A 3D molecular model showing a protein structure in grey and blue, with a yellow and black mesh representing a ligand or a specific region of the protein. The model is set against a background of a yellow and black hexagonal lattice.

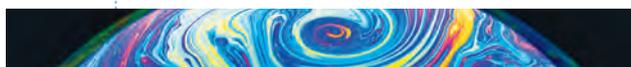
2013, une année avec le CNRS

Rapport d'activité



www.cnrs.fr

SOMMAIRE



- 2** Chiffres clés
- 4** Interview d'Alain Fuchs
- 8** Vivant
- 20** Matière
- 30** Sociétés
- 34** Univers
- 38** Terre
- 44** Numérique
- 48** Interview de Joël Bertrand
- 50** Politique de site, la montée en puissance
- 52** Cap sur une innovation renouvelée
- 55** L'international au cœur de la stratégie du CNRS
- 58** Une nouvelle feuille de route pour l'IST
- 60** Interview de Xavier Inglebert
- 63** Un meilleur service aux agents
- 66** Un bâtisseur audacieux
- 67** Des outils dématérialisés
- 68** Éléments budgétaires et financiers



1
2 3

Le CNRS est le premier producteur de publications au monde avec

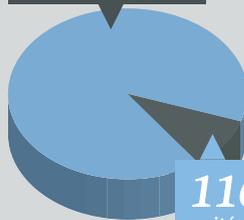
43 000
publications
par an en moyenne

sur la période 2007-2011 selon
le *Global Scimago Institutions
Rankings 2013*.

Source : données Scopus - traitement
SCImago Research Group 2013
<http://www.scimagoir.com>

1 144
unités
de recherche
et de service

1 028
unités de recherche



116
unités de service



95 %

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

Source : Labintel au 31/12/2013 - traitement CNRS / SAP2S

3,4
milliards
d'euros
de budget

en 2013



Source : CNRS /
DSFIM - DCIF

dont
829 millions
d'euros
financés sur ressources
propres

Le CNRS fait partie des

100
principaux
innovateurs
mondiaux

Source : 2013 Thomson Reuters
Top 100 Global Innovators



7^e
déposant de brevets
en France en 2013

Source : INPI

11

bureaux à l'étranger

fin 2013* ()



et

30

unités mixtes internationales

dans le monde en 2013 (•)

* Le bureau de Santiago du Chili a fermé le 1^{er} janvier 2014.

Source : CNRS / DERCI

209

chercheurs CNRS

lauréats des appels à projets du Conseil européen de la recherche depuis le lancement du 7^e programme-cadre.

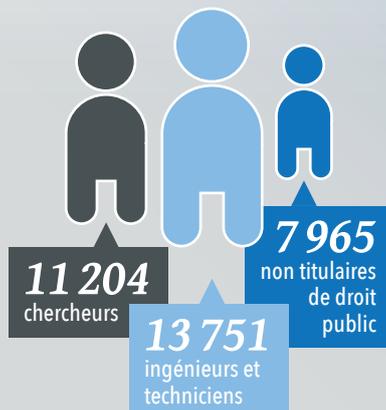


Source : données E-Corda – FP7 Grant agreements and participants database, Commission européenne (21 février 2014)

32 920

personnels

au 31/12/2013



Source : Sirhus au 31/12/2013 - traitement CNRS/DRH/OMES

308

chercheurs recrutés en 2013



dont 32 % de chercheurs étrangers

202

ingénieurs et techniciens recrutés en 2013



Source : CNRS / DRH



© CNRS Photothèque - Francis Verhiet

« LE CNRS RESTE LE PREMIER OPÉRATEUR SCIENTIFIQUE MONDIAL. »

Comue, emploi scientifique, international... Alain Fuchs, président du CNRS, revient sur les temps forts de 2013, année qui clôture son premier mandat à la tête de l'organisme.

Vous venez d'être renouvelé pour quatre ans à la tête du CNRS. Qu'est-ce qui a marqué ce premier mandat selon vous ?

Notre organisme, présent depuis 75 ans sur la scène scientifique, a été capable de se hisser au meilleur niveau mondial et d'y rester. Cette constance représente, à mes yeux, la plus belle des réussites. Les illustres fondateurs du CNRS, Jean Perrin, dont nous avons fêté en 2013 les 100 ans de l'ouvrage *Les atomes*, ainsi que le ministre de l'époque, Jean Zay¹, qui va entrer au Panthéon, pourraient en être fiers.

Se maintenir à un tel niveau ne va pas de soi dans le contexte hyper mondialisé qui est celui de la recherche d'aujourd'hui. De nouveaux acteurs interviennent dans la recherche de base à un haut niveau d'excellence. Je ne crois pas qu'il faille s'en préoccuper mais au contraire s'en féliciter : la bonne science est bonne à prendre d'où qu'elle vienne.

Mais tout en résistant aux adeptes du « déclin » français, force est de constater que notre pays doit faire face à ces nouveaux compétiteurs qui montrent des capacités d'investissement considérables tandis que la France, à l'instar de la plupart des pays développés, est confrontée à une situation budgétaire difficile.

Les indicateurs scientifiques restent donc au vert...

Avec environ 43 000 publications par an en moyenne², nous demeurons le premier opérateur mondial en matière de publications scientifiques. Cette production considérable est le résultat

de l'agrégation des productions des quelque 1 100 laboratoires soutenus par le CNRS et qui sont pour la plupart des unités mixtes avec nos partenaires universitaires.

La moisson de résultats et de découvertes publiés cette année encore a été exceptionnelle. Autant de résultats acquis grâce à la passion et à l'engagement de nos chercheurs et de nos ingénieurs et techniciens.

Sans céder au fétichisme des indicateurs, je me dois également de souligner que le CNRS continue de faire partie du club assez fermé des 100 principaux innovateurs mondiaux, le *Top 100 Global Innovators* établi par la société Thomson Reuters, aux côtés de grandes entreprises comme Alcatel Lucent, Arkema ou EADS.

Les quelque centaines de start-up créées en dix ans, dont 80 % sont encore en activité, les milliers de brevets déposés par nos chercheurs, la participation de notre organisme aux sociétés d'accélération du transfert de technologies (SATT) montrent de quelle manière la recherche de base contribue au développement économique et au bien-être de notre pays et nous en sommes fiers. Ces résultats en matière de valorisation et de transfert représentent pour nous un point de départ et non d'arrivée. Nous devons nous améliorer et nous y travaillons.

Plus en amont, nous avons également resserré nos liens avec le monde de l'entreprise en créant le Réseau des entreprises partenaires. Ce « think tank » qui regroupe quelques grands groupes avec lesquels nous avons déjà des liens étroits au plan scientifique doit nous permettre d'échanger des idées et des bonnes pratiques au plus haut niveau.



© David Peil Multimédia

← Organisé du 14 au 16 novembre 2013, le forum *Les Fondamentales* a attiré près de 10 000 curieux venus participer aux nombreux débats avec les chercheurs.



© David Peil Multimédia

Le forum grand public *Les fondamentales*, organisé à Paris en novembre 2013, a été un succès. Quels enseignements en tirez-vous sur les relations souvent complexes qu'entretiennent les citoyens avec les sciences ?

Nous avons pu vérifier avec le forum *Les Fondamentales* *Que reste-t-il à découvrir ?* que lorsqu'on lui propose une information et des échanges de qualité, le public est au rendez-vous. Les citoyens sont friands de science et nous devons prendre cette demande au sérieux. Nous devons répondre à ce désir de rencontres, d'échanges de connaissances attractives, transmises par des gens – les chercheurs, les ingénieurs de recherche – qui ont de la passion. J'ai été pour ma part fier que l'organisme que je dirige soit en capacité de faire se rencontrer ce désir de savoir et d'échanges d'une part, et cette passion d'autre part. Ce type d'évènements fait partie intégrante de notre mission. À nous de profiter de l'image positive associée au CNRS et de la faire fructifier.

Nos concitoyens se méfient, parfois à juste titre, des « experts ». Nous devons prendre cela au sérieux, dire la vérité, être transparents, montrer la science telle qu'elle est. Cela signifie ne pas les traiter comme de simples récepteurs passifs mais les associer aux discussions. Notre forum montre que lorsque l'on agit ainsi, il y a du répondant.

