociales, des sciences de la vie et des sciences de la Terre en nous appuyant sur le caractère pluridisciplinaire de notre institut », poursuit la directrice de l'INEE.

TISSER DES LIENS INÉDITS

Concrètement, l'INEE a lancé en 2014 un appel à projets doté d'un budget de 200 000 euros afin d'initier des études originales. Une cinquantaine d'équipes y ont répondu et onze projets ont été sélectionnés dans des domaines aussi divers que la résistance aux antibiotiques, la primatologie ou la parasitologie.

Cette année, des chercheurs du laboratoire Ampère¹ ont par ailleurs analysé un grand nombre de génomes de bactéries et montré que ces dernières sont naturellement pourvues d'une large panoplie de gènes de résistance aux antibiotiques. À l'Institut des sciences de l'évolution de Montpellier², des scientifiques ont de leur côté trouvé le moyen d'augmenter la virulence d'un virus bactérien, arme potentielle contre lesdites bactéries.

Par ailleurs, des collaborations inédites ont vu le jour, à l'instar du réseau thématique pluridisciplinaire « santé et évolution » qui tisse des liens entre médecins, biologistes de l'évolution et nutritionnistes. En Camargue, le site d'études en écologie globale de l'INEE a également pu bénéficier des moyens techniques mis à disposition par la fondation La Tour du Valat pour étudier la résistance aux antibiotiques des oiseaux du milieu et les risques potentiels pour la santé humaine. Autant de sujets juste amorcés et qui n'ont pas fini de faire parler d'eux. ||

LA SANTÉ, FRUIT DE L'ÉVOLUTION

Nul n'échappe aux lois de l'évolution. Vus sous cet angle, plusieurs problèmes de santé apparaissent sous un jour nouveau. « Les sciences de l'écologie et de l'évolution fournissent aux écarts de l'organisme un cadre explicatif inédit et utile à la médecine », précise Frédéric Thomas, chercheur au MIVEGEC¹. Par exemple, hier, ceux qui avaient une appétence pour le sucre jouissaient d'un avantage énergétique favorable à leur reproduction. Le bénéfice a disparu, pas l'appétence, d'où l'épidémie actuelle d'obésité. De même pour la recrudescence des allergies et des maladies auto-immunes : dans un monde d'hygiène, de vaccins et d'antibiotiques, notre système immunitaire surdimensionné s'emballerait inutilement. Le cancer lui-même serait régi par un processus darwinien. En scrutant les tumeurs comme autant d'écosystèmes où la compétition règne entre les populations, les chercheurs du Centre de recherches écologiques et évolutives sur le cancer (CREEC) espèrent mieux comprendre leur fonctionnement.

1. Unité Maladies infectieuses et vecteurs : écologie, génétique, évolution et contrôle (MIVEGEC), CNRS/IRD/Université de Montpellier

1. CNRS/Université Lyon 1/École centrale de Lyon/Insa Lyon
2. CNRS/Université de Montpellier/IRD/EPHE

TEMPS FORT

Campagne de prévention à Monrovia, au Liberia. Trouver des modes de communication adaptés aux psychologies des populations est indispensable.



© P. GUYOTIAP

Au laboratoire comme sur le terrain, les chercheurs essaient de couper court aux assauts du virus.

Ébola : le CNRS aux côtés des populations

Alors qu'une épidémie d'Ébola sans précédent touche l'Afrique de l'Ouest depuis fin 2013, la riposte scientifique s'organise. En France, l'équipe de Viktor Volchkov au Centre international de recherche en infectiologie¹ tente de cerner les mécanismes moléculaires qui expliquent la virulence d'Ébola. Concentrant ses efforts sur l'une des sept protéines produites par le virus, elle a démontré son implication dans la réaction inflammatoire violente qui suit l'infection chez l'homme. Une partie de cette protéine se fixe sur certaines cellules immunitaires et provoque ainsi la libération de grandes quantités de molécules inflammatoires. Les chercheurs ont aussi découvert que la même protéine virale fragilise la paroi des vaisseaux sanguins, ce qui explique

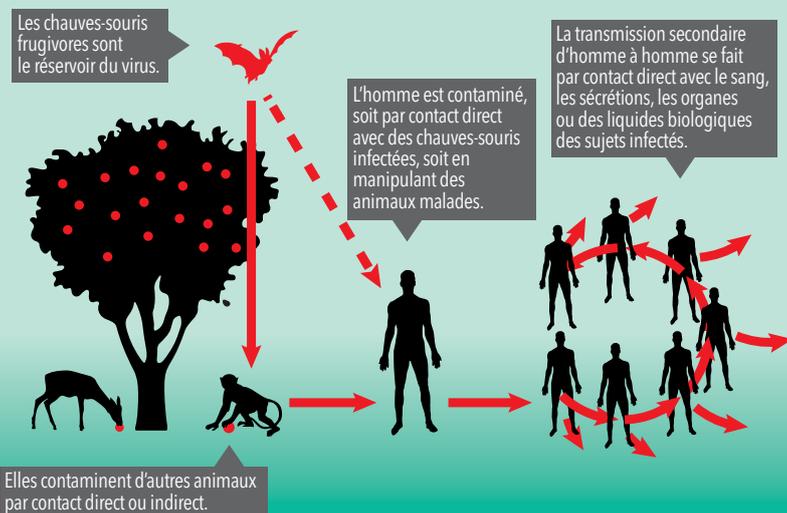
la survenue de nombreuses hémorragies chez les patients infectés. Ils sont parvenus à limiter ce phénomène in vitro grâce à des anticorps dirigés contre un type de récepteurs des cellules immunitaires humaines.

FAIRE ENTENDRE LES POPULATIONS

Par ailleurs, sur place, des anthropologues s'appliquent à décrypter le comportement des populations à l'égard de la maladie mais aussi celui des humanitaires venus en renfort. Face aux rumeurs qui compliquent le travail des soignants, Alain Epelboin, au laboratoire Éco-anthropologie et ethnobiologie², aide notamment à concevoir les modes de communication adaptés et tente de faire entendre aux autorités locales et aux soignants les revendications des populations.

De son côté, l'équipe du Centre international de recherches médicales de Franceville, dirigée par Éric Leroy, au Gabon, a posé le diagnostic initial d'une nouvelle flambée épidémique en République démocratique du Congo (RDC) au cours de l'été avant de s'employer à séquencer le génome du virus responsable. Résultat : la souche n'est pas la même qu'en Afrique de l'Ouest mais est très proche de celles qui ont circulé dans la région lors des épidémies qui ont sévi entre 1995 et 1997. Pour François Renaud, directeur du laboratoire MIVEGEC, « cela signifie que le virus était dans le milieu pendant toutes ces années. Comment circule-t-il dans son réservoir animal, dans quelles conditions passe-t-il vers l'homme et pourquoi ces transmissions augmentent-elles ? » Face à ces questions, les chercheurs du CNRS et de ses partenaires ne désarment pas. II

CYCLE DE VIE DU VIRUS EBOLA



© Sarah Laidet d'après Pierre Fomenty / OMS

1. CNRS/Inserm/ENS Lyon/Université Lyon 1
2. CNRS/MNHN/Université Paris Diderot

UNE SOLUTION INÉDITE POUR RÉPARER LES ORGANES

Les résultats probants obtenus sur des rats confirment l'immense potentiel clinique d'une méthode de fixation par adsorption pour suturer les organes.

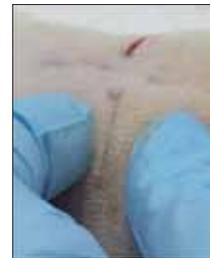
Parce qu'ils sont mous et fragiles, des organes comme le foie, les poumons ou la rate sont impossibles à suturer. Les tissus se déchirent au passage de l'aiguille, laissant les chirurgiens désarmés au moment de réparer une lésion ou de stopper une hémorragie. Par ailleurs, les colles actuelles pèchent par leur manque d'efficacité ou leur toxicité pour l'organisme. Les travaux menés par l'équipe de Ludwik Leibler, au Laboratoire matière molle et chimie¹, en collaboration avec une équipe de l'Inserm, pourraient bien changer la donne. Leur concept original d'adhésion de gels et de tissus biologiques par adsorption de nanoparticules de silice et d'oxyde de fer a été testé avec succès sur des rats in vivo.



PLAIE CUTANÉE



APPLICATION DE LA SOLUTION



ACCOLEMENT DES BERGES PAR PRESSION



FERMETURE DE LA PEAU

Trente secondes suffisent à refermer une plaie profonde après application de la solution aqueuse de nanoparticules proposée par les chercheurs.

Appliquée au pinceau sur une plaie profonde de la peau de l'animal, la solution aqueuse de nanoparticules a permis de refermer la lésion en quelques secondes et d'obtenir une cicatrisation complète et sans complication. Toujours chez le rat, les chercheurs ont renouvelé l'expérience au niveau du foie et constaté qu'ils parvenaient à stopper une hémorragie

simplement en étalant la solution sur les bords de la blessure puis en les pressant l'un contre l'autre. La prochaine étape visera à confirmer ces résultats sur de gros animaux tel le cochon. II

1. CNRS/ESPCI ParisTech

Angewandte Chemie, avril 2014

© Laboratoire Matière molle et chimie, CNRS/ESPCI ParisTech

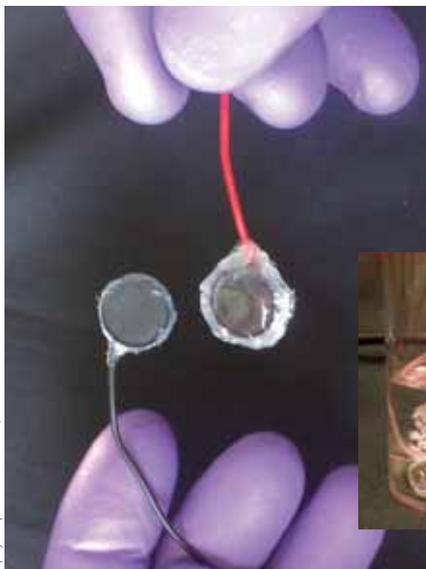
EN BREF

UNE BIOPILE IMPLANTABLE !

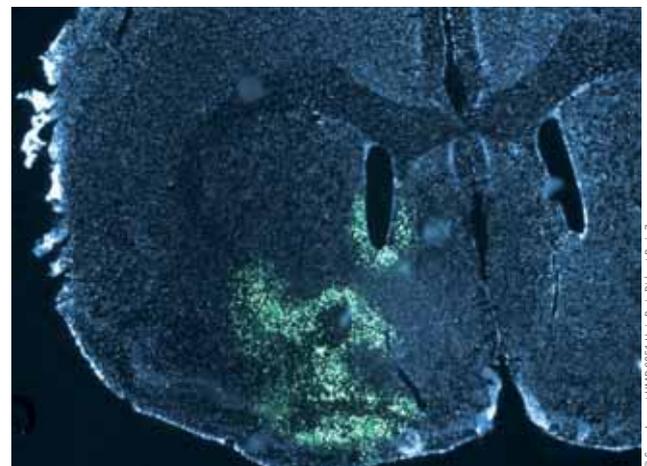
Des dispositifs médicaux tirant directement leur énergie du corps humain ? C'est le pari réussi par des scientifiques, qui sont parvenus à implanter à des rats une biopile capable d'alimenter un pacemaker. Cette biopile exploite une membrane semi-perméable originale qui laisse passer le glucose et l'oxygène de l'organisme, ainsi que des électrodes obtenues par simple compression d'enzymes et de nanotubes de carbone, de manière à assurer une meilleure connexion entre eux.

Ce dispositif a valu aux chercheurs d'accéder à la finale du Prix de l'inventeur européen 2014.

Ces deux électrodes sont réalisées par simple compression d'enzymes, de médiateurs redox, de nanotubes et de chitosane. En médaillon : la biopile connectée à la capsule de mesure et de transmission sans fil de sa performance.



© projet Implanted BioFuel Cells, ANR-10-NANO-03-01



© Serge Luquet UMR 8251 Univ Paris Diderot Paris 7

Une analyse du noyau accumbens dans le cerveau de la souris a permis de faire le lien entre surconsommation alimentaire et comportements addictifs.

LES LIPIDES COMME UNE DROGUE DURE

Pourquoi se relève-t-on pour un morceau de chocolat, mais jamais pour une carotte ? Selon une équipe de biologistes, les triglycérides – un corps gras issu de l'alimentation – agiraient dans le cerveau directement sur le circuit dit de la récompense, impliqué dans la dépendance aux drogues. Ce résultat observé chez la souris offre une piste pour comprendre la surconsommation d'aliments gras chez les personnes obèses. Elles seraient contraintes d'augmenter toujours plus les doses afin de déclencher la sensation de plaisir suscitée par l'acte de manger.

© projet Implanted BioFuel Cells, ANR-10-NANO-03-01 / Donald Martin

DÉCOUVERTE

DARWIN DANS UN TUBE À ESSAI !

Des chercheurs ont reproduit in vitro les mécanismes d'apparition d'une nouvelle espèce.

C'est une expérience unique. Pour la première fois, des biologistes ont pu observer in vitro les premières étapes du phénomène évolutif de spéciation qui, à partir d'une unique espèce, voit l'apparition d'espèces distinctes. Réalisée avec des bactéries cultivées en tube à essais depuis 1988, cette étude singulière par sa durée a permis en 2014 de préciser la dimension génétique du phénomène. Une première !

En pratique, les chercheurs, dont l'équipe de Dominique Schneider au Laboratoire adaptation et pathogénie des micro-organismes¹, ont suivi le devenir d'une population de bactéries cultivées dans douze tubes à essais à partir d'un ancêtre unique. Dans les onze premiers tubes, rien de surprenant ne s'est produit. Les mêmes causes produisant les mêmes effets, les chercheurs ont observé les mêmes stratégies d'adaptation des bactéries à des environnements semblables. En revanche, dans les années 1990, les spécialistes ont eu la surprise d'observer l'apparition de deux lignées différentes dans le douzième tube : des grosses cellules et des petites cellules.

Une analyse plus poussée a montré que les grandes cellules rejettent des molécules utilisées comme nutriments par les petites. Ainsi, « les grosses cellules ont ouvert une nouvelle niche écologique qui a été colonisée par les petites. Ce qui a permis aux deux lignées de coexister dans un même tube à essai pendant des dizaines de milliers de générations », s'enthousiasme Dominique Schneider. Lors de leurs travaux parus en 2014, les chercheurs ont réussi à élucider les mécanismes derrière cette évolution. Ils ont mis en évidence que les petites cellules ont évolué à partir de l'ancêtre grâce à trois modifications génétiques survenues dans un ordre précis. Pour ce faire, les scientifiques ont introduit successivement les trois mutations au sein de l'ADN de la bactérie originelle. Résultat : ils ont obtenu des petites cellules semblables à celles du douzième tube ! Une réalisation expérimentale édifiante des mécanismes de la théorie darwinienne de l'évolution. II

1. CNRS/Université Joseph Fourier

Science, mars 2014

EN BREF

DESSINER SUR UN GEL AVEC DES COLONIES DE LEVURES

Grâce à un dispositif permettant de contrôler l'accès de micro-organismes à des nutriments, des chercheurs sont parvenus à contraindre des colonies de levures à croître verticalement en prenant la forme d'un cylindre de diamètre quasi constant. Ce nouveau dispositif devrait aider à mieux comprendre la formation des couches de bactéries à la surface des prothèses médicales ou des coques de bateaux.

Biophysical Journal, mai 2014

Ce dispositif membranaire permet de contrôler la forme prise par une colonie de levures. Ici celle d'un cylindre de diamètre constant.



© CNRS/Photobiologie / Clément Vuille

360° SUR...

L'épigénétique : un nouvel horizon en biologie

L'élucidation des processus qui régulent l'expression de l'information génétique constitue un nouveau champ d'investigation pour la biologie.

Pendant des décennies, les biologistes ont focalisé leurs efforts sur l'information génétique elle-même. Or, au fur et à mesure des découvertes, ils ont pris conscience du rôle tout aussi crucial des processus dits épigénétiques qui régulent son expression. « Nous savons désormais que la plupart des processus biologiques ont des déterminants épigénétiques », confirme Domenico Libri, chargé de mission génétique/génomique à l'Institut des sciences biologiques (INSB). Un exemple ? Le résultat d'une équipe de l'unité Génétique et biologie du développement¹ selon lequel la capacité de certaines cellules à changer d'identité, observé par exemple chez le ver *C. elegans*, est en partie contrôlée par des facteurs non génétiques (voir encadré prix). « D'une façon générale, ces facteurs sont à rechercher non pas dans la séquence de l'ADN, mais dans la façon dont la chromatine, c'est-à-dire la forme moléculaire sous laquelle l'ADN est organisé dans la cellule, est organisée, ce qui conditionne l'accessibilité des gènes aux enzymes de lecture », précise Domenico Libri.

DES CARACTÈRES HÉRITABLES

Une chose est sûre, les scientifiques commencent à mesurer l'importance de l'impact des modifications épigénétiques sur le vivant, d'autant qu'ils savent désormais que celles-ci sont hérissables. Au point de conditionner en partie, au-delà de l'information génétique, les différences entre individus (voir encadré). Mais ce n'est pas tout. Les biologistes commencent

ÉPIGÉNÉTIQUE ET SHS MAIN DANS LA MAIN

Une nouvelle unité mixte franco-américaine a été inaugurée à l'Université de Californie, Los Angeles (UCLA) en octobre 2014. Comprenant une dizaine de scientifiques spécialisés en biologie, sociologie, histoire et philosophie, cette entité baptisée Epidapo, septième unité mixte internationale implantée aux États-Unis, sera centrée sur l'épigénétique et ses implications sociales et politiques.

ÉPIGÉNÉTIQUE : LES CARACTÈRES COMPLEXES HÉRITABLES

Une équipe de biologistes met à bas le dogme selon lequel les différences génétiques entre individus sont à rechercher dans la seule séquence de leur génome. Pour ce faire, les scientifiques ont créé une population de lignées dites « epiRILS » chez la plante modèle *Arabidopsis* : les lignées ont toutes le même génome, mais présentent de nombreuses différences d'ordre épigénétique tout au long de celui-ci.

Précisément, la chromatine n'est pas compactée de la même manière d'une lignée à l'autre. Résultat : ces variations sont responsables de 90 % des différences héritablemes mesurées entre lignées pour le temps de floraison et la taille de la racine primaire. « Il existait quelques exemples, mais notre étude démontre pour la première fois le rôle de l'épigénétique dans la transmission de caractères complexes », précise

Vincent Colot, à l'Institut de biologie de l'École normale supérieure¹.

Cette étude apporte un possible élément de réponse au problème dit de « l'hérabilité manquante ». Soit l'observation selon laquelle, chez l'homme, les variations de la séquence ADN entre individus n'expliquent qu'une partie des différences génétiques qui les distinguent.

1. ENS/CNRS/Inserm

Science, mars 2014

Des variations d'ordre épigénétique suffisent à elles seules à expliquer les différences héritablemes de date de floraison entre ces deux plantes epiRILS.



© Photos : Vincent Colot

à mettre en évidence le rôle de l'épigénétique dans les processus d'adaptation et d'évolution. D'où l'importance de cette discipline en écologie et en sciences de l'environnement. Ainsi des chercheurs de l'unité MIVEGEC², ont montré que la plus ou moins bonne adaptation du parasite porteur de la malaria à son organisme hôte, le moustique, est d'origine épigénétique. Quant aux scientifiques de l'Institut de biologie Valrose³ et de l'Institut Sophia Agrobiotech⁴, ils ont montré que des pucerons semblables génétiquement s'adaptent, via des modifications épigénétiques, à des environnements différents. Ils ont également montré que de tels types de changements qui surviennent chez un individu source sont actifs immédiatement chez un individu ne les portant pas et dans lequel on injecte des extraits de l'individu source. Et qui plus est, ces modifications sont héritablemes. Un véritable changement de paradigme qui renouvelle en profondeur l'ensemble des sciences du vivant. ||

1. CNRS/Inserm/Institut Curie

2. CNRS/IRD

3. CNRS/INSERM/Université Nice Sophia Antipolis

4. CNRS/INRA/Université Nice Sophia Antipolis

PRIX

MA THÈSE EN 180 SECONDES : L'ÉPIGÉNÉTIQUE À L'HONNEUR

Marie-Charlotte Morin, doctorante à l'université de Strasbourg, a gagné en juin 2014 la finale du concours MT180 organisé par le CNRS et la Conférence des présidents d'universités. Elle a convaincu le jury grâce à ses travaux sur les étonnantes propriétés de reprogrammation, via des processus en partie épigénétiques, des cellules du rectum du ver *C. elegans* !



© MT180 France / David Pell

Marie-Charlotte Morin reçoit son prix des mains de Geneviève Fioraso, alors secrétaire d'État chargée de l'Enseignement supérieur et de la Recherche.

**CATHERINE JESSUS,
directrice de l'Institut
des sciences biologiques**

Directrice de recherche CNRS, Catherine Jessus a mené des travaux sur la division cellulaire et la formation des gamètes dans des laboratoires de recherche en Belgique et aux États-Unis. Elle a dirigé le laboratoire Biologie du développement.

Biologie : on rebat les cartes à Paris Saclay

La carte en sciences du vivant se redessine sur le site de Paris Saclay. Elle redistribue les forces de recherche autour de trois grands axes et autant d'instituts déjà sur les rails.

Le calme qui règne sur les campus verdoyants de Gif-sur-Yvette, d'Orsay et du plateau de Saclay, dans le sud de l'Île-de-France, est trompeur. Car à travers la création, le 1^{er} janvier 2015, de trois nouvelles unités mixtes de recherche dédiées aux sciences du vivant, c'est bien un big bang institutionnel et scientifique qui vient de s'y produire. Précisément, la naissance de ces instituts baptisés IPS2, I2BC et Neuro-PSI est le fruit d'une restructuration des activités en biologie du site Paris Saclay. Une opération d'envergure qui implique non seulement la très grande majorité des laboratoires et des équipements technologiques sud-français rattachés à l'Institut des sciences biologiques du CNRS (INSB), mais aussi des équipes du CEA, de l'INRA et des universités Paris-Sud, Paris-Diderot et Évry. Comme l'explique la directrice de l'INSB, Catherine Jessus, « la réorganisation vise à renforcer l'excellence des travaux scientifiques menés par les équipes. D'une recherche parcellisée avec un grand nombre de laboratoires de taille variable dont le potentiel n'est pas complètement exploité, nous voulons passer à une organisation plus cohérente qui favorise de plus les coopérations entre disciplines ». Le projet a également vocation à stimuler la formation au travers d'un rapprochement avec les universités.

MULTIPLIER LES MODÈLES VIVANTS

L'Institut des sciences des plantes de Paris Saclay (IPS2) s'est constitué avec les laboratoires impliqués dans le Labex SPS (Laboratoire d'excellence Sciences des plantes de Saclay). « Notre institut vise à développer un continuum de recherche en biologie végétale, du fondamental jusqu'au translationnel »,

précise Martin Crespi, son directeur. Le CNRS, l'Inra et les universités Paris-Sud, Évry et Paris Diderot y collaborent au sein de douze équipes réparties en trois départements.

De son côté, l'Institut de biologie intégrative de la cellule (I2BC) regroupe 800 personnes issues de dix structures de recherche sous tutelles du CEA, de l'université Paris-Sud et du CNRS, actuellement réparties sur les trois campus. La biologie intégrative et son approche multi-échelle sont au cœur du projet scientifique de cette unité qui concentre des activités de microbiologie, virologie, biologie structurale, biologie du génome et biologie cellulaire. « Le regroupement permettra notamment de travailler sur différents modèles vivants très différents et de pouvoir comparer des mécanismes moléculaires et cellulaires analogues au sein d'une entité unique », souligne Thierry Meinzel, directeur de l'I2BC.

DE LA MOLÉCULE À L'INDIVIDU

Enfin, l'Institut des neurosciences Paris-Saclay (Neuro-PSI) fait également la part belle aux approches multi-échelles. Dédié à l'étude fondamentale du système nerveux, il regroupe



© Diémar Fechtlinger/Architecte, Collinier & Coahil/Architectes, Ingérop, Conseil de l'Ingénierie

les quelque vingt-neuf équipes de neurosciences du CNRS sur le campus de Gif-sur-Yvette et de l'université Paris-Sud qui explorent le développement et l'organisation des réseaux neuronaux, mais aussi les bases neurales des comportements, les mécanismes de la cognition et les neurosciences théoriques. « De la molécule au comportement de l'individu, ce nouvel institut permettra d'aller d'un bout à l'autre de la chaîne nécessaire à la compréhension du système nerveux », résume Philippe Vernier, son directeur. Pour l'heure, les équipes qui composent chaque institut occupent toujours leur site d'origine. Mais à terme, elles seront regroupées géographiquement et à proximité des plateformes technologiques à leur disposition. Les personnels de l'IP2S2 emménageront les premiers, d'ici début 2016, sur le plateau de Saclay. Ceux de l'I2BC se regrouperont en 2017 sur le campus historique du CNRS à Gif-sur-Yvette, dans des locaux pour partie neufs et pour partie rénovés. Quant aux scientifiques de Neuro-PSI, ils rejoindront fin 2017 le campus du CEA où se trouve le centre d'imagerie cérébrale NeuroSpin. La biologie sud-francilienne tirera alors pleinement profit de toutes ses compétences, « atteignant la masse critique nécessaire pour mener une recherche de rupture visible à l'échelle internationale », conclut Catherine Jessus. II



© Baghemian et Roux

Une vue d'ensemble du futur bâtiment de l'I2BC.



Le bâtiment de Neuro-PSI vu depuis l'entrée du Grand Instrument pour la recherche biomédicale NeuroSpin.

LA LUTTE ANTI-BACTÉRIENNE REVISITÉE GRÂCE À UN VER PLAT IMMORTELL

L'étude de la réponse immunitaire d'un organisme primitif révèle l'existence, chez l'homme, d'un gène impliqué dans la résistance aux infections bactériennes à l'état latent.

Et si l'homme sous-exploitait ses capacités de résistance aux bactéries ? Pour le savoir, Éric Ghigo et son équipe, à l'Unité de recherche sur les maladies infectieuses et tropicales émergentes¹, à Marseille, ont décidé de sortir des sentiers battus en immunologie et d'explorer en détail la réponse immunitaire de la planaire, alias *Dugesia japonica*, un ver plat aquatique potentiellement immortel grâce à ses capacités incroyables de régénération.



La réponse immunitaire de cette planaire *Dugesia japonica* offre de nouvelles pistes pour lutter contre les infections.

© CNRS Photothèque/URMITE / Éric Ghigo

Intrigués par une telle résistance et supposant un lien avec des défenses immunitaires particulièrement efficaces, les chercheurs ont passé en revue les gènes exprimés par ce ver lorsqu'il est infecté par l'agent de la tuberculose (*Mycobacterium tuberculosis*), celui de la légionellose (*Legionella pneumophila*) ou par le staphylocoque doré (*Staphylococcus aureus*). Parmi tous les gènes identifiés, seuls ont été retenus ceux qui sont également présents dans le génome humain, où ils s'expriment peu voire pas du tout. C'est le cas du gène MORN2, sur lequel les chercheurs ont concentré leurs efforts. Leurs travaux ont montré que ce dernier est essentiel pour éliminer les trois types de bactéries. Par exemple, en présence de *M. tuberculosis*, il favorise la séquestration de la bactérie dans une cavité intracellulaire. Or chez la drosophile et le nématode *C. elegans*, deux modèles classiques en immunologie, ce gène a été perdu au cours de l'évolution. C'est pourquoi il n'avait jamais été mis en évidence jusque-là. En activant le gène MORN2 dans des cellules immunitaires humaines, les chercheurs ont réussi à conférer à ces cellules la capacité d'éliminer les trois bactéries testées. Des résultats qui dévoilent un mécanisme immunitaire à l'état latent encore inconnu chez l'homme et ouvrent une nouvelle voie dans la lutte anti-bactérienne. « MORN2 n'est peut-être pas le seul gène de résistance à l'état latent chez l'homme », souligne Éric Ghigo. Les chercheurs vont donc maintenant s'atteler à passer au crible tous les autres gènes impliqués dans la réponse immunitaire de la planaire en proie à une infection bactérienne et qui présentent une homologie avec des séquences du génome humain, dans l'espoir de révéler d'autres gènes de résistance dont l'expression pourrait être stimulée par voie pharmacologique. II

1. CNRS/IRD/Inserm/Aix-Marseille Université

Cell Host and Microbe, septembre 2014

EN BREF

LA STRUCTURE DE LA PAROI BACTÉRIENNE MODÉLISÉE

La spectroscopie RMN du solide est une technique habituellement utilisée pour sonder la structure des matériaux. Des biologistes l'ont mise à profit pour explorer les mécanismes de synthèse de la paroi bactérienne. Ils ont ainsi pu proposer le premier modèle atomique de l'enzyme responsable du maillage d'un polymère majeur de la paroi. D'autres devraient suivre concernant les différentes enzymes impliquées dans les étapes de la morphogénèse bactérienne, qui sont autant de cibles potentielles pour de nouveaux antibiotiques.

Journal of the American Chemical Society, décembre 2014

Les biomarqueurs peuvent servir à détecter les polluants, comme dans le cas de ces larves de poissons qui deviennent fluorescentes en présence de perturbateurs endocriniens. Ce biomarqueur est à l'origine d'un test commercialisé par la start-up Watchfrog, fondée en 2005 par Barbara Demeneix, médaille de l'innovation du CNRS 2014.



La révolution

Nanoparticules, molécules émettrices de lumière, composés fluorescents... la chimie démultiplie le pouvoir des indicateurs biologiques et médicaux.

© CNRS Photothèque / Gmi Fressillon

DÉCOUVERTE

PISTER LA REPRÉSENTATION DES ODEURS DANS LE CERVEAU

Une technique ultrasonore permet de visualiser les zones cérébrales impliquées dans l'odorat.

Comment les odeurs sont-elles représentées dans le cerveau ? Un véritable casse-tête pour les scientifiques qui s'intéressent à ce sens à la complexité rare. En outre, les structures cérébrales qui codent ces informations sont difficiles à visualiser. Pour y voir plus clair, l'équipe de Mickaël Tanter, à l'Institut Langevin Ondes et images¹, a développé une technique d'imagerie neurofonctionnelle par ultrasons. Baptisée fUS pour « functional Ultrasound », elle est basée sur l'émission d'ondes ultrasonores spécifiques dans les tissus cérébraux. Les échos renvoyés par les structures traversées permettent, après traitement des données, d'obtenir des images ayant une résolution spatiotemporelle inégalée : 80 micromètres et quelques dizaines de millisecondes. En collaboration avec l'équipe de Hirc Gurden, au laboratoire Imagerie et modélisation en neurobiologie et cancérologie², Mickaël Tanter et ses collègues sont ainsi parvenus à visualiser en direct et pour la première fois l'activation d'une zone cérébrale profonde impliquée dans l'odorat – le cortex piriforme – en réponse à plusieurs odeurs présentées à des rats. **II**

1. CNRS/ESPCI ParisTech/Inserm/UPMC/Université Paris Diderot
2. CNRS/Université Paris-Sud/Université Paris Diderot

NeuroImage, juillet 2014

@acoustique

Mickaël Tanter a reçu le #prixOpecst-Inserm2014 pour son implication dans la valorisation des résultats de la recherche sur l'échographie ultrarapide.

Détecter les signes annonciateurs d'une maladie, mieux visualiser des organes ou des cellules, déterminer l'efficacité d'un médicament... telles sont les promesses des « biomarqueurs », ces indicateurs biologiques mesurables qui connaissent depuis quelques années un développement fulgurant. « Il s'agit d'une véritable révolution liés aux progrès de la chimie, mais aussi de la biologie, de la physique et de l'algorithmique, indique Jacques Maddaluno, directeur adjoint scientifique de l'Institut de chimie du CNRS. Ils permettent désormais de suivre pas à pas les transformations des molécules *in vivo*. »

Pour le chimiste, l'essor des biomarqueurs devrait d'abord permettre de mieux comprendre certaines pathologies qui restent des « boîtes noires ». « C'est en particulier le cas pour le cancer, grâce au développement de nanoparticules intelligentes capables d'aller au plus près de la tumeur où elles donnent des informations sur la manière dont elle s'implante, se développe et se répand ailleurs dans l'organisme », explique Jacques Maddaluno. Autre exemple : ces nouveaux composés appelés fluorophores synthétisés en 2014 par une équipe de chimie bio-organique du laboratoire COBRA¹ dans le but de mieux détecter des

DE NOUVELLES NANOPARTICULES POUR L'IMAGERIE *IN VIVO*

Les molécules fluorescentes utilisées pour visualiser tumeurs, vaisseaux sanguins et cellules greffées *in vivo* émettent de la lumière à peine quelques nanosecondes. Il faut donc les exciter en permanence dans le corps, ce qui est la cause de signaux parasites troublant l'observation. Mais les travaux de physiciens, chimistes et biologistes de l'UTCBS¹ changent la donne. Les chercheurs ont en effet développé des nanoparticules capables de stocker et de restituer la lumière pendant plusieurs heures dans la zone de transparence des tissus. Elles permettent une sensibilité de détection jusqu'à 8 fois supérieure aux sondes commercialisées.

1. Unité de technologies chimiques et biologiques pour la santé (CNRS/Inserm/Université Paris Descartes/Chimie ParisTech)

Nature Materials, mars 2014

des biomarqueurs

UNE NOUVELLE GÉNÉRATION D'AGENTS D'IMAGERIE

Membres de la famille des terres rares, les métaux dits « lanthanides luminescents » possèdent des propriétés qui les rendent très attractifs pour l'imagerie biologique optique, telles des bandes d'émission de fluorescence/luminescence fines dont les longueurs d'ondes ne varient pas, quel que soit leur environnement. Mais ils requièrent un système d'excitation indirect appelé « effet d'antenne ». Une équipe du Centre de biophysique moléculaire¹ a développé une antenne efficace pour un lanthanide prometteur, le samarium, qui possède deux bandes d'émission dans le visible et le proche infrarouge. Un résultat qui ouvre la voie à une nouvelle génération d'agents d'imagerie permettant d'obtenir deux informations différentes à partir d'une sonde unique.

1. CNRS

Angewandte Chemie International Edition, février 2014

protéines rares associées à certaines maladies.