Avec quatre conventions de site signées l'an dernier, diriez-vous que la stratégie de partenariat du CNRS avec les universités et les établissements d'enseignement supérieur est renforcée ?

Tel était notre objectif et je crois pouvoir affirmer qu'il est atteint. La tradition, dans un passé encore récent, était de signer avec chacun de nos partenaires, universités et écoles. Nous devons composer avec une pléthore de conventions à l'échelle d'une ville, d'une région.

Avant même l'adoption de la loi incitant à la création de Communautés d'universités et d'établissements (Comue), nous avons enclenché un mouvement de synergie entre nos partenaires à travers des conventions de « site », qui ne recouvrent pas nécessairement le territoire des régions. Le CNRS s'est mis en ordre de marche pour donner à ces conventions l'amplitude scientifique qu'elles méritent. Le rôle de directeurs scientifiques référents (DSR) attribué à nos dix directeurs d'institut a été déterminant. Les scientifiques ont ainsi travaillé aux côtés des délégués régionaux pour établir les grands axes et les priorités de ces conventions de site. Le mouvement se poursuit désormais avec les Comue, dans lesquelles le CNRS a vocation à participer chaque fois que l'ambition nous paraîtra à la hauteur d'une grande université de recherche.

Ces regroupements, qu'ils s'appellent Comue aujourd'hui, Idex encore parfois, poursuivent la même idée : construire en France des ensembles multidisciplinaires fondés sur la recherche mais dans





← Avec l'unité mixte internationale E2P2L (Eco-Efficient Products and Processes Laboratory), le CNRS et Solvay ont fondé un véritable hub international dédié à l'éco-innovation en Chine.



← Basée à Singapour, l'UMI CINTRA (CNRS International - NTU - Thales Research Alliance) associe le CNRS à l'industriel Thales autour des nanotechnologies pour l'électronique, la photonique du futur et les applications associées.

le cadre de l'enseignement supérieur. La taille de ces ensembles importe peu. Ce qui compte, c'est que ces universités ressemblent aux autres universités mondiales dans lesquelles le lien entre formation et recherche est majeur.

La loi a également conforté la place du CNRS aux côtés des Alliances de recherche dans la construction de la Stratégie nationale de recherche...

Il est tout à fait légitime que le gouvernement se préoccupe de donner une impulsion sur de grands sujets. De cette volonté est née la Stratégie nationale de recherche (SNR) qui définit de « grands défis de société » et fixe des priorités ciblées.

Pour construire cette stratégie, le ministère de l'Enseignement supérieur et de la Recherche a fait appel aux Alliances, qui sont des lieux de concertation entre acteurs de la recherche. Leurs réflexions sur ces grandes thématiques ont été complétées par celles du CNRS. Cette complémentarité a été, je crois, très utile et féconde pour la SNR.

En même temps, on peut aussi regretter que les réflexions stratégiques sur la recherche (SNR) et sur l'enseignement supérieur (STRANES)³ se soient déroulées en parallèle, alors même que nous nous efforçons de rapprocher les deux mondes.

L'année 2013 a été marquée par des contraintes budgétaires. Comment se porte l'emploi scientifique au CNRS ?

Le CNRS, comme l'ensemble de la recherche publique, vit depuis plusieurs années déjà à l'heure de budgets contraints. Nous avons fait le choix, dans un tel contexte, de maintenir l'emploi statutaire, en faisant porter l'effort sur les contrats à durée déterminée dit « sur subvention d'État ». Cette politique nous a permis de maîtriser notre masse salariale.

Cependant, je sais à quel point cet effort a pesé au sein de l'organisme. Mais nous devons être conscients que, dans le contexte de crise des finances publiques, nous ne sommes pas les plus mal lotis, loin s'en faut. L'effort des collectivités territoriales, les Régions en premier lieu, reste également remarquable.

Notre objectif est de continuer à recruter dans les prochaines années. Car chacun doit être conscient qu'un scénario sans aucun recrutement serait une catastrophe tant pour la recherche que pour les jeunes générations.

Plusieurs indices montrent que le CNRS reste au meilleur niveau à l'international ?

Au-delà des chiffres des copublications, le CNRS jouit d'une excellente réputation à l'international, réputation due à nos chercheurs mais aussi en partie aux outils de coopération déployés.



▲ La biologiste du développement Margaret Buckingham reçoit la médaille d'or du CNRS des mains de Geneviève Fioraso, ministre de l'Enseignement supérieur et de la Recherche, et d'Alain Fuchs en décembre 2013.

Nous pilotons au CNRS 105 groupements de recherche internationaux (GDRI), 158 laboratoires internationaux associés (LIA) et enfin 30 unités mixtes internationales (UMI) qui constituent des aides précieuses à la structuration des collaborations sur le moyen-long terme. Certaines sont partagées avec de grandes entreprises comme Solvay⁴ en Chine ou aux États-Unis ou encore Thales⁵ à Singapour.

Elles sont appréciées aussi bien par les chercheurs français que par nos partenaires étrangers. À ceci s'ajoutent les dix bureaux du CNRS installés à l'étranger, dans des pays stratégiques.

C'est un fait : la science française est beaucoup plus connue et reconnue à travers le CNRS qu'à travers ses universités. C'est pourquoi nous avons entrepris de faire bénéficier de cet acquis l'ensemble des établissements de l'enseignement supérieur et en particulier ceux dont nous sommes partenaires au sein des Comue. Le CNRS doit contribuer à renforcer la présence et la visibilité de l'ESR français en partageant ses savoir-faire et ses outils.

Vous avez fixé à la Mission pour la place des femmes au CNRS des objectifs ambitieux en matière d'égalité professionnelle. Dans quels domaines précis le CNRS doit-il progresser ?

La place des femmes au CNRS est un sujet de préoccupation – je pense en particulier à leur sous-représentation dans les postes de responsabilité – pour nous comme elle l'est pour l'ensemble de l'enseignement supérieur et de la recherche. Même si, aujourd'hui, le taux de recrutement des femmes au CNRS s'avère plutôt moins mauvais que dans un certain nombre de pays, nous ne pouvons

pas, nous ne devons pas nous contenter de ce maigre résultat. Les progrès à accomplir sont multiples. D'où l'idée d'un plan pour l'égalité professionnelle entre les hommes et les femmes qui touche à toutes les questions, qu'il s'agisse de l'articulation temps familial/temps de travail, des rémunérations, des progressions de carrière, des conditions de travail avec leurs obstacles concrets à l'égalité.

Le CNRS veut également agir sur les récompenses, un domaine dans lequel il nous est aisé d'imposer la parité car nous disposons d'un vivier de chercheuses brillantes. La Médaille d'or a été décernée à la grande biologiste Margaret Buckingham. Cette récompense qui est considérée comme la plus haute distinction scientifique dans notre pays, et qui sert souvent de marche-pied vers le Nobel, n'avait pas été attribuée à une femme depuis vingt-sept ans.

Il ne s'agit pas pour nous d'un effet de mode mais d'un acte de justice. La question du genre, de l'égalité entre les sexes constitue une nouvelle frontière pour les pays développés comme les nôtres.

1 Jean Zay fut de 1936 à 1939 ministre de l'Éducation nationale et des Beaux-Arts. Ses cendres ainsi que celles de Pierre Brossolette, Geneviève de Gaulle-Anthonioz et Germaine Tillon seront transférées au Panthéon en tant que « grandes figures qui évoquent l'esprit de résistance ».

2 Sur la période 2007-2011 selon le *Global Scimago Institutions Rankings 2013*.

3 Stratégie nationale de l'enseignement supérieur.

4 Deux unités mixtes internationales associent le CNRS et Solvay : l'UMI COMPASS (*Complex Assemblies of Soft Matter laboratory*), située à Bristol en Pennsylvanie (États-Unis), et l'UMI E2P2L (*Eco-Efficient Products and Processes Laboratory*) basée à Shanghai (Chine).

5 Dans le cadre de l'UMI Cintra.

PORTRAIT

Margaret Buckingham, exploratrice des cellules

Biologiste du développement, Margaret Buckingham a élucidé les mécanismes de la formation et de la régénération des muscles, ainsi que l'origine des cellules du cœur embryonnaire. Retour sur le parcours de cette chercheuse d'exception, lauréate 2013 de la médaille d'or du CNRS.

Margaret Buckingham s'avoue volontiers « fascinée par ce phénomène extraordinaire, un organisme tout entier qui se façonne à partir d'une seule et unique cellule, l'œuf fécondé », et en a fait son thème de recherche. Elle étudie notamment les gènes qui régulent la formation et la régénération du muscle de squelette, ainsi que les populations cellulaires qui forment le cœur.

UN ATTACHEMENT PROFOND À LA RECHERCHE FONDAMENTALE

Elle découvre tout d'abord comment les gènes de l'actine et de la myosine, deux protéines essentielles à la contraction musculaire, sont contrôlés. Puis, elle montre comment les cellules de l'embryon qui formeront les muscles subissent une étape de détermination qui les mène vers la différenciation musculaire. Et décrit la façon dont, en amont de cette étape, des gènes – dont un nommé Pax3 –, aiguillent ces cellules vers un destin musculaire. En 2005, elle montre que le gène Pax3, ainsi qu'un autre, Pax7, jouent un rôle essentiel pour le maintien d'une population de cellules souches musculaires chez l'embryon. Elle démontre le rôle d'une petite réserve de cellules souches dites satellites, issues de cette population et présentes dès la naissance sur la fibre musculaire, dans la régénération du muscle chez l'adulte. En 2012, elle propose un mécanisme de régulation post-transcriptionnel « qui permet d'expliquer comment ces cellules gardent une identité tissulaire, tout en restant en réserve, prêtes à s'activer rapidement en réponse à une blessure ».

DES APPLICATIONS MÉDICALES CONCRÈTES

Les recherches de Margaret Buckingham ont eu des retombées dans le domaine biomédical, à la fois pour des

thérapies cellulaires potentielles de régénération musculaire et pour la compréhension de malformations congénitales cardiaques chez l'homme. La découverte biomédicale dont elle est le plus fière concerne une population de cellules qui contribuent à la fois à la formation du pôle artériel et du pôle veineux du cœur. Ces deux pôles étant situés à l'opposé l'un de l'autre, personne ne soupçonnait cette origine unique. Or, cette découverte a permis de comprendre et de corriger des malformations cardiaques chez des nourrissons. Ce qui fait dire à la scientifique qu'« il ne faut pas abandonner la recherche fondamentale. Elle est indispensable à notre compréhension du monde et elle génère toujours des applications qu'on n'avait pas prévues ».



© CNRS/Photothèque / Cyril Fréillon

BIOGRAPHIE

ITINÉRAIRE D'UNE BIOLOGISTE HORS PAIR

Après un doctorat de biochimie à l'université d'Oxford (Angleterre) en 1971, Margaret Buckingham effectue son post-doctorat à l'Institut Pasteur sous la direction de François Gros. Depuis, elle mène sa carrière scientifique en France. Recrutée par le CNRS en 1975, elle devient directrice de recherche en 1981 et dirige l'unité Génétique moléculaire du développement¹ de 1987 à 2011. Elle est également nommée professeur à l'Institut Pasteur en 1992, et y dirige les départements Biologie moléculaire (de 1990 à 1994) et Biologie du développement (de 2002 à 2006), ainsi que l'unité de recherche associée du CNRS Bases génétiques, moléculaires et cellulaires du développement pendant une vingtaine d'années. Actuellement, Margaret Buckingham est directrice de recherche de classe exceptionnelle émérite au CNRS et professeur émérite de l'Institut Pasteur. Sa carrière exceptionnelle lui a valu d'être récompensée par de nombreuses distinctions (Prix de l'*American Society for Developmental Biology*, Légion d'honneur, Ordre du mérite) et de devenir membre de prestigieuses Académies des sciences (France, États-Unis, Grande-Bretagne).

1. CNRS/Institut Pasteur

GÉNOMIQUE →

DE BIEN MYSTÉRIeux VIRUS GÉANTS

N'y aurait-il aucune limite à la complexité des virus ? C'est en tout cas ce que laisse supposer la découverte de deux nouveaux virus géants par des chercheurs français¹. Le premier, baptisé *Pandoravirus salinus*, a été trouvé en 2012 au large d'une plage des côtes du Chili. *Pandoravirus dulcis* a quant à lui été isolé la même année dans les sédiments d'une mare d'eau douce australienne. « La dénomination de *Pandoravirus* fait non seulement référence à la forme d'amphore atypique de ces microorganismes mais aussi au fait que leur contenu génétique est presque totalement inédit », explique Jean-Michel Claverie du laboratoire Information génomique et structurale (IGS) à Marseille. La description détaillée de ces deux premiers représentants de la famille des *Pandoravirus* est d'ailleurs pour le moins surprenante. Une analyse approfondie de leurs génomes a tout d'abord révélé qu'ils ne disposent d'aucun gène leur permettant de fabriquer une protéine de capsid, cette structure géométrique qui enveloppe habituellement les virus. Par ailleurs, seulement 6 % des protéines codées par les 2500 gènes de *Pandoravirus salinus*, le plus complexe de ces deux nouveaux virus géants, correspondent à des protéines déjà répertoriées dans des virus ou des organismes cellulaires. En dépit de leurs particularités, les *Pandoravirus* n'en restent pas moins des virus avec leur absence caractéristique de ribosome, de production d'énergie et de division. Pour Chantal Abergel, également du laboratoire IGS et coordinatrice du projet, la singularité de ces microorganismes témoignerait de l'émergence d'une vie cellulaire plus foisonnante que celle envisagée jusqu'à présent : « Le fait que les *Pandoravirus* ne puissent s'insérer dans aucune de ces trois branches du vivant que sont les bactéries, les eucaryotes et les archéobactéries, plaide en faveur de l'existence d'une quatrième voie qui serait apparue il y a plus de 2 milliards d'années de cela ».

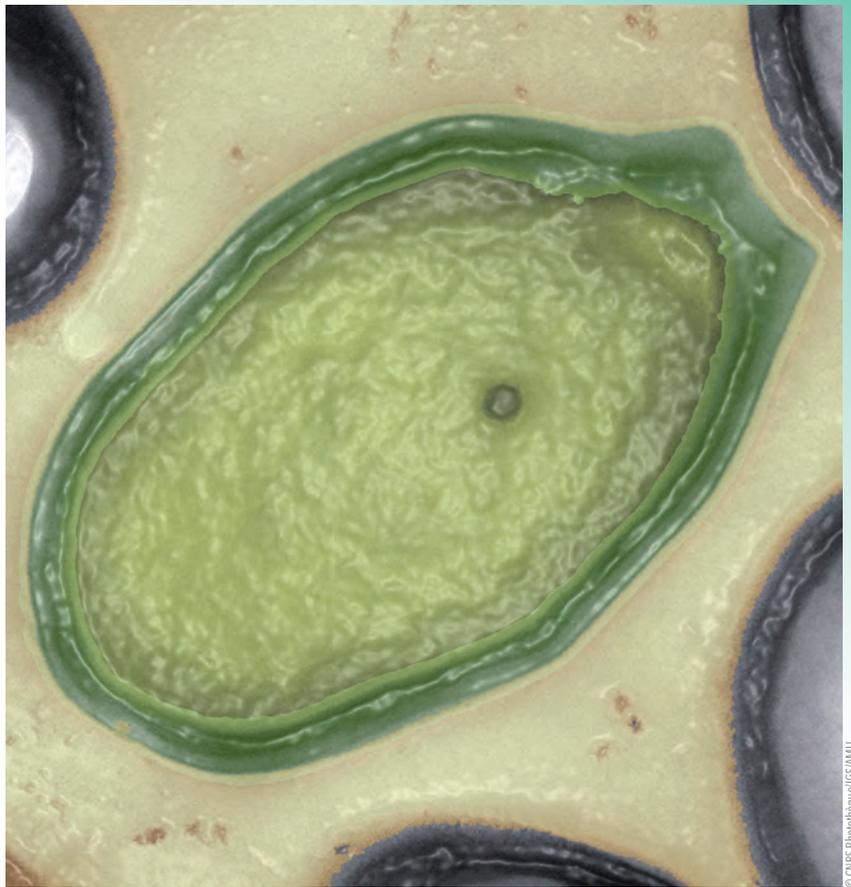
¹ Laboratoire Information génomique et structurale (CNRS/Aix-Marseille Université) ; Laboratoire Biologie à grande échelle (CEA/Inserm/Université Joseph Fourier Grenoble 1)

Science
Juillet 2013

PALÉOGÉNOMIQUE

La perte de la couleur sauvage du pelage est l'un des premiers effets de la domestication des chiens. C'est la découverte faite par des chercheurs grâce à une approche paléogénétique. Ils ont notamment identifié une mutation génétique responsable de la couleur noire qui semble directement résulter de la domestication. Ces variations de couleur en lien avec le processus de domestication apparaissent dès le Mésolithique (entre environ -10 000 et -5 000 ans).