CIBLER LES CELLULES MALADES

Mais les biomarqueurs sont aussi envisagés pour mieux soigner. En 2014, des scientifiques strasbourgeois et parisiens ont par exemple élaboré de nouveaux nano-objets composites, capables de restituer de la chaleur après exposition à une lumière dans le proche infrarouge : une propriété qui pourrait être utilisée pour détruire des cellules malades de manière ciblée. Autre grande tendance actuelle, le développement de biomarqueurs pour améliorer les clichés d'imagerie biologique et médicale : biomarqueurs à base de terres rares, nanoparticules émettrices de lumières... (voir encadrés). Pour le directeur adjoint scientifique de l'INC, « l'avenir est aussi au développement de

biomarqueurs capables de combiner divers systèmes de marquage tels que la fluorescence et la radioactivité, afin d'obtenir des résolutions toujours plus élevées ». En interne, le CNRS accompagne ces développements à plusieurs niveaux. « Nous mettons en place des soutiens ciblés pour que des laboratoires travaillant sur les biomarqueurs puissent acquérir de nouveaux équipements, explique Jacques Maddaluno. Nous lançons aussi des appels d'offres pour des projets de recherche dans ce domaine avec l'aide de la mission pour l'interdisciplinarité du CNRS. » Autre piste : ressortir des molécules qui dorment dans les tiroirs des laboratoires afin de tester leur potentiel en tant que biomarqueur. De quoi s'assurer de muer en réalité les promesses de cette révolution en marche !

1. CNRS/Université de Rouen/INSA de Rouen

 @imagerie

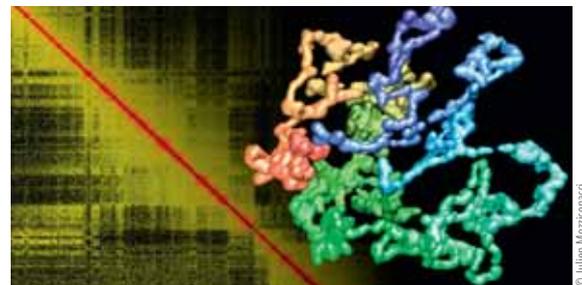
Grâce à une nouvelle technique d'IRM, des biologistes sont parvenus à voir l'activité enzymatique du pancréas d'une souris vivante. Une première.

DÉCOUVERTE

VOIR LES CHROMOSOMES EN 3D

Appliqués à l'ADN, les puissants outils mathématiques des physiciens statisticiens permettent d'en déterminer la structure tridimensionnelle avec une efficacité inégalée.

Pour déterminer comment sont repliés les deux mètres d'ADN contenus dans nos cellules, les biologistes moléculaires utilisent depuis quinze ans la technique de « capture de conformation des chromosomes ». Cette technique révèle les contacts issus du repliement, à partir desquels on peut remonter à la structure en 3D. Cette étape comporte toutefois plusieurs limites : elle s'accommode mal des données incomplètes et requiert un temps de calcul prohibitif. Pour pallier ces difficultés, des physiciens statisticiens du Laboratoire de physique théorique de la matière condensée¹ (LPTMC), ont imaginé un nouvel outil non seulement efficace en présence de données lacunaires, mais également 1 000 fois plus rapide que les techniques actuelles. Concrètement, « un calcul qui prenait auparavant trois semaines peut désormais être réalisé en trente minutes, précise Julien Mozziconacci, au LPTMC. Et depuis la publication de nos résultats, nous avons encore progressé : la vitesse de notre nouveau programme a été augmentée d'un facteur 20 ! »



À partir de la carte des contacts chromosomiques (à gauche) obtenue grâce à un nouvel algorithme, il est possible de reconstruire la structure 3D correspondante (à droite).

La méthode en question repose sur de complexes techniques mathématiques. Ces dernières permettent d'abord de représenter sur un graphe les zones de contact issues du repliement de l'ADN des chromosomes, puis ensuite d'obtenir les coordonnées tridimensionnelles des points de contact. La structure tridimensionnelle ainsi obtenue peut être croisée avec d'autres jeux de données génomiques, par exemple la position de certaines protéines le long du génome afin de visualiser les structures formées en trois dimensions par ces protéines dans le noyau. « Nous avons comparé les résultats de notre approche avec des simulations numériques et avec des mesures sur de l'ADN et des polymères, explique Annick Lesne, également au LPTMC et co-auteur de ces travaux. Résultat : elle permet bien d'obtenir une configuration géométrique qui ne présente aucune déformation. » Au final, un bel exemple d'interdisciplinarité entre physique et biologie. II

1. CNRS/UPMC

Nature Methods, septembre 2014

360° SUR...

Le cerveau, de la molécule à la société

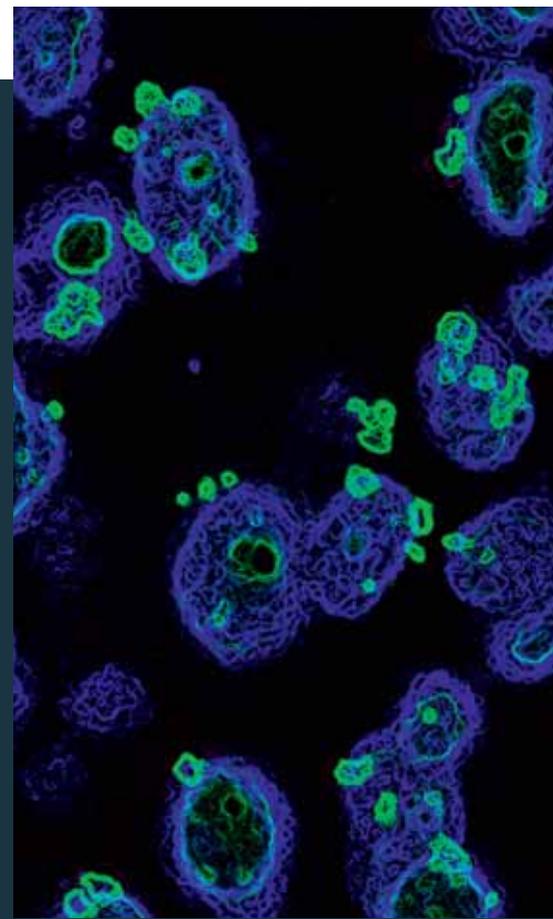
Le cerveau ne se résume pas à un ensemble de neurones. Comprendre son fonctionnement nécessite une approche à toutes les échelles.

Organe de la complexité par excellence, le cerveau demeure une terra incognita de la biologie. « Le cerveau humain renferme pas moins de 100 milliards de neurones connectés entre eux par plus de 100 000 milliards de synapses dont le fonctionnement concerté permet d'agir et de penser », s'émerveille Bernard Poulain, directeur adjoint scientifique « Neurosciences-cognition » à l'INSB. Ainsi, pour en décrypter les mystères, toutes les échelles comptent. Depuis quelques années, les scientifiques commencent même à pouvoir appréhender le fonctionnement cérébral en considérant plusieurs niveaux de complexité simultanément. Une révolution dans l'histoire des sciences du cerveau à laquelle participent plusieurs instituts du CNRS, au premier rang desquels l'Institut des sciences biologiques, l'Institut des sciences humaines et sociales et l'Institut de physique. L'exploration des échelles les plus fines reste indispensable pour accéder aux fondements de l'activité cérébrale. Ainsi, en combinant niveaux moléculaire et cellulaire, une équipe de l'institut

des maladies neurodégénératives¹ a récemment mis en évidence le rôle insoupçonné des récepteurs dit P2X de l'ATP, à la surface des neurones, dans les processus de mémoire.

INTÉGRER TOUTES LES ÉCHELLES

Mais à l'autre bout de la chaîne, des chercheurs du Laboratoire de psychologie cognitive² ont montré que la capacité à enrichir un savoir au fil des générations n'est pas l'apanage de l'homme, puisqu'il concerne aussi les babouins. « Seule une approche intégrative allant de la molécule à l'individu dans la sphère sociale, y compris chez d'autres espèces que l'homme, permettra d'appréhender le fonctionnement du cerveau dans toutes ses dimensions », commente ainsi Bernard Poulain. C'est si vrai que de plus en plus d'études mettent désormais en évidence la nécessité d'une approche couplant différentes échelles. Ainsi des scientifiques du Département d'études cognitives de l'ENS³ ont par exemple montré que les battements du cœur influencent notre capacité à voir. « Avant, pour étudier le



fonctionnement du cerveau, on l'isolait de son environnement et on le découpait en tranche, résume Bernard Poulain. Cette étude démontre l'importance de la prise en compte de son environnement, à commencer par le corps. » Signe indubitable que la complexité du fonctionnement du cerveau dépasse même largement celui de ses 100 milliards de neurones !

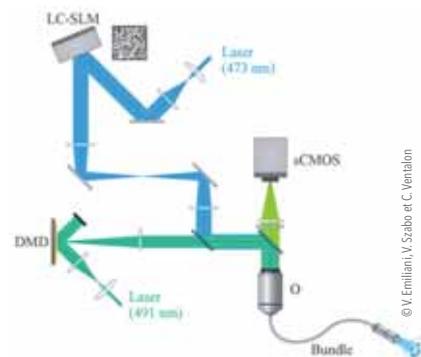
1. CNRS/Université de Bordeaux
2. CNRS/Aix-Marseille université
3. CNRS/UPMC/Inserm/ENS

ACTIVER LE CERVEAU AVEC DE LA LUMIÈRE

Étudier le cerveau à plusieurs échelles simultanément, cette révolution en cours dans les neurosciences est également permise par le développement de nouveaux outils d'exploration. Des chercheurs du Laboratoire de neurophotonique¹ ont mis au point un fibroscope permettant, chez la souris éveillée et libre de ses mouvements, de manipuler l'activité de chaque neurone d'une région cérébrale afin d'établir des liens entre activité neuronale et comportement. Son principe : un microscope permettant de sculpter à l'échelle du micron des motifs de lumière adaptés à la forme et à la position des cellules à activer et un faisceau de fibres optiques très compact pour transmettre ces motifs vers le cerveau d'une souris mutante présentant une protéine « photo-activable » au niveau de ses neurones.

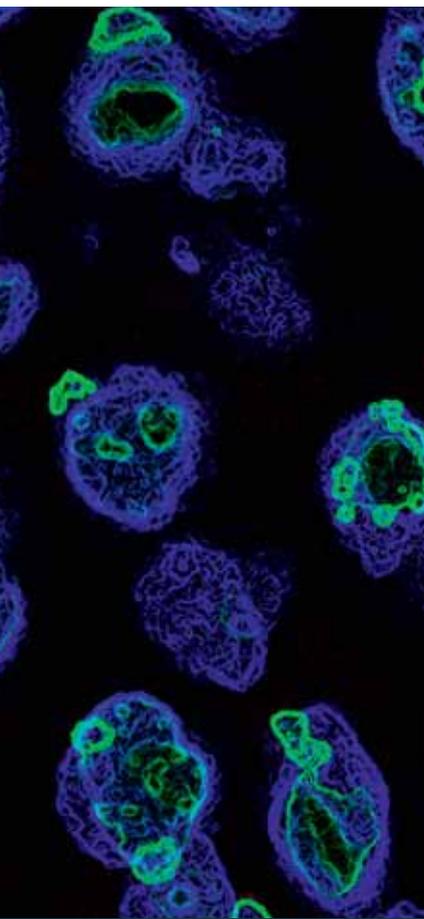
1. CNRS/Université Paris Descartes

Neuron, novembre 2014



© V. Emiliani, V. Szabo et C. Verdiani

Composé d'un microscope et d'un guide d'image, le fibroscope permet de contrôler sélectivement l'activité de neurones avec de la lumière.



L'activité du cerveau ne se résume pas à celle des synapses (en vert) et des neurones (en bleu) qui le composent. Au contraire, cet organe doit être étudié à toutes les échelles.

© CNRS Photothèque/MNV / Bruno Bontempi

UNE ÉTONNANTE BIODIVERSITÉ VIEILLE DE 2,1 MILLIARDS D'ANNÉES

La richesse du plus vieux groupement d'organismes pluricellulaires jamais découvert confirmée.

Une étude conduite par l'équipe d'Abderrazak El Albani, à l'Institut de chimie des milieux et matériaux de Poitiers¹, apporte de nouvelles informations sur l'extraordinaire découverte faite par le géologue en 2010. Dans un gisement sédimentaire, au Gabon, celui-ci mettait alors au jour une impressionnante collection de fossiles d'organismes pluricellulaires complexes datés de 2,1 milliards d'années. Soit les plus vieux témoins d'une vie multicellulaire jamais exhumés.

Comme beaucoup de grandes découvertes, celle-ci s'est faite « par hasard » : « Je cherchais alors à reconstruire la chimie des océans de la Terre à l'époque reculée où le gisement sédimentaire s'est constitué », raconte le scientifique. Sauf qu'en analysant les roches de ce gisement, le chercheur observe des objets intrigants qu'il soupçonne rapidement d'être les fossiles d'organismes complexes inconnus jusque-là. Aussi, trois mois à peine après son retour de sa première mission, il repart sur place pour en apprendre davantage.



© CNRS Photothèque / Abderrazak El Albani

Ce macrofossile mis au jour dans le gisement sédimentaire au Gabon exhibe des morphotypes lobés avec des structures périphériques radiales.

C'est ainsi que le scientifique met au jour 250 fossiles, débutant une collection qui s'élève aujourd'hui à 500 spécimens. Dans leur étude parue en 2014, les scientifiques les ont analysés plus en détail par microtomographie à rayons X, une méthode permettant de caractériser les différents morphotypes en révélant les structures tridimensionnelles interne et externe des fossiles. Organismes de formes variées (circulaires, allongés, en forme de lobes...), de tailles variant entre 50 microns et 20 centimètres, le résultat, aussi étonnant qu'inattendu, démontre une surprenante biodiversité, preuve de l'existence, il y a 2,1 milliards d'années, d'un écosystème marin complet. De nouvelles études sont en cours pour étudier le lien entre les variations du taux d'oxygène dans l'atmosphère au cours de l'évolution de la Terre et l'émergence de ce surprenant ensemble d'organismes complexes. II

1. CNRS/Université de Poitiers

Nature, juillet 2010 et Plos One, juin 2014

L'ANXIÉTÉ DE L'ÉCREVISSE

Des scientifiques ont réussi à induire un comportement d'anxiété chez l'écrevisse, qui disparaît après injection d'anxiolytiques. Décrite jusque-là exclusivement chez l'homme et quelques vertébrés, l'anxiété non pathologique n'avait jamais été observée chez un invertébré. Alors que depuis le début des années 1990, de nombreuses recherches en neurosciences ont été menées chez la souris, cette nouvelle étude, avec d'autres, contribue à élargir le spectre des modèles animaux. « Varier les modèles est un enjeu crucial pour identifier et caractériser de nouveaux processus nerveux n'existant pas chez les mammifères ou difficile à explorer chez l'homme et la souris », conclut Bernard Poulain.

Science, juin 2014

EN BREF

LA QUEUE DES GLOBULES BLANCS LEUR SERT DE GIROUETTE

Comment les globules blancs évoluent-ils dans la direction opposée à l'écoulement sanguin qui les porte ? Grâce à leur queue, ou uropode, qui tourne comme une girouette dans le vent. Pour le démontrer, des physiciens et des biologistes ont attaché une bille magnétique sur l'appendice de globules qu'ils ont pu ainsi manipuler grâce à des pincettes magnétiques, contrôlant la direction prise par ces cellules.

Nature Communications, 2014



PATRICE BOURDELAIS,
directeur de l'Institut
des sciences humaines et
sociales

Directeur d'études à l'École des hautes études en sciences sociales (EHESS), Patrice Bourdelais est historien et démographe. Ses travaux portent sur la dynamique des populations, les épidémies, le vieillissement de la population et la santé publique.

Les SHS investissent le tissu économique

L'Institut des sciences humaines et sociales resserre les liens entre sphères académique et socio-économique pour que les avancées des sciences humaines et sociales profitent à tous.

Les sciences humaines et sociales, pourvoyeuses d'innovations et créatrices de richesses ? « En la matière, je ne vois pas de différence avec les sciences physiques, la chimie ou la biologie », insiste Patrice Bourdelais, directeur de l'INSHS, pour qui la lutte contre les clichés selon lesquels les SHS seraient cantonnées au laboratoire et le renforcement des liens entre SHS et sphères économique et sociale sont une priorité.

La preuve de l'insertion des SHS dans le tissu économique ? Par exemple le logiciel Freturb proposé

par deux membres du Laboratoire d'économie des transports¹ qui permet de fluidifier le trafic de transport des marchandises, déjà adopté par une quarantaine d'agglomérations. Ou bien la SCOP² Acokima, actuellement en cours de création, issue du laboratoire Théma³. Son offre : des services d'ingénierie de projets territoriaux à forte composante écologique et solidaire. Et plus globalement la quarantaine de start-up, dont trois en projets, issues de l'INSHS.

MULTIPLIER LES PASSERELLES

Pour autant, « il est vrai que cette dimension innovante et porteuse de développement économique des SHS est souvent méconnue », constate le directeur. Raison pour laquelle l'institut dont il a la charge a initié en 2013 Innovatives SHS, un salon de la valorisation, dans le but

PERSPECTIVE

LES LANGAGES NUMÉRIQUES SE MUENT EN OBJETS SCIENTIFIQUES

SMS, emails, tweets... révolutionnent les usages de la langue et passionnent les linguistes.

L'ensemble des textes produits directement sur supports numériques constituent un corpus d'objets linguistiques d'un genre nouveau. Le langage SMS par exemple, qui permet une communication écrite privée à distance quasi-synchrone, est sans équivalent depuis l'invention de l'écriture. « C'est un objet particulièrement intéressant pour mettre en évidence différents registres de l'écrit comme il en existe à l'oral - académique, familial, technique... », explique Josie Bernicot, au Centre de recherches sur la cognition et l'apprentissage¹.

Une chose est sûre, les travaux de cette chercheuse ont mis en évidence l'innocuité de l'écriture SMS sur le niveau d'orthographe des collégiens. Et il n'y aurait aucune raison de la dévaloriser.

Au CNRS, les travaux sur les langages numériques bénéficient notamment d'un soutien à travers l'appel à projets PEPS (Projets exploratoires premier soutien) HuMaln piloté par la Mission pour l'interdisciplinarité. Il a déjà permis de soutenir trois programmes sur le thème des tweets et du langage SMS. ||

1. CNRS/Université de Poitiers

EN BREF

LES DÉCONNECTÉS VOLONTAIRES

Nous rêvons de déconnexion. Tel est le résultat de l'étude Devotic pilotée par Francis Jauréguiberry, au laboratoire Société, environnement, territoire¹.

Menée à partir d'un corpus de 500 témoignages, elle montre comment et pourquoi, en moins de vingt-cinq ans, nous sommes passés d'un plaisir récent de connexion à un désir latent de déconnexion. Tout en mettant en évidence la difficulté que nous avons à nous déconnecter de manière effective...

1. CNRS/Université de Pau-Pays de l'Adour

de faire naître, à travers des rencontres, des projets impliquant académiques et acteurs économiques et sociaux. Une réussite qui a motivé l'organisation de salons de la valorisation régionaux un peu partout en France en 2014, en attendant une deuxième édition des Innovatives SHS en 2015.

Encouragés par l'INSHS, ces événements régionaux ont été portés par les Maisons des sciences de l'homme et le Consortium de valorisation thématique de l'Alliance Athena (CVT ATHENA), créé dans le cadre des investissements d'avenir. La vocation de ce dernier : rendre visible, également à travers des appels à projets, l'offre académique en SHS pour les entreprises. « Ces dernières savent la valeur ajoutée des travaux académiques en économie, en psychologie du travail ou en gestion, explique Patrice Bourdelais, mais un constructeur automobile n'imagine pas a priori l'intérêt qu'il pourrait avoir à travailler avec un spécialiste de la signification et de la représentation sociale des couleurs ! » Sans compter l'intérêt pour les chercheurs de tester leurs hypothèses et leurs modèles dans un champ différent de celui qui les a vus naître.

Enfin, l'INSHS a mis au centre de ses priorités les sciences du comportement collectif, dont les résultats sont au premier rang des intérêts des entreprises. « Cela pourra prendre la forme d'une fédération de recherche ou d'une commission interdisciplinaire du comité national, précise Patrice Bourdelais qui ajoute : c'est en France le maillon manquant pour une interaction forte entre mondes industriel et académique. » De quoi finir de mettre à bas les clichés sur les SHS. ||

1. CNRS/Université de Lyon/Université Lumière Lyon 2/ENTPE

2. Société coopérative et participative

3. CNRS/Universités de Franche-Comté et de Bourgogne

88MILSMS : DES SMS À DISPOSITION DE LA COMMUNAUTÉ SCIENTIFIQUE

Depuis 2014, les 90 000 SMS « récoltés » en 2011 dans le sud de la France par les chercheurs du laboratoire Praxiling¹ sont mis à disposition de l'ensemble de la communauté scientifique sur le site <http://88milsms.huma-num.fr/>.

Ce corpus anonymisé sans équivalent permettra notamment aux spécialistes des langages numériques d'étudier l'immense créativité lexicale de ce mode de communication éminemment intime où s'exprime, selon Rachel Panckhurst, du laboratoire Praxiling, une dimension affectivo-ludique particulièrement forte de la langue.

1. CNRS/Université Montpellier 3

© CNRS/Photothèque / Christophe Lebedinsky



PRIX/

LE PRIX NOBEL D'ÉCONOMIE REMIS À JEAN TIROLE

Le 13 octobre 2014, un troisième Français s'est vu attribuer le prix Nobel d'économie. Après Gérard Debreu et Maurice Allais, Jean Tirole a été distingué pour son analyse des imperfections du marché et de sa régulation. Médaille d'or du CNRS en 2007, cet économiste de 61 ans est connu dans le monde entier pour ses travaux sur la « nouvelle économie industrielle ». Alain Fuchs, président du CNRS, a salué en lui « un théoricien d'exception qui a su modéliser d'importantes questions économiques et renforcer la dimension internationale de ses recherches ».

TEMPS FORT

Guerre de 14-18, le CNRS au-delà du bilan

Cent ans après le début de la Première Guerre mondiale, c'est désormais la vie en temps de guerre qui intéresse les historiens.

« Le bilan de la guerre est aujourd'hui connu, note Fabrice Boudjaaba, chargé de mission à l'INSHS. Les historiens s'intéressent désormais essentiellement à la problématique des sociétés plongées dans une situation inédite par la durée et l'intensité du conflit. »

En témoigne par exemple la publication du livre de Stéphane Audoin-Rouzeau, du Centre d'études sociologiques et politiques Raymond Aron¹, *Quelle Histoire. Un récit de filiation (1914-1940)* (EHESS/Gallimard/Seuil, 2013) dans lequel le scientifique s'interroge sur la transmission du récit de la guerre au sein de sa propre famille. L'ouvrage de Nicolas Mariot, du Centre européen de sociologie et de science politique (CESSP)², *Tous unis dans la tranchée ? 1914-1918, les intellectuels à la rencontre du peuple* (Seuil, 2013), est quant à lui représentatif de l'ouverture des études sur la Première Guerre mondiale à d'autres disciplines. Notamment à l'anthropologie de la violence ou encore à la paléo-parasitologie, qui a par exemple permis à Matthieu Le Bailly, en prouvant la présence de parasites intestinaux chez les Poilus, de documenter leurs conditions de vie. Par ailleurs, « le Centenaire a été l'occasion d'une réflexion sur la commémoration et sur la manière dont l'histoire est aussi transformée en mémoire », ajoute Fabrice Boudjaaba. Signe indubitable que ce conflit sans précédent reste un objet historique bien vivant. ||

1. CNRS/EHESS

2. CNRS/EHESS/Université Panthéon-Sorbonne



Ces œufs de capillaria, un ver nématode, retrouvés sur un soldat allemand sont proches de ceux d'un parasite du rat.

© CNRS/Photothèque/DFC / Matthieu Le Bailly

EN IMAGES

DES AMPHORES DU VII^e SIÈCLE AVANT NOTRE ÈRE PLUS VRAIES QUE NATURE

Montrant des amphores gisant à plus de 100 mètres de fond à Malte, dans la plus vieille épave connue de Méditerranée occidentale (un navire datant du VII^e siècle avant notre ère), ce cliché n'est pas une « vraie » photo, mais une reconstitution 3D obtenue à partir de 12 000 photos prises par un système développé avec la société COMEX. Lors d'une collaboration interdisciplinaire entre archéologues et chercheurs en sciences informatiques, ce système a permis de récolter des données inédites concernant l'épave et sa cargaison.

Opération GROPLAN, campagne 2014



© GROPLAN

HOMO ERECTUS SAVAIT OUVRIR DES COQUILLAGES

Découverte en 1891 sur l'île de Java, en Indonésie, cette coquille de moule d'eau douce a livré de nouvelles informations sur le comportement d'*Homo erectus*. Des anthropologues ont en effet montré que *nos ancêtres perçaient astucieusement un trou en face de l'ancrage du muscle maintenant le coquillage fermé pour l'ouvrir et s'en nourrir*. Sur cette coquille, les chercheurs ont également identifié la plus vieille gravure connue du genre Homo : des zigzags tracés il y a 450 000 ans.

En juin 2014 à Rome, Francesco d'Errico, co-auteur de ces travaux, a reçu le Prix international Fabio Frassetto. Attribué par la plus ancienne académie scientifique d'Europe, l'Accademia Nazionale dei Lincei, ce prix récompense l'anthropologue pour l'ensemble de ses travaux.

Nature, décembre 2014



© Wim Lustenhouwer



© F. Dillmann

LES BÂTISSEURS DE CATHÉDRALES UTILISAIENT DES RENFORTS EN ACIER

Les tirants en acier entre les arcs-boutants de la cathédrale de Beauvais (photo) ont été incorporés dans l'édifice en renfort de la pierre dès sa conception au XIII^e siècle. Et non ajoutés après sa construction à des fins de réparation ou de conservation ainsi que le pensaient certains chercheurs. C'est ce qu'a montré une équipe d'archéologues en datant pour la première fois ces tirants via la technique dite du carbone 14, dont la méthodologie a été spécialement adaptée pour l'acier.

Journal of Archaeological Science, janvier 2015

MISE AU JOUR D'UN ATELIER DE POTIERS À POMPÉI

Une campagne de fouilles archéologiques en périphérie de Pompéi donne une vision presque complète d'un atelier de potiers en fonction au moment de l'éruption du Vésuve, qui détruisit la ville en 79 après J.-C. Cet atelier comprenait une salle de travail avec un puits pour l'apport en eau, quatre tours de potiers, des vases crus en train de sécher (photo) et deux fours. *Exceptionnelle, cette fouille a permis d'en apprendre davantage sur l'activité artisanale jusqu'alors peu documentée de cette cité antique.*

*Chronique des activités archéologiques de l'École française de Rome
Campagne de fouilles 2014*



© B. Lemaire, Université de Montpellier 3, UMR 5140 CNRS



© S. Keay/Portus Project

L'EAU DE LA ROME ANTIQUE POLLUÉE AU PLOMB

L'« eau du robinet » de la Rome antique, ainsi que celle de son port, Portus (ici, vue aérienne du bassin hexagonal de Trajan), et de son fleuve, le Tibre, contenaient jusqu'à 100 fois plus de plomb que les sources d'eau locales. Telle est la conclusion d'une mesure de la composition isotopique du plomb dans des canalisations romaines et des sédiments du Portus et du Tibre. Toutefois, cette pollution était insuffisante pour induire une intoxication généralisée des Romains.

Proceedings of the National Academy of Sciences, avril 2014



JEAN-YVES MARZIN,
directeur de l'Institut des sciences de l'ingénierie et des systèmes

Directeur de recherche CNRS, Jean-Yves Marzin consacre ses recherches aux propriétés optiques des micro- et nanostructures. Il a dirigé le Laboratoire de microstructures et de micro-électronique puis le Laboratoire de photonique et de nanostructures.

© CNRS / Délégation PMA

Une mine de chercheurs entrepreneurs

Premier pourvoyeur de start-up parmi les instituts du CNRS, l'Institut des sciences de l'ingénierie et des systèmes (INSIS) mène une politique scientifique propice à la transformation en innovations des recherches menées dans ses laboratoires.

Affichant un portefeuille de près de 300 brevets prioritaires actifs, l'INSIS est également à l'origine de la création d'une vingtaine de start-up chaque année. Ces deux chiffres, qui suffisent à résumer la place prépondérante occupée par l'innovation au sein de cet institut, ne doivent rien au hasard, mais sont le résultat d'une stratégie déclinée à tous les niveaux. Celle-ci vise tout d'abord à ancrer la culture de l'innovation chez ses scientifiques à travers une évaluation qui prenne en compte les travaux de valorisation accomplis, de même qu'en encourageant la mobilité de ses personnels entre secteurs public et privé. Sans oublier les plus jeunes : « Dès la seconde année de thèse, nous incitons tous nos doctorants à mener des « études préliminaires de valorisation », explique ainsi Jean-Yves Marzin, directeur de l'INSIS.

L'objectif est qu'ils se posent systématiquement la question de la valorisation de leurs travaux via le dépôt d'un brevet avant de les publier. »

À un niveau plus global, l'institut favorise également la création de partenariats étroits avec les milieux socio-économiques et ce dans de multiples domaines : énergie, transport, télécommunications, électronique, santé... « C'est même très clairement devenu un critère d'évaluation positif des laboratoires particulièrement important pour notre institut », précise le directeur.

RESSERRER LES LIENS AVEC LES PME

Pour ce faire, l'INSIS joue à fond la carte des outils proposés par l'établissement, notamment celle des laboratoires communs. Bilan : sur l'ensemble de l'Hexagone, l'institut compte près d'une trentaine de laboratoires communs avec des industriels. En 2014, deux nouveaux sont venus compléter la liste : le premier entre SAFRAN et le laboratoire Ampère, et le second entre ST Microelectronics et le Laboratoire des technologies de la microélectronique.

Mais l'INSIS entend également resserrer les liens avec les entreprises régionales. « L'idée est de travailler avec les PME à un niveau sectoriel en mettant l'accent sur les problématiques communes à chaque filière industrielle », détaille Jean-Yves Marzin. Preuve du bien-fondé de la démarche : neuf laboratoires de l'INSIS sont déjà impliqués dans un LabCom, structure financée par l'ANR depuis 2014 pour regrouper laboratoires et PME. Enfin, Jean-Yves Marzin insiste sur l'importance de valoriser également les développements instrumentaux réalisés pour les expériences de pointe de l'institut dont il a la charge. Preuve qu'en matière de valorisation, l'INSIS ne néglige aucune piste !

SUPERSONIC IMAGINE ENTRE EN BOURSE

Le 10 avril 2014, la société SuperSonic Imagine est entrée en bourse. Fondée en 2005 et employant aujourd'hui 120 personnes, elle développe et commercialise Aixplorer®, une plateforme échographique révolutionnaire qui intègre six brevets déposés par l'INSIS sur les recherches menées au Laboratoire ondes et acoustique¹. Son principe : la réalisation d'images et la mesure de l'élasticité des organes à partir de l'enregistrement des ondes de cisaillement dans le corps humain. Cette technique est particulièrement adaptée au diagnostic de plusieurs cancers et des maladies vasculaires. Actionnaire de SuperSonic Imagine via sa filiale de valorisation FIST SA, le CNRS continue de soutenir la volonté d'innovation de l'entreprise qui exploite désormais quatorze brevets de l'établissement.

Par ailleurs, deux autres entreprises issues du CNRS sont entrées en bourse en 2014 : Innoveox qui développe et exploite une technologie non polluante pour traiter des déchets organiques dangereux. Et McPhyEnergy qui propose des solutions de production d'hydrogène par électrolyse de l'eau et une technologie unique de stockage sous forme solide.

1. Aujourd'hui Institut Langevin Ondes et images, CNRS/ESPCI Paritech/UPMC/Université Paris Diderot/Inserm

La cristallographie à l'honneur



© CNRS Photothèque/IBMC / Claude Sauter, Dominique Sauter

crystal gigogne. Autrement dit, un cristal de cristal ! Mieux, en jouant sur la nature des composés métalliques utilisés, ces chimistes sont parvenus à colorer les zones cristallines transparentes, leur donnant des indices de réfraction différents. Une propriété qui pourrait être mise à profit dans des dispositifs optiques : guides d'onde, multiplexeurs...

MODÉLISER LES IMPURETÉS

De leur côté, physiciens et mathématiciens continuent d'explorer les lois qui gouvernent la formation et l'organisation des cristaux. Et développent des simulations numériques pour calculer leur structure électronique, clé de leurs propriétés électriques et magnétiques, et par conséquent du développement de nombreux objets du quotidien : cartes mémoire, batteries, cellules photovoltaïques... Par ailleurs, outre leur intérêt pour les cristaux parfaits, les scientifiques cherchent désormais à modéliser le rôle des impuretés qui, en fonction de la température, peuvent avoir un impact sur le transport électronique. « Ces informations sont par exemple essentielles pour décrire le fonctionnement d'une batterie de téléphone sous un climat non tempéré », précise Hakim Boumaza, au Laboratoire analyse, géométrie et applications³. « Preuve que la cristallographie sera bien au cœur des innovations de demain, tel que l'a mis en avant l'Année internationale », conclut Sébastien Pillet. II

1. CNRS/Université de Lorraine
 2. CNRS/Université de Strasbourg
 3. CNRS/Université Paris 13 Nord/Université Vincennes-Saint-Denis

Déclarée « Année internationale de la cristallographie » par l'Unesco, 2014 a été l'occasion de mettre en lumière une discipline incontournable.

L'analyse de ces cristaux d'une protéine par diffraction de rayons X permet de reconstruire une image 3D de cette macromolécule biologique.

La cristallographie, une discipline démodée ? « Bien au contraire ! Parce qu'elle permet d'étudier la structure microscopique de la matière, c'est un outil indispensable de la physique à l'archéologie en passant par la chimie et la biologie, de même que dans le domaine de l'énergie ou en sciences de la Terre, lance Sébastien Pillet, du laboratoire Cristallographie, résonance magnétique et modélisations¹. C'est par ailleurs une science où se posent encore de redoutables questions fondamentales mettant à contribution physiciens, mathématiciens ou encore informaticiens. Et une source d'innovations dans de nombreux domaines. Une science si vivace que l'Unesco a décrété l'année 2014 « Année internationale de la cristallographie ». « Elle a donné l'occasion aux laboratoires du CNRS de faire découvrir la cristallographie au grand public à travers de très nombreuses manifestations », se félicite Sébastien Pillet, qui a représenté le CNRS au comité de pilotage français de l'événement. Et permis de mettre en avant quelques-unes des avancées parmi les plus récentes du domaine.

UN CRISTAL DE CRISTAL

Ainsi, des chercheurs du laboratoire Chimie de la matière complexe² sont parvenus pour la première fois à maîtriser la croissance tridimensionnelle des couches cristallines qui se forment comme des poupées russes autour d'un cristal germe pour aboutir à ce qu'on appelle un

LA STRUCTURE D'UN RÉCEPTEUR À SÉROTONINE DÉCRYPTÉE

Une équipe franco-suisse impliquant des chercheurs de l'Institut de biologie structurale¹ de Grenoble est parvenue à élucider entièrement la structure d'un récepteur du plus connu des neurotransmetteurs à l'œuvre dans nos cerveaux : la sérotonine. Une prouesse technique, source d'espoir en pharmacologie, qui n'aurait pas pu être obtenue sans l'aide de la cristallographie. Pour y parvenir, les chercheurs ont en effet dû cristalliser ce récepteur, pour ensuite l'imager par diffraction des rayons X... et ainsi révéler la position et l'organisation de chacun des acides aminés composant sa structure. « Cette avancée ouvre la voie à la conception de nouveaux médicaments susceptibles de lutter contre la nausée, un des principaux effets secondaires des chimiothérapies et des anesthésies », se félicite Hugues Nury, à l'IBS.



Structure 3D du récepteur de la sérotonine (rubans bleus) enchâssé dans une membrane lipidique (boules noires et rouges).

1. CNRS/CEA/Université Joseph Fourier

Nature, août 2014

© Institut de biologie structurale (CNRS/CEA/Université Joseph Fourier) / Hugues Nury

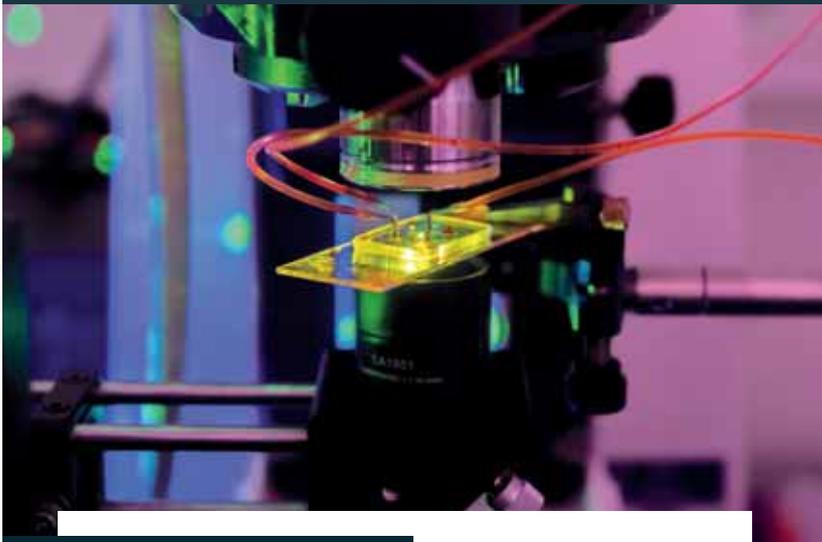
Lumière sur l'optique électromagnétique

À la convergence de la vague « nano » et de la montée en puissance des ordinateurs, cette discipline ancienne révolutionne l'optique.

Lumière lente, confinement extrême et confinement d'impulsion, super-résolution, exaltation géante, imagerie en milieu trouble, capes d'invisibilité... ces dernières années, les spécialistes de l'optique ont mis en œuvre des situations où les interactions de la lumière avec la matière engendrent des phénomènes nouveaux.

Non pas qu'ils aient remis en cause les fondements de l'optique dite électromagnétique : elle reste régie par les équations de Maxwell qui, depuis le XIX^e siècle, indiquent comment se propagent les ondes électromagnétiques – et donc lumineuses – dans un milieu. Mais ils tirent désormais parti des possibilités

Un laser aléatoire, ici positionné sous un microscope, est simple à concevoir et peut être intégré dans des dispositifs de petite taille.



© CNRS Photothèque / Cyril Frelillon

LE LASER ALÉATOIRE DOMPTÉ

Il est possible d'obtenir un effet laser, y compris en l'absence de cavité optique, en utilisant un milieu très hétérogène, par exemple une poudre. Si ce n'est que contrairement au cas d'un laser « classique », où l'amplification de la lumière prend source entre deux miroirs délimitant une cavité, le laser aléatoire qui résulte des trajectoires multiples de la lumière au sein du matériau actif désordonné, produit une lumière aux propriétés incontrôlables.

En contrôlant la forme de l'onde lumineuse excitatrice par un algorithme itératif de la forme de l'onde lumineuse excitatrice du milieu aléatoire, une équipe de l'Institut Langevin Ondes et images est parvenue à produire une lumière laser monochromatique, c'est-à-dire de couleur bien définie. Ce résultat constitue un pas important vers un meilleur contrôle des lasers aléatoires. Ces derniers, qui ont la propriété d'émettre dans toutes les directions, présentent l'intérêt de pouvoir être miniaturisés jusqu'à quelques microns cubes. Avec de possibles applications pour la production de sources lumineuses pour des écrans de télévision par exemple.

L'analyse de la tâche de diffusion d'un objet (à gauche) permet d'en reconstruire une image (au milieu) de très bonne qualité par rapport à l'original (à droite).



© IRE / Ori Katz

offertes par les nanotechnologies de sculpter la matière aux plus petites échelles, couplées à la puissance accrue des calculateurs.

« L'optique électromagnétique est aujourd'hui arrivée à un haut degré de maturité et laisse entrevoir, au-delà de ses aspects fondamentaux, des applications dans les télécommunications, l'éclairage ou la santé », confirme Claude Amra, à l'Institut Fresnel¹ et co-organisateur du workshop « Optique électromagnétique, les nano-objets au cœur de la lumière », qui s'est tenu le 2 décembre 2014 au siège du CNRS.

VOIR À TRAVERS UN MILIEU OPAQUE

Pour preuve, quelques résultats marquants sortis cette année des laboratoires du CNRS. Ainsi, des chercheurs de l'Institut Fresnel ont par exemple montré que l'interaction d'une onde lumineuse dépolarisée, c'est-à-dire dont les champs électrique et magnétique associés ne présentent aucune orientation privilégiée, avec un milieu nano-désordonné en volume avait pour effet de repolariser localement cette onde avec une très bonne efficacité moyenne. Inattendue, cette observation ouvre la voie à une nouvelle possibilité de caractériser les propriétés de milieux hétérogènes.

Par ailleurs, des physiciens du Laboratoire Kastler-Brossel² et de l'Institut Langevin Ondes et images³ ont montré que la silhouette floue d'un objet vu à travers un milieu opaque contient suffisamment d'informations pour, à l'aide de puissants algorithmes, reconstruire une image nette de cet objet. De quoi envisager des applications pour l'imagerie médicale.

Autant de prouesses qui illustrent la maîtrise des physiciens dans l'art de jouer avec la lumière. II

1. CNRS/Aix-Marseille université/École centrale Marseille

2. CNRS/UPMC/Collège de France/ENS Paris

3. CNRS/ESPCI ParisTech

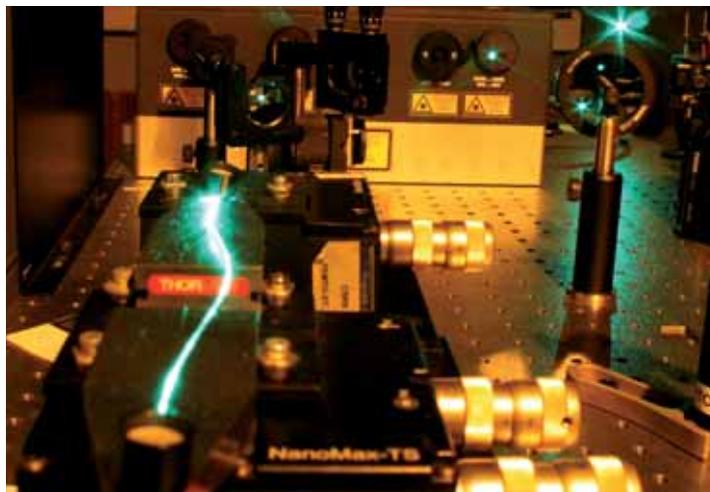
FAIRE VIBRER UNE FIBRE AVEC DE LA LUMIÈRE

Le passage d'une onde lumineuse fait osciller des microfibres optiques.

Les microfibres optiques, obtenues en étirant des fibres de verre typiques de celles utilisées dans les télécommunications, sont 50 fois plus fines qu'un cheveu. Et de ce fait présentent une section plus petite que la longueur d'onde de la lumière infrarouge. Cette situation peu commune est à l'origine d'une découverte surprenante. Des chercheurs de l'Institut Femto-ST¹, en collaboration avec des collègues du Laboratoire Charles Fabry², ont constaté qu'un rayon laser infrarouge circulant dans une telle fibre, parce que la lumière s'y trouve d'une certaine manière comprimée, la faisait vibrer. Précisément, « cette mise en mouvement d'une amplitude de quelques millièmes de millimètres résulte de la propagation d'une onde acoustique se déplaçant à plus de 3 000 mètres par seconde à la surface de la microfibre », explique Thibaut Sylvestre, à l'Institut Femto-ST. Particulièrement sensible à l'environnement qui l'entoure (pression, température, composition gazeuse, etc.), ce phénomène offre des perspectives intéressantes pour la conception de capteurs optiques à la fois très sensibles et très compacts. **II**

1. CNRS/Université de Franche-Comté/ENSMM
2. CNRS/Institut d'optique Graduate School

Nature Communications, octobre 2014



Un rayon laser confiné dans une microfibre optique a la faculté de la faire vibrer.

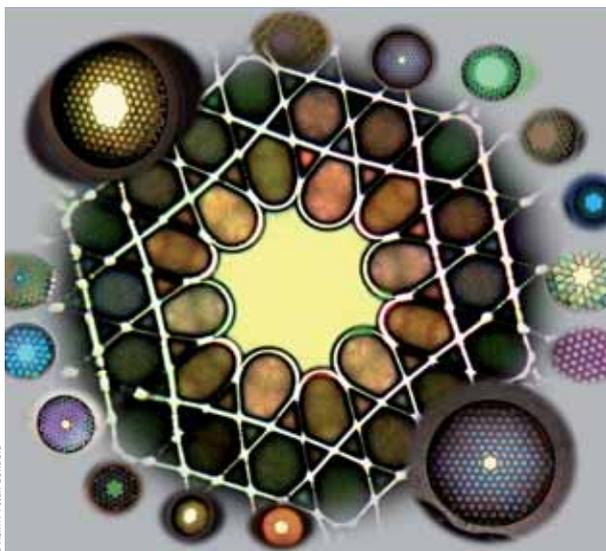
© Institut Femto-ST/CNRS / Thibaut Sylvestre

 @optique

Des physiciens ont montré que les diodes électroluminescentes (LED) redeviennent une alternative intéressante pour le pompage des lasers solides.

UNE HORLOGE ATOMIQUE MINIATURE

Ultra précises, les horloges atomiques dites optiques tiendront demain dans un téléphone portable.



© XLIM / Fetah Benabid

Des atomes de strontium piégés dans ces fibres optiques spéciales permettront de concevoir des horloges atomiques ultra précises et à la miniaturisation sans égale.

Depuis les années 1970, les horloges atomiques sont la référence universelle pour la mesure du temps. Leur très grande précision, basée sur l'excitation d'atomes de césium par des micro-ondes est aujourd'hui surpassée par une nouvelle génération d'horloges dites « à réseau optique ». Cette technologie faisant appel à des lasers d'ondes visibles, les atomes y sont en effet excités à des fréquences bien plus élevées. Des chercheurs du laboratoire XLIM¹, en collaboration avec des physiciens de l'université de Tokyo, ont franchi un pas important vers la miniaturisation de ces dispositifs 100 fois plus précis qu'une horloge atomique conventionnelle. Comment ? En parvenant à confiner une chaîne d'atomes de strontium dont la température est proche du zéro absolu (-273,15 °C) à l'intérieur d'une fibre optique creuse spécialement conçue à cet effet. Précisément, la prouesse des scientifiques est d'être parvenus à loger ces atomes dans le cœur de la fibre en évitant que leur état quantique ne soit altéré par ses parois pourtant proches de quelques millièmes de millimètre.

« La configuration fibrée autorisant l'assemblage les uns à la suite des autres d'un nombre quasi-illimité d'atomes sans qu'ils ne rentrent en collision, celle-ci permet d'augmenter l'amplitude du signal tout en conservant sa précision », explique Fetah Benabid, au XLIM et co-auteur de l'étude. Parce qu'il s'appuie sur un réseau de fibres de dimension micrométrique, un tel dispositif ouvre la voie vers la mise au point d'horloges universelles de grande précision pas plus grandes qu'un smartphone. **II**

1. CNRS/Université de Limoges

Nature Communications, juin 2014

ALAIN SCHUHL,
directeur de l'Institut
de physique

Professeur de l'université Joseph Fourier, à Grenoble, Alain Schuhl consacre ses travaux à la spintronique. Il a dirigé le laboratoire Spintec puis l'Institut Néel. Il est membre senior de l'Institut universitaire de France depuis 2010.



© CNRS / Délégation PMA

Le CNRS mise sur le graphène

Matériau ultra prometteur, le graphène constitue un des axes majeurs de la politique scientifique du CNRS à l'interface de la physique et de la chimie.

Conductivité électrique extraordinaire, finesse ultime, robustesse mécanique... les propriétés du graphène, ce feuillet monocouche d'atomes de carbone découvert en 2004, sont impressionnantes. Depuis, les recherches sur le sujet ont crû exponentiellement. Au CNRS, elles concernent plusieurs instituts, au premier rang desquels l'Institut de physique et l'Institut de chimie.

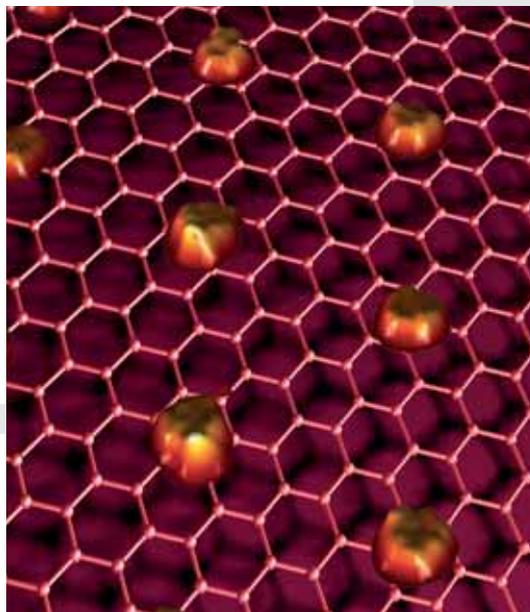
LE GRAPHÈNE DEVIENT SUPRACONDUCTEUR

La conductivité du graphène est adaptable par simple application d'un champ électrique. En revanche ce matériau possède une résistance électrique et n'est donc pas a priori supraconducteur. Jusqu'à ce que des physiciens de l'Institut Néel¹, à Grenoble, y déposent des nanobilles d'étain. Naturellement supraconducteur en-dessous de 3,7 K, ce matériau a alors transmis cette propriété à son support par simple effet de proximité. Résultat : une résistance nulle au passage d'un courant électrique ! Par ailleurs, en faisant varier le champ électrique couplant les billes d'étain au graphène, les chercheurs ont montré qu'il était possible de contrôler l'état supraconducteur ou non de leur système. Ainsi, ce dernier offre la possibilité d'étudier les aspects physiques fondamentaux de la supraconductivité à deux dimensions. Il préfigure également des détecteurs de particules via le champ électrique qu'elles engendrent.

1. CNRS

Nature Physics, mai 2014

Ce réseau de graphène « décoré » avec des nanoparticules d'étain (vue d'artiste) présente des propriétés de supraconduction.



© Zheng Fan

QUARANTE ÉQUIPES IMPLIQUÉES

Dans les premières années, les recherches sur le graphène ont surtout été tirées par ses promesses en matière d'électronique rapide. Mais l'éventail des activités s'est aussi considérablement ouvert. « Nous cherchons à contrôler les propriétés du graphène et à lui en conférer de nouvelles », explique Alain Schuhl, directeur de l'Institut de physique. Jean-François Tassin, directeur adjoint scientifique de l'Institut de chimie, ajoute : « Une autre problématique importante est le développement de techniques permettant d'obtenir des monofeuillets en quantités significatives. »

Une chose est sûre, le CNRS investit des moyens importants sur cette thématique dont les enjeux en matière d'application, de l'électronique rapide aux matériaux composites en passant par le stockage de l'énergie, sont énormes. « Au CNRS, elle concerne pas moins de quarante équipes de recherche, deux cents chercheurs permanents et autant de non permanents », précise Alain Schuhl.

LE CNRS LEADER EUROPÉEN

« Par ailleurs, l'établissement a un rôle central dans la structuration des communautés nationales et internationales », poursuit le

MÉCANO CHIMIQUE DE GRAPHÈNE

Une équipe de l'Institut parisien de chimie moléculaire¹ est parvenue à conférer des propriétés nouvelles à du graphène, tout en préservant ses propriétés intrinsèques. Pour fonctionnaliser du graphène, il faut y déposer des molécules présentant des propriétés spécifiques. Or cet ajout a une fâcheuse tendance à « casser » les propriétés exceptionnelles du feuillet atomique. Pour contourner cette difficulté, les chimistes ont donc commencé par y déposer des briques moléculaires qui s'auto-assemblent en un réseau périodique. Parce que ces briques se lient faiblement au graphène, elles n'en perturbent pas les propriétés. Mais surmontées d'un « pilier » de quelques angströms, il est alors possible d'y fixer une molécule d'intérêt. Ce « mécano chimique » en 3D ouvre de nombreuses perspectives. Par exemple, réaliser des phototransistors, ou encore rendre le graphène semiconducteur.

1. CNRS/UPMC

Angewandte Chemie International Edition, juillet 2014

directeur de l'INP. Meilleure preuve en 2014, son rôle de pilote du pavillon « Graphène in France », en partenariat avec des acteurs locaux, à la conférence internationale Graphene 2014 qui s'est tenue du 6 au 9 mai au Centre des Congrès Pierre Baudis à Toulouse. Organisé pour la première fois en France, ce rendez-vous incontournable de la communauté mondiale du graphène a rassemblé plus de 800 chercheurs. Le pavillon français y a en particulier présenté les activités du Groupement de recherche international (GDRI) « Graphène et nanotubes » qui, aux côtés du CNRS, rassemble le CEA, l'Onera, des universités ou encore des industriels tel Thales.

Ainsi, rien d'étonnant à la place de choix occupée par le CNRS dans le Flagship européen Graphene, soit la plus importante initiative de l'Union européenne en matière de recherche. Lancée en 2013, elle est dotée d'un budget d'un milliard d'euros sur dix ans. « Onze laboratoires de l'établissement sont directement impliqués et permettent à la France de se positionner comme premier partenaire du projet », note Alain Schuhl. Par ailleurs, le CNRS se hisse au premier rang des institutions académiques européennes en termes de brevets déposés autour du graphène et participe activement à la création de start-up dans le domaine. « Sur la thématique, la France et le CNRS jouent dans le groupe de tête », conclut Alain Schuhl. **II**



@chimie

Des chercheurs ont mis au point un procédé pour solubiliser des nanotubes de carbone tout en préservant leurs propriétés mécaniques et électroniques.



© Équipe STM du laboratoire Matériaux et phénomènes quantiques

Cette image réalisée par microscopie à effet tunnel révèle les « joints » séparant différents grains d'un feuillet de graphène.

GRAPHÈNE : SES DÉFAUTS SONT DES QUALITÉS !

Des physiciens montrent comment tirer parti des défauts cristallographiques du graphène, jusqu'alors considérés comme un frein à ses applications.

Nul n'est parfait. Malgré ses propriétés physiques et chimiques extraordinaires, le graphène n'échappe pas à la règle. Si on le présente souvent comme un fin feuillet d'atomes de carbone impeccablement organisés en nid d'abeille, cette vision idéale a des limites. En pratique, le graphène ressemble plus à une mosaïque, où la perfection de chaque morceau, typiquement de la taille du micromètre, est rompue par des frontières irrégulières séparant les domaines adjacents. Des défauts considérés comme un frein à la production de ce matériau sur de grandes dimensions. « Nous avons pris le parti de renverser la perspective, en montrant que ces imperfections pouvaient en fait être utiles », indique Jérôme Lagoute, du laboratoire Matériaux et phénomènes quantiques¹. À l'aide d'un microscope à effet tunnel à basse température, les scientifiques ont commencé par analyser à l'échelle atomique un grand nombre de ces « joints de grains ». Constat : lorsque l'angle qui sépare l'orientation du réseau cristallin de deux domaines voisins est inférieur à 20 degrés, le graphène se soulève de plusieurs angströms à la jointure et forme une cloque au relief désordonné. Mais s'il est plus grand, c'est une fine ridule composée d'une succession d'atomes de carbone formant des pentagones et des heptagones qui sépare les deux domaines.

Les physiciens sont ensuite parvenus à caractériser les propriétés électroniques des deux types de frontières. Si les cloques ont un effet catastrophique sur la conductivité électrique, les ridules, en revanche, se comportent comme des filtres capables de sélectionner les électrons selon leur direction et leur vitesse. « Réaliser de tels joints de grains de façon contrôlée est encore hors de portée, précise Jérôme Lagoute. Pour autant, leur utilisation ouvre des perspectives pour la conception de dispositifs électroniques en graphène, par exemple pour contrôler le transport d'électrons dans ce matériau. » Comme quoi les défauts sont parfois des qualités ! **II**

1. CNRS/Université Paris Diderot

Nano Letters, octobre 2014

PRIX

LE PRIX KAVLI À THOMAS EBBESEN

Le scientifique franco-norvégien Thomas Ebbesen, professeur à l'université de Strasbourg et directeur de l'Institut d'études avancées de Strasbourg (USIAS), a remporté le prix Kavli 2014 en nanosciences. Plus haute distinction internationale dans ce domaine, il récompense cette année la découverte du phénomène de transmission optique extraordinaire. Précisément, Thomas Ebbesen a montré que dans certaines conditions, la lumière pouvait se faufiler à travers des interstices plus petits que sa longueur d'onde. Une découverte qui offre un nouveau contrôle de la lumière à l'échelle du nanomètre et qui a ouvert tout un champ d'applications allant de la biologie à l'opto-électronique.



© UNISTRA / C. Schröder

STRATÉGIE

DOMINIQUE MASSIOT,
directeur de l'Institut
de chimie

Directeur de recherche CNRS, Dominique Massiot est géochimiste. Il s'est consacré à l'étude du désordre dans les matériaux inorganiques ou hybrides. Il a dirigé l'infrastructure de recherche RMN à très hauts champs et le laboratoire CEMHTI.

La voie directe vers l'innovation

La politique scientifique et les outils partenariaux mis en œuvre par l'Institut de chimie font aller de pair recherche académique et innovation technologique.

Pour Dominique Massiot, directeur de l'INC, « il n'y a aucune fatalité à ce que le chemin soit long entre une découverte scientifique et sa traduction en innovation. Au contraire, il est tout fait possible de réduire la distance au minimum. » C'est ce que le scientifique appelle le « circuit court », une conception de la recherche chère à l'institut dont il a la charge, qui voit académisme de haut vol, innovation technologique et développement industriel aller de concert.

Et pour cause, historiquement, la chimie a cela de particulier que questionnements fondamentaux et enjeux applicatifs vont souvent de pair. Pour les faire converger, l'Institut de chimie mise sur la co-construction de projets scientifiques entre les laboratoires et les industriels, en puisant dans la panoplie des outils collaboratifs du CNRS.

Un exemple : l'unité E2P2L avec Solvay à Shanghai où ont été développées en 2014 des nanoparticules qui permettent de réaliser des réactions chimiques sans

solvant ni agent tensioactif. « Ce résultat touche un concept complètement émergent en chimie, et pourtant il ouvre d'emblée des perspectives pour réduire significativement les déchets industriels », commente le directeur de l'INC.

Plus généralement, les unités en cotutelle avec des industriels, qui permettent de partager des personnels, des locaux et des équipements dédiés à un projet commun, sont particulièrement bien adaptées à la philosophie du « circuit court ». « 11 unités avec des industriels impliquent des laboratoires rattachés à l'INC, ce qui est un record au CNRS », précise Dominique Massiot.

FLUIDIFIER LES COLLABORATIONS

Mais le « circuit court » peut également se faire plus souple grâce aux Laboratoires communs de recherche (LCR). Sans murs, ces structures permettent l'échange de personnels et une gestion simplifiée des problématiques de propriété intellectuelle entre les partenaires. C'est ainsi ce schéma qui a été privilégié pour sceller le rapprochement entre le CNRS, l'université de Strasbourg et Bayer Cropscience autour de la chimie des composés organiques fluorés. Soit des molécules dont la chimie fondamentale requiert des savoir-faire académiques spécifiques, mais qui sont également un énorme enjeu industriel puisqu'elles sont présentes dans 20 % des produits pharmaceutiques et près de 50 % des produits agrochimiques. Preuve de l'efficacité de la politique de « circuit court » : « 1 700 familles de brevets, soit 41 % du total du CNRS, sont issues de l'INC, de même que 153 start-up », constate Dominique Massiot. Pour qui, dans le meilleur des cas, le « circuit court » se résume à un point ! ||

UNE NOUVELLE UMI AVEC L'INDUSTRIE CRÉÉE EN 2014

2014 a vu l'inauguration d'une nouvelle unité mixte internationale (UMI) industrielle, le LINK (Laboratory for Innovative Key Materials and Structures). Rattachée à Saint-Gobain et au CNRS, elle est implantée dans les locaux du NIMS, l'Institut japonais de science des matériaux. Ce nouveau laboratoire est le fruit d'une longue collaboration entre les trois partenaires. Dédié à la chimie des matériaux, notamment des nanocomposites à base de clusters de métaux de transition pour des applications dans les céramiques, les cristaux ou les vitrages, le LINK mettra en œuvre l'ensemble de la chaîne allant de la synthèse aux procédés de mise en forme et aux études des propriétés physico-chimiques. De quoi optimiser la trajectoire allant des avancées fondamentales aux innovations industrielles !

 @spintronique

Des physiciens sont parvenus à observer et à contrôler une paroi de domaine magnétique, soit la brique de base de nouveaux types de mémoires, dans un nanofil.

Chimie, le vivant comme source d'inspiration

Propre et efficace, la nature offre aux chimistes une source d'inspiration à nulle autre pareille pour créer de nouvelles substances artificielles.

Les poètes ne sont pas les seuls à trouver dans la nature une source d'inspiration. Ils partagent désormais cette inclination avec les chimistes, à qui le vivant offre un réservoir inépuisable de réactions à reproduire ou imiter. « C'est aujourd'hui une tendance lourde de la chimie », indique Jacques Maddaluno, directeur adjoint scientifique de l'Institut de chimie. Et pour cause, alors que la chimie a traditionnellement recours à des conditions réactionnelles « dures » – températures élevées, solvants agressifs... – le vivant a bénéficié de 3,8 milliards d'années pour optimiser dans un environnement « doux » la réponse à nombre de problématiques. Comme l'indique Jacques Maddaluno, « l'énergie est un des domaines de prédilection de la bio-inspiration. » En témoignent notamment les travaux récents réalisés au Laboratoire de bioénergie et ingénierie des protéines¹ sur la pile à combustible (PAC), dont le principe consiste à faire réagir de l'hydrogène avec de l'oxygène pour obtenir de l'électricité. Pour booster ses performances, les scientifiques ont ainsi imaginé un dispositif intégrant deux enzymes bactériennes spécialisées respectivement dans l'oxydation de l'hydrogène et la

réduction de l'oxygène, les deux réactions sur lesquelles repose le fonctionnement du PAC.

PRÉSERVER LES RESSOURCES

Autre exemple : les efforts des chercheurs du Laboratoire de chimie et biologie des métaux² pour reproduire le fonctionnement des usines biologiques que sont les sites catalytiques des métalloenzymes. À la clé : des enzymes artificielles capables de synthétiser des produits d'intérêt industriel à température ambiante tout en limitant les sous-produits inutilisables. « La bio-inspiration est également très prometteuse en science des matériaux, traditionnellement dominée par des réactions énergivores et l'utilisation de ressources non renouvelables, tel le pétrole », poursuit le directeur adjoint. Pour preuve, les polyuréthanes développés par l'Institut de chimie et procédés pour l'énergie, l'environnement et la santé³, à partir de résidus de bois et d'huiles végétales. Matériaux qui pourraient à terme remplacer leurs alter ego issus du pétrole dans les secteurs de l'automobile et du bâtiment. Partenaire du projet, la société Soprema industrialisera ainsi prochainement des

membranes d'étanchéité pour l'isolation de toits à partir de ces matériaux durables. Preuve que la bio-inspiration n'est pas qu'une abstraction pour poète ! II

1. CNRS/Aix-Marseille université
2. CNRS/CEA
3. CNRS/Université de Strasbourg

Grossie ici 4 200 fois, cette nacre synthétique bio-inspirée est dix fois plus tenace qu'une céramique classique.



© CNRS Photographique / Florian Bourille

CÉRAMIQUE ULTRA RÉSORTE : LA NACRE POUR MODÈLE

S'inspirant de la structure de la nacre des ormeaux, des chercheurs ont mis au point un matériau céramique dix fois plus tenace qu'une céramique classique. Précisément, les scientifiques sont parvenus à reproduire artificiellement la structure lamellée de la nacre au sein de laquelle une fissure voit sa propagation limitée par un trajet en zigzag, d'où l'extrême résistance de ce matériau naturel. Ainsi, les chercheurs éliminent l'un des talons d'Achille des céramiques : leur fragilité. Mieux, le procédé de fabrication qu'ils proposent, sans difficulté technique ni surcoût par rapport à l'existant, ne devrait pas poser de problème d'industrialisation. À la clé, des applications pour l'allègement ou la réduction en taille des éléments céramiques des moteurs, des dispositifs de génération d'énergie ou encore des blindages.

Nature Materials, mars 2014

INNOVATION

LES AILES FRANÇAISES S'ENVOLENT À LONDRES

Lors de l'exposition annuelle de la Royal Society en juillet 2014, deux laboratoires toulousains¹ ont exposé leur vision des ailes d'avion du futur, inspirée par le vol des grands rapaces. Tout comme les ailes de ces derniers, leurs prototypes jouent sur les turbulences de l'air afin de réduire résistance et bruit. Comment ? Grâce au morphing électroactif, fondé sur l'utilisation de matériaux intelligents capables de se déformer ou de vibrer sous l'effet d'un courant électrique.

1. Institut de mécanique des fluides de Toulouse (IMFT) et Laboratoire plasma et conversion d'énergie (LAPLACE), CNRS/Université Toulouse 3/INP Toulouse

 @chimie

Pionnier des batteries au lithium, Rachid Yazami a reçu le prix Draper 2014, plus haute distinction décernée à un ingénieur.

JACQUES MARTINO,
directeur de l'Institut national
de physique nucléaire et de
physique des particules

Directeur de recherche à l'École des mines de Nantes, Jacques Martino s'est impliqué dans les activités du polarimètre à muons de l'expérience SMC, et participe à l'expérience Double Chooz et au projet Nucifer. Il a dirigé le laboratoire Subatech.



CNRS / Délégation PMA

Percer les mystères des deux infinis

Accélérateurs, observatoires, satellites... l'IN2P3 traque tous azimuts les secrets de l'infiniment petit et de l'infiniment grand.

La feuille de route de l'IN2P3 est tout simplement vertigineuse. « Percer les mystères de l'infiniment petit et de l'infiniment grand », résume Jacques Martino, son directeur. Pour ce faire, le CNRS est impliqué dans de nombreuses expériences mastodontes qui prennent la forme de vastes collaborations internationales.

C'est notamment le cas auprès du LHC, l'accélérateur géant de l'Organisation européenne pour la recherche nucléaire (Cern), à Genève. Ainsi, les chercheurs de l'IN2P3 ont participé en 2014 à la découverte de deux nouvelles particules, de même qu'à la mesure la plus précise jamais réalisée du quark top. Comme le précise Jacques Martino, « au LHC, l'objectif est désormais de caractériser plus précisément le boson de Higgs, découvert en 2012, et de rechercher des traces d'une physique totalement nouvelle ». Si cette dernière

se manifeste sous la forme de particules inconnues, elle pourrait aider du reste à résoudre le mystère de la masse manquante de l'Univers sur lequel l'IN2P3 est impliqué à travers différentes expériences.

RÉCONCILIER LES DEUX INFINIS

Autre front stratégique pour l'institut : l'énergie noire, responsable de l'accélération de l'expansion de l'Univers. « Sur ce thème, nous sommes en particulier très impliqués aux côtés des États-Unis dans le projet LSST, dont la construction a démarré en 2014 au Chili, et dans le projet de satellite européen Euclid », détaille Jacques Martino. Il ajoute : « Dans les prochaines années, nous allons également fournir un effort important sur les aspects liés à la gravitation. » Au programme : la remise en service dans une version fortement améliorée de l'antenne gravitationnelle Virgo et, concernant l'astronomie gamma de très haute énergie, la poursuite de l'expérience HESS et le futur observatoire CTA. Avec en ligne de mire la réconciliation des théories de l'infiniment petit et de l'infiniment grand ! II

PERSPECTIVE

CELLULES SOLAIRES : LES PÉROVSKITES HYBRIDES DÉCOLLENT

Le CNRS participe au développement de ces cellules performantes et peu coûteuses.