Plos One
Octobre 2013



Le nombre impressionnant de gènes de nouveaux virus géants baptisés *Pandoravirus* en fait une sorte de chaînon manquant entre les autres virus connus et les micro-organismes cellulaires eucaryotes.

© CNRS/Photographie/IGSAMU

CHIMIE

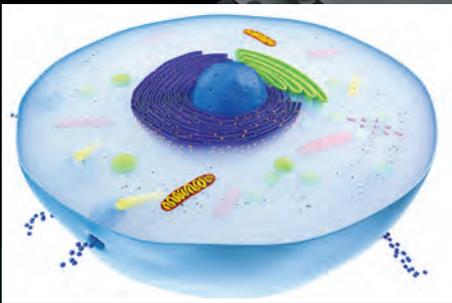
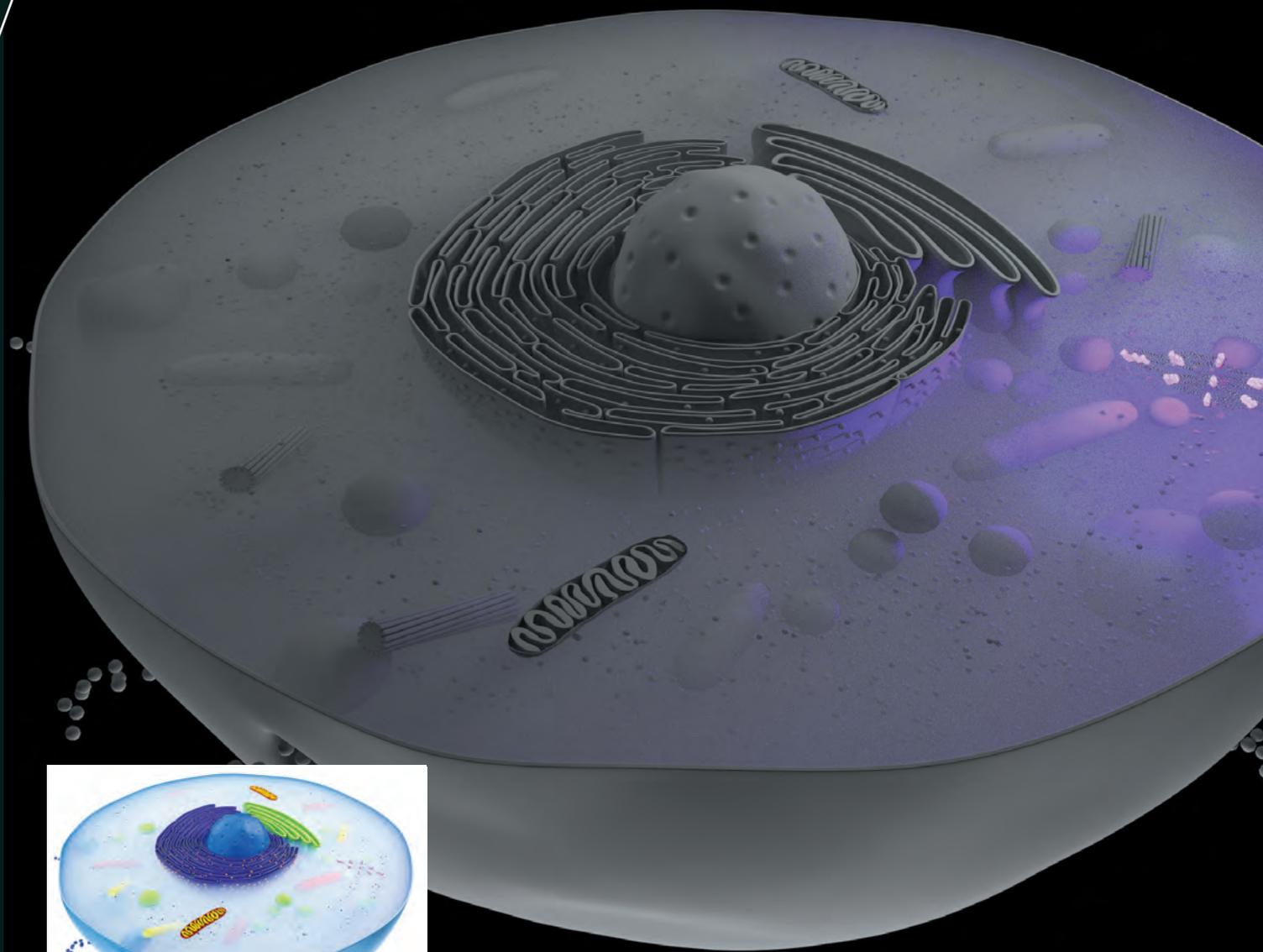
On le sait : la circulation d'ions entre l'intérieur et l'extérieur des neurones génère une activité électrique qui permet de propager l'information. **Des chercheurs savent stimuler cette activité par la lumière. Pour cela, ils ont inséré une molécule photosensible dans la porte d'un « canal ionique » qui régule le passage des ions au travers de la membrane des neurones, contrôlant ainsi son ouverture ou sa fermeture.**

Proceedings of the National Academy of Sciences
Décembre 2013

PHYSIQUE CELLULAIRE

Le dysfonctionnement du cytosquelette, élément de la cellule composé notamment d'actine, est souvent synonyme de pathologies graves. **Des chercheurs ont ouvert une nouvelle piste thérapeutique potentielle en synthétisant des molécules capables de provoquer une croissance rapide de réseaux d'actine.** Seules des molécules stabilisant ou détruisant le cytosquelette d'actine étaient disponibles jusqu'à présent.

Nature Communications
Juillet 2013



IMAGERIE BIOLOGIQUE

Faible toxicité, bonne stabilité dans l'eau : les composés de lanthanides seraient de parfaits marqueurs pour l'imagerie de fluorescence... s'ils n'émettaient pas si faiblement dans le proche infrarouge ! **Pour corriger cette limite et obtenir un signal significatif, des chercheurs les ont concentrés à l'intérieur de matériaux poreux.** Et ont réalisé, pour la première fois à partir de composés de lanthanides, des images de microscopie de cellules vivantes.

Proceedings of the National Academy of Sciences
Octobre 2013

GÉNOMIQUE MARINE

Pourquoi les algues rouges n'ont-elles jamais colonisé la terre ferme ? **À un moment de leur histoire évolutive, elles auraient subi une perte massive de matériel génétique qui les aurait privées du potentiel nécessaire à cette adaptation.** C'est l'hypothèse formulée par des chercheurs qui ont séquencé le génome de *Chondrus crispus*, et découvert qu'il est petit et compact pour un organisme multicellulaire.

Proceedings of the National Academy of Sciences
Mars 2013



BIODIVERSITÉ

Soixante-dix-huit sites ont été identifiés comme « exceptionnellement irremplaçables » pour empêcher l'extinction d'espèces de mammifères, d'oiseaux et d'amphibiens dans le monde.