Depuis quelques années, les spécialistes du photovoltaïque s'enthousiasment pour des cristaux d'aspect métallique capables de collecter l'énergie solaire : les « pérovskites hybrides ». Peu coûteuses et faciles à synthétiser et à intégrer, elles permettent la réalisation de

cellules solaires dont le rendement a plus que quadruplé en à peine cinq ans : du jamais vu dans le domaine du photovoltaïque. Et le nombre de publications sur le sujet explose. Un engouement auquel n'échappe pas le CNRS. Ainsi, des chercheurs de l'Institut de recherche de chimie-Paris¹ ont par exemple démontré le rôle clé de l'oxyde semiconducteur qui supporte la couche de pérovskite dans les performances de ces cellules. En jouant sur le design de ces

structures oxydes, et ainsi sur leurs propriétés morphologiques, optiques et électriques, les chercheurs sont parvenus à augmenter encore un peu plus leurs performances. Au point que d'aucuns envisagent que les cellules à pérovskites hybrides deviennent un sérieux concurrent du silicium ! II

1. CNRS/École nationale de chimie de Paris

Advanced Energy Materials, septembre 2014

360° SUR...

Le neutrino, la petite particule qui monte

À la croisée de plusieurs énigmes, le « petit neutre » focalise l'attention des spécialistes.

Quasi-indétectable, le neutrino est la plus discrète des particules élémentaires. Mais depuis quelques années, les physiciens multiplient les expériences visant à déterminer ses propriétés, liées à quelques secrets parmi les mieux gardés de la matière. Parmi eux, la question de savoir comment les particules élémentaires acquièrent leur masse est centrale. « Or il est possible que l'origine de la masse des neutrinos soit totalement différente de celle des autres particules », explique Reynald Pain, directeur scientifique adjoint « astroparticules et neutrinos » à l'IN2P3. Sur ce thème, les spécialistes étudient en particulier la façon dont les neutrinos se transforment les uns en les autres, ce qui, d'après la théorie, est lié au fait qu'ils ont une masse. Ainsi, en 2014, l'expérience OPERA, à laquelle participent des chercheurs de l'IN2P3, a permis de préciser la manière dont le neutrino muonique se transforme en neutrino tau. De même, le détecteur NEMO, au Laboratoire souterrain de Modane, s'attaque à la nature même du neutrino en cherchant à mettre en évidence un nouveau type de désintégration radioactive extrêmement rare.



© CNRS Photographie/APC/Jean-Luc Robert

Ce nouveau détecteur qui équipe désormais l'expérience Double Chooz permettra d'en apprendre davantage sur l'étrange capacité des neutrinos à changer d'identité.

DÉCOUVRIR UN NOUVEAU NEUTRINO ?

Par ailleurs, plusieurs expériences, dont STEREO, en cours de construction auprès du réacteur de l'Institut Laue-Langevin à Grenoble, vont rechercher la trace de neutrinos hypothétiques dits stériles. « Leur existence pourrait aider à résoudre la question de la masse manquante de l'Univers », détaille le directeur adjoint scientifique.

À plus long terme, le CNRS est également impliqué dans plusieurs projets internationaux visant à étudier l'implication du neutrino dans la quasi-absence d'antimatière dans l'Univers. Reynald Pain confirme : « Il y a aujourd'hui un véritable regain d'intérêt pour le neutrino ». Qui n'a d'autre solution que de s'habituer à la pleine lumière !

DÉCOUVERTE

L'ANALYSE MULTIFRACTALE GARANTE DE L'ORIGINE DE PHOTOS D'ART

Le Musée d'art moderne de New York (MoMA) a mis au défi le monde scientifique de garantir l'origine de clichés photographiques anciens. Une équipe française l'a relevé brillamment.

En 2014, le MoMA lançait un véritable défi au monde de la recherche : mettre au point une méthode automatique capable de caractériser la texture du papier photographique, afin d'aider à l'authentification de photographies d'art à l'origine controversée. À l'heure actuelle, cette tâche est manuelle et fastidieuse. Les experts doivent examiner à l'œil et au toucher la texture de chaque photographie « suspecte ». La texture varie en effet selon la date ou le processus de fabrication. Cela permet par exemple de s'assurer que deux photos différentes ont bien été tirées sur des feuilles produites par un même fabricant, voire extraites d'un même paquet. Concrètement, les scientifiques devaient réussir à trier par

famille 120 images provenant de toute l'histoire du papier photographique noir et blanc à gélatine argentique typique de l'entre-deux-guerres. Pour chaque image, les experts du MoMA connaissaient le fabricant, la marque, la date, la brillance et le grain. Mais les chercheurs n'avaient accès qu'à des échantillons de texture. Quatre équipes de recherche ont tenté de relever ce défi. Parmi elles, une équipe française associant des chercheurs du Laboratoire de physique de l'ENS de Lyon¹, du LAMA² et de l'IRIT³. « Grâce à un outil de traitement d'images capable de quantifier l'évolution multi-échelle de la rugosité de la texture, nous sommes parvenus à détecter des papiers présentant de fortes similitudes, mais aussi les images aux

caractéristiques aberrantes qui avaient été intégrées dans le groupe d'images à étudier », explique Patrick Abry, à l'ENS de Lyon. Les méthodes et performances de classification obtenues par les quatre équipes ont fait l'objet d'une publication dans la revue *Journal of the American Institute for Conservation*. Elles ont impressionné les experts du MoMA, à tel point que le musée new-yorkais a décidé de reconduire cette expérience sur un nouveau jeu de données de plus grande taille, contenant des photographies d'art dont l'origine ou l'attribution sont réellement controversées. ||

1. CNRS/ENS Lyon
2. CNRS/Université Paris-Est Créteil
3. CNRS/Universités Toulouse 1, 2 et 3/INP Toulouse

 @milieuxfluides

Des physiciens ont découvert comment les bulles de savon bloquent le son, ouvrant la voie à la mise au point de sondes acoustiques.

PASCALE DELECLUSE,
directrice de l'Institut
national des sciences
de l'Univers

Directrice de recherche CNRS, Pascale Delecluse a initié la modélisation océanique pour étudier la dynamique des océans tropicaux, notamment leur rôle dans l'évolution du climat mondial. Elle a été directrice adjointe de la recherche à Météo-France.



© CNRS / Délégation PMA

Climat : le CNRS se mobilise

Alors que le GIEC a parachevé son cinquième rapport en 2014, les scientifiques du CNRS restent sur tous les fronts des recherches climatiques.

En octobre 2014, le GIEC rendait publique la synthèse de son 5^e rapport en trois volumes. Consacré à la mise à jour des éléments scientifiques sur le changement climatique, le premier volume a impliqué de nombreux chercheurs de l'Institut national des sciences de l'Univers (INSU). « Nous participons activement à l'ensemble des simulations climatiques du GIEC et, très concrètement, au développement d'un système reproduisant la Terre dans son ensemble : océans, surfaces continentales, glaces, composants

atmosphériques... », détaille Pascale Delecluse, directrice de l'INSU.

Objectif : parvenir à une modélisation la plus fine possible du climat de la Terre et de son évolution. Un exemple : cette hausse des températures moins forte que prévue sur les cinq dernières années, analysée dans le dernier rapport du GIEC : « En 2014, des chercheurs de l'institut, tel Olivier Boucher, au Laboratoire de météorologie dynamique¹, ont pointé le rôle de certains aérosols dits « parasols » engendrés par l'activité humaine et qui, à l'inverse des gaz à effet de serre, ont tendance à refroidir l'atmosphère », explique la directrice.

MIEUX PRENDRE EN COMPTE LES NUAGES

Les nuages constituent une importante source d'incertitude dans les modèles climatiques, largement mise en évidence dans le rapport du GIEC. Comprendre leurs mécanismes de formation est donc essentiel pour réduire les incertitudes de ces modèles. Des chercheurs rhônalpins ont fait un pas important en ce sens. Précisément, ils se sont intéressés au rôle très mal connu des molécules tensioactives contenues dans les aérosols, ces particules autour desquelles se condense la vapeur d'eau atmosphérique pour former les nuages. Grâce à une méthode permettant d'extraire ces tensioactifs des aérosols, ils sont parvenus à décrypter une partie de leur comportement physico-chimique en temps réel. Conclusion : le rôle des tensio-actifs dans la formation des nuages est probablement sous-estimé.

Nature Communications, février 2014

 @géologie

Des chercheurs de l'Institut de physique du globe de Paris ont découvert que la chaîne de montagne de Taiwan dégage d'importantes quantités de CO₂.

DE GRANDES INFRASTRUCTURES D'OBSERVATION

Mais l'INSU est également reconnu au niveau européen pour ses infrastructures d'observation.

DÉCOUVERTE

IRRIGATION ET CHANGEMENT CLIMATIQUE

La modélisation du fonctionnement du bassin versant de la Kudaliar River précise sa sensibilité au réchauffement de la Terre.

À quels impacts du changement climatique les agriculteurs du sud de l'Inde doivent-ils se préparer ? Pour répondre à cette question, une équipe franco-indienne¹ impliquant des chercheurs du CNRS a modélisé le fonctionnement agro-hydro-géologique du bassin versant de la Kudaliar River, d'une étendue de 1 000 km². « Nos simulations montrent qu'à l'horizon 2045, la ressource en eau augmentera en moyenne sur le bassin. Seulement, sa distribution sera hétérogène sur le terrain », explique Sylvain Ferrant, au Centre d'études spatiales de la biosphère. En effet, trois types de zones

TEMPS FORT

L'exploitation minière du fond de l'océan en questions

Le fond des océans renferme d'importantes ressources minérales. Une expertise collective fait le point sur les conséquences de leur potentielle exploitation.



© Ifremer-Victor / Campagne Argentine 2007

La pince du robot téléopéré de l'Ifremer Victor 6000, ici en opération à proximité d'un fumeur sur un site hydrothermal de la dorsale médio-atlantique.

Alors que les matières premières terrestres se raréfient, les ressources minérales présentes au fond de l'océan sont l'objet de toutes les convoitises. Et de nombreux projets d'exploration se développent afin d'ouvrir la voie à leur exploitation. Dans ce contexte, les ministères chargés de l'Écologie et de la Recherche ont commandé au CNRS et à l'Ifremer une expertise scientifique collective (ESCo) sur les impacts environnementaux potentiels de cette industrie sous-marine.

Présenté le 19 juin 2014, le rapport final est le plus complet réalisé à ce jour sur le sujet. Il rassemble la synthèse de 14 000 références issues de la littérature scientifique, réalisée par une cinquantaine de chercheurs – géologues, géochimistes, biochimistes, écologues, généticiens, économistes et experts en droit.

Concrètement, ce vaste travail interdisciplinaire pose la question de l'étendue potentielle des ressources sous-marines, explore les techniques susceptibles de les extraire, sans oublier d'analyser les conséquences possibles sur les fragiles écosystèmes marins.

Un message fort ressort de ce bilan provisoire pointant les incertitudes associées à ces problématiques : l'impact écologique de l'exploitation des ressources profondes ne restera pas cantonné aux abysses, mais pourrait avoir des répercussions sur le fonctionnement des océans et le reste de la planète, y compris les populations humaines. Une conclusion qui appelle à une intensification des recherches sur l'impact de cette industrie sur les écosystèmes, de même que sur leur capacité de résilience. II

DÉCOUVERTE

DU FER DANS L'OcéAN : UNE FAUSSE BONNE IDÉE

Les tenants de la bio-ingénierie veulent refroidir la Terre artificiellement. Une étude remet en cause l'une de leurs principales propositions.

Enrichir artificiellement l'océan austral en fer afin d'augmenter sa capacité à stocker du dioxyde de carbone et limiter ainsi le réchauffement climatique ? Selon certains scientifiques, le fer amplifierait la croissance de phytoplancton qui, en mourant, sédimenterait au fond de l'océan et stockerait une partie du CO₂ qu'il a absorbé. Mais selon une équipe internationale impliquant des chercheurs français¹, qui a analysé les processus à l'œuvre dans les eaux naturellement riches en fer autour des îles Crozet, de nombreuses incertitudes demeurent quant au bien-fondé de cette entreprise de « bioengineering ». Les chercheurs ont notamment montré que l'augmentation de la production primaire entraîne une multiplication des brouteurs planctoniques dont la coquille calcaire devient en se décomposant une importante source de CO₂. « Nous estimons que ce phénomène réduirait d'environ 30 % l'efficacité à long terme de l'enrichissement en fer » explique Ian Salter, l'un des auteurs de l'étude. Qui rappelle que « les grandes actions pour manipuler le climat peuvent jouer sur d'autres équilibres et avoir des conséquences incontrôlées ». II

1. Laboratoire d'océanographie microbienne et Laboratoire de planétologie et géodynamique de Nantes

Nature Geoscience, novembre 2014

 @océanographie

La société Mercator Océan, dont le CNRS est actionnaire, choisie pour mettre en place le programme européen d'observation de la Terre #Copernicus

EN BREF

COMMENT SE FORMENT LES OASIS MARINES ?

Du fait de la turbulence océanique, les organismes marins – du plancton aux oiseaux – ne sont pas distribués uniformément dans la mer, mais se concentrent au sein « d'oasis ». Grâce à une méthode originale permettant d'analyser des données sonar à différentes échelles spatiales, des scientifiques sont parvenus à mieux comprendre la dynamique qui structure ces écosystèmes marins. Des travaux qui pourraient notamment contribuer à mieux gérer les ressources.

Nature Communications, octobre 2014

TEMPS FORT

Séisme d'Iquique : les géologues aux avant-postes

Grâce à un important réseau d'observation, le CNRS et ses partenaires aident à la prévention du risque sismique au Chili.

1er avril 2014, un puissant séisme d'une magnitude de 8,2 frappe la région d'Iquique, au nord du Chili. Placé au-dessus d'une zone de subduction qui voit la plaque Nazca s'enfoncer sous la plaque sud-américaine, ce pays est le siège d'une intense activité sismique et connaît fréquemment des tremblements de terre dévastateurs. Il constitue par conséquent un laboratoire grandeur nature pour l'étude des séismes extrêmes. Les géophysiciens du monde entier, parmi lesquels des scientifiques du CNRS, y ont déployé d'importants moyens d'observation afin de quantifier l'aléa sismique et ainsi aider à la prévention du risque.

En collaboration avec des scientifiques allemands, les chercheurs du Laboratoire international associé Montessus de Ballore,

créé en 2006 par le CNRS avec l'université du Chili à Santiago et le Conicyt¹ chilien, a notamment mis en place un important réseau comprenant GPS, inclinomètres et sismomètres au centre et au nord du Chili. « Nous pouvons enregistrer les déformations du sol sur des échelles de temps allant de quelques minutes à plusieurs dizaines d'années, de même que les mouvements violents du sol se produisant en quelques secondes lors des grands séismes », explique Jean-Pierre Vilotte, directeur du laboratoire international associé CNRS-GFZ. Ainsi, les scientifiques étaient aux premières loges lors des deux derniers grands séismes qui ont frappé le Chili : celui de Maule en 2010 au centre, et celui d'Iquique en avril 2014 au nord. Lors de ce dernier, ils ont pu

non seulement enregistrer avec une grande précision cet événement, mais également l'activité sismique avant et après. L'analyse des données a révélé un résultat inattendu : « Malgré son importante magnitude, ce séisme n'a pas libéré toute l'énergie accumulée. Par conséquent, le nord du Chili reste une zone à très fort risque sismique », analyse Jean-Pierre Vilotte. Pour en apprendre davantage, les chercheurs ont réalisé plusieurs missions de suivi post-séisme. Leur objectif : mieux comprendre comment la zone se rééquilibre et identifier précisément les zones les plus susceptibles de casser lors d'un futur tremblement de terre. II

1. Comisión Nacional de Investigación Científica y Tecnológica, organisme chilien qui coordonne et finance la recherche scientifique



Le point CO6, à Punta Chipana, à environ 100 kilomètres au sud d'Iquique, est l'objet de mesures GPS régulières depuis de nombreuses années, avant et après 2014.

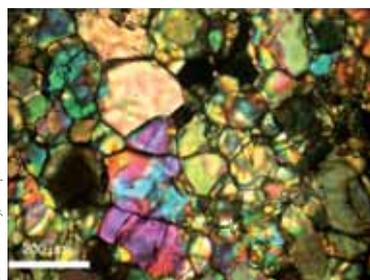
© Christophe Vigny

EN BREF

LA PLASTICITÉ DU MANTEAU TERRESTRE ENFIN EXPLIQUÉE

Quelle est l'origine physique des mouvements de convection qui animent les roches solides du manteau terrestre ? Une équipe française a montré que leur déformation met en jeu des défauts cristallins situés à l'interface entre les grains minéraux qui les composent : les « disclinaisons ». Il est ainsi possible de comprendre comment le manteau, pourtant composé de roches rigides, s'écoule.

Nature, mars 2014



Polycristal d'olivine naturel observé en lumière polarisée-analysée.

ARSENIC ET MICROORGANISMES : UNE TRÈS VIEILLE ALLIANCE

Toxique pour la plupart des êtres vivants, l'arsenic peut être métabolisé par certains microorganismes. Selon une équipe franco-américaine, cela pourrait même être le cas depuis au moins 2,72 milliards d'années. Les scientifiques ont en effet révélé la présence de globules de matière organique enrichie en arsenic dans les tapis microbiens fossiles d'anciens lacs australiens. Cette découverte confirme que l'arsenic a pu jouer un rôle important dans l'évolution des premiers organismes vivants.

Nature Geoscience, octobre 2014

LES CYANOBACTÉRIES PRODUCTRICES DE CALCAIRE

Une équipe franco-mexicaine a montré que de nombreuses souches de cyanobactéries sont capables de produire du carbonate de calcium à l'intérieur même de leur cellule. Résultat inattendu, cette capacité liée à la division cellulaire serait même assez répandue chez ces bactéries photosynthétiques. Une découverte qui invite à revisiter l'histoire évolutive de la formation de sédiments par les microorganismes.

Proceedings of the National Academy of Sciences, juillet 2014



@géomagnétisme

L'expérience #DervicheTourneurSodium révèle que la turbulence du noyau terrestre contribue au champ magnétique de la Terre.

© S. Demouchy, Montpellier

Environnement : la science met les voyants au vert

Gaz à effet de serre, polluants, dépendance à l'énergie... les chercheurs du CNRS sont mobilisés sur les enjeux écologiques auxquels l'humanité doit faire face. Mais ils développent aussi des solutions : nouveaux matériaux, algorithmes d'optimisation... Petit tour d'horizon de l'année 2014 sur le front de l'environnement.

TEMPS FORT

La caractérisation en temps réel de la pollution aux particules fines

L'observatoire SIRTA révèle la pollution à grande échelle de l'agglomération parisienne.

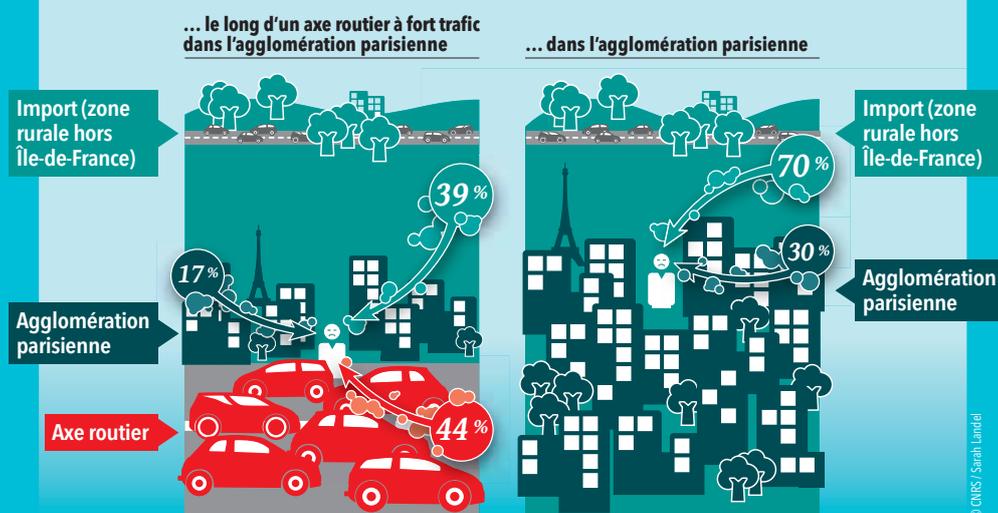
Face aux épisodes de pollution aux particules fines, Paris est parfois contrainte de mettre en place une circulation alternée. Durant l'épisode qu'a connu l'Île-de-France entre le 7 et le 15 mars 2014, des chercheurs du Laboratoire des sciences du climat et de l'environnement¹ ont réussi – en collaboration avec des équipes de l'Ineris² – à quantifier et à caractériser cette pollution aux particules fines en temps réel. Une prouesse permise par l'observatoire SIRTA du plateau de Saclay, doté d'instruments de mesures de dernière génération. Les chercheurs ont ainsi mis en lumière une pollution favorisée par les conditions météo, avec des particules fines principalement issues d'émissions liées à l'activité humaine, formées à partir de gaz précurseurs tels que les oxydes d'azote issus des transports et l'ammoniac issu des activités agricoles. Par ailleurs, les concentrations observées étaient comparables à celles enregistrées

par Airparif uniquement sur l'agglomération parisienne, révélant un phénomène de pollution à très grande échelle. II

1. LSCE/IPSL, CNRS/CEA/Université de Versailles Saint-Quentin
2. Institut national de l'environnement industriel et des risques

> <http://sirta.ipsl.fr/>

ORIGINE DES PARTICULES FINES...



© CNRS / Sarah Lamid



La lauréate de la médaille de l'innovation 2014 Claude Grison, spécialiste de chimie verte, est à l'origine de la création de la start-up Stratoz.

PRIX

LA START-UP STRATOZ LAURÉATE DU PRIX DE L'INNOVATION JOHN SIME AWARD

Le 2 octobre 2014 à Reims, la start-up Stratoz a reçu le Prix de l'innovation John Sime Award au 7^e Forum européen sur la biotechnologie industrielle et la bioéconomie (EFIB 2014). Stratoz est spécialisée dans le domaine de la « phytoremédiation » qui consiste à utiliser des plantes pour dépolluer les sols. La jeune société utilise des espèces végétales capables d'accumuler des métaux lourds lorsqu'elles sont

cultivées sur des sols pollués. Mais sa grande originalité est une technologie permettant de réutiliser ces métaux pour en faire des catalyseurs pour la chimie. Stratoz repose sur les travaux de la chimiste Claude Grison, co-lauréate de la médaille de l'innovation 2014 du CNRS avec la biologiste Barbara Demeneix, la spécialiste en génie des procédés Valentina Lazarova et le physico-chimiste Didier Roux.

AMÉLIORER L'EFFICACITÉ ÉNERGÉTIQUE DES CLOUDS

Sites web, réseaux sociaux, mails, jeux, visioconférences en ligne, applications pour smartphones et tablettes, objets connectés... l'essor du numérique engendre un déluge de données stockées et traitées en réseau (clouds) par des dizaines de milliers de centres de calcul et de stockage énergivores, les datacenters. D'où l'urgence de réduire la facture électrique. Les recherches en ce sens portent désormais un nom : le « green computing ». « L'objectif de cette nouvelle discipline est de réduire l'empreinte écologique de l'informatique », indique Anne-Cécile Orgerie, chercheuse au Laboratoire d'informatique du parallélisme¹.

Pour ce faire, la scientifique a par exemple récemment développé une méthodologie comportant des mécanismes d'extinction ou de mise en veille des ressources inutilisées et des algorithmes pour minimiser le nombre de ressources actives et optimiser les phases de passage entre état actif et veille. Elle précise : « Ces actions sont transparentes pour les utilisateurs, c'est-à-dire sans impact sur la qualité de service. » Des travaux pionniers qui ont valu à Anne-Cécile Orgerie le Prix du jeune chercheur de la ville de Lyon 2014. **II**

1. CNRS/ENS Lyon/Université de Lyon 1

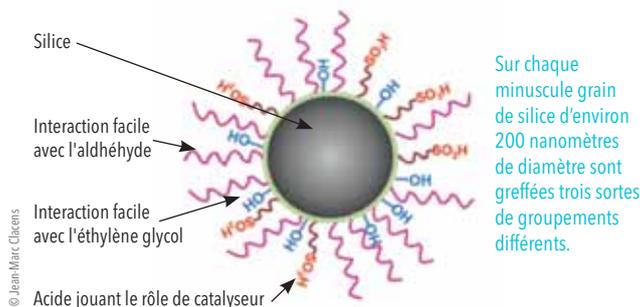
DES BATTERIES PLUS DURABLES

Smartphones, consoles de jeux, tablettes, appareils photos numériques, voitures électriques... Autant d'objets qui ont pu voir le jour grâce aux fameuses batteries Lithium-ion. Mais à quoi pourraient ressembler les batteries du futur avec le souci d'un développement plus durable ? Membres du Réseau sur le stockage électrochimique de l'énergie (RS2E), Jean-Marie Tarascon¹ et Dominique Larcher² se sont penchés sur cette question cruciale dans les colonnes de la revue *Nature Chemistry* en 2014. Ils y évoquent les multiples pistes à explorer : nouvelles composition ou architecture des batteries, procédés de production à plus basses températures, matériaux à base de biomasse, nouveaux procédés de recyclage... Les deux experts proposent aussi « un tableau périodique des éléments durables » dont certaines combinaisons n'ont pas encore été explorées... **II**

1. Professeur au Collège de France, responsable de RS2E

2. Laboratoire réactivité et chimie des solides, CNRS/Université de Picardie Jules Verne

EN BREF



DES NANOPARTICULES POUR LA CHIMIE VERTE

La synthèse de produits chimiques nécessite des composés (solvants, agents tensioactifs...) qui finissent en déchets alors qu'il a fallu les produire, les transporter, les chauffer... Bref, un véritable gâchis. D'où l'idée d'essayer de s'en passer pour rendre la chimie plus respectueuse de l'environnement. Des chercheurs du laboratoire Eco-Efficient Products and Processes Laboratory¹ (E2P2L) de Shanghai ont franchi un premier pas en ce sens. Sans solvant ni tensioactif, ils ont réussi à faire réagir, avec un excellent rendement, selon une réaction modèle de la chimie organique, de l'éthylène glycol, qui ressemble à l'eau, et un aldéhyde gras, qui ressemble à l'huile. Leur botte secrète ? Des nanoparticules de silice recyclables, capables d'interagir à la fois avec l'éthylène glycol et cet aldéhyde gras. Elles servent aussi de catalyseur, ce qui abaisse la température de la réaction chimique et économise ainsi de l'énergie. Un bel exemple de l'espoir suscité par les nanomatériaux pour une chimie plus verte !

1. CNRS/Solvay/ENS de Lyon/East China Normal University/Fudan University/Université de Lille 1

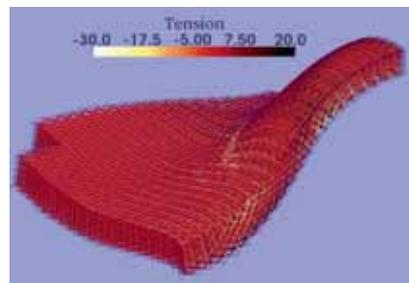
Journal of the American Chemical Society, mars 2014

DES COMPOSITES POUR LES MOTEURS D'AVION

Afin de réduire la consommation de carburant des avions, les constructeurs se tournent vers des matériaux composites à la fois légers et résistants. Au Laboratoire de mécanique des contacts et des structures¹ (LaMCoS) de Villeurbanne, des chercheurs s'intéressent de près à des structures composites à base de fibres de carbone dites « interlocks 3D ». À la fois résistantes, rigides et légères, ces structures sont aujourd'hui utilisées comme renforts dans les aubes de nouveaux moteurs d'avion développés par SNECMA. En 2014, les chercheurs du LaMCoS et de SNECMA ont développé ensemble un logiciel permettant de simuler la mise en forme de ces renforts, une étape clé pour assurer de bonnes propriétés dynamiques et la résistance aux impacts. Grâce à un tissage qui lie chaque couche avec ses voisines dans l'épaisseur, ces renforts de composites 3D interlocks empêchent les délaminages qui peuvent se produire dans les structures composites stratifiées.

1. CNRS/Insa/Université de Lyon

Simulation de la mise en forme d'un renfort interlock.



DES CIMENTS PLUS SOLIDES ET PLUS « VERTS »

Grâce à des simulations numériques à l'échelle atomique, des physiciens ont réussi à déterminer le rapport optimal entre les proportions de calcium et de silice dans la « colle du béton », soit 1,5. Jamais déterminée expérimentalement, cette nouvelle recette du ciment double sa résistance par rapport à un ciment classique. À la clé, de moindres besoins en ce matériau dont la production est le premier poste émetteur de dioxyde de carbone dans l'industrie.

tous ces reliefs est encore difficile à expliquer. » D'après les scientifiques, ces structures pourraient avoir été sculptées par le dégazage de la comète. Sous l'effet de la chaleur du Soleil, la glace qui la compose se sublime en effet peu à peu, donnant alors naissance à de puissants jets de gaz, qui arrachent au passage de la matière à la comète et créent un gigantesque halo tout autour de l'astre. En analysant la vapeur d'eau émise dans ces jets, Rosetta a fait une découverte importante : l'eau de Tchouri est très différente de celle des océans terrestres. Les instruments de la sonde ont en effet révélé que le rapport entre l'hydrogène et son isotope, le deutérium, contenus dans l'eau dégazée par Tchouri est trois fois supérieur à celui mesuré sur notre planète². Un résultat surprenant qui suggère que les comètes ne seraient pas la source principale de l'eau sur Terre.

DE POSSIBLES MOLÉCULES ORGANIQUES

De son côté, Philae a lui aussi enchaîné les découvertes. Malgré une série de rebonds inattendus au moment de son atterrissage, le petit robot est parvenu à effectuer des mesures et à les transmettre sur Terre. Outre des photos en gros plan de la surface de la comète, les données ont révélé la présence possible de molécules organiques complexes. Dans les laboratoires, les analyses sont encore en cours pour déterminer la nature exacte de ces composés qui pourraient nous éclairer sur les origines de la vie sur notre planète.

Et 2015 s'annonce tout aussi passionnante pour la mission. En se rapprochant de plus en plus du Soleil, Tchouri deviendra de plus en plus active. Rosetta, qui accompagnera sa comète jusqu'en décembre 2015, sera aux premières loges pour assister à ce spectacle. Et analyser du même coup la composition intime de la comète. II

1. *Science*, janvier 2015

2. *Science express*, décembre 2014

La comète Tchouri photographiée par la sonde Rosetta le 25 mars à une distance de 86,6 kilomètres.

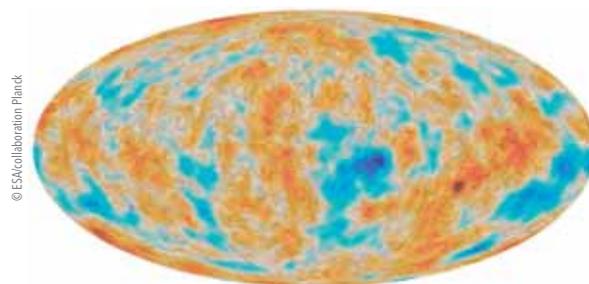


PLANCK POURSUIT SES RÉVÉLATIONS SUR L'UNIVERS

En rendant publiques les données de la mission complète, les scientifiques révèlent de nouveaux secrets de l'Univers.

Quatre années durant, entre 2009 et 2013, le satellite européen Planck a observé le ciel pour y cartographier le « fond diffus cosmologique », soit la plus ancienne lumière émise par l'Univers. En 2013, les scientifiques dévoilaient les premiers résultats de la mission. Mais ceux-ci n'étaient pas issus de la totalité des observations. Cette fois, ils ont livré, fin 2014, les données de la mission complète du satellite, avec l'objectif affiché de mieux comprendre l'origine de notre Univers.

De fait, le fond diffus cosmologique est une relique extrêmement précieuse pour les astrophysiciens. « Émise 380 000 ans après le Big Bang, cette première lumière a non seulement conservé l'empreinte de ce qui s'est passé avant cette période, mais également la trace de ce qu'elle a traversé en voyageant jusqu'à aujourd'hui, explique Cécile Renault, au Laboratoire de physique subatomique et de cosmologie¹, membre de la collaboration Planck. Son observation permet donc de reconstituer avec précision l'histoire du cosmos. »



Le rayonnement fossile de l'Univers reconstruit sur l'intégralité du ciel à partir des données du satellite Planck. La couleur indique l'intensité de l'émission alors que la texture reflète la direction d'oscillation des champs électriques et magnétiques associés.

Et les nouvelles données révèlent ce rayonnement fossile sous un jour nouveau : pour la première fois, les astrophysiciens ont étudié avec précision sur tout le ciel ses propriétés dites de polarisation, qui traduisent l'orientation du champ électrique associé à la lumière.

Grâce à cette caractéristique, les scientifiques sont parvenus à détecter les premières preuves de l'existence de neutrinos – des particules qui interagissent très peu avec la matière – juste après le Big Bang, ainsi que les traces de la matière noire primordiale². Plus proche de nous, ils ont pu dévoiler, toujours grâce à la polarisation, le champ magnétique de notre galaxie, la Voie lactée³.

Les résultats confirment également avec plus de poids qu'en 2013 le modèle standard de la cosmologie. Selon celui-ci, à ses débuts, l'Univers était extrêmement chaud et dense et occupait un volume incroyablement petit. Après quoi il s'est mis à grandir et à refroidir, donnant naissance aux premières étoiles et aux premières galaxies. Et les scientifiques ne comptent pas s'arrêter là. « Une ultime analyse des données devrait débuter en 2015, confie Cécile Renault, qui pourrait permettre de percer d'autres secrets encore sur l'histoire de l'Univers. » II

1. CNRS/Université Joseph Fourier/INP Grenoble

2. *Astronomy & Astrophysics*, février 2015

3. *Astronomy & Astrophysics*, mai 2014

DES GALAXIES NAINES QUI DONNENT LE TOURNIS AUX ASTRONOMES

La présence de galaxies naines autour de grandes galaxies comme la nôtre est connue depuis longtemps. Mais une équipe internationale vient de faire une découverte inattendue : en observant 380 galaxies situées entre 30 et 700 millions d'années-lumière, ils ont mis en évidence que **la moitié des galaxies naines tournaient autour de leur hôte au sein d'un disque**, comme illustré sur cette vue d'artiste. Un résultat qui remet en cause l'idée admise jusqu'ici que les galaxies naines se déplacent dans toutes les directions.

Nature, juillet 2014

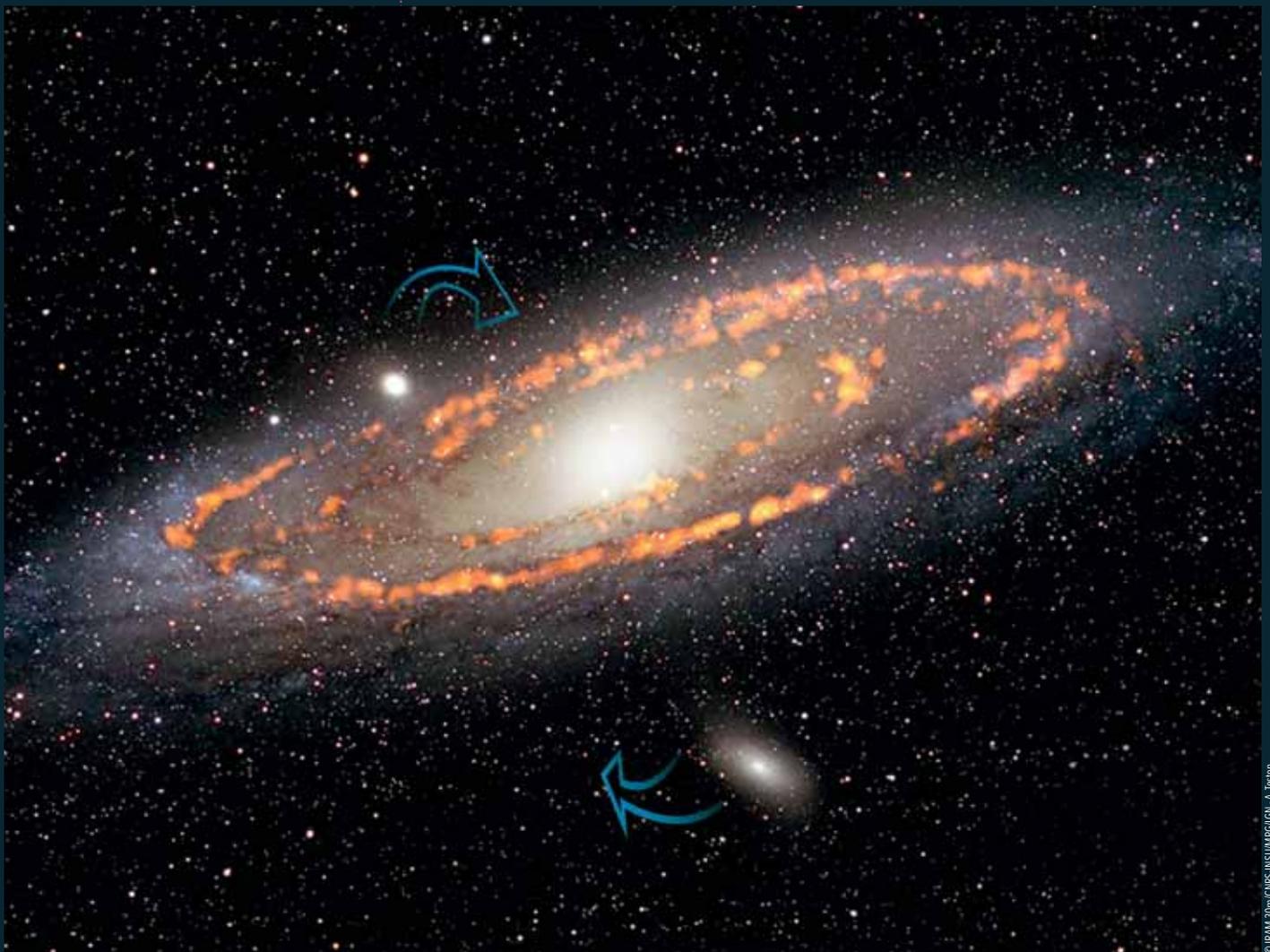
UNE PLANÈTE HABITABLE DE LA TAILLE DE LA TERRE

Kepler 186 f (vue d'artiste), détectée grâce au satellite Kepler, est la première exoplanète de la taille de la Terre située dans la zone habitable de son étoile, une région favorable à la présence d'eau liquide en surface. Contrairement aux découvertes précédentes, **la nature rocheuse de cette planète ne fait quasiment aucun doute**. Ce résultat est un pas important vers la détection dans le futur d'exoplanètes similaires à la Terre.

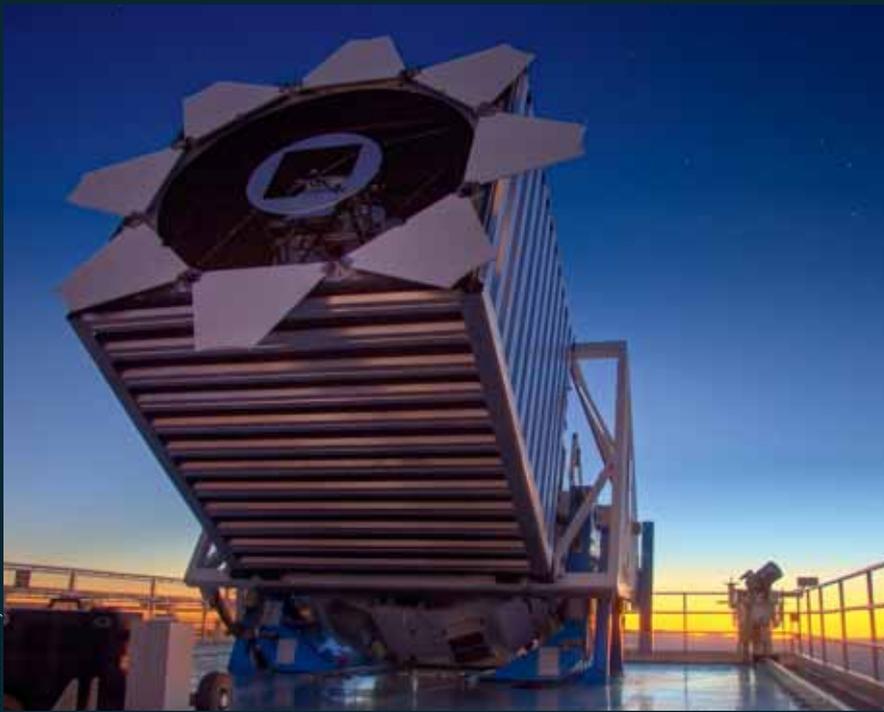
Science, avril 2014



© NASA Ames/JPL-Caltech/T. Pyle



© IRAM 30m/CNRS-INSU/PEIGN - A. Teston



© SDSS/ David Kinby

LA VITESSE D'EXPANSION DE L'UNIVERS MESURÉE AVEC PRÉCISION

En analysant, grâce au relevé céleste effectué par le télescope de 2,5 mètres du Sloan Digital Sky Survey, d'un côté la lumière émise par près de 200 000 quasars lointains et de l'autre celle de près d'un million de galaxies plus proches, une équipe internationale d'astronomes a mesuré la vitesse d'expansion de l'Univers à deux époques différentes, il y a 10 et 6 milliards d'années. Leur mesure, la plus précise à ce jour, confirme le fait que l'expansion s'est ralentie quand l'Univers était jeune avant d'accélérer plus récemment.

*Monthly Notices of the Royal Astronomical Society, juin 2014
Astronomy & Astrophysics, décembre 2014*

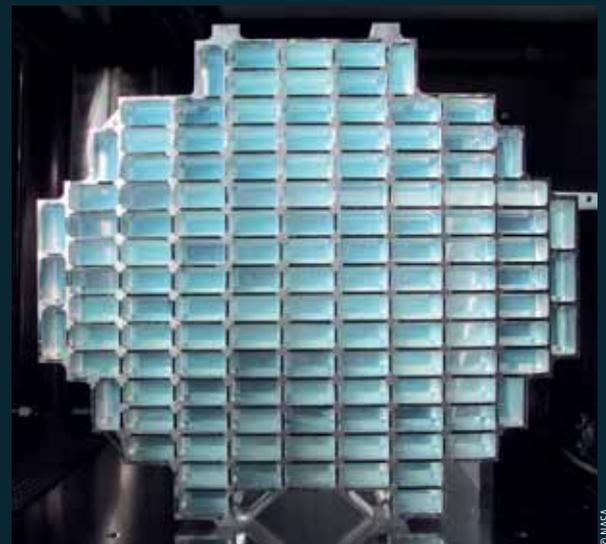


© Julien Fuchs / IUT

LA FORMATION DES JETS STELLAIRES ENFIN EXPLIQUÉE

Grâce à des expériences sur le couplage laser-matière en présence de forts champs magnétiques réalisées dans cette chambre et des simulations numériques, *des scientifiques viennent d'expliquer le mécanisme par lequel les étoiles en formation émettent de spectaculaires jets de matière pouvant s'étendre dans l'espace sur plusieurs centaines de fois la distance entre la Terre et le Soleil.* Ils ont montré que c'est le champ magnétique présent dans le milieu interstellaire qui, en confinant la matière en un jet étroit, la fait se propager très loin de l'étoile.

Science, octobre 2014



© NASA

DES GRAINS INTERSTELLAIRES ANALYSÉS EN LABORATOIRE

Une équipe internationale a analysé les grains interstellaires rapportés sur Terre dans les alvéoles en aérogels des collecteurs de la mission spatiale américaine Stardust. Ces grains sont très précieux pour les spécialistes car ils sont considérés comme des témoins du milieu interstellaire originel, à partir duquel notre système solaire s'est formé. Les analyses ont montré que ces grains étaient plus gros, plus poreux et plus enrichis en soufre que prévu.

Science, août 2014

CHRISTOPH SORGER,
directeur de l'Institut national
des sciences mathématiques
et de leurs interactions

Professeur à l'université de Nantes, Christoph Sorger a travaillé sur les théories conformes de champs, puis sur la géométrie symplectique complexe. Il a fondé et dirigé la fédération de recherche « Mathématiques des Pays de Loire ».



© CNRS / Délégation PMA

Les mathématiques françaises au sommet

Héritières d'une tradition d'excellence, les mathématiques françaises entretiennent leur dynamisme et demeurent au plus haut niveau mondial.

Pour les mathématiques françaises, c'est incontestablement l'événement le plus marquant de l'année 2014 : la remise de la médaille Fields au mathématicien franco-brésilien Artur Avila. « C'est une consécration, confirme Christoph Sorger, directeur de l'Institut national des sciences mathématiques et de leurs interactions (INSMI). Mais ce qui est intéressant, c'est qu'elle est portée par une lame de fond, comme en témoigne l'importante participation française lors du Congrès international des mathématiciens, le plus important rendez-vous de la planète mathématique mondiale. » Cette vitalité, la communauté mathématique hexagonale la doit en partie à son histoire, que le CNRS et ses partenaires font vivre au présent tout en préparant l'avenir. Comme le souligne le rapport de prospective du Conseil scientifique de l'INSMI, paru en 2014,

les mathématiques françaises ont une longue tradition d'excellence. Et reviennent au premier plan dans la seconde moitié du vingtième siècle, notamment grâce aux travaux du groupe Bourbaki qui apportent une vision renouvelée et une profonde réorganisation de la discipline. « Les travaux de ce petit groupe de mathématiciens ont irrigué durablement toute la recherche française et contribué à son dynamisme », souligne le directeur.

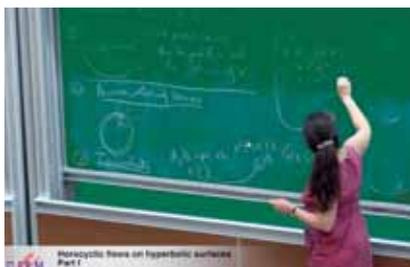
UN CARREFOUR INTERNATIONAL

Pour l'entretenir jusqu'à aujourd'hui, l'INSMI a notamment impulsé une politique de renouvellement thématique et de mobilité sans équivalent. Ainsi, chaque recrutement ou promotion s'accompagne d'un changement de laboratoire. « Cette règle a pour conséquence un grand brassage des idées et ce, sur l'ensemble du territoire, explique Christoph Sorger. Cela s'est aussi avéré extrêmement profitable pour le développement des mathématiques aux interfaces d'autres disciplines. » Ainsi, rien d'étonnant à ce que la France reste la terra mathematica préférée des étudiants et des chercheurs

EN BREF

LA RECHERCHE MATHÉMATIQUE MONDIALE EN VIDÉOS

Le Centre international de rencontres mathématiques (CIRM) lance une « bibliothèque mathématique audiovisuelle ». Précisément une plateforme accessible depuis Internet et construite sur un corpus de plus de 250 conférences données par des mathématiciens du monde entier lors de leur passage au CIRM. Présentant toutes les fonctionnalités d'une recherche documentaire de haut niveau, cette plateforme permet notamment d'accéder à des vidéos indexées avec le chercheur à l'aide de mots et concepts clés. De quoi permettre une lecture à la demande de passages choisis.



Les conférences données par des mathématiciens du monde entier au CIRM sont maintenant accessibles en ligne.

À LA LOUPE



Près d'**1** conférencier sur **5** est Français

PRIX/

ARTUR AVILA REÇOIT LA MÉDAILLE FIELDS

Le 13 août 2014, Artur Avila, chercheur à l'Institut de mathématiques de Jussieu-Paris Rive gauche¹, a reçu la médaille Fields, soit la plus prestigieuse distinction mondiale en mathématiques. Il a été récompensé pour ses avancées significatives s'articulant principalement autour des systèmes dynamiques et de l'analyse. Impressionnant par son parcours, Artur Avila a commencé sa thèse à 19 ans, avant de rejoindre Jean-Christophe Yoccoz en 2001 au Collège de France pour un post-doctorat. Recruté au CNRS en 2003, il devient en 2008 le plus jeune directeur de recherche au CNRS. Il partage son temps entre son laboratoire parisien et l'Institut de mathématiques pures et appliquées de Rio de Janeiro, au Brésil.



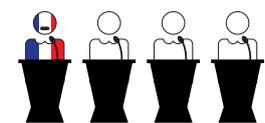
© CNRS Photothèque / Sébastien Ruat

1. CNRS/UPMC/Université Paris Diderot

étrangers. À cet égard deux lieux comptent particulièrement : le Centre international de rencontres mathématiques (CIRM), à Marseille, et l'Institut Henri Poincaré (IHP), à Paris. « Nous y organisons des conférences et des trimestres thématiques qui regroupent des chercheurs du monde entier sur des sujets identifiés comme prioritaires », explique Christophe Sorger qui, comme presque un quart des chercheurs de l'INSMI, est originaire d'un autre pays que la France. Signe du bien-fondé de la démarche : alors que l'IHP a fêté en 2014 les 20 ans de sa réouverture, une augmentation de sa capacité d'accueil est prévue. Ces nouveaux locaux abriteront aussi un musée. « La médiation des mathématiques à destination d'un large public fait partie intégrante de notre politique », précise Christoph Sorger. De quoi susciter des vocations et assurer la relève ! II

Seulement
12 %
de femmes
sur l'ensemble
des conférenciers
de Séoul.

Parmi elles



Plus d'**1** sur **4** est Française

© CNRS / Sarah Landel

Signe de la vitalité des mathématiques tricolores, lors de l'ICM à Séoul, trois des vingt-et-un conférenciers des séances plénières et 19,3 % de l'effectif total des conférenciers étaient Français.

LA FOULE MISE EN ÉQUATIONS

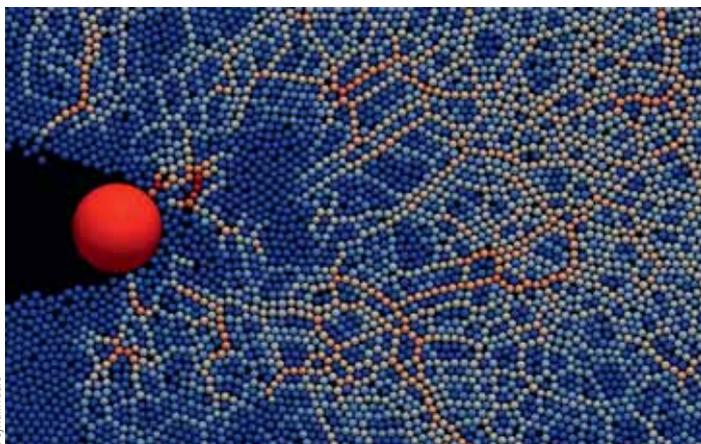
Des mathématiciens vont commercialiser un logiciel d'aide à la régulation des mouvements de foule.

Au départ, c'est une histoire d'équations mathématiques de haute volée pour décrire la dynamique complexe de suspensions de particules dans un fluide : sable humide, béton, sang... Une dizaine d'années plus tard, une start-up, Signactif, est en cours de création pour commercialiser un logiciel capable de prédire les mouvements de foule et aider à sa régulation dans les aéroports ou des salons !

« En travaillant sur les suspensions, nous avons vite réalisé que la modélisation des contacts entre grains, même en l'absence de fluide, constituait déjà une question d'une grande richesse mathématique », se souvient Bertrand Maury, au Laboratoire de mathématiques d'Orsay¹.

En modifiant légèrement leurs équations, précisément en conférant aux grains un pouvoir de décision sur la trajectoire suivie, les scientifiques réalisent même qu'ils disposent d'une modélisation du mouvement collectif d'individus en interaction, autrement dit une foule. « C'était une vision très simplifiée dont l'intérêt était alors pour nous d'ordre académique », précise le mathématicien.

Si ce n'est qu'à la surprise des chercheurs, leur modèle reproduit assez bien la dynamique d'une foule dans des situations de congestion. Pour autant, après deux thèses soutenues sur le sujet, la première par Aline Lefebvre-Lepot en 2007 et la seconde par Juliette Venel en 2008, Bertrand Maury et ses collègues en restent là.



© Sylvain Faure

L'étude des chaînes de forces à travers un réseau de petites particules traversées par une plus grosse est à l'origine d'une modélisation des foules qui permettra à terme d'aider à leur régulation.

Mais en 2014, des discussions avec une société spécialisée dans l'affichage, Instantané, persuadent les chercheurs de pousser plus avant leurs modèles numériques. Objectif : prédire le mouvement d'une foule dans le but de communiquer des informations aux individus qui la composent pour qu'ils optimisent leurs déplacements. « L'idée est d'alimenter en temps réels plusieurs modèles décrivant des échelles spatio-temporelles différentes à partir de données de capteurs », explique Bertrand Maury. Une bonne idée testée avec succès au Parc des expositions de Villepinte en février 2014 en collaboration avec Instantané. De quoi convaincre Bertrand Maury et son collègue Sylvain Faure de se lancer dans la création d'une entreprise innovante pour développer un outil logiciel commercialisable à l'horizon 2016. La suite logique d'une belle histoire mathématique ! II

1. CNRS/Université Paris-Sud

STRATÉGIE



MICHEL BIDOIT,
directeur de l'Institut des sciences de l'information et de leurs interactions

Directeur de recherche CNRS, Michel Bidoit est spécialiste des méthodes formelles de spécification et de vérification des logiciels critiques. Il a assuré la direction du Laboratoire spécification et vérification et de centres de recherche Inria.

Les sciences de l'information au cœur des enjeux du 21^e siècle

Indispensables au développement des connaissances, omniprésentes dans notre quotidien, les sciences de l'information ne peuvent plus être reléguées au rang de simple outil.

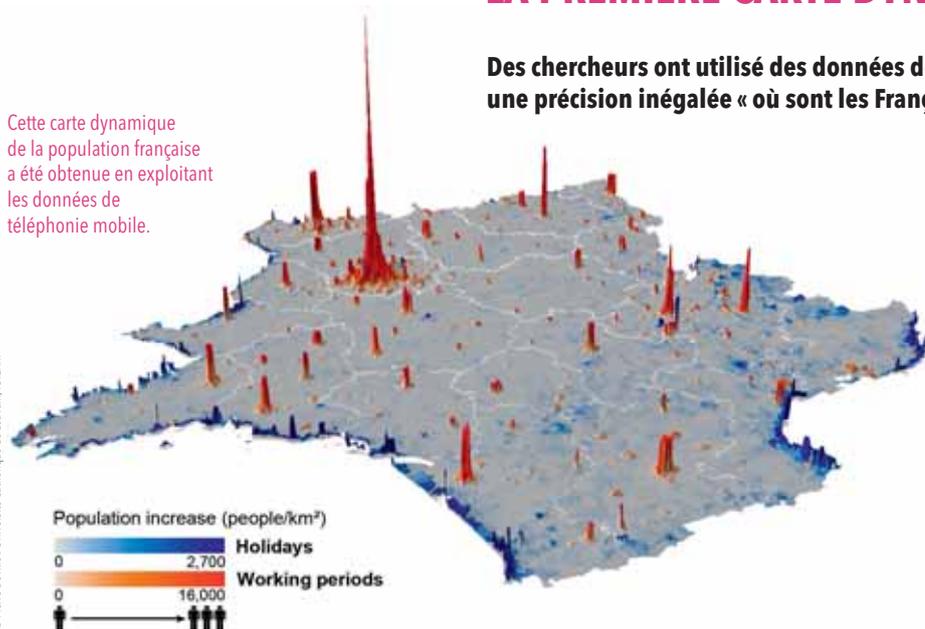
La médaille d'or 2014, la plus haute distinction scientifique française, décernée au créateur de langages informatiques et titulaire de la première chaire d'informatique au Collège de France, Gérard Berry, démontre, s'il en était besoin, à quel point les sciences de l'information ont conquis leur statut de sciences à part entière. Le temps n'est plus, comme le rappelle Michel Bidoit, directeur de l'Institut des sciences de l'information et de leurs

DÉCOUVERTE

LA PREMIÈRE CARTE DYNAMIQUE DE LA POPULATION

Des chercheurs ont utilisé des données de téléphonie mobile pour déterminer avec une précision inégalée « où sont les Français ».

Cette carte dynamique de la population française a été obtenue en exploitant les données de téléphonie mobile.



Catastrophes naturelles, conflits, épidémies... il est parfois essentiel de pouvoir disposer de cartes précises de la distribution de la population. Ce que ne permettent pas d'obtenir les recensements, limités par leur fréquence et leur faible résolution spatiale. Pour y remédier, des chercheurs ont eu l'idée de réaliser ces outils indispensables aux décideurs à partir de données de téléphonie mobile agrégées par antenne. Grâce à un traitement statistique, ils sont parvenus à estimer avec une précision jamais atteinte le nombre de personnes présentes dans chaque lieu du territoire national. Mieux, contrairement à l'instantané résultant d'un recensement, cette nouvelle méthode

interactions (INS2I), où « l'informatique était considérée comme un simple ensemble de techniques au service des chercheurs, ce qui a entravé leur développement et limité leur enseignement à l'école ». D'où les efforts importants du CNRS et de l'INS2I pour lui donner la place qui lui revient.

Bien plus qu'un simple outil, les sciences de l'information et leurs développements les plus récents sont désormais une condition nécessaire de l'avancée des connaissances. Ainsi, impossible d'imaginer l'atterrissage du robot Philae sur la comète Tchouri sans les algorithmes conçus au Laboratoire d'analyse et d'architecture des systèmes¹. De même, sans le développement des puissantes méthodes de traitement du signal qui ont valu à Jean-François Cardoso, au Laboratoire traitement et communication de l'information², une médaille d'argent du CNRS en 2014, jamais le satellite Planck n'aurait pu cartographier avec une telle précision la plus ancienne lumière de l'Univers.

DIALOGUER AVEC LA SOCIÉTÉ

Le développement fulgurant des recherches autour des « big data » renforce la place centrale des sciences de l'information dans les programmes interdisciplinaires, comme ceux lancés par la Mission pour l'interdisciplinarité du CNRS. Il oblige aussi les chercheurs en sciences de l'information à communiquer davantage, pour répondre aux questions que soulève un monde submergé de millions de lignes de code. « Il est essentiel que le citoyen sache ce que représentent

PRIX/

GÉRARD BERRY, UN INFORMATICIEN EN OR

La médaille d'or du CNRS 2014 a été décernée à l'informaticien Gérard Berry pour ses contributions majeures au traitement formel des langages de programmation, à la conception et la vérification de circuits intégrés, et à la programmation parallèle et temps réel. Gérard Berry est notamment le créateur du langage Esterel qui a connu de nombreuses applications dans l'industrie, notamment dans les secteurs de l'électronique et de l'aviation où il permet de faire fonctionner des systèmes embarqués sur des avions comme le Rafale ou l'Aibus A380. Communicateur hors pair, ce scientifique aime transmettre au public les grands concepts des sciences de l'information et les questions éthiques qui en découlent. Au cours de sa carrière, Gérard Berry a été chercheur à l'École des mines de Paris, directeur scientifique de la société Esterel Technologies et directeur de recherche Inria. Il est aujourd'hui titulaire de la chaire d'informatique au Collège de France.



© CNRS/Photoblique / Cyril Fiesillon

les percées de l'informatique, de la robotique ou du traitement des données », estime Michel Bidoit. Car « les enjeux des sciences de l'information sont affaire de recherche et d'innovation, mais concernent également notre vie privée et donc tout simplement notre liberté », conclut le directeur de l'INS2I. II

1. CNRS
2. CNRS/Télécom ParisTech

FRANÇAISE ÉTABLIE

permet d'observer à l'échelle d'une journée, d'un mois ou d'un an la mobilité des populations. « On peut par exemple voir la migration estivale des Français des grandes villes vers le littoral, ou encore le flux et reflux quotidien de la population des centres urbains vers les banlieues », s'enthousiasme Samuel Martin, au Centre de recherche en automatique de Nancy¹.

De telles cartes dynamiques de la population, simples et fiables à obtenir, pourraient être d'une aide précieuse dans les situations d'urgence, « en particulier dans les pays où les données de recensement font défaut », conclut le chercheur. II

1. CNRS/Université de Lorraine

Proceedings of the National Academy of Sciences, octobre 2014

EN BREF

DES COMMUNICATIONS QUANTIQUES SÉCURISÉES

Le traitement quantique de l'information est appelé à révolutionner l'électronique et l'informatique en démultipliant les capacités de calcul. Mais, comme pour toute autre technologie informatique, il faut pouvoir garantir la sécurité des données et des communications des utilisateurs au sein d'un vaste réseau. Un début de réponse à ce défi a été proposé par deux équipes françaises qui ont présenté deux méthodes novatrices pour augmenter notablement la fiabilité et la sécurité de l'information dans de futurs réseaux optiques métropolitains. La première permet notamment de lever les limitations de distance. La seconde cherche à protéger l'information y compris face à des adversaires dotés de capacités quantiques.

Nature Communications, avril 2014

FACEBOOK ADOPTE UN LOGICIEL MADE IN CNRS



Facebook, le célèbre réseau social, utilise désormais un logiciel développé par deux informaticiens français. Baptisé js-of-ocaml, il permet de générer directement des applications dynamiques comme par exemple des modules pour lire des vidéos dans un navigateur Internet. Véritable prouesse informatique en open source, il permet aux développeurs d'écrire des programmes plus facilement et de repérer les bugs et autres problèmes de sécurité.

Petite géographie des grands équipements 2014

Observatoires, détecteurs, agrandissements ou regroupements de laboratoires... la recherche est aussi le fruit d'infrastructures et d'équipements grand format. En 2014, le CNRS en a inauguré en France et ailleurs dans le monde.



Quand : Le 19 décembre 2014

Quoi : Les installations du futur accélérateur Spiral-2, actuellement en construction au Ganil², ont produit leurs premiers protons. Ces derniers

ont été acheminés depuis la source jusqu'à la ligne Basse énergie, avant accélération.

Ce que ça change : À terme, Spiral-2 délivrera des faisceaux de particules parmi les plus intenses au monde pour la production de noyaux atomiques exotiques en vue de l'étude des propriétés fondamentales de la matière nucléaire.

2. CNRS/CEA



Quand : Le 27 novembre 2014

Quoi : Le CNRS, le HZDR allemand et l'alliance néerlandaise RU/FOM se sont engagés¹ à la formation du Laboratoire européen des champs magnétiques (EMFL).

Ce que ça change : L'EMFL fédèrera l'action de quatre laboratoires, dont deux Français (à Grenoble et Toulouse) développant des installations de champs magnétiques intenses de classe mondiale pour l'étude de l'intimité de la matière.

1. L'EMFL a été officiellement créé le 27 janvier 2015 à Bruxelles.

Quand : Le 17 novembre 2014

Quoi : Le Consortium pour une infrastructure européenne de recherche « Infrastructure de recherche numérique pour les Arts et les Humanités » (ERIC DARIAH) a été inauguré à Paris.

Ce que ça change : Son objectif est de développer et soutenir la recherche dans toutes les disciplines des sciences humaines et sociales qui utilisent le numérique et de faciliter la mise à disposition de services numériques intéressant la communauté de recherche en SHS.

Quand : Le 20 septembre 2014

Quoi : Le dispositif d'accès permanent à la canopée COPAS a été inauguré sur la station de recherche en écologie des Nouragues, en Guyane.

Ce que ça change : Le COPAS permettra une utilisation optimisée de cette installation unique au monde pour l'étude de la biologie des écosystèmes forestiers tropicaux, encore largement inexplorés.

Quand : Le 6 mars et le 4 juin 2014

Quoi : Les instruments Muse et Sphere ont fait leur première lumière au Very Large Telescope, l'observatoire phare de l'astronomie européenne au Chili.

Ce que ça change : Le premier permettra d'observer en détail des objets situés aux confins de l'Univers. Le second tentera de détecter des exoplanètes géantes en les photographiant directement, et ce avec une précision inégalée.



Sphere

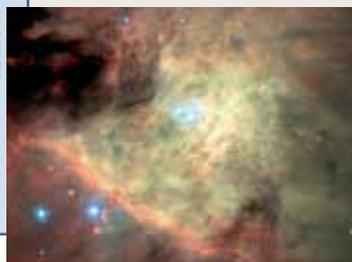
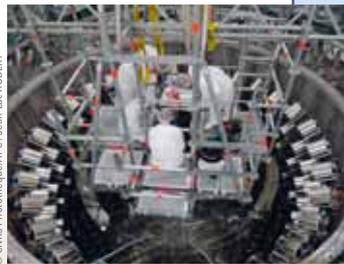


Image de la Nébuleuse d'Orion reconstituée par Muse.

Quand : Le 18 septembre 2014

Quoi : La convention de partenariat scientifique conduisant à la création d'un laboratoire commun international CNRS/Université de Tokyo, le Laboratoire pour les systèmes micro-mécatroniques intégrés, a été signée.

Ce que ça change : Ce laboratoire vise à développer et mettre en œuvre des technologies pour une détection plus efficace des cancers, une efficacité renforcée des thérapies et une meilleure prise en charge du suivi post-traitement des patients.



© CNRS-Photographie/AFPC /Jean-Luc ROBERT

Quand : Le 25 septembre 2014

Quoi : Un second détecteur de neutrinos a été inauguré à proximité de la centrale nucléaire de Chooz (Ardennes).

Ce que ça change : En complément d'un premier détecteur installé en 2009, il confèrera à l'expérience Double Chooz une précision au meilleur niveau mondial pour étudier les propriétés fondamentales des neutrinos.

Quand : En avril 2014

Quoi : Dans le cadre de l'opération immobilière VEGOIA, la construction de 1 700 m² de surfaces supplémentaires pour l'Institut de biologie moléculaire des plantes⁴ (IBMP) a commencé.

Ce que ça change : Ces travaux visent à réunir l'ensemble de l'institut sur un seul site et à réorganiser les plateformes scientifiques de l'IBMP pour une meilleure productivité.

4. CNRS



© ifiw

Quand : Le 26 mai 2014

Quoi : La plateforme expérimentale nationale d'écologie aquatique Planaqua a été inaugurée au CEREEP Ecotron-IDF³.

Ce que ça change : Dans différents bassins dont le volume va de quelques litres à 500 m³, cette plateforme servira à étudier la réponse d'écosystèmes aquatiques aux modifications de l'environnement comme le changement climatique.

3. CNRS/ENS

Quand : Le 21 février 2014

Quoi : Le nouveau bâtiment devant accueillir l'Institut de biologie structurale⁵ (IBS) a été inauguré.

Ce que ça change : Ce projet vise à mener un développement coordonné de la biologie structurale sur le site du nouveau campus EPN Science Campus (European Photon and Neutron) en favorisant le rapprochement de l'IBS avec les grandes infrastructures européennes à proximité (synchrotron de 3^e génération et réacteur à haut flux de neutrons).

5. CEA/CNRS/Université Joseph Fourier



© CEA / D. Morel

SAINT-MICHEL-L'OBSERVATOIRE

Quand : En juillet 2014

Quoi : La tour ICOS (Integrated Carbon Observation System) pour la mesure des gaz à effet de serre a été inaugurée à l'Observatoire de Haute-Provence (OHP).

Ce que ça change : Cette infrastructure européenne haute de 100 mètres complète le dispositif de mesures environnementales démarré avec l'O3HP (Oak Observatory at the OHP). Elle aura pour mission d'étudier la place de la forêt méditerranéenne dans le bilan carbone.

Tout en restant proche de sa communauté, le CNRS tourne sa communication vers le grand public, dont l'appétit pour la science ne se dément pas, bien au contraire. Le succès rencontré par le nouveau journal en ligne et par les grands événements de culture scientifique en apporte la preuve...

2014 marque un tournant dans la communication scientifique de l'organisme, avec le lancement de CNRSlejournal.fr.

Notre sentiment est que les grands médias accordent trop peu de place aux découvertes scientifiques. Par ailleurs, la science elle-même est très pointue. Les résultats ont besoin, pour être compris, d'être replacés dans un récit qui les dépasse et les englobe. Nous disposons d'un magazine, très apprécié en particulier par les chercheurs, ingénieurs et techniciens du CNRS. Nous avons souhaité construire son pendant numérique qui permet de publier davantage et à un rythme plus conforme à celui des grandes publications scientifiques.

Cependant notre volonté n'est pas de créer un fil d'actualités scientifiques mais plutôt de prendre de la hauteur, de contextualiser les résultats.

Cnrslejournal.fr nous permet de donner à voir, à lire et à écouter un grand nombre de productions existantes mais jusque-là dispersées. Nous y rassemblons aussi bien des vidéos et des diaporamas réalisés par CNRS images que des séquences audio enregistrées sur la

wikiradio du CNRS. De plus, ce journal en ligne est un outil qui donne la parole en direct aux chercheurs, qui peuvent y publier des billets, voire s'exprimer sur des blogs que nous hébergeons.

Le site a-t-il été bien accueilli ?