Dans le cadre d'une collaboration internationale, les chercheurs ont analysé une base de données comprenant 173 000 sites et 21 500 espèces pour fournir des conseils pratiques pour la conservation de la biodiversité à l'échelle mondiale.

Science
Novembre 2013

2

© Kalijan Varma (Creative Commons)



ÉCOPHYSIOLOGIE

Des chercheurs ont réussi l'exploit de remonter vivant du fond des océans le ver de Pompéi, qui vit près des sources hydrothermales. Ils ont ensuite pu établir en laboratoire les limites de la résistance à la chaleur de cet animal considéré comme le plus thermorésistant de la planète. Contredisant les précédentes mesures réalisées sur site, ils ont montré que ce ver succombe au-delà de 50 °C.

Plos One
Mai 2013

3

© Equipe AMEX



© Ilhem/Phare 2002/Olivier Lagunney



© Thomas Jullien 2013



© CNRS/Photoblique / Jonas Collin

1. En lumière visible (en médaillon), la fluorescence naturelle des molécules biologiques interfère avec le signal du marqueur d'imagerie. Tandis que dans le proche infrarouge, on observe dans cette coupe cellulaire uniquement l'émission du composé de lanthanides.
2. Les forêts sempervirentes tropicales des Ghâts occidentaux (ouest de l'Inde), site classé patrimoine mondial par l'Unesco, sont l'une des aires protégées les plus irremplaçables du monde.
3. Les vers de Pompéi (*Alvinella Pompejana*) sont transférés sous pression vers l'aquarium dans lequel seront menées les expériences in vivo. Contrairement à leur réputation, ils succombent après deux heures dans une eau à 50 °C.
4. À l'inverse des algues vertes, les algues rouges (comme ici *Chondrus crispus*) n'ont pas colonisé le milieu terrestre, peut-être du fait d'une perte massive de matériel génétique il y a plus d'un milliard d'années.

Coup d'accélérateur pour les plateformes en biologie

Afin de répondre aux besoins croissants des chercheurs en sciences du vivant en matière d'équipements, de stockage et d'analyse de données et de développement de nouveaux modèles, le CNRS développe une stratégie de mutualisation des moyens et des compétences aussi structurante qu'efficace.

Déjà bien structuré grâce à l'action du groupement d'intérêt scientifique IBISA – Infrastructures en biologie, santé et agronomie –, porté depuis 2007 par l'ensemble des acteurs français dans ces domaines, le réseau de plateformes françaises en biologie a reçu récemment un coup d'accélérateur, en bénéficiant des financements du programme des investissements d'avenir. Porteur de sept Infrastructures nationales en biologie et santé sur les vingt projets lauréats des investissements d'avenir, le CNRS a joué un rôle leader dans la structuration de ces outils innovants, qui permettent aux chercheurs de bénéficier des tout derniers progrès technologiques malgré leur coût. Il a ainsi impulsé leur articulation selon les trois grandes priorités de la recherche actuelle en sciences du vivant : le développement d'organismes modèles, les méthodes d'analyse à haut débit et l'imagerie. L'organisme a également développé une stratégie adaptée pour mutualiser l'accès des chercheurs aux équipements localisés sur différents sites et organiser la coordination nationale de ces unités locales. Objectifs ? Augmenter la compétitivité des équipes et faciliter l'insertion du réseau de plateformes dans l'environnement européen et international.

« Grâce à l'enveloppe globale de 250 millions d'euros allouée à ces infrastructures par les investissements d'avenir, dont 114 millions sont gérés directement par le CNRS, nous avons pu effectuer une structuration pionnière au niveau international », souligne Daniel Boujard, directeur adjoint

scientifique de l'Institut des sciences biologiques du CNRS, en charge des infrastructures nationales. Et d'ajouter : « Nous disposons désormais, par exemple, des réseaux de recherche les mieux constitués en matière d'imagerie au niveau mondial ». Cette politique a déjà commencé à porter ses fruits, avec plusieurs avancées essentielles réalisées en 2013 à l'aide de ces infrastructures. Citons, parmi d'autres, la découverte des *Pandoravirus*¹, chaînon manquant entre les virus et les micro-organismes cellulaires eucaryotes, ou encore d'Arpin², une protéine régulant la migration cellulaire. Au-delà de l'impulsion apportée à la recherche fondamentale française, ces plateformes ouvrent également la voie à des partenariats transnationaux, à l'image du projet d'intégration du Centre national de ressources biologiques marines³ (EMBRC-France) à l'*European Marine Biological Resource Center*, nouvelle infrastructure européenne intégrant douze stations de biologie marine.

1 Voir article page 9.

2 Voir article page 13.

3 Il regroupe les trois stations marines du CNRS et de l'UPMC : Roscoff, Villefranche-sur-Mer et Banyuls-sur-Mer.



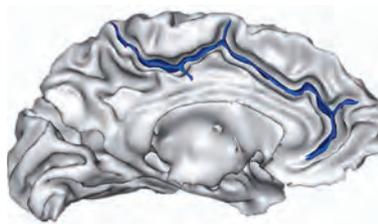
Le cyclotron du projet Cyréc est inspecté avant sa mise en route définitive.

ÉQUIPEMENT

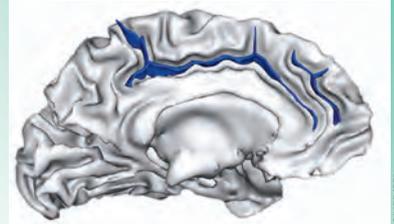
UN CYCLOTRON POUR LA RECHERCHE MÉDICALE

Seul cyclotron de sa catégorie en Europe à être uniquement dédié à la recherche académique, Cyréc, installé sur le campus de Strasbourg-Cronenbourg, est désormais opérationnel. L'objectif de cet accélérateur de particules : produire de nouveaux radioéléments exploitables par la communauté scientifique pour progresser dans le diagnostic, le suivi de médicaments et la découverte de nouveaux protocoles thérapeutiques, notamment en cancérologie et en neurologie.

Dans chaque hémisphère cérébral, le cortex cingulaire peut adopter deux configurations : une forme simple (à gauche) ou double (à droite).



Cortex cingulaire forme simple



Cortex cingulaire forme double

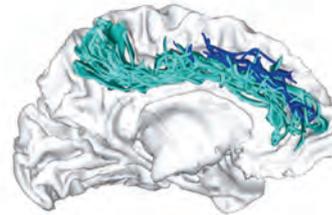
© CNRS/UPF/CEA

NEUROLOGIE

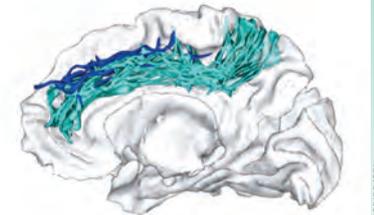
DANS LES MÉANDRES DU CERVEAU MUSICAL

Vos proches vous font régulièrement remarquer que vous chantez faux ? Peut-être souffrez-vous, sans le savoir, d'amusie congénitale. Ce trouble, qui affecte 2 à 4 % de la population, se traduit notamment par une difficulté à reconnaître des mélodies même familières. Une étude menée par deux équipes du Centre de recherche en neurosciences de Lyon (CRNL)¹ a identifié les régions du cerveau impliquées dans ce handicap. Ces travaux fournissent en outre de précieuses informations sur le « cerveau musical », c'est-à-dire sur les réseaux cérébraux impliqués dans le traitement de la musique. « Lorsqu'on sollicite la mémoire d'une personne amusicque, en lui demandant par exemple de reconnaître une brève mélodie, elle va éprouver de grandes difficultés à accomplir cette tâche », explique Barbara Tillmann, du CNRS. Afin d'identifier les régions cérébrales concernées par ces difficultés de mémorisation, la chercheuse et ses collaborateurs ont fait écouter à un groupe de personnes amusicques deux séquences musicales espacées par un silence de deux secondes. Les volontaires devaient déterminer si les mélodies qu'ils entendaient étaient identiques ou différentes entre elles. Grâce à une technique permettant de mesurer, à la surface de leur tête, de très faibles champs magnétiques, les scientifiques ont constaté que ces personnes présentaient un traitement altéré du son dans deux régions de l'hémisphère cérébral droit : le cortex auditif et le cortex frontal. « La réponse de ces deux régions cérébrales au stimulus musical était non seulement diminuée mais elle était également retardée par rapport aux personnes non-amusicques », précise Barbara Tillmann. Des observations par IRM des deux régions du cerveau impliquées ont permis d'y déceler des anomalies anatomiques permettant d'expliquer ces dysfonctionnements. En montrant que l'amusie congénitale est due à un problème de communication entre le cortex auditif et le cortex frontal, ces travaux laissent entrevoir un programme de rééducation ciblant à la fois les étapes précoces du traitement des sons par le cerveau et leur mémorisation. Et redonnent ainsi l'espoir aux personnes souffrant d'amusie de pouvoir apprécier la subtilité d'une mélodie.