Avec la création de ce site gratuit entièrement tourné vers le grand public, le CNRS est sorti de sa réserve en investissant l'univers des médias numériques. Nous avons opéré une petite révolution pour toucher le plus grand



© F. Vermet

nombre. Et ça marche. Avec plus de 100 000 visiteurs uniques en moyenne par mois, la fréquentation du site est un succès. Nous observons aussi de bonnes reprises des sujets dans la presse écrite et audiovisuelle.

Par ailleurs, tous les contenus, articles, vidéos, billets et diaporamas que nos équipes produisent sont en accès libre sur le site et ils peuvent être vus, lus et commentés sur les réseaux sociaux.

2014, c'est aussi un investissement accru de la communication du CNRS dans les réseaux sociaux. Que pouvons-nous en retenir ?

Nous étions présents sur les réseaux sociaux depuis 2010 avec des comptes florissants sur Twitter, Facebook et Dailymotion. Mais la création du journal en ligne a accru la visibilité du CNRS sur ces réseaux et a sans doute rajeuni notre audience.

Nous avons voulu aller plus loin en faisant de ces nouveaux médias des acteurs à part entière de notre communication et en complétant notre équipe web avec un community manager à temps plein.

Les nombres de nos followers sur Twitter (38 000 en janvier 2015) et de nos fans sur Facebook (37 000 en janvier 2015) ont bondi, respectivement de + 55 % et de + 38 %, tout comme les taux d'engagement, c'est-à-dire le pourcentage d'interactions entre les internautes et nos publications (+ 12 % et + 20 % respectivement). Nous avons aussi investi de nouveaux réseaux sociaux comme Vine, Instagram, plus axés sur l'image et LinkedIn sur les liens professionnels.

Dorénavant, nous ajoutons systématiquement un volet « réseaux sociaux » à nos événements et à nos actions de communication.

CNRS hebdo a pris un coup de jeune en 2014...

Oui, CNRS hebdo est notre premier support de communication institutionnelle. Il arrive chaque semaine dans la boîte mail de plus de 100 000 abonnés,



© CNRS

CNRSlejournal.fr c'est :
100 000 visites par mois
30 % depuis les réseaux sociaux
25 % depuis l'étranger

touchant un public bien plus large que le seul personnel du CNRS. D'où notre volonté, depuis deux ans, de lui donner un contenu moins administratif et plus stratégique en lui ajoutant des sujets de fond qui portent aussi bien sur la politique de recherche de l'organisme, son environnement institutionnel, que sur les accords internationaux, la valorisation ou encore la diffusion des connaissances. En 2014, une trentaine d'articles et d'interviews ont ainsi été publiés dans cette newsletter. Par exemple, nous avons réalisé pour la première fois un dossier sur le budget du CNRS que nous avons complété avec des données visualisations pédagogiques. Ce dossier apporte aux agents des éléments de compréhension que l'on ne trouve pas par ailleurs.

Après Paris en 2013, les Fondamentales se sont délocalisées en 2014 à Grenoble...

Conformément à un souhait que nous avons émis dès la première édition de ce forum, les Fondamentales se tiendront en alternance à Paris et en région, dans une grande ville de science. Nous avons choisi Grenoble pour l'édition 2014 et ce choix a été payant. Près de 600 personnes sont venues assister aux rencontres, plus de 1 900 auditeurs ont suivi le forum sur la wikiradio du CNRS ou les webcasts et 450 personnes ont participé au LiveTweet avec #FondamCNRS.

Une fois de plus, nous avons pu constater l'énorme appétit du public pour les sciences, pour les rencontres avec les chercheurs. Des sujets ardues comme l'épigénétique, la biologie de synthèse, le fonctionnement de la mémoire suscitent énormément d'intérêt et de questions.

Master Classe des Fondamentales animée par Alain Fuchs, président du CNRS (Grenoble, octobre 2014).



UN KIT DE COMMUNICATION CONTRE LES INÉGALITÉS DE GENRE

Comment combattre les inégalités de genre en sciences dures et donner envie aux jeunes filles de s'engager dans une carrière scientifique ? Peut-être, pour commencer, en donnant à voir. C'est l'objectif des dix portraits de physiciennes - chercheuses et ingénieures -, réalisés sous la forme d'autant de petits films à vocation pédagogique. Ils seront utiles aux chercheuses, enseignantes, animatrices scientifiques... et à leurs homologues masculins lors de leurs interventions dans les lycées. Ces portraits, dont la réalisation a été confiée à trois étudiantes du Master SACIM (Sciences, arts, culture, innovations, multimédia) de l'université de Versailles Saint-Quentin-en-Yvelines, s'intègrent dans le kit de communication « Femmes en physique » développé en 2014 par l'Institut de physique du CNRS. Avec un quiz sur les stéréotypes de genre, « Femmes en physique » s'insère dans le projet INTEGER porté par la Mission pour la place des femmes au CNRS, qui vise à développer l'égalité professionnelle dans les carrières scientifiques.

<http://femmesenphysique.cnrs.fr/>



Quels objectifs poursuivez-vous à travers Ma Thèse en 180 secondes ?

Ce concours, qui met en scène des thésards, est sans doute un des plus grands succès de la communication scientifique des cinquante dernières années. Il n'est que de voir le nombre de copies, à la limite de la contrefaçon, qui ont fleuri dans la foulée !

MT180, conçu par les Australiens mais lancé par les Québécois, offre aux jeunes chercheurs une occasion de parler de leurs travaux dans un langage proche du quotidien, accessible au plus grand nombre et dans une mise en scène ludique, un peu à la façon des « stand-up ». Dès la première année, le concours s'est propagé comme un feu de paille, mobilisant vingt-trois universités et communautés d'universités, ce qui représente plus de quatre cents thésards.

Pour nous CNRS, qui recrutons plus de 300 chercheurs par an, qui accueillons plusieurs centaines de doctorants dans les unités mixtes, la participation à MT180

est une façon de valoriser la présence et les travaux de ces jeunes étudiants et futurs chercheurs, de les sensibiliser à la communication, le tout aux côtés des universités, nos premiers partenaires dans les laboratoires. Même si l'objectif est d'abord et avant tout de développer la communication scientifique, MT180 est aussi une belle vitrine pour le doctorat, un diplôme qui n'est pas reconnu à sa juste valeur par le monde de l'entreprise. II



Les regroupements universitaires prennent leur essor

Le CNRS participe pleinement à l'émergence de vingt-cinq grands sites d'enseignement supérieur et de recherche en France.

JEAN-NOËL VERPEAUX, DIRECTEUR DE LA DASTR

Rendez-vous avait été pris dans la loi : le 22 juillet 2014, les sites candidats au statut de communauté d'universités et d'établissements (Comue) devaient avoir déposé leurs statuts. Ce fut chose faite pour les vingt sites qui choisirent ce mode de regroupement. Pour les cinq autres sites majeurs, c'est le mode de la fusion (parfois déjà réalisée) – association qui a été retenu. « C'est la grande évolution de l'année 2014 : vingt-cinq grands sites de recherche apparaissent maintenant sur la carte », déclare Jean-Noël Verpeaux, directeur de l'appui à la structuration territoriale de la recherche (DASTR). Des sites qui préfigurent de grandes structures universitaires où seront coordonnés l'enseignement supérieur, la recherche et l'innovation. « Fonder l'enseignement universitaire sur une recherche de haut niveau est une ambition à laquelle le CNRS et les universités travaillent plus que jamais », précise-t-il.

LE PAYSAGE SE STRUCTURE

De fait, le CNRS participe à la plupart des regroupements, quelle que soit leur forme juridique. Pour l'instant, l'organisme est membre de douze Comue et très impliqué auprès des universités fusionnées. « Ce qui compte c'est la volonté des acteurs de travailler ensemble autour d'une dynamique scientifique », assure Jean-Noël Verpeaux. Sur ce point, l'expertise multidisciplinaire du CNRS est essentielle. « Cartographier les compétences scientifiques et technologiques, identifier des thèmes reconnus à l'international ou en émergence nous aide à tirer collectivement profit de la richesse et de l'originalité des sites. »

Le Programme d'investissements d'avenir (PIA) est un autre élément crucial dans la structuration du paysage. Le CNRS travaille étroitement avec les sites ayant

déjà obtenu une IDEX lors de la première vague, et s'investit dans la préparation de la deuxième vague. Début janvier 2015, sept projets d'IDEX et treize projets d'I-SITE ont été déposés. Pour le directeur de la DASTR, « le PIA fonctionne comme un carburant pour les sites : il permet de concrétiser la politique scientifique et cimente les relations entre partenaires. Avec un réel effet de levier ».

UN RÔLE NATIONAL POUR LE CNRS

Dans ce contexte, articuler ancrage territorial et vision nationale reste l'enjeu numéro un pour le CNRS. Être présent sur les sites en tant qu'organisme national, c'est apporter une autre plus-value que celle d'un

Les grands sites d'enseignement supérieur et de recherche donnent naissance à de nouveaux projets, en brassant les idées, les compétences et les ressources.

partenaire local supplémentaire, en matière de réseaux scientifiques ou technologiques, d'accès aux grandes infrastructures de recherche. C'est également mettre en place un ensemble des dispositifs de soutien aux projets prioritaires : programmes exploratoires (PEPS), accueils en délégation... sans oublier l'action internationale avec la mise à la disposition des partenaires de ces outils de coopération structurants que sont les laboratoires internationaux associés (LIA) ou les unités mixtes internationales (UMI).

ENCORE PLUS PRÉSENT SUR LES SITES

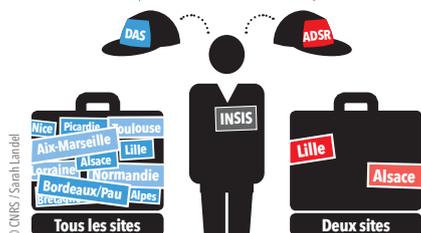
Cette année, le CNRS a également renforcé sa présence institutionnelle sur les sites. « L'objectif étant que les interlocuteurs des universités soient effectivement porteurs de la politique nationale de l'organisme », souligne Jean-Noël Verpeaux. Chaque directeur d'institut a donc nommé un « adjoint politique de site » qui suit la politique nationale de l'institut et la présence de la discipline sur les différents sites et qui est, par ailleurs, adjoint à un directeur scientifique référent (DSR) pour les sites dont il a la charge. Ils participent avec le DSR et le délégué régional aux instances décisionnelles des Comue et des IDEX. II

Laurence Hartmann, une interlocutrice à la croisée du local et du national

**Directrice adjointe scientifique
Politique de site**
Thématiques Ingénierie et Systèmes

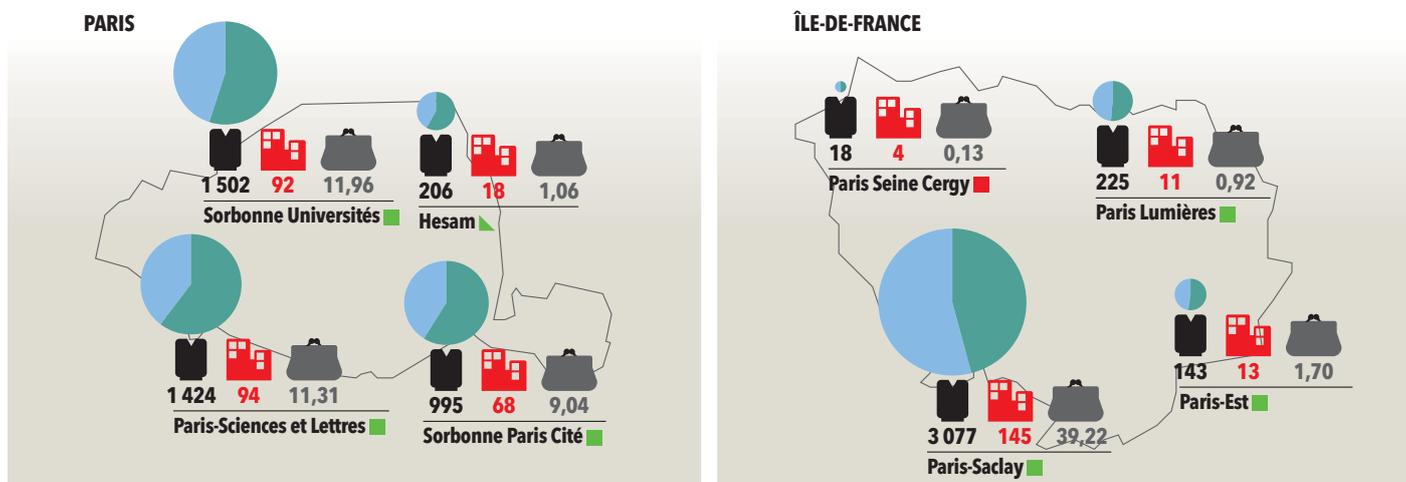
**Adjointe au directeur
scientifique référent**
Toutes thématiques

L'exemple de Laurence Hartmann (INSIS), adjointe politique de site pour Lille et l'Alsace.



VINGT-CINQ GRANDS SITES DE RECHERCHE

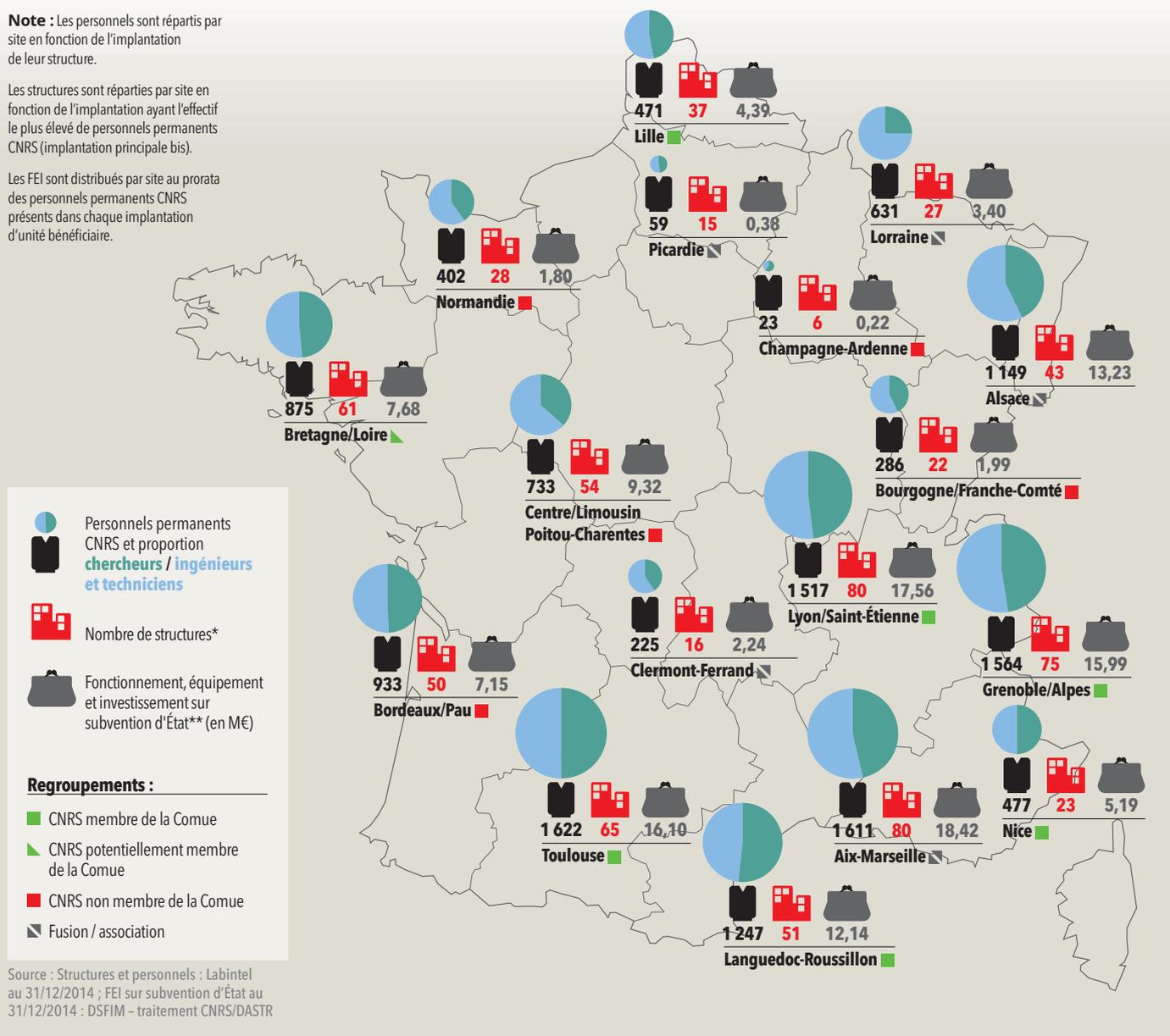
Le CNRS est impliqué dans les vingt-cinq sites identifiés par l'État préfigurant les grandes universités de recherche de demain.



Note : Les personnels sont répartis par site en fonction de l'implantation de leur structure.

Les structures sont réparties par site en fonction de l'implantation ayant l'effectif le plus élevé de personnels permanents CNRS (implantation principale bis).

Les FEI sont distribués par site au prorata des personnels permanents CNRS présents dans chaque implantation d'unité bénéficiaire.



* unités de recherche, unités de service et structures fédératives.

** Les attributions comptabilisées sont les attributions des instituts, de la DERCI et de la Mission pour l'interdisciplinarité.

Au diapason de la science-monde

En phase avec l'évolution de la science mondiale, le CNRS renforce sa présence à l'étranger en pariant sur la création de nouvelles unités mixtes internationales.

PATRICK NÉDELLEC, DIRECTEUR DE LA DERCI

« De Singapour au Japon en passant par les États-Unis et le Chili, 2014 est un excellent cru en matière d'unités mixtes internationales », se réjouit Patrick Nédellec, directeur Europe de la recherche et coopération internationale (DERCI) au CNRS. Millésime qui porte à trente-cinq le nombre total d'UMI, renforçant encore l'importance de cet outil au cœur de la stratégie internationale de l'organisme. « Nous sommes les seuls au niveau international à proposer des coopérations aussi structurées et pérennes. C'est un vrai facteur de différenciation et d'attractivité pour nos partenaires », souligne-t-il.

LE MOTEUR ASIATIQUE

Que trois de ces nouvelles UMI soient implantées en Asie démontre une fois encore la vitalité scientifique et technologique de cette région. Avec le Japon, premier partenaire institutionnel du CNRS, les liens se renforcent avec l'ouverture à Lille d'un site miroir¹ de l'UMI franco-japonaise LIMMS² (projet SMMIL-E). « Pour les Japonais, qui hésitent parfois à quitter leur

pays, cette structure d'accueil est très facilitante. » À Singapour, l'extraordinaire essor en cours se traduit par l'ouverture de deux nouvelles UMI mais aussi, à un niveau plus institutionnel, par l'implantation sur place du bureau de représentation du CNRS en Asie, jusqu'alors situé au Vietnam. Pour le directeur, « le dispositif international du CNRS fait preuve de souplesse : on s'adapte aux évolutions de la science mondiale et aux besoins des chercheurs ». Et ce n'est qu'un début ! Des contacts sont en cours pour développer avec Singapour de nouvelles collaborations structurées autour de l'énergie. Aux Amériques, les collaborations avec les États-Unis sont déjà très développées et se traduisent, cette année, par une nouvelle UMI interdisciplinaire en sciences humaines et sociales (Epidapo). L'Amérique du Sud est, quant à elle, une zone en plein essor scientifique, le CNRS ayant désormais six UMI sur place.

MOBILISATION AUTOUR D'HORIZON 2020

Côté Europe de la recherche, les premiers résultats d'Horizon 2020 sont observés à la loupe. On constate

LES CINQ UNITÉS MIXTES INTERNATIONALES CRÉÉES EN 2014



AVEC LES ÉTATS-UNIS

UMI EPIDAPO

Epigenetics, Data and Politics

Partenaires : CNRS, Université de Californie Los Angeles (UCLA)

Coloration : interdisciplinarité entre les sciences sociales, les sciences de l'environnement et les sciences naturelles

Axes de recherche : épigénétique, big data, politique des sciences de l'environnement



AVEC LE CHILI

UMI EBEA

Evolutionary Biology and Ecology of Algae

Partenaires : CNRS, Université pontificale catholique du Chili (PUCCh), Université australe du Chili (UACH)

Coloration : accès à un écosystème côtier remarquable possédant une ressource algale à fort enjeu écologique et économique

Axes de recherche : reproduction sexuée, processus d'adaptation et de spéciation, domestication et gestion des ressources



AVEC SINGAPOUR

UMI MajuLAB

Partenaires : CNRS, Université de Nice Sophia-Antipolis, National University of Singapore, Nanyang Technological University

Coloration : accès à une infrastructure de pointe, le Graphene Center

Axes de recherche : gaz et calcul quantiques, matériaux bi-dimensionnels (dont le graphène), physique des lasers



UMI BMC

BioMechanism of Cellular contacts

Partenaires : CNRS, National University of Singapore (Mechanobiology Institute of Singapore)

Coloration : thématique émergente de la mécanobiologie à la frontière de la physique et de la biologie

Axes de recherche : étude des mécanismes régulant les contacts cellulaires, mecanosensing, polarité cellulaire, interactions juxtacrine, jonctions cellule-cellule

tout d'abord un rush dans la participation, qui touche la plupart des pays. Ainsi, la France a déposé beaucoup plus de projets en 2014 qu'à la fin du 7^e programme-cadre, en 2013, moment où la participation avait fortement chuté. En matière de taux de succès, la France conserve la première place (18,5 %) mais reste derrière l'Allemagne et le Royaume-Uni pour la part des financements captés. Au CNRS, pour 1 229 projets déposés en 2014, 231 ont été retenus dont 12 projets en coordination. « Nos chercheurs se positionnent surtout sur le pilier I « Excellence » avec de très bons résultats sur les ERC Starting, Consolidator et Advanced Grants », constate Patrick Nédellec. Pour autant, les résultats sont également encourageants sur les FET Open³ puisque sur les vingt-quatre projets européens retenus en 2014, six projets sont à coordination française dont trois à coordination CNRS. Malgré des critères de sélection encore plus rigoureux, le directeur de la DERCI explique que les chercheurs qui se lancent dans l'aventure des projets collaboratifs – avec l'aide précieuse des ingénieurs de projets européens – ne le regrettent pas. « Avancées scientifiques, développement d'un large réseau ou encore saut dans la carrière, les fruits qu'ils peuvent en retirer sont multiples », précise-t-il.

LES PORTEURS DE PROJETS EUROPÉENS PLUS SOUTENUS

Pour renforcer sa présence au plus près des décideurs européens, le bureau de représentation du CNRS à Bruxelles a rejoint les locaux du CLORA, le club des organismes de recherche français. Autre changement, il a été décidé qu'à compter du 1^{er} avril 2015, le directeur du bureau de Bruxelles serait désormais adjoint

au directeur de la DERCI. « Ce qui signifie que les affaires européennes du CNRS seront désormais pilotées depuis Bruxelles, indique Patrick Nédellec. Nous allons y gagner en lisibilité et en efficacité, en interne comme vis-à-vis de nos partenaires. » Par ailleurs, le pool d'ingénieurs de projets européens (IPE) a été étoffé par de nouveaux recrutements. Les dix IPE sont placés auprès des délégations régionales et apportent leur expertise aux chercheurs pour monter leurs dossiers et remporter des projets européens (voir encadré).

UN PILOTAGE ET DES OUTILS EN ÉVOLUTION

L'international étant une priorité, un comité de pilotage dédié se réunit depuis cette année sous la ...

Notre politique internationale vise l'excellence scientifique : en premier lieu avec les grands pays de recherche mais aussi avec des laboratoires de très haut niveau partout dans le monde.



AVEC LE JAPON

UMI LINK

Laboratory for Innovative Key Materials and Structures

Partenaires : CNRS, Saint-Gobain, Institut japonais de science des matériaux (NIMS)

Coloration : partenariat d'excellence avec un industriel

Axes de recherche : création de nouveaux matériaux : synthèse et procédés de mise en forme, études des propriétés physico-chimiques



© CNRS / Délégation PIMA

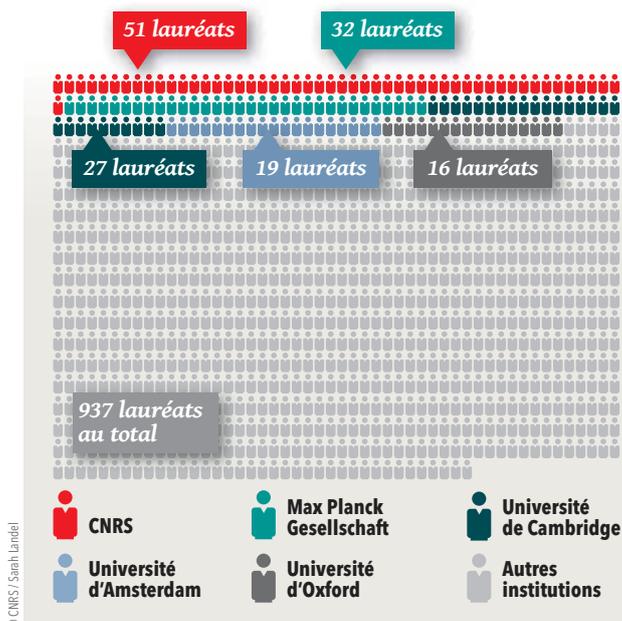
Céline Prono,
ingénieur de projets européens,
Direction Europe de la recherche
et coopération internationale

DES CLÉS POUR RÉPONDRE À UN APPEL À PROJETS EUROPÉEN

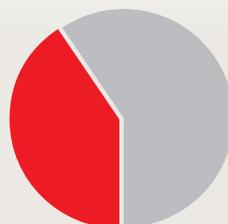
« Notre mission consiste à accompagner les responsables scientifiques qui répondent, en tant que coordinateurs, aux appels à projets européens collaboratifs. En lien avec les services partenariat et valorisation (SPV) des délégations régionales, nous travaillons sur le volet administratif, légal et financier du projet (budget, modalités de dissémination des résultats¹, communication, gouvernance). Le chercheur peut ainsi se consacrer entièrement au volet scientifique du dossier. Selon moi, répondre à un appel à projets est d'abord un exercice stylistique et sémantique. L'aspect scientifique est central, mais ne suffit pas ! Les chercheurs sont pour l'immense majorité très satisfaits de cette collaboration avec l'ingénieur de projets européens, quelle qu'en soit l'issue in fine. Lorsqu'elle est positive, nous assumons la contractualisation et le lancement du projet. Nous recrutons également un manager qui vient nous remplacer auprès des équipes pour la coordination administrative et financière. Pour mettre toutes les chances de leur côté, je conseille aux chercheurs de bien s'entourer, de solliciter des regards extérieurs sur leur projet très en amont, de constituer un consortium de haut niveau et surtout de ne pas s'y mettre à la dernière minute... »

1. publications, conférences, valorisation, etc.

ERC : LE CNRS EN TÊTE !



Programme d'excellence d'Horizon 2020, l'ERC (*European Research Council*) finance les travaux de recherche exploratoires de chercheurs jeunes (*Starting Grant*), expérimentés (*Consolidator Grant*) et confirmés (*Advanced Grant*) dans tous les domaines de la science et de la technologie.



40,8 %

des 125 lauréats français ont choisi le CNRS pour institution d'accueil.

Le taux de succès français à l'ERC s'établit à

16,1 %

à comparer aux 11,8 % pour l'ensemble de l'Europe.

... houlette du président du CNRS et du directeur général délégué à la science. Les instituts et la DERC y discutent des nouveaux projets coopératifs et des évolutions à envisager concernant les outils de coopération. C'est ainsi qu'il a été décidé de mettre un terme au dispositif des « conventions d'échanges » entre

le CNRS et différents pays. « Ces outils dits prospectifs s'étaient multipliés, entraînant un saupoudrage des financements avec peu de projets de recherche plus structurants à la clé », explique Patrick Nédellec. De plus, ils étaient redondants avec les projets internationaux de coopération scientifique (PICS) ou certains dispositifs du ministère des Affaires étrangères. Seules quelques conventions ont été maintenues sous forme de Projets de recherche conjoints (PRC) avec les pays partenaires. Dans le prolongement de cette démarche, le directeur entend faire évoluer les laboratoires internationaux associés (LIA) et les groupements de recherche internationaux (GDRI). La DERC a également élaboré pour le directoire du CNRS un tableau de bord international comprenant plusieurs indicateurs-clés sur les co-publications, les niveaux de financement par pays, etc. Indicateurs qui permettent d'engager une réflexion stratégique sur les partenariats institutionnels de l'organisme.

Abderrahmane Kheddar,
directeur de l'UMI Joint Robotics Laboratory (JRL), membre titulaire de l'Académie des technologies



TRAVAILLER AU JAPON INSPIRE MES RECHERCHES DEPUIS DIX ANS !

« Pour un passionné de robotique comme moi, il était naturel d'aller travailler au Japon. Pour des raisons culturelles, ce pays a une relation très particulière au phénomène d'automatisation. Loin d'être une menace, le robot est intégré à la société, il apporte son soutien à l'économie et bientôt aux hommes dans leur quotidien. C'est un environnement de travail extraordinairement stimulant. Récemment, une collaboration avec Airbus Group est née dans le cadre d'un projet européen H2020, COMANOID, et de la participation commune au challenge DARPA suite à la catastrophe de Fukushima. Nous n'y avons pas pensé avant, mais pourquoi les robots humanoïdes ne pourraient-ils pas aider les hommes dans de telles applications ? À mon avis, la coopération internationale génère des échanges uniques entre les scientifiques. Dans le fond, nous sommes aiguillonnés par l'envie de nous comprendre, stimulés par toutes nos différences. C'est quelque chose qui m'inspire depuis dix ans ! Sur un autre plan, les Japonais envient cette capacité que nous avons au CNRS de nouer des collaborations partout sur la planète. Pour ma part, je loue la fluidité et la réactivité de leur organisation, le chercheur étant au centre de toutes les préoccupations. En d'autres termes, nous avons beaucoup à apprendre les uns des autres ! »

ASSOCIER LES UNIVERSITÉS À LA COOPÉRATION INTERNATIONALE

Concernant le partenariat international avec les universités françaises, la volonté du CNRS est intacte. Le message de Patrick Nédellec est clair : « Nous mettons nos outils à la disposition des Comue, pour qu'elles puissent, par exemple, ouvrir des UMI estampillées à leur nom. » Pour cela, chacun doit agir concrètement pour favoriser la mutualisation. « Côté CNRS, nous souhaitons davantage associer les universités au moment de l'instruction des dossiers, afin qu'elles s'approprient ces outils. Nous voulons leur montrer tout l'intérêt qu'il y a à travailler de concert sur l'international. » ||

1. Site miroir : laboratoire de recherche lié à une UMI, ouvert en France ou dans le pays partenaire.
2. Laboratoire pour les systèmes micro-mécatroniques intégrés.
3. Les FET Open sont des programmes blancs (sans thématique précise) de soutien à la recherche collaborative exploratoire dans le domaine des nouvelles technologies.

Le partenariat industriel, une ambition affichée

En complément des activités de recherche, la valorisation est une mission que le CNRS veut soutenir encore davantage. Zoom sur le nouveau plan d'action élaboré pendant l'année 2014.

MARIE-PIERRE COMETS, DIRECTRICE DE LA DIRE



L'entrée en bourse de trois entreprises issues des recherches et de la valorisation du CNRS a marqué l'année 2014. Traitement des déchets toxiques pour Innoveox, procédé d'imagerie médicale révolutionnaire pour SuperSonic Imagine et production d'hydrogène pour McPhy, toutes grandissent sur la base de brevets et de licences d'exploitation émanant de l'organisme... autour de sujets sociétaux stratégiques ! Le CNRS continue à suivre ces entreprises et parie sur leur réussite en entrant au capital de deux d'entre elles, par l'intermédiaire de sa filiale France innovation scientifique et transfert (FIST SA). Très emblématiques, ces success stories sont la face émergée d'une intense activité de valorisation tout au long de l'année, en partenariat avec des univers aussi bien académiques qu'industriels, régionaux qu'internationaux. Pour aller plus loin, le CNRS entend améliorer encore l'efficacité de ses processus de valorisation et consolider ses positions dans un secteur en profonde muta-

tion depuis plusieurs années. C'est pourquoi en 2014 la Direction de l'innovation et des relations avec les entreprises (DIRE) a conduit avec les instituts du CNRS, la Mission pilotage et relations avec les délégations régionales et les instituts (MPR) et FIST une réflexion sur la stratégie de l'organisme dans ce domaine. Le nouveau plan d'action qui en est issu a été adopté par le comité de direction en fin d'année. Ouverture vis-à-vis des partenaires, recentrage des thématiques de transfert et réactivité de l'organisation en résumant la philosophie générale.

UN PARTENAIRE DE DÉVELOPPEMENT POUR LES PME

« Le partenariat industriel est plus que jamais le socle de notre politique de valorisation », déclare Marie-Pierre Comets, directrice de la DIRE. Les 25 accords-cadres avec des grands groupes et les quelque 2 000 contrats de recherche par an en sont la démonstration. Si le travail avec les leaders du CAC 40 se poursuit, l'objectif ●●●

Évolution de la création d'entreprises issues de laboratoires rattachés au CNRS depuis 1970

Grâce à des dispositifs législatifs favorables, la création d'entreprises issues de la recherche s'envole au tournant des années 2000.



...affiché est de multiplier les partenariats avec les PME. « Les petites et moyennes entreprises ont des besoins importants en matière de développement technologique. Or il y a dans les laboratoires des compétences disponibles et l'envie d'apporter des solutions concrètes », souligne Marie-Pierre Comets. Pour lever les obstacles, le CNRS va développer de nouveaux outils à l'appui du Répertoire des compétences, qui offre déjà une première porte d'entrée à tous ceux qui veulent travailler avec le CNRS. « Mieux se connaître et multiplier les rencontres lors de forums innovation, par exemple, est incontournable pour favoriser les collaborations », précise-t-elle. Le CNRS veut aussi gagner en réactivité et accélérer la mise en place des contrats de collaboration. Par ailleurs, un portail d'innovation ouverte à destination des entreprises est en projet.