¹ CNRS/Inserm/Université Claude Bernard Lyon 1.



Hémisphère gauche



Hémisphère droit

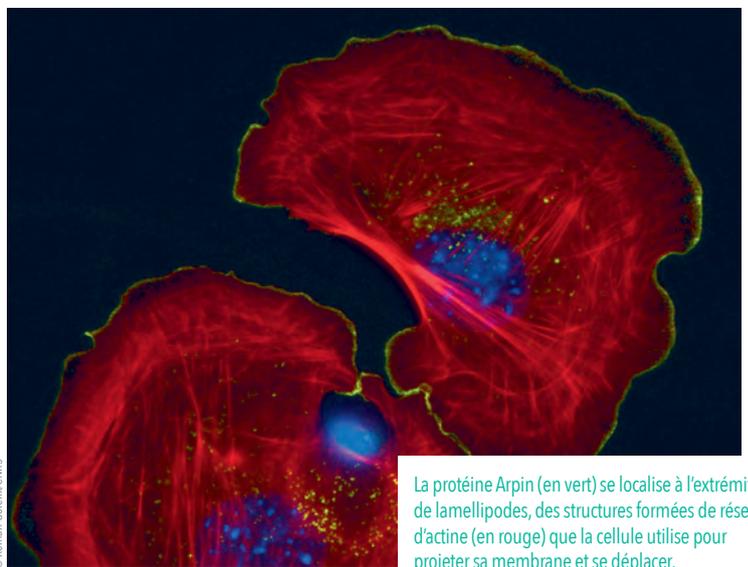
© CNRS/UPF/CEA

Cette image illustre la variabilité des formes du cortex cingulaire antérieur selon les enfants : chaque trait correspond au sillon d'un enfant.

↑ PSYCHOLOGIE DU DÉVELOPPEMENT

La forme du cerveau joue sur la capacité d'apprentissage des enfants, qui pourraient en conséquence avoir des besoins pédagogiques différents : c'est la conclusion d'une étude qui s'est intéressée, chez des enfants de 5 ans, à l'anatomie du cortex cingulaire, une région du cerveau où s'effectue le contrôle cognitif. Quand les plis de cette région sont asymétriques entre les deux hémisphères, les enfants présentent en moyenne une plus grande capacité de contrôle cognitif.

Journal of Cognitive Neuroscience
Août 2013 online



© Roman Gornik/CNRS

La protéine Arpin (en vert) se localise à l'extrémité de lamellipodes, des structures formées de réseaux d'actine (en rouge) que la cellule utilise pour projeter sa membrane et se déplacer.

↑ BIOLOGIE CELLULAIRE

Une protéine régulant la migration cellulaire, capacité de certaines cellules à se mouvoir, vient d'être découverte. **Appelée Arpin, elle constitue un frein à la migration et permet également à la cellule de contrôler la direction de sa migration.** Migration cellulaire et métastases étant étroitement liées, ce résultat devrait fortement impacter la recherche contre le cancer.

Nature
Octobre 2013



Relevé de végétation dans les Alpes françaises, dans le cadre de la zone-atelier Alpes qui étudie les dynamiques couplées des écosystèmes alpins, de leurs usages et du climat.

STRATÉGIE

La zone-atelier, miroir des territoires

Vaste réseau inter-organismes de recherches interdisciplinaires sur l'environnement et les anthroposystèmes, les zones-ateliers labellisées par le CNRS inscrivent la recherche dans le temps et dans les territoires. Un modèle résolument innovant.

Sur le modèle des *Long Term Ecological Research Networks* (LTER) américains, les zones-ateliers regroupent des chercheurs de plusieurs disciplines – écologie, physique, géographies physique et humaine, histoire, sciences de la terre, de la vie, sciences de l'ingénieur... – pour comprendre l'évolution de territoires constitués d'écosystèmes présentant différents degrés d'anthropisation. L'objectif de ces consortiums ? Identifier les questions de recherche fondamentale soulevées par ces sociétés et ces territoires, et construire des réponses intégrées à ces questions. Si cette approche interdisciplinaire des questions éco-sociologiques se révèle propice à l'innovation, par la production d'outils opérationnels de gestion des territoires, elle favorise aussi la production scientifique. C'est ainsi que le bilan de publications des douze zones-ateliers fait apparaître en 2013, outre les travaux propres à chaque unité de recherche, plus de 600 publications issues de collaborations interdisciplinaires ou inter-organismes dont la réalisation a été facilitée voire générée par l'existence des zones-ateliers.

« Tant par la rigueur de ses critères de labellisation, de gouvernance et d'évaluation des zones-ateliers que par l'excellence scientifique qui leur est associée, le CNRS fait figure d'exemple en Europe », souligne Gudrun Bornette, directrice adjointe scientifique de l'Institut écologie et environnement (INEE) du CNRS. Une reconnaissance internationale qui stimule l'émergence de zones-ateliers transfrontalières, telles que la zone-atelier Bassin de la Moselle (ZAM), associée avec le Luxembourg, ou encore la zone-atelier Arc jurassien, labellisée en 2013 et qui développe un partenariat privilégié avec la Suisse. La collaboration scientifique autour des modulations climatiques lancée avec les pays scandinaves ou le projet de grande infrastructure de recherche LTER en cours d'élaboration avec les autres pays européens participent par ailleurs à la construction de l'espace européen des LTER, dans lequel les zones-ateliers pilotées par le CNRS ont valeur de modèle. Cette dynamique s'étend à l'échelle mondiale : le memorandum d'entente signé par le CNRS et le bureau des LTER américains le 27 février 2013 a donné le coup d'envoi à une coopération historique, permettant aux deux réseaux de faire converger leurs travaux sur des thématiques et des sites communs. Comme par exemple la collaboration entre la zone-atelier Alpes et le LTER Niwot Ridge, reliant durée d'enneigement et processus écologiques.



Un modèle génétique explique l'évolution de la coloration de motifs pigmentaires noirs, sur les ailes de mâles de plusieurs espèces de drosophiles.

© CNRS Photothèque / Nicolas Gompel, Benjamin Prud'homme

↑ GÉNÉTIQUE

QUAND LA COLORATION DES ÊTRES VIVANTS RÉVÈLE LEUR ÉVOLUTION

Des rayures du pelage du tigre au kaléidoscope chromatique des ailes des papillons, la diversité du règne animal en matière de coloration semble sans limite. Une étude réalisée par des généticiens français révèle pour la première fois les mécanismes génétiques qui sous-tendent l'apparition et la modification de tels motifs au fil de l'évolution. Leurs travaux se sont plus précisément focalisés sur la formation d'une tache de pigments noirs située à l'extrémité des ailes des mâles de plusieurs espèces de mouches drosophiles. Dans un premier temps, les scientifiques se sont intéressés à l'apparition de cette tache, il y a environ 15 millions d'années, chez un ancêtre des espèces tachetées actuelles. Ils ont ainsi constaté que des mutations apparues dans la séquence de gènes responsables de la coloration noire, qualifiés d'« artisans », ont rendu ces derniers réceptifs aux instructions d'un gène « architecte » actif exclusivement au bout de l'aile de l'insecte. « Cela montre que cette innovation évolutive qu'est la tache sur l'aile résulte non pas de l'apparition de nouveaux gènes mais de l'émergence de nouvelles interactions entre des gènes préexistants », résume Benjamin Prud'homme de l'Institut de biologie du développement de Marseille Luminy¹. Une fois la tache formée, elle s'est ensuite plus ou moins intensifiée, étalée, ou a même éclaté en plusieurs petites taches. Cette phase de diversification, coïncidant avec l'apparition de nouvelles espèces, résulte cette fois d'une extension de l'expression du gène « architecte » précédent à d'autres régions de l'aile. En dévoilant ce double processus d'apparition et de diversification à l'origine de la formation puis de l'évolution de simples taches, les chercheurs ont franchi une étape importante vers la compréhension des mécanismes génétiques qui façonnent la morphologie des espèces. « Cette transition évolutive en deux temps est très certainement transposable à toutes sortes d'autres traits, qu'il s'agisse de l'aspect d'une tache ou d'une rayure, de la forme d'un membre ou de celle d'un organe interne », conclut Benjamin Prud'homme.