SOUTENIR L'INNOVATION DE RUPTURE

Côté innovation, le CNRS se positionne très en amont, solidement appuyé sur ses atouts d'excellence et d'interdisciplinarité. « Aujourd'hui, nous sommes les seuls à pouvoir détecter dans nos laboratoires des projets fondamentaux porteurs d'innovations de rupture », souligne la directrice de la DIRE. En témoigne une action de « pré-maturation » expérimentée pour la pre-

LES « FOCUS TRANSFERT » DU CNRS

Agents d'imagerie moléculaires / Mémoires / Batteries / Alzheimer / Valorisation de la biomasse lignocellulosique / Oncologie / Immunothérapie / Biomarqueurs / Cellules souches tumorales / Épigénétique / Optoélectronique / LED / Sources de lumière pour la santé / Sources THz / HIV / Énergie solaire photovoltaïque / Organique / Couches minces / Graphène et nanomatériaux 2D / Big data et sécurité informatique / Valorisation de la molécule CO₂ / Robotique de service / Cosméto-traitement de la peau

mière fois cette année à l'Institut de physique. Grâce à un budget ou à un poste dédié, des équipes ont pu mener leurs travaux jusqu'à la preuve du concept c'est-à-dire jusqu'au moment où le transfert de technologie ou la création d'entreprise sont les plus opportunes et présentent une valeur ajoutée conséquente. Jugé très pertinent, ce dispositif sera étendu à tout l'organisme en 2015.

Autre avancée clé du nouveau plan d'action : le resserrement des domaines d'expertise nationale du CNRS en matière de transfert de technologies. Suite logique des Axes stratégiques d'innovation (ASI), quatorze domaines « Focus transfert CNRS » ont été déterminés en fonction des forces et des verrous scientifiques, des besoins et des problématiques socio-économiques, ainsi que des brevets publiés dans ces domaines. « C'est là qu'il est aujourd'hui le plus opportun et le plus pertinent de développer le transfert technologique à l'échelle nationale, assure Marie-Pierre Comets. Sur ces domaines, pour lesquels le CNRS a une expertise nationale et un poids de négociation avec les partenaires industriels, nous sommes vraiment complémentaires des Sociétés d'accélération du transfert de technologies (SATT) qui interviennent au niveau local sur les autres domaines » (voir encadré ci-dessus).

Nous identifions les ruptures scientifiques, les ruptures technologiques et nous les poussons vers l'entreprise.



Laure Hervé,
déléguée Partenariats -
Propriété intellectuelle,
EDF - R&D

UN PARTENARIAT PORTEUR POUR LES ÉNERGIES DE DEMAIN AVEC EDF

« Le CNRS est notre premier partenaire académique¹. En novembre 2014, l'accord-cadre qui régit nos relations a été renouvelé très rapidement dans un esprit de confiance. Le CNRS et EDF ont fait leurs meilleurs efforts pour aboutir à un accord gagnant-gagnant vraiment exemplaire. Il témoigne d'une évolution notable par rapport à l'ancien accord, qui datait de 1991. Désormais, nous avons une latitude beaucoup plus importante pour valoriser les résultats obtenus dans le domaine de l'énergie. Cela permettra d'avancer plus vite sur de nouvelles technologies performantes en vue de développer un « mix » énergétique décarboné. De son côté, le CNRS est copropriétaire des résultats et reçoit une rétribution en proportion des coûts engagés mais aussi lorsque des licences sont cédées à des tiers. Par ailleurs, c'est EDF qui s'acquitte des frais de propriété intellectuelle. Ce nouveau modèle partenarial a déjà des résultats très positifs : 18 nouveaux contrats ont été signés ou sont en bonne voie de l'être, et ce dans des délais record. Nous avons d'ailleurs l'intention d'appliquer des modalités contractuelles similaires à nos autres partenariats académiques. »

1. Avec EDF, le CNRS a quatre unités mixtes de recherche en cotutelle, quatre laboratoires communs et une centaine de contrats de recherche chaque année.

1 026 START-UP ISSUES DES LABORATOIRES

2014 a également mis en lumière un aspect parfois méconnu de l'activité de valorisation du CNRS : la création d'entreprises et le soutien qu'il leur apporte au cours de leurs tumultueuses évolutions. En effet, une étude interne a montré qu'environ 80 start-up sortent chaque année des laboratoires. « Sur les 1 026 start-up créées en quinze ans, plus de 80% sont encore en activité, soit un taux de survie assez exceptionnel, se réjouit Marie-Pierre Comets. Avec au moins 7 000 emplois créés et un chiffre d'affaires annuel de 700 millions d'euros, elles participent pleinement à l'activité économique. » De plus, « les start-up sont probablement le meilleur vecteur de diffusion de l'innovation, explique Jean-René Bailly, directeur Suivi des contrats et participations chez FIST SA. Pour certaines technologies, les start-up sont les seules à pouvoir faire l'interface entre le laboratoire et l'économie : elles sont devenues le vivier des acteurs industriels internationaux ». À brève échéance, le CNRS prévoit de faciliter encore davantage la création d'entreprises : adaptation des conditions financières (licensing, frais de propriété intellectuelle, etc.) mais aussi accompagnement renforcé des créateurs de start-up sont prévus.

FACILITER LES PROCESSUS DE VALORISATION

« Pour mener à bien tous ces chantiers, stratégiques pour le CNRS, notre organisation doit s'adapter. C'est d'autant plus vrai que les missions des acteurs de la valorisation se sont élargies, diversifiées et complexifiées ces dernières années », explique la directrice de la DIRE. Concrètement, il s'agit de responsabiliser davantage les acteurs de terrain au niveau des sites, mais aussi de passer à une culture du risque maîtrisé, plus favorable à la valorisation que « l'hyper-protection » qui pouvait prévaloir auparavant (voir encadré p. 58). De même, le CNRS continuera à évoluer dans la complémentarité avec ses partenaires, notamment avec les SATT, grâce à une plus forte concertation et de nouveaux outils contractuels. « Face à la multitude d'acteurs, notre objectif est de simplifier les choses au maximum et d'installer une relation de confiance avec tous nos partenaires... l'efficacité du transfert de technologies en dépend ! » conclut Marie-Pierre Comets. ||



© Olivier Daniel

TROIS QUESTIONS À

Olivier Daniel,
directeur général de FIST SA

FIST SA est depuis sa création, en 1992, la filiale de valorisation du CNRS. Quel est son rôle ?

La mission de FIST SA est de transférer vers l'industrie des technologies innovantes issues des laboratoires. La filiale est détenue à 70% par le CNRS et à 30% par BPI France. Il s'agit de gérer le portefeuille de brevets, de négocier et suivre les contrats d'exploitation, de réaliser des cartographies des domaines d'innovation, de rechercher des partenaires industriels ou encore d'apporter une expertise aux créateurs de start-up. Nous travaillons bien sûr avec les services partenariat et valorisation (SPV) des délégations régionales et avec la DIRE, mais aussi avec toutes les directions du CNRS.

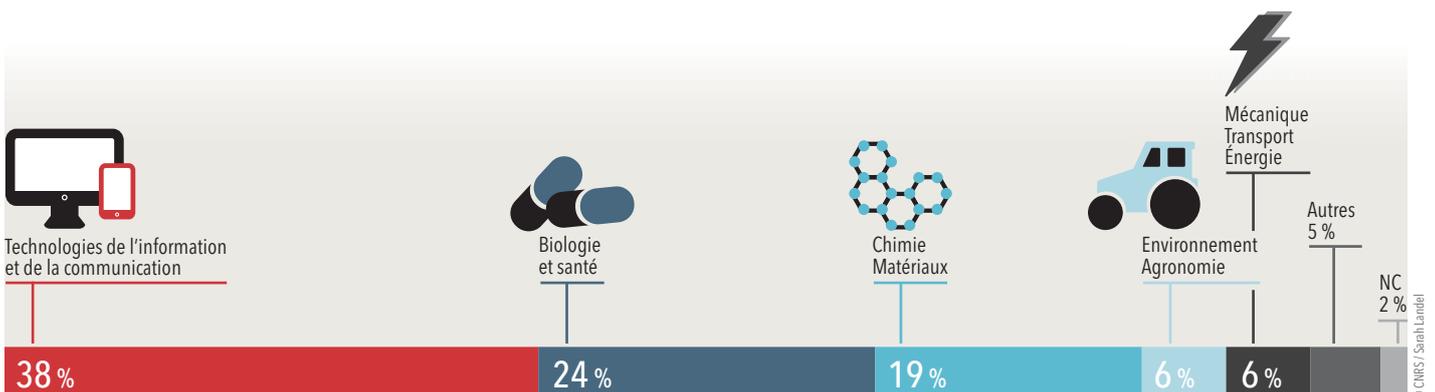
En quoi le statut de FIST SA permet-il au CNRS de remplir sa mission de valorisation ?

Avoir un statut privé est utile à plusieurs titres : recruter des compétences spécifiques, prendre des participations dans des sociétés, ou encore sélectionner les brevets en toute indépendance. Par ailleurs, FIST SA n'a pas d'intérêt financier propre dans le cadre de ses activités de valorisation. Pour un contrat de licence, il est prévu que 50% du retour financier revienne aux inventeurs, 25% aux laboratoires et 25% aux tutelles. Notre intérêt est celui du CNRS, ce qui nous conduit, par exemple, à privilégier les projets de partenariat industriel qui envisagent le recrutement de doctorants. De même, nous faisons preuve d'une plus grande souplesse pour les contrats de licence passés avec les start-up.

Comment travaillez-vous avec les sociétés d'accélération du transfert de technologies (SATT) ?

Les 14 SATT sont de nouveaux partenaires de la valorisation au niveau local. FIST SA accompagne le CNRS dans l'articulation de ses activités avec celles des SATT, notamment au travers de la mise en place des thématiques « Focus Transfert ». Notre objectif est de travailler en bonne intelligence, dans un souci de cohérence et de complémentarité tout en valorisant le rôle de coordinateur national du CNRS.

Secteur d'activité des entreprises issues des laboratoires rattachés au CNRS



© CNRS / Sarah Landel

Préserver l'emploi autant que possible, maintenir le meilleur niveau de service aux laboratoires et poursuivre l'optimisation des ressources, tels sont les objectifs du nouveau directeur général délégué aux ressources du CNRS.

Après trois années et demie à la direction des ressources humaines, vous avez été nommé directeur général délégué aux ressources du CNRS le 23 février 2015. Comment envisagez-vous ces nouvelles fonctions ?

Je m'inscris dans la continuité des actions entreprises par mon prédécesseur, Xavier Inglebert. Nous partageons la même vision de l'allocation des ressources – qu'elles soient humaines, financières ou matérielles – au service de la science. La direction générale déléguée aux ressources (DGDR) du CNRS travaille dans une logique de facilitation, l'objectif étant de trouver des solutions au quotidien pour que les laboratoires mènent leurs projets à bien. Nos garde-fous sont le cadre juridique qui s'impose au CNRS et le volume des ressources allouées à l'établissement. Nous avons aussi comme principe de ne jamais intervenir sur l'opportunité d'allouer la ressource à tel ou tel domaine scientifique. Cette approche se décline dans toutes nos actions. Beaucoup de chantiers ont été lancés ces dernières années, comme l'amélioration des outils de gestion, la dématérialisation du traitement des factures, ou encore la réorganisation des délégations régionales d'Île-de-France avec notamment la création de la délégation Paris Villejuif. Ces projets sont largement engagés et produisent déjà des résultats. L'un des dossiers de grande ampleur qui est devant nous est celui de la réforme de la gestion budgétaire et comptable publique (GBCP)¹.

« À la logique de partenariat scientifique répond une logique de partenariat dans les fonctions support. »

Dans quelle situation financière est le CNRS ?

La situation financière du CNRS est saine. Nos comptes financiers viennent d'ailleurs d'être certifiés sans aucune réserve pour la deuxième année consécutive par les commissaires aux comptes. Ce n'est pas anodin pour un budget total de 3 milliards d'euros... chiffre qui fait du CNRS le premier opérateur de l'État. La manière dont l'organisme est géré, la transparence dont nous faisons preuve grâce à une gestion performante, tout cela est reconnu par nos tutelles. Respecter nos plafonds d'emploi et de masse salariale nous permet d'être crédibles vis-à-vis des pouvoirs publics. Par ailleurs, n'oublions pas que nous sommes privilégiés par rapport au reste de la fonction publique compte-tenu

du caractère prioritaire de la recherche dans un contexte budgétaire de plus en plus contraint. Il nous faut donc redoubler d'imagination et d'énergie pour maintenir notre qualité de service aux laboratoires.

En quoi les ressources dont dispose le CNRS sont-elles mises au service des laboratoires ?

Orienter les ressources vers les laboratoires, c'est d'abord faire de l'emploi scientifique une priorité absolue. Lorsque nous construisons le budget, c'est l'enveloppe « masse salariale » qui passe en premier. Nos efforts tendent à recruter au maximum de nos possibilités dans le cadre d'une subvention d'État globalement stable. D'où le renouvellement de tous les départs à la retraite en 2014 et même un peu plus en 2015. De même, nous sommes très attentifs à ce que la dotation récurrente des laboratoires soit préservée autant que possible. Enfin, l'investissement du CNRS dans les très grandes infrastructures de recherche (TGIR) témoigne également de l'orientation des financements vers de grandes ambitions scientifiques, souvent à l'échelle internationale.

Comment mettez-vous en œuvre la politique scientifique du CNRS, la politique de site notamment ?

À la logique de partenariat scientifique répond une logique de partenariat dans les fonctions support. Le CNRS s'y engage depuis plusieurs années à travers la réalisation d'outils qui répondent aux attentes de l'organisme, mais aussi potentiellement aux besoins des universités. C'est notamment le cas des outils de gestion financière Geslab et Dialog dont les conventions signées en janvier 2015 avec l'AMUE² ont fait l'objet d'intenses travaux préparatoires durant l'année 2014. Les obstacles juridiques qui existaient jusqu'à présent pour que les autres établissements utilisent nos outils seront, je l'espère, prochainement levés. En effet, en 2014, nous avons préparé une modification réglementaire afin que le CNRS acquière la compétence de « centrale d'achats ». Les universités et les grandes écoles pourraient ainsi utiliser des outils informatiques acquis par le CNRS pour les laboratoires dont il a la responsabilité.

Plus globalement, il existe déjà dans les sites nombre de collaborations très concrètes entre les services d'appui à la recherche. Elles prennent la forme de programmes de formation communs, de politiques partagées d'hygiène et de sécurité, etc. De même, nous avons commencé à réorganiser les délégations régionales franciliennes en fonction du périmètre des communautés d'universités et d'établissements (Comue). La première grande étape est prévue pour le mois de

juillet 2015 avec la naissance de la délégation Paris Villejuif, issue d'une fusion des délégations Paris A et Île-de-France Est.

En 2014, la DGDR a amplifié la démarche d'amélioration continue (DAC) au CNRS. Qu'en attendez-vous ?

La DAC part de l'idée que les organisations peuvent s'améliorer « de l'intérieur » grâce à une réflexion collective sur les activités. En effet, impliquer tous les acteurs dans la description d'un processus révèle très souvent des oublis ou des doublons. Mais surtout, on voit émerger des idées nouvelles. C'est donc une méthode très concrète et partant du « terrain » pour optimiser les ressources. Dans un contexte où l'emploi est contraint, la DAC est une solution dont nous attendons beaucoup.

“ Orienter les ressources vers les laboratoires, c'est d'abord faire de l'emploi scientifique une priorité absolue. ”

Où en sont les grands chantiers lancés par Xavier Inglebert, comme la maîtrise des risques ou la dématérialisation des factures ?

Concernant la maîtrise des risques, nous venons de lancer une actualisation de la cartographie des risques afin d'aller au-delà des seuls aspects financiers et comptables. Les risques liés notamment à la sécurité informatique ou aux problématiques d'intégrité scientifique seront pris en compte. Quant à la dématérialisation des factures, le déploiement suit son cours. Les factures de cinq délégations régionales sont désormais gérées par le pôle de pilotage et de dématérialisation de la dépense (P2D2) situé à Nancy. Les prochaines bénéficiaires seront les délégations Île-de-France Sud (Gif-sur-Yvette) et Île-de-France Ouest et Nord (Meudon). Outre la simplification et les économies réalisées, la dématérialisation favorise la qualité comptable et permet aux gestionnaires de se consacrer davantage au dialogue avec les laboratoires. C'est pourquoi la dématérialisation n'est pas uniquement une évolution technologique : elle améliore la robustesse financière de l'établissement et enrichit les métiers. II

1. La GBCP est une réforme des principes de la gestion publique (décrets du 7 novembre 2012) qui applique les règles de la Loi organique relative aux lois de finances (LOLF) aux établissements publics.
2. Agence de mutualisation des universités et établissements.



© CNRS / Délégation PMA

Fonctions support du CNRS : une expertise reconnue

Des affaires juridiques aux systèmes d'information en passant par les achats, le CNRS met en œuvre une gestion performante qui peut aussi bénéficier à ses partenaires. Sans oublier de questionner ses propres pratiques...



© C. Barb

La direction des affaires juridiques (DAJ) met son casque de chantier pour visiter le site de construction de l'Extrême Light Infrastructure à Măgurele en Roumanie.

DES JURISTES TOUT TERRAIN

Une équipe de chercheurs doit creuser une cavité sous une centrale nucléaire ou construire une infrastructure laser en Roumanie ?

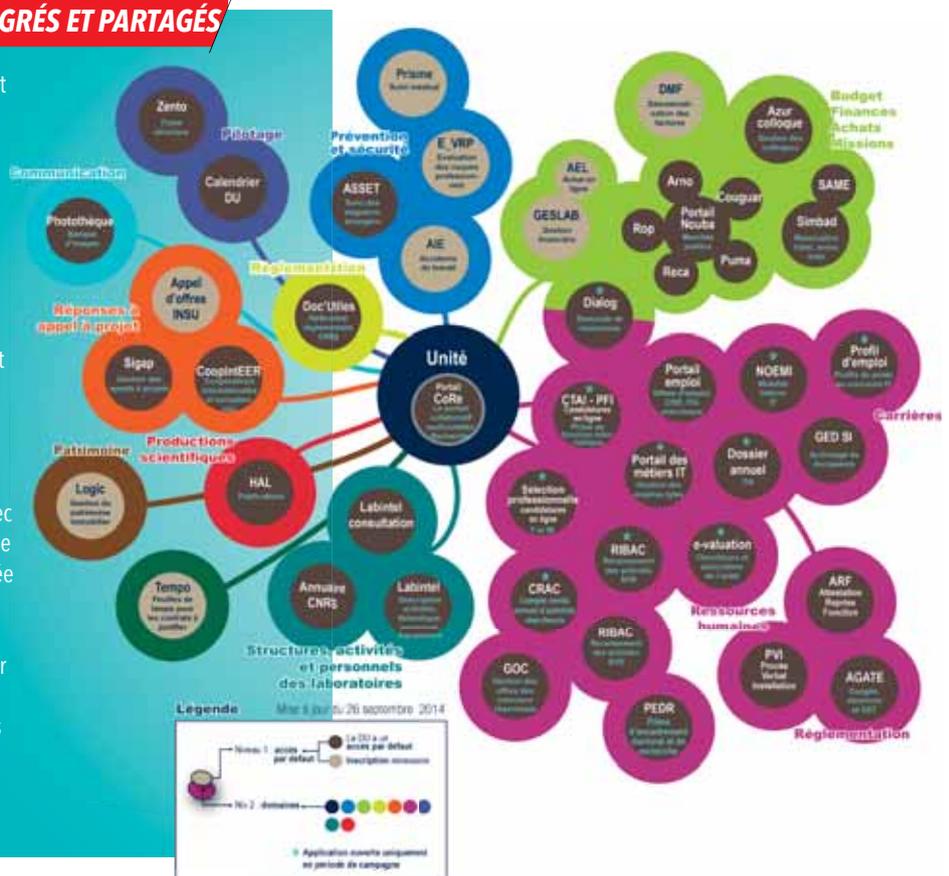
« Pour que ces projets soient possibles, nous irons sur le terrain s'il le faut, nous éplucherons le droit local et ferons le maximum dans les limites autorisées par la loi », assure Nicolas Castoldi, directeur des affaires juridiques. On le voit, assurer un rôle de conseil et de défense des intérêts du CNRS, c'est très concret. En effet, les problématiques juridiques soulevées par les activités scientifiques sont multiples, souvent inédites et avec des résultats largement imprévisibles. « Le secteur de la recherche challenge le droit en permanence » résume-t-il. Pour trouver des solutions, la direction des affaires

juridiques (DAJ) pratique l'interdisciplinarité à sa manière en croisant plusieurs droits : droit public ou privé, droit de la propriété intellectuelle ou droit commercial, droit français ou droit étranger. Ces dernières années, l'essor de la recherche sur projet a rajouté un niveau de complexité et de risque lié au cadre contractuel. De plus, le nombre de participations¹ a été multiplié par deux depuis 2012. « Grâce à son expertise nationale, le CNRS joue un rôle moteur dans ces évolutions, aussi sur le plan juridique, explique Nicolas Castoldi. Ainsi, en 2014, la Cellule des participations de la DAJ a été au cœur de la préparation et de la rédaction du statut des douze communautés d'universités et d'établissements (Comue) dont le CNRS est membre. » Autre innovation de l'année, la DAJ a initié une démarche d'audit des contrats de licence passés avec des industriels afin de s'assurer de leur bonne exécution... probablement une première dans un établissement public !

1. Coopération scientifique à l'échelle d'un site ou d'une thématique dont le CNRS est membre.

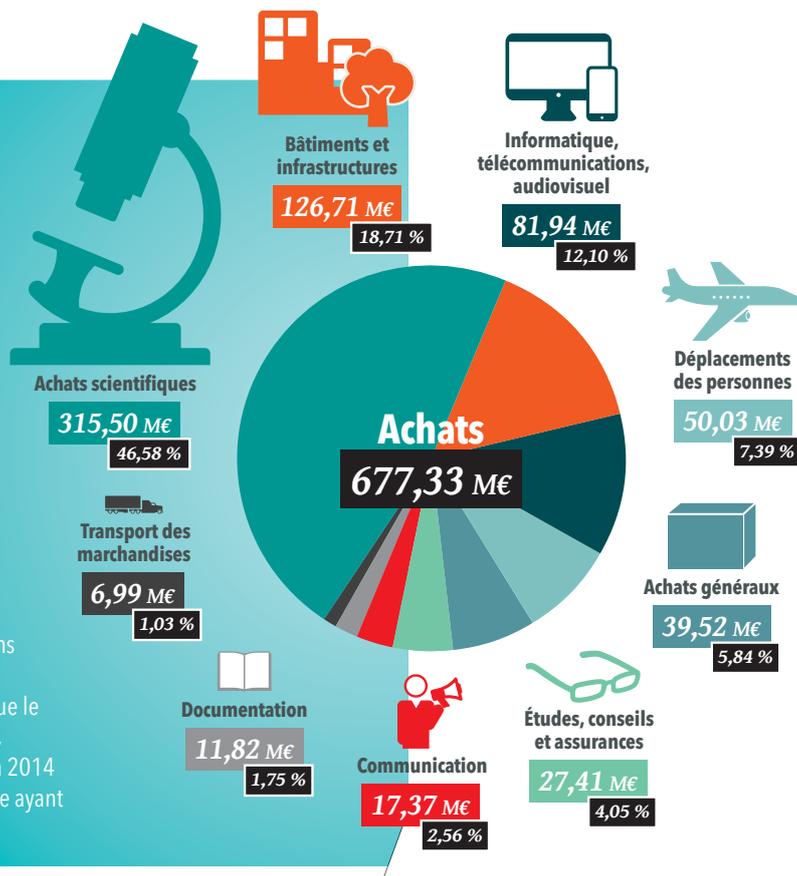
DES SYSTÈMES D'INFORMATION INTÉGRÉS ET PARTAGÉS

Construire un système d'information opérationnel et sécurisé au service de la recherche, c'est l'objectif de la direction des systèmes d'information (DSI) du CNRS depuis plusieurs années. Cloud privé interne, messagerie intégrée, plateforme collaborative Core, outils de gestion (Dialog, Agate, Tempo, Zento, etc.), tous ces services simplifient et modernisent la gestion des laboratoires. « Donner la possibilité aux universités et aux écoles supérieures de les utiliser également devrait bientôt être possible grâce à la future centrale d'achats du CNRS », indique Jean-Marc Voltini, directeur des systèmes d'information. En 2014, la DSI s'est fortement mobilisée sur la préparation de la convention « Geslab/Dialog » signée début 2015 avec la Conférence des présidents d'universités (CPU). Elle prévoit un financement et une gouvernance partagée pour la réalisation des interfaces informatiques qui permettront à tous les établissements d'utiliser ces outils de gestion financière conçus par le CNRS. Pour le directeur des systèmes d'information, « Geslab et Dialog sont très attendus par les gestionnaires et les responsables d'unité : simples d'utilisation, ils favorisent l'optimisation des ressources comme du pilotage des laboratoires ».



DES ACHATS OPTIMISÉS

En 2014, le CNRS a réalisé un « gain d'achat » de 10,8 millions d'euros, résultat qui va bien au-delà des objectifs présentés au conseil d'administration. Attention, il ne s'agit pas là d'une économie budgétaire en tant que telle mais d'une optimisation de la dépense. « Ce résultat s'explique en partie par le fait que les gains d'achat sont davantage mesurés et donc mieux connus. Mais il concrétise aussi le travail entrepris dans le cadre du schéma directeur achat 2014 - 2016, visant à renforcer la prise en compte de la dimension économique et stratégique de nos achats. Quant aux gains eux-mêmes, ils peuvent parfois correspondre à des dépenses moindres, mais il s'agit souvent d'en avoir « un maximum pour son argent », notamment dans le domaine des achats scientifiques », explique Olivier Bérard, directeur délégué aux achats du CNRS. « Ainsi, dans le cadre des équipements scientifiques, l'objectif est d'acquiescer à partir du budget disponible les équipements les plus adaptés aux besoins des chercheurs, accompagnés d'un maximum de prestations accessoires pertinentes. Et pas forcément de dépenser moins que le budget alloué, notamment pour les achats financés sur projet », précise-t-il. À noter par ailleurs : le CNRS a innové en signant en 2014 son premier marché à l'aide d'un outil de signature électronique ayant la même valeur légale qu'une signature manuscrite.



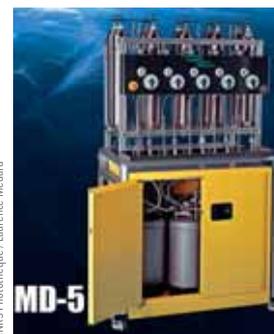
FAIRE ÉVOLUER LES ORGANISATIONS AVEC LA DÉMARCHE D'AMÉLIORATION CONTINUE

« Mettre en œuvre la stratégie d'une entité ou d'un service en associant les acteurs qui ont la connaissance du terrain, c'est tout l'enjeu de la démarche d'amélioration continue (DAC) », indique Joëlle Raguideau, directrice de la Mission pilotage et relations avec les délégations régionales et les instituts (MPR). Lancée au CNRS début janvier 2014, la DAC est une démarche managériale. Elle vise l'amélioration des processus et la valorisation des collaborateurs. Concrètement, il s'agit de décloisonner, de faire évoluer les organisations, d'harmoniser les méthodes de travail, de fluidifier les échanges interservices. Loin d'être systématique, la DAC s'applique au cas par cas, en fonction des situations et des besoins. « La démarche est participative, elle consiste à prendre du recul

sur son travail et sur la façon dont on interagit avec les autres dans un processus plus global, précise Virginie Boulanger, responsable de pôle à la MPR et pilote du déploiement de la démarche. En d'autres termes, la DAC met de l'huile dans les rouages pour une meilleure efficacité collective. » En 2014, quarante coordonnateurs DAC ont été formés à la démarche et sont devenus référents pour leur service. Au cours de cette même année, soixante-quatre projets interservices ont été lancés par les entités du CNRS, ainsi que de nombreux projets transversaux à l'établissement. « Portée au plus haut niveau de l'établissement, la DAC fera son chemin progressivement dans toutes les directions, à l'appui de résultats concrets », assure Joëlle Raguideau.

DES OPÉRATIONS NATIONALES DE SÉCURITÉ

Après avoir financé en 2011 et 2012 des générateurs d'hydrogène destinés à remplacer dans les laboratoires les bouteilles d'hydrogène présentant un risque d'explosion, le CNRS s'est lancé sur 2014 et 2015 dans l'achat et l'installation de purificateurs de solvants à froid. L'objectif : éliminer le risque d'incendie présenté par les distillations traditionnelles. Après l'installation de vingt-six machines en 2014, la seconde tranche démarrera au second semestre 2015. « Compte tenu des cofinancements obtenus auprès des partenaires, une grande partie des demandes formulées par les unités, réparties sur l'ensemble du territoire, sera satisfaite », indique Yves Fenech, responsable de la Coordination nationale de prévention et de sécurité (CNPS) du CNRS.



Remplacer progressivement les colonnes de distillation par des purificateurs de solvants, c'est une question de sécurité, principalement pour les laboratoires de chimie.



Le principe de responsabilité au cœur des ressources humaines

Optimisation des ressources disponibles, vision prospective, accompagnement des personnes ont caractérisé la politique de ressources humaines en 2014.

ISABELLE LONGIN, DIRECTRICE ADJOINTE DES RESSOURCES HUMAINES¹

© CNRS / Délégation PMA

Les chiffres clés des ressources humaines au CNRS sont éloquentes : 2,3 milliards d'euros de masse salariale (70 % du budget total) pour un effectif de 32 500 personnes. À l'enjeu financier, aigu dans le contexte budgétaire actuel, s'ajoutent des enjeux humains liés à l'évolution des organisations et des métiers. Autant de défis auxquels font face la direction des ressources humaines (DRH) et, sur le terrain, les services RH des dix-neuf délégations régionales.

UNE GESTION FINE DES RESSOURCES

« Pour la deuxième année, nous avons constaté la pertinence de la gestion en équivalents temps plein travaillés (ETPT) », indique Isabelle Longin, directrice adjointe des ressources humaines. Derrière ce sigle d'ETPT se cache un travail d'horloger qui consiste à suivre au plus près la consommation de la masse salariale en fonction du temps effectif de présence, des dates de départs à la retraite ou en mobilité. « Ce suivi permet aux entités d'optimiser la ressource qui leur est allouée et de redéployer à tout moment les marges qui apparaissent. L'effort de maîtrise de la masse salariale engagé par le CNRS continue de porter ses fruits », précise-t-elle. Ainsi, en 2014, l'organisme a pu organiser deux campagnes de concours et recruter 287 chercheurs et 260 ingénieurs et techniciens (IT). Ce qui permet, fait exceptionnel dans la fonction publique aujourd'hui, de remplacer l'intégralité des départs à la retraite. Autre conséquence positive, le maintien d'un certain volume de promotions pour les ingénieurs et techniciens, le nombre des concours internes décollant juridiquement des recrutements externes.



Florence Bouyer,
directrice de l'Observatoire des
métiers (OMES) du CNRS

© CNRS / Délégation PMA

COMMENT ÉVOLUENT LES MÉTIERS DE LA RECHERCHE ?

« Plus que tout autre élément, ces dernières années, ce sont les nouvelles technologies de l'information qui transforment les métiers de la recherche tant dans leur nature que dans leurs conditions d'exercice. Tout d'abord, on observe une forte progression des effectifs de chercheurs en sciences et technologies de l'information (+10 % entre 2008 et 2013 pour les sections 6 et 7 du Comité national) et d'ingénieurs et techniciens de la Branche d'activité professionnelle (BAP) E « informatique, statistiques et calcul scientifique » (+ 11 % entre 2010 et 2013 pour les familles professionnelles calcul scientifique et systèmes d'information). D'un point de vue qualitatif, certains métiers se sont métamorphosés de fond en comble. Par exemple, les cartographes actuels utilisent des systèmes d'information géographique, les assistants en archéologie des caméras embarquées sur des cerfs-volants, les chimistes font appel à de nouvelles techniques d'analyse et de caractérisation, les ingénieurs en instrumentation biologique ont une implication croissante dans l'émergence des innovations technologiques, les documentalistes quant à eux doivent faire face au développement massif du numérique et à l'accroissement du volume et de la complexité des données à mettre à disposition, etc. Ce type d'analyse illustre bien les travaux que nous menons au sein de l'Observatoire des métiers du CNRS : ils participent directement à la prospective et à l'analyse des besoins de l'établissement. »

PENSER À LONG TERME

« L'optimisation n'est pas qu'une affaire de gestion technique en cours d'année. Les recrutements engagés dans le temps et ils doivent résulter d'une réflexion sur le long terme », souligne Isabelle Longin. D'où le déploiement en 2014 de la démarche de Gestion prévisionnelle des emplois, des effectifs et des compétences (GPEEC), avec l'édition d'un guide, des formations et tout un cycle d'accompagnement en région. De quelles compétences avons-nous besoin dans les cinq prochaines années ? Quelles possibilités de recrutement pour quelle évolution des effectifs ? Faut-il envisager une nouvelle organisation, des formations ? Telles sont les principales questions auxquelles la GPEEC peut contribuer à apporter des réponses. En 2014 a été mis en place un dispositif d'accompagnement ciblé pour des fusions ou des réorganisations d'unités afin notamment de faciliter le partage d'informations stratégiques entre tous les acteurs clés. Priorité scientifique du CNRS, l'interdisciplinarité s'inscrit également dans le long terme. L'Observatoire des métiers et de l'emploi scientifique (OMES), rattaché à la DRH, a publié en 2014 une étude sur ce thème, résultant d'un examen très fin de multiples parcours de carrière. L'OMES étudie également l'évolution des métiers, sur la longue durée (voir encadré ci-contre). Le nouveau plan de formation du CNRS a été élaboré

durant l'année 2014 dans ce même esprit prospectif, après une longue concertation avec les organisations syndicales. L'une des orientations novatrices consiste à utiliser le e-learning ou des outils tels que les « tableaux blancs interactifs » pour faire évoluer les pratiques pédagogiques.

L'objectif de consolider dans la durée les possibilités de mobilité des ingénieurs et techniciens, tributaires sinon du niveau de recrutement externe, a conduit par ailleurs à créer en 2014 un nouveau dispositif. En complément des 614 NOEMI (Nouveaux emplois ouverts à la mobilité), ont été ouvertes 113 FSEP (Fonctions susceptibles d'être pourvues). « Tous les acteurs ont joué le jeu, les agents ont saisi ces nouvelles opportunités professionnelles : le dispositif sera reconduit l'année prochaine », informe Isabelle Longin.