¹ CNRS/Aix-Marseille Université.

COMMUNICATION BACTÉRIENNE

LES BACTÉRIES NE COOPÈRENT QU'ENTRE VOISINES

Les exemples de coopération sont légion dans le monde vivant. À l'image des insectes sociaux, certains microorganismes bactériens s'entraident eux aussi pour accéder plus facilement aux ressources de leur environnement. Les rouages de cette forme de coopération particulière, dénuée de prise de décision, restent néanmoins obscurs. Pour tenter d'en savoir plus, des chercheurs issus de trois laboratoires¹ se sont intéressés au développement de colonies de *Pseudomonas aeruginosa*. Leurs travaux révèlent qu'une des molécules nécessaires au développement de ces bactéries est échangée de voisine à voisine.

Pour récupérer le fer nécessaire à leur croissance, les bactéries sécrètent des molécules, appelées sidérophores. Dotées d'un coefficient de diffusion élevé, ces molécules devraient se disséminer rapidement et de manière homogène dans leur environnement. Les scientifiques se sont aperçus que c'était le contraire. En observant un sidérophore naturellement fluorescent, ils ont mesuré, à l'échelle cellulaire, la dynamique de sa répartition au sein de la colonie. « Nous avons constaté que, contrairement à ce qu'on imaginait, celui-ci n'est pas distribué de manière homogène dans la colonie mais réparti de manière dynamique, suggérant un échange entre cellules productrices », résume Nicolas Desprat, du Laboratoire de physique statistique de l'École normale supérieure. Ce mécanisme, confirmé par un modèle et des expériences, favoriserait ainsi le développement des consœurs aux dépens d'éventuelles tricheuses tentées d'utiliser les molécules produites sans en sécréter elles-mêmes. Les chercheurs veulent désormais identifier les mécanismes à l'origine de ces échanges. « Il serait alors possible d'agir au niveau des communications bactériennes pour stopper la croissance de la colonie », anticipe Nicolas Desprat. *Pseudomonas aeruginosa* étant responsable de la majorité des infections nosocomiales², une telle stratégie permettrait ainsi de contrecarrer la résistance progressive de ces infections aux antibiotiques censés les traiter.

¹ Laboratoire de physique statistique (CNRS/ENS/UPMC/Université Paris Diderot); Institut de biologie de l'École normale supérieure (ENS/CNRS/Inserm); laboratoire Biotechnologie et signalisation cellulaire (CNRS/Université de Strasbourg).

² Infection contractée dans un établissement de santé.

Proceedings of the National Academy of Sciences
Juillet 2013

NEUROSCIENCES

Lorsqu'ils sont exposés aux ondes d'un signal de téléphonie mobile de type GSM, des réseaux de neurones de rat en culture voient leur activité électrique décroître de moitié. Pour une exposition de 15 minutes, cet effet est réversible. Il ne peut à l'heure actuelle être relié directement aux effets d'une telle exposition observés sur l'électroencéphalogramme chez l'homme ou permettre d'envisager des effets sanitaires.

LA DYNAMIQUE DES CHROMOSOMES S'INSPIRE DE CELLE DES POLYMÈRES

Grâce aux outils de la biologie moderne, les mécanismes moléculaires qui régissent l'architecture des chromosomes sont désormais bien identifiés. Les interactions physiques qui s'établissent entre ces mêmes chromosomes restent en revanche mal comprises des scientifiques. En faisant appel à des techniques inédites de microscopie optique, une équipe associant biologistes et physiciens¹ est parvenue à examiner en détail le mouvement et le repliement des chromosomes à l'intérieur de cellules vivantes. Leurs travaux montrent pour la première fois qu'ils se comportent de la même manière que ces longues chaînes de molécules identiques que sont les polymères. « Les chromosomes étant des éléments structuraux qui se répètent dans l'espace à intervalle régulier, ils peuvent être assimilés à des polymères et en tant que tels être soumis aux mêmes lois physiques », explique Aurélien Bancaud, du Laboratoire d'analyse et d'architecture des systèmes à Toulouse. Afin de vérifier leur hypothèse, les chercheurs ont analysé par microscopie optique le repliement du plus long chromosome de la levure *Saccharomyces cerevisiae*, un organisme eucaryote au génome restreint. « Nous avons constaté que le repliement de ce chromosome était avant tout guidé par le principe de l'exclusion volumique, c'est-à-dire l'impossibilité pour deux chromosomes de s'interpénétrer, ce qui est typique d'un comportement de polymère », précise le chercheur. En suivant le mouvement des chromosomes dans le noyau de la levure, les scientifiques ont par ailleurs constaté qu'ils se répartissaient de manière homogène au sein du génome, à la façon des polymères placés en milieux confinés. Parce qu'ils permettent de mieux appréhender les principes biophysiques qui gouvernent l'organisation des chromosomes, ces résultats ouvrent de nouvelles perspectives dans l'étude des mécanismes de réorganisation du génome tout au long de la vie cellulaire.

¹ Laboratoire de biologie moléculaire eucaryote (CNRS/Université Toulouse 3 - Paul Sabatier); Laboratoire d'analyse et d'architecture des systèmes (CNRS); Laboratoire de physique théorique de la matière condensée (CNRS/UPMC).

Journal of Cell Biology
Juillet 2013

Genome Research
Novembre 2013



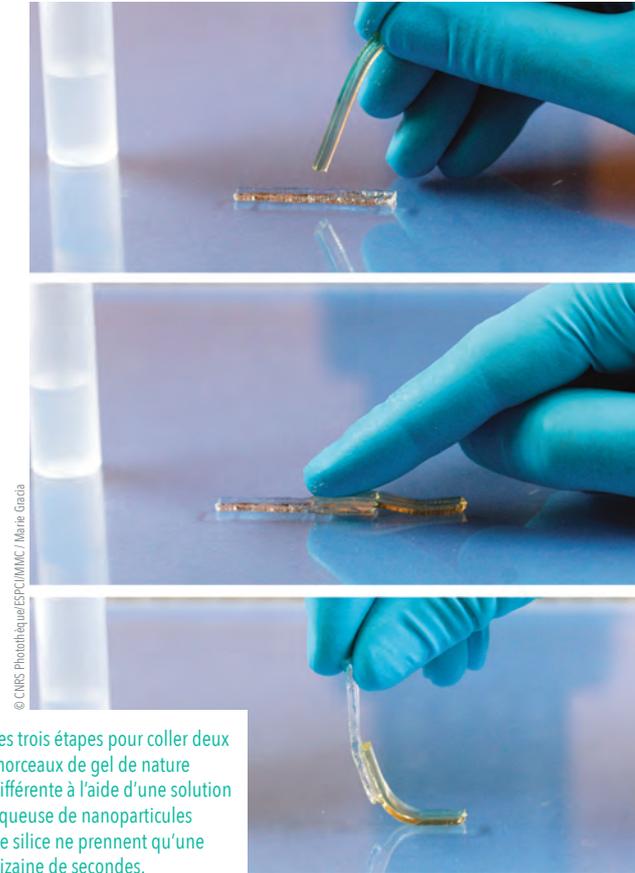
© CNRS Photothèque / Céline Anaya Gaullier