DES AGENTS MIEUX ACCOMPAGNÉS

Autre volet essentiel de la politique RH du CNRS : l'accompagnement des agents. Employeur de 9 400 contractuels (en ETPT), l'organisme a la volonté d'accompagner au mieux ceux dont le contrat arrive à échéance. La signature en avril 2014 d'un plan d'action national avec Pôle emploi a notamment permis de conjuguer les efforts pour faciliter l'insertion sur le marché de l'emploi et valoriser l'expérience acquise au CNRS. Ce plan se décline dans chaque région.

Concernant les fonctionnaires, à l'image du suivi post-évaluation des chercheurs déjà en place, a été déployé en 2014 un dispositif de suivi des IT en situation professionnelle difficile. « Il a pour objectif de bien identifier les interlocuteurs au sein de chaque délégation régionale, de clarifier le rôle de chacun et d'organiser au mieux la recherche de solutions », précise Isabelle Longin.

L'année 2014 a vu, par ailleurs, se concrétiser plusieurs actions de la politique sociale. En matière de logement, des partenariats ont été signés avec l'Association pour



© CNRS Photothèque / Frédérique Plus

Pascal Loisel,

responsable du service systèmes et traitement de l'information (SSTI) à la direction des ressources humaines

LES CHERCHEURS AU TEMPO DE L'EUROPE

« En 2014, le CNRS a déployé un nouveau dispositif de suivi des temps passés par les chercheurs sur les projets européens. Baptisée « TEMPO » cette application web répond aux exigences des instances européennes pour un suivi plus fin et plus fiable des projets financés. En interne au CNRS, TEMPO permet de fluidifier les saisies et les validations de chacun. Les chercheurs ont rapidement adopté cet outil de reporting - pré-alimenté par le système d'information des ressources humaines - qui s'avère utile pour un chef de projet. »

l'accès aux garanties locatives (APAGL), avec Nexity pour l'accompagnement dans la recherche de logement ainsi qu'avec le CNOUS pour l'accès aux résidences universitaires. En matière de handicap, le plan défini en 2011 produit ses effets : ce sont maintenant 45 chercheurs et 335 IT handicapés qui ont été recrutés depuis 2008, avec une proportion croissante de personnes diplômées, IT ou chercheurs.

L'ensemble de ces efforts a été reconnu par l'entrée du CNRS dans le cercle des dix employeurs préférés des étudiants en école d'ingénieur² en 2014 ainsi que par le trophée d'argent catégorie secteur public du palmarès 2014 Leaders League-Décideurs.

1. Isabelle Longin a assuré les fonctions de directrice des ressources humaines par intérim du 23/02/2015 au 30/04/2015.
2. Passage de la 22^e à la 8^e position du classement Top Employers de l'Institut Trendence.

Chercheurs : des profils de plus en plus internationaux

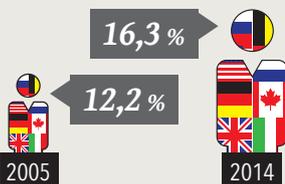


Près de 30 % des chercheurs recrutés sur concours en 2014 sont de nationalité étrangère.

1 chercheur du CNRS sur 4 est de nationalité étrangère (tous statuts confondus).

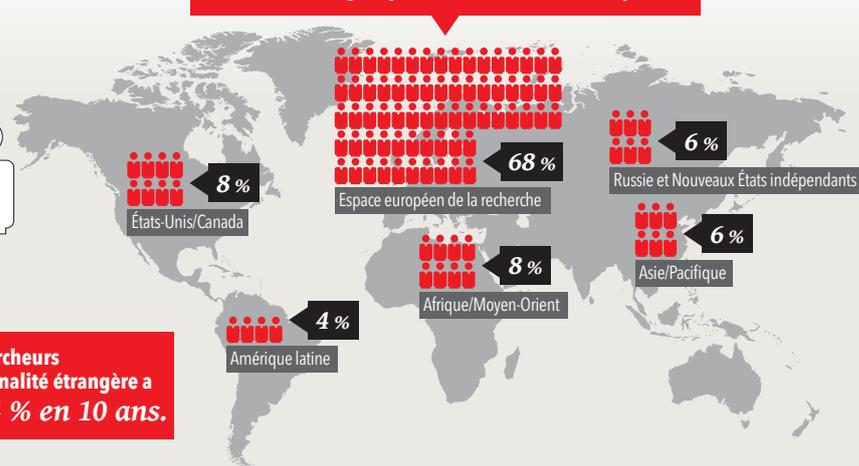


Ce chiffre est de 1 sur 2 parmi les chercheurs non permanents.



La proportion de chercheurs permanents de nationalité étrangère a progressé de 4 % en 10 ans.

La grande majorité des chercheurs permanents de nationalité étrangère provient du continent européen.



© CNRS / Sarah Landel

Depuis le 1^{er} janvier 2014, le CNRS s'est doté d'une direction de la sûreté. Elle est pilotée par Philippe Gasnot, fonctionnaire de sécurité de défense.

Qu'est-ce qui justifie qu'un organisme de recherche comme le CNRS crée une direction de la sûreté ?

C'est nécessaire parce que la science fait partie des intérêts fondamentaux de la Nation. L'idée a été réaffirmée en 2011 dans une réglementation sur la protection du patrimoine scientifique et technique (PPST). D'où le renforcement récent de la protection des savoirs et savoir-faire dans certains laboratoires. Par ailleurs, l'État a rappelé qu'il revient à l'employeur d'assurer la sûreté de ses employés en mission à l'étranger. Pour mémoire, la sûreté consiste à protéger les biens et les personnes contre des atteintes volontaires¹. C'est précisément le rôle de la direction de la sûreté (Dirsu), rattachée à la direction générale déléguée aux ressources. Sa fonction est d'appliquer les mesures préconisées par le fonctionnaire de sécurité de défense, qui en réfère pour sa part au président du CNRS. C'est pourquoi le fait que j'occupe les deux fonctions est cohérent. Selon moi, la création de la Dirsu parachève la réorganisation de l'organisme voulue par Xavier Inglebert, en vue d'une meilleure maîtrise des risques.

Quels dispositifs protègent les agents et le patrimoine ?

Sur notre territoire, nous mettons en œuvre une démarche de maîtrise des risques contre les actes malveillants, du vol crapuleux à la captation du savoir. Cela concerne notamment le contrôle des accès physiques et informatiques aux unités. Là où le risque est le plus sensible, tout ou partie de l'unité peut être classé zone à régime restrictif (ZRR). Une autorisation du haut fonctionnaire de défense et de sécurité du ministère² est alors nécessaire pour y pénétrer. Pour la vingtaine de ZRR sous la responsabilité du CNRS, les 5 % de dossiers qui ont posé problème en 2014 concernent quasi-exclusivement des visiteurs hors Union européenne. Par ailleurs, sur 6 245 demandes d'avis préalables pour des déplacements vers des pays sensibles, la Dirsu n'a émis que 27 avis défavorables cette année. De fait, ceux qui partent sans respecter la procédure courent des risques : celui que leur accident éventuel ne soit pas considéré comme un accident de service. Les partenariats de recherche institutionnels requièrent, quant à eux, l'avis du ministère. La Dirsu intervient également dans d'autres domaines : systèmes d'information, transport de matières dangereuses et intelligence économique.

Vis-à-vis d'une communauté de chercheurs éprise de liberté, comment concevez-vous votre mission ?

Mon objectif est d'être un facilitateur, sûrement pas un censeur. Ces procédures peuvent sembler pesantes : elles nous rappellent simplement à nos res-



© CNRS Photothèque / Frank Juey

“La création de la Direction de la sûreté parachève la réorganisation de l'organisme, en vue d'une meilleure maîtrise des risques.”

ponsabilités. Partir au Nigéria pour faire de l'ethnologie dans la région où sévit le groupe Boko Haram n'est pas une bonne maîtrise des risques. En revanche, aller en Sierra Léone avec l'Organisation mondiale de la santé (OMS) pour travailler sur l'épidémie Ebola, c'est prendre un risque pertinent et maîtrisé. Par ailleurs, concernant les missions dans les pays instables, la Dirsu recherche, avec les institutions officielles (services de l'ambassade) et dans le respect des réglementations en vigueur, des solutions au cas par cas. Rame-ner le risque à un seuil acceptable permet aux chercheurs de faire leur métier en toute quiétude. ||

1. Les atteintes dites involontaires, comme les accidents de service, relèvent quant à elles du domaine de la sécurité.

2. Ministère de l'Éducation nationale, de l'Enseignement supérieur et de la Recherche.

Recherche, l'impératif éthique

En 2014, le Comité d'éthique du CNRS a publié un guide intitulé *Promouvoir une recherche intègre et responsable*.

Comment veiller à l'intégrité de la recherche ? Faute de texte officiel définissant l'inconduite en recherche, comme d'instance nationale dévolue au traitement des fraudes dans ce domaine, en France, les organismes de recherche et les universités gèrent le sujet en interne. « Inspirés par une tendance internationale qui a fait de l'intégrité en recherche un élément clé des politiques scientifiques, les acteurs de l'enseignement supérieur et de la recherche se mobilisent de plus en plus sur le sujet », explique Michèle Leduc, présidente du Comité d'éthique du CNRS. Guide des bonnes pratiques, mise en place d'instances dédiées, formations à destination des doctorants, sensibilisation des nouveaux entrants, telles sont les démarches qui ont germé ces dernières années.

“Ce guide liste les bonnes pratiques à respecter par les chercheurs dans leurs activités quotidiennes.”

Michèle Leduc, présidente du Comité d'éthique du CNRS

UN SUJET DANS L'AIR DU TEMPS

À cet égard, le CNRS fait figure de précurseur avec la création en 1994 du Comité d'éthique (Comets). Cette instance consultative indépendante, placée auprès du Conseil d'administration, rend chaque année des avis sur les grands sujets qui agitent la recherche : évaluation, recherche en mutation, excellence, nanotechnologies, etc. Avec le guide *Promouvoir une recherche intègre et responsable*, dont une version aboutie est parue en 2014, le Comets met à la disposition de la communauté scientifique un outil supplémentaire. À la demande de Philippe Baptiste, directeur général délégué à la science, il a été transmis en fin d'année à tous les directeurs de laboratoires. « Le guide s'inspire de documents européens et internationaux similaires. Il sera prochainement adapté aux universités après un travail en commun avec la Conférence des présidents d'universités (CPU) et traduit en anglais », précise Michèle Leduc.

DES REPÈRES POUR LE TRAVAIL QUOTIDIEN

Tout sauf ésotérique, ce guide se veut pratique et informatif. Il rappelle les principales lois encadrant l'activité de recherche : droits et obligations des fonctionnaires, bioéthique, utilisation des fichiers et des données privées, harcèlement, etc. « Mais surtout, il liste les bonnes pratiques à respecter par les chercheurs dans leurs activités quotidiennes », souligne Michèle Leduc. Rigueur dans le traitement et la diffusion des données brutes et déontologie des signatures



L'activité de recherche est encadrée par des droits et obligations des fonctionnaires : bioéthique, utilisation des fichiers...

des publications arrivent en tête de liste. La responsabilité des chercheurs dans le travail collectif est également soulignée : non-discrimination, investissement aux côtés des doctorants, partage des résultats entre collègues. On trouve également des définitions utiles sur les différents types de fraude, du plagiat à la falsification de données. Enfin, le document rappelle la marche à suivre en cas de suspicion de fraude. Michèle Leduc précise que « si le problème ne trouve pas de solution au niveau local, il doit impérativement être transmis au médiateur du CNRS ». Pour prolonger ces travaux, le Comets se penchera bientôt sur le partage des données de la recherche et sur le thème des sciences citoyennes. ||

ILS S'ENGAGENT POUR LA DÉONTOLOGIE

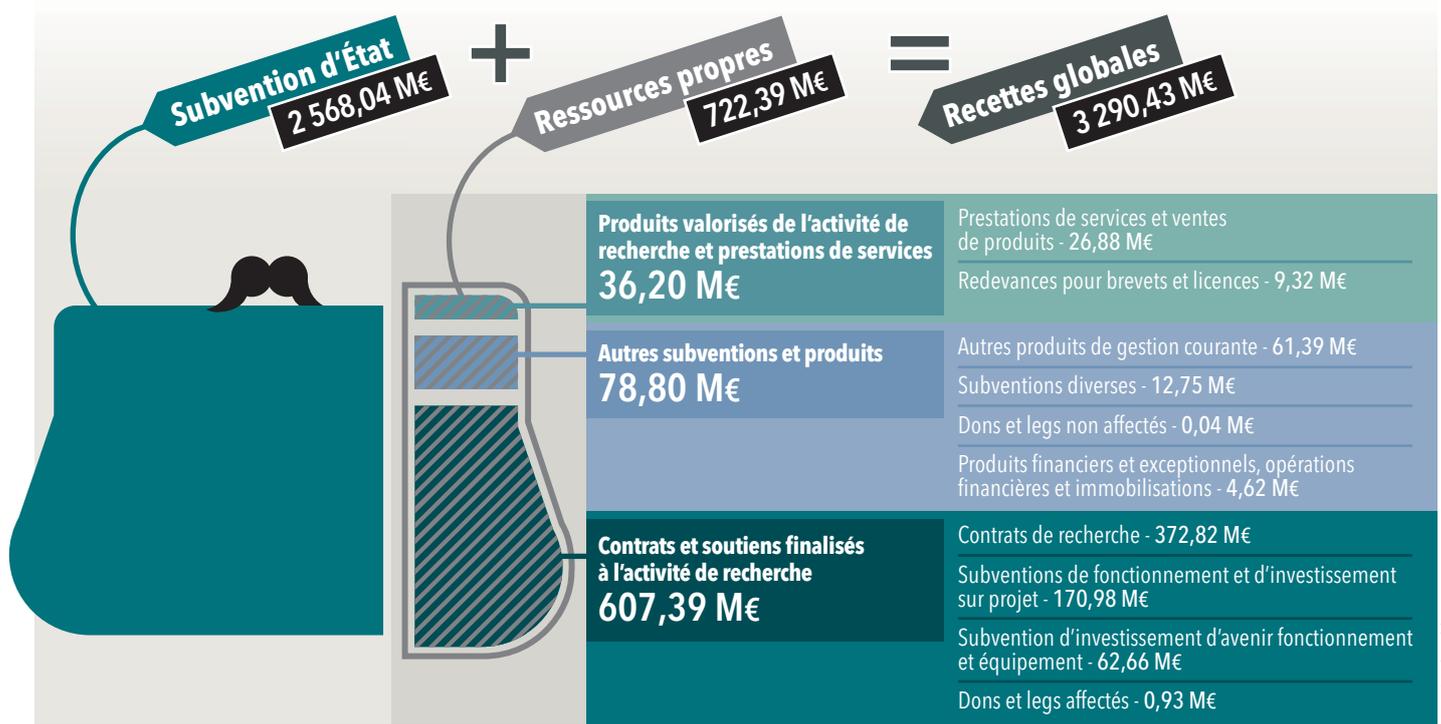
En janvier 2015 à Paris, la « charte nationale de déontologie des métiers de la recherche » a été signée par le CNRS, la CPU et sept organismes de recherche. Elle les engage à promouvoir les bonnes pratiques, à sensibiliser et former ses personnels et étudiants, et à mettre en place des procédures claires et connues de tous pour prévenir et traiter les écarts éventuels aux règles déontologiques.

Éléments budgétaires et financiers

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.

EXÉCUTION BUDGÉTAIRE 2014 - LES RESSOURCES

Les ressources du CNRS en 2014

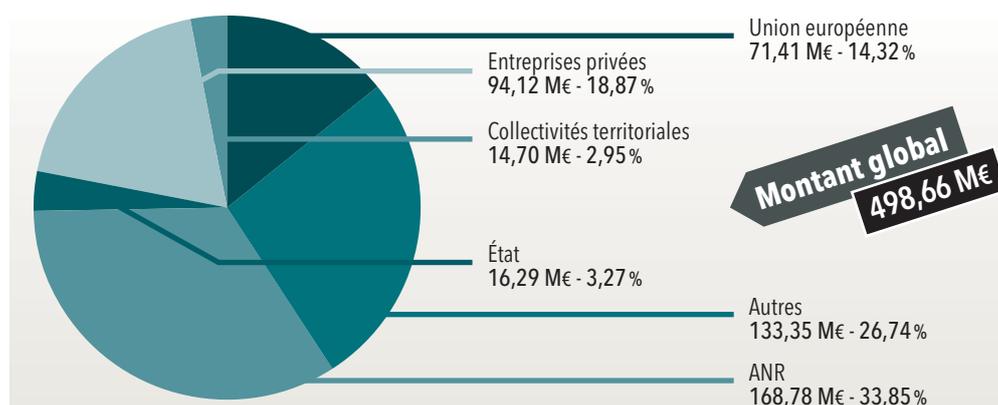


Les ressources de l'organisme en 2014 proviennent principalement de la subvention de l'État (2 568,04 M€), qui représente 78,05 % de l'ensemble.

Parmi les ressources propres (722,39 M€), les contrats de recherche - hors IA - (372,82 M€) constitue la première source de financement (11,33 %).

Source : BFC / DSFIM

Les contrats de recherche du CNRS en 2014*



Les contrats de recherche (372,82 M€) sont très majoritairement financés par les établissements et entreprises publics. 33,85 % correspondent à des financements de l'Agence nationale de la recherche soit 168,78 M€. Pour leur part, les subventions d'exploitation liées à l'activité de recherche s'établissent à 125,84 M€ pour l'année 2014.

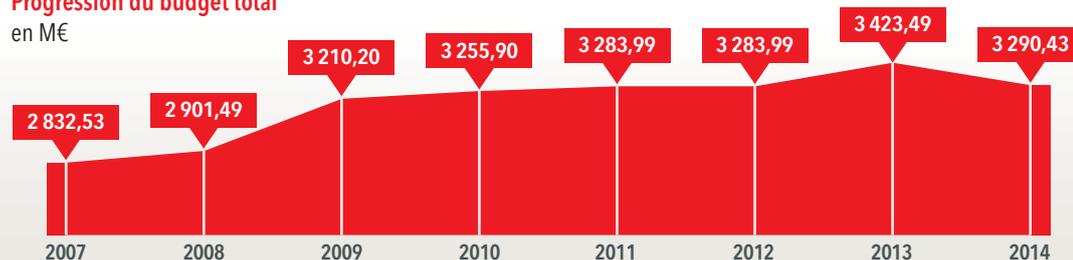
*Y compris subventions d'exploitation liées à l'activité de recherche (125,84 M€)

Source : Compte financier 2014 / DCIF

Évolution des ressources 2007-2014

Progression du budget total

en M€



Part subvention d'État / ressources propres

en pourcentages et en valeur



Source : BFC / DSFIM

Les recettes constatées augmentent de 16 % au cours de la période 2007/2014.

Ce résultat s'appuie sur une progression de la subvention du ministère de la Recherche de 11 % (-1 % par rapport à 2013) et des ressources propres de 39 % (-13 % par rapport à l'année précédente).

Si la part des ressources propres affiche une croissance sensible au cours de la période, passant de 18 % à 22 %, celle-ci reste stable depuis 2009.

Évolution de l'origine du financement des contrats de recherche par bailleur

Origine du financement des ressources propres sur contrats de recherche par bailleur (en M€)	2012	2013	2014	Évolution montant	Évolution (%)
État	23	26	16	-10	-37 %
Collectivités territoriales	19	20	15	-6	-28 %
Établissements et organismes publics	288	275	280	+5	+2 %
<i>dont ANR</i>	186	182	169	-13	-7 %
Commission européenne	66	80	71	-9	-11 %
Autres financeurs publics étrangers	22	24	22	-3	-11 %
Divers financements publics via des entreprises privées	79	69	59	-11	-15 %
Financement d'origine publique	498¹	496¹	463²	-33	-7 %
Entreprises privées françaises	17	27	30	+2	+9 %
Entreprises privées étrangères	2	5	6	0	+7 %
Financement d'origine privée	19	33	36	+4	+11 %
TOTAL	517	529	499	-30	-6 %

1. Résultats 2012 et 2013 retraités selon les règles 2014 de reclassement des contrats et des subventions

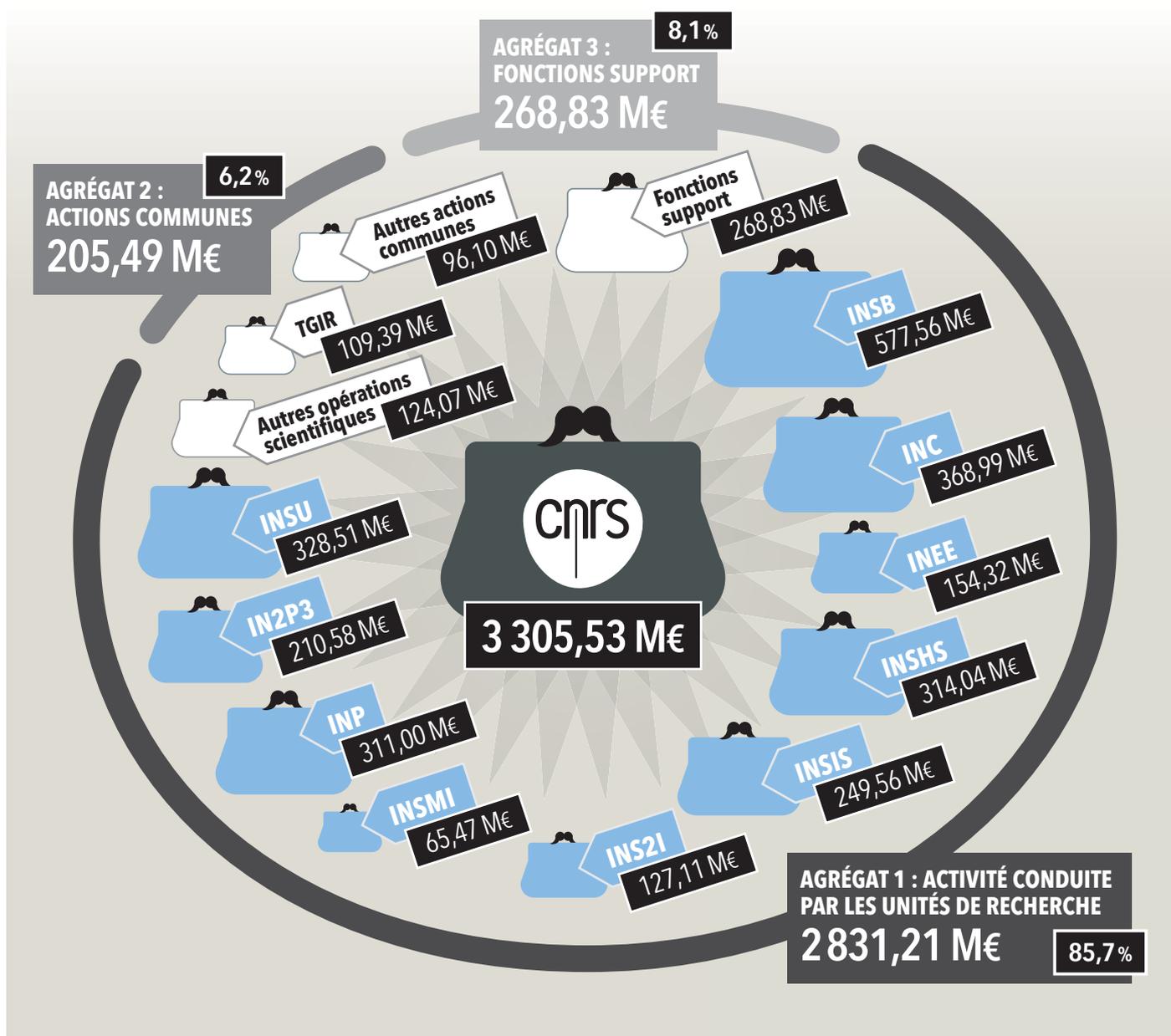
2. Financement d'origine publique 2014 : subventions du programme hors IA et subventions d'exploitation liées à l'activité de recherche

Source : Compte financier 2014 / DCIF

EXÉCUTION BUDGÉTAIRE 2014 - LES DÉPENSES

Le montant des dépenses 2014 de l'organisme sur subvention d'État et ressources propres est de 3 305,53 M€ (hors charges calculées).
La déclinaison des dépenses est présentée dans les graphiques ci-après.

Les dépenses par agrégat et par destination

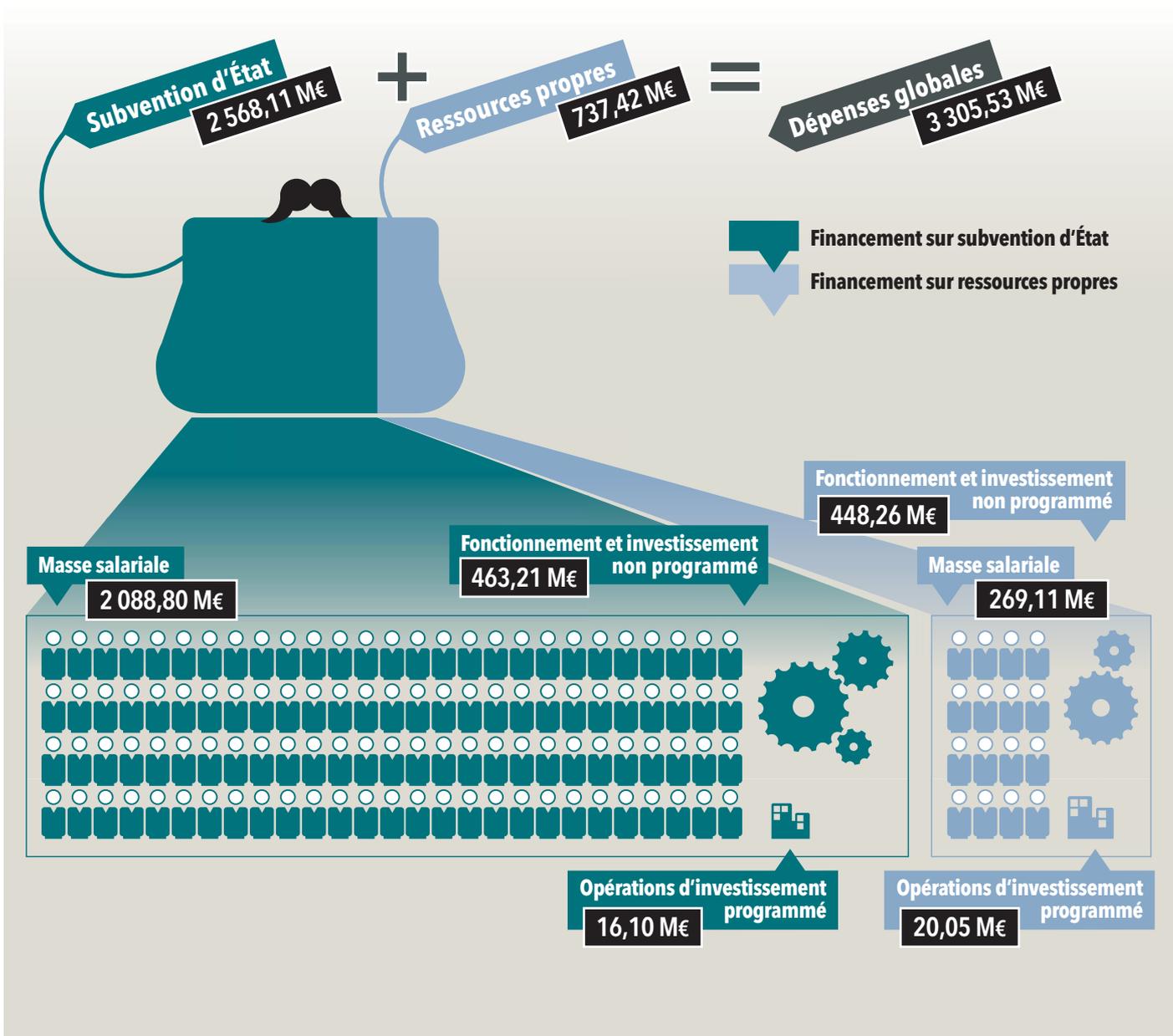


L'exécution 2014 de l'agrégat 1 confirme la priorité accordée aux financements des laboratoires, sachant que 85,65 % des moyens financiers de l'établissement leur sont directement consacrés.

Les dépenses par ligne de destination révèlent que la chimie et les sciences de l'Univers, respectivement 11,16 % et 9,94 % du total, constituent deux des principaux pôles de dépenses de l'établissement, après les sciences biologiques (17,47 %).

Source : BFC / DSFIM

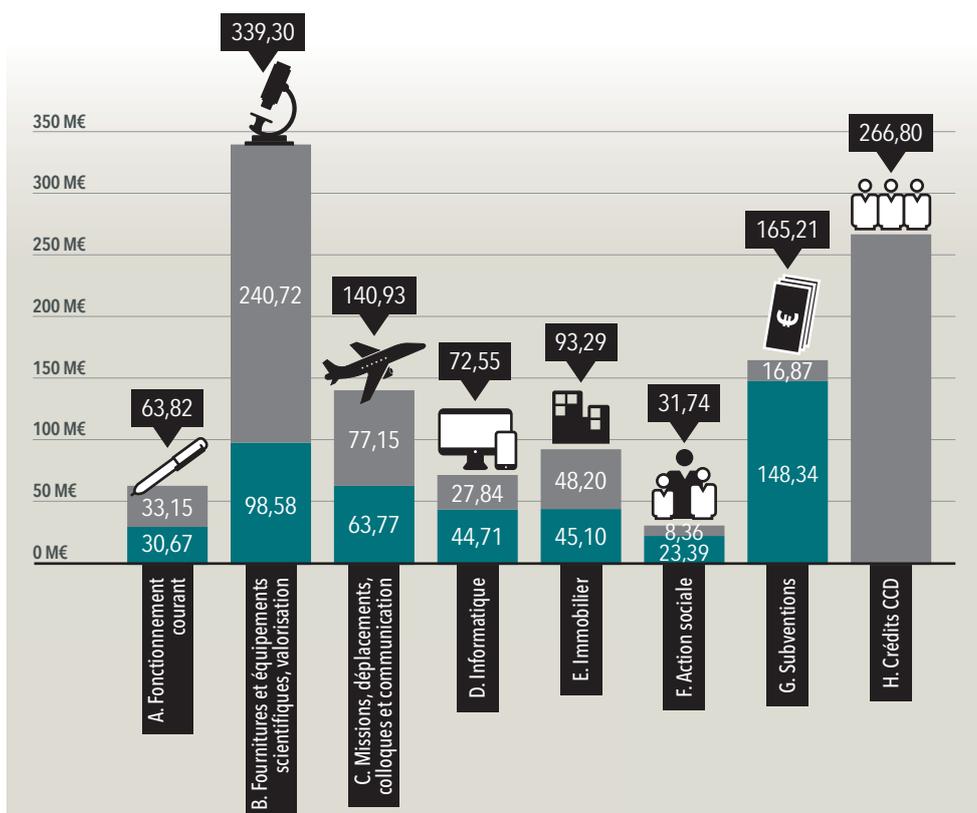
Les dépenses par nature



Les dépenses de personnel (permanent et contractuel) représentent 71,33 % des dépenses de l'établissement.

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 2014 / DCIF

COMPTES 2014

Le compte de résultat 2014

Charges (en M€)	2012	2013	2014	Produits (en M€)	2012	2013	2014
Total charges d'exploitation	3 333	3 332	3 294	Total produits d'exploitation	3 192	3 365	3 298
Résultat d'exploitation : BÉNÉFICE		33	4	Résultat d'exploitation : PERTE	141		
Charges financières		3	2	Produits financiers	1	2	
Résultat financier : BÉNÉFICE	1			Résultat financier : PERTE		ns	2
Charges exceptionnelles	14	12	4	Produits exceptionnels	113	4	5
Résultat exceptionnel : BÉNÉFICE	99		1	Résultat exceptionnel : PERTE		8	
Total des charges	3 347	3 347	3 299	Total des produits	3 306	3 371	3 303
Bénéfice		25	3	Perte	41		
Total	3 347	3 371	3 303	Total	3 347	3 371	3 303

Source : Compte financier 2014 / DCIF

Le bilan 2014

Actif (en M€)	2012	2013	2014	Passif (en M€)	2012	2013	2014
Actif immobilisé net	1 219	1 206	1 299	Capitaux permanents	1 436	1 530	1 546
Actif circulant net (hors trésorerie)	1 240	1 329	1 402	Provisions	192	188	212
Trésorerie (actif)	454	500	405	Dettes (hors trésorerie)	1 282	1 316	1 276
Total	2 913	3 035	3 035	Trésorerie (passif)	3	2	1
				Total	2 913	3 035	3 035

Source : Compte financier 2014 / DCIF

Direction de la publication	Alain Fuchs
Direction de la rédaction	Brigitte Perucca
Direction adjointe de la rédaction	Fabrice Imperiali
Rédaction en chef	Stéphanie Lecocq

Partie scientifique

Rédaction en chef adjointe	Mathieu Grousseau
Rédaction	Kheira Bettayeb Julien Bourdet Jean-Philippe Braly Sebastián Escalón Grégory Fléchet Mathieu Grousseau Sylvain Guilbaud Anne Le Pennec Corinne Renou-Nativel

Partie institutionnelle

Rédaction	Claire Debôves
Reportages photo	Élodie Morel (service audiovisuel du siège, délégation Paris Michel-Ange)
Recherche iconographique	Anne-Emmanuelle Héry (iconographe <i>CNRS le journal</i>) Marie Mabrouk (photothèque du CNRS)
Adaptation graphique et mise en page	Céline Hein d'après une maquette de Sarah Landel
Réalisation des infographies	Sarah Landel
Conseil scientifique	Christophe Cartier dit Moulin

Remerciements

Dominique Armand – Clément Blondel – Antoine Bonvoisin – Christophe Cartier dit Moulin – Jean-Michel Courty – Anne de Reyniès – Catherine Dematteis – Clotilde Fermanian-Kammerer – Christiane Grappin – Laure Guion – Muriel Ilous – Simon Jumel – Armelle Leclerc – Jérémy Lescène – Ana Poletto – Jonathan Rangapanaiken – Jérémy Teston

Brochure imprimée par l'imprimerie Ménard sur du papier issu de forêts gérées durablement.



CNRS

3 rue Michel-Ange
75794 Paris Cedex 16

T 01 44 96 40 00
F 01 44 96 53 90

www.cnrs.fr