PORTRAIT

PHILIPPE CINQUIN, PIONNIER DE LA CHIRURGIE AUGMENTÉE

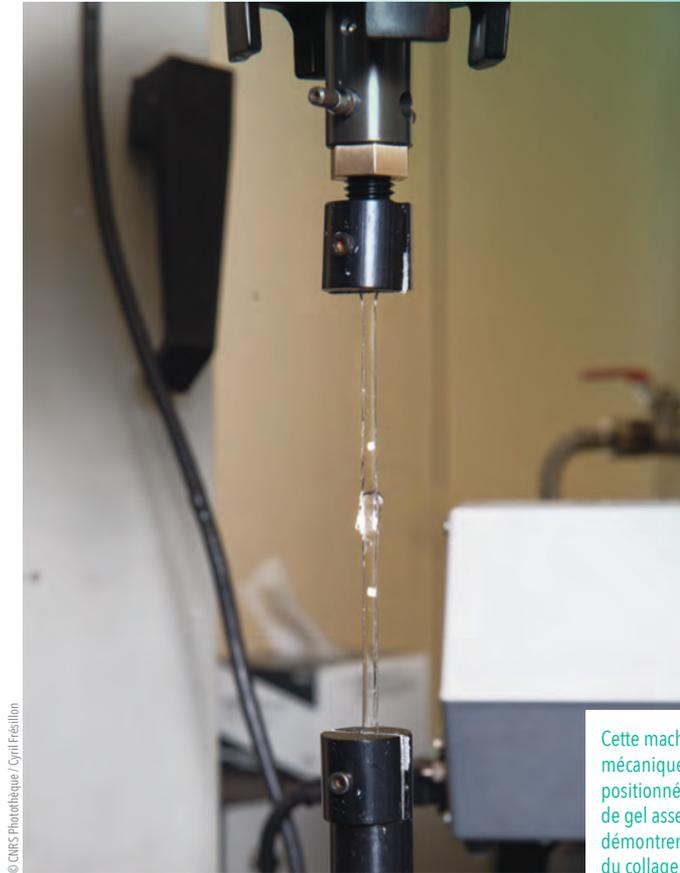
Lauréat de la médaille de l'innovation du CNRS en 2013, Philippe Cinquin aime se définir comme « un hybride à la croisée de nombreuses compétences ». Pionnier de la recherche sur les gestes médico-chirurgicaux assistés par ordinateur (GMCAO), il débute sa carrière en 1984 et, avec la contribution déterminante de Jocelyne Troccaz et Stéphane Lavallée, développe ce concept autour de l'exploitation d'images multi-modales (échographie, IRM...) et de systèmes de vision par ordinateur. Grâce à un partenariat étroit avec industriels et médecins, les GMCAO ont permis la réalisation de nombreuses premières médico-chirurgicales. Et aussi, par exemple « de réduire d'environ 20 % à 5 % les vis et prothèses du genou mal positionnées ! » se réjouit le médaillé. Professeur en informatique médicale de l'université Joseph Fourier et praticien hospitalier au CHU de Grenoble, Philippe Cinquin dirige le laboratoire TIMC-IMAG¹. À l'origine du dépôt de vingt-huit brevets, il a contribué à la création de dix start-up. Il se consacre depuis dix ans à la micro-nano-robotique médicale pour des opérations de chirurgie endoscopique et travaille sur des biopiles au glucose pour l'alimentation en énergie des dispositifs artificiels implantés.

¹ Techniques de l'ingénierie médicale et de la complexité - informatique, mathématiques et applications de Grenoble, CNRS/Université Joseph Fourier Grenoble 1.



Les trois étapes pour coller deux morceaux de gel de nature différente à l'aide d'une solution aqueuse de nanoparticules de silice ne prennent qu'une dizaine de secondes.

© CNRS Photothèque/ESPCI/IMAC / Marie Garcia



Cette machine d'essai mécanique dans laquelle sont positionnées deux lanières de gel assemblées permet de démontrer la bonne résistance du collage.

© CNRS Photothèque / Cyril Friesillon

↑ BIOMATÉRIAUX

UNE COLLE RÉVOLUTIONNAIRE POUR LES GELS ET LES TISSUS BIOLOGIQUES

Coller des gels composés majoritairement d'eau, comme la gélatine, certains cosmétiques, les gelées alimentaires, ou même les lentilles de contact, était jusqu'à présent une opération difficile à réaliser, demandant des traitements agressifs ou compliqués. Grâce aux travaux de chercheurs des laboratoires Matière molle et chimie¹ et Physico-chimie des polymères et milieux dispersés², assembler des gels est devenu un jeu d'enfant et prend quelques secondes à peine : il suffit pour cela d'appliquer une solution de nanoparticules au lieu des traditionnels adhésifs à base de polymères. Une vraie révolution conceptuelle, puisque ce sont des particules solides comme la silice, la cellulose ou des nanotubes de carbone qui assurent l'adhésion en se liant au réseau moléculaire du gel. « Outre la rapidité et la simplicité de la mise en œuvre, la fixation apportée par les nanoparticules est forte, la jonction résistant souvent mieux à la déformation que le gel lui-même. De plus, elle offre une très bonne résistance à l'immersion dans l'eau », explique Ludwik Leibler, du laboratoire Matière molle et chimie. Les applications industrielles, notamment alimentaires ou cosmétiques, sont évidentes... Les chercheurs vont plus loin, et proposent de coller des tissus biologiques avec la même méthode révolutionnaire ! En effet, du fait de leur structure – un réseau moléculaire baigné de liquide –, les gels présentent de fortes similitudes avec les tissus biologiques comme la peau ou les organes. Une intuition couronnée de succès : pour la première fois, ils ont réussi à coller des tissus conjonctifs impossibles à assembler, en l'occurrence deux morceaux de foie de veau. « Les perspectives en chirurgie sont immenses. Grâce à cette méthode, on peut faire de la suture là où c'était jusqu'à présent impossible », commente Ludwik Leibler, qui a démarré des essais in vivo en collaboration avec un laboratoire de l'Inserm.

1 CNRS/ESPCI ParisTech.

2 CNRS/ESPCI ParisTech/UPMC.

Nature
Décembre 2013

RADIOTHÉRAPIE

Il serait possible d'améliorer la précision et la qualité du traitement contre le cancer en marquant des cellules cancéreuses par des molécules contenant des atomes lourds et en ciblant ces atomes avec un rayonnement X d'énergie finement choisie : ces molécules émettent alors des électrons de basse énergie capables d'induire la rupture des doubles brins d'ADN. Un dommage que les cellules cancéreuses n'ont pas la capacité de réparer...

Nature
Décembre 2013 online

IMMUNOLOGIE

Comment les cellules souches sanguines parent-elles aux urgences avec discernement en fabriquant les « bonnes » cellules pour lutter contre une infection ? **Des biologistes ont découvert qu'une molécule « messagère » est alors produite en grande quantité par l'organisme.** Message reçu 5/5 par les cellules souches : elles fabriquent en urgence les cellules les plus adaptées à la situation.

Nature
Avril 2013

PHYSIQUE

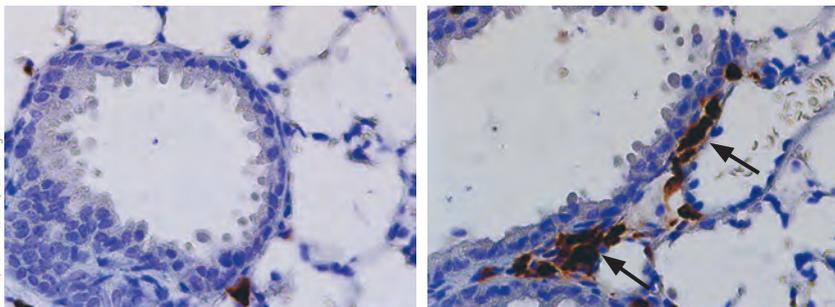
L'IMAGERIE PHOTOACOUSTIQUE FAIT UN BOND EN AVANT

Imager des tissus biologiques en profondeur avec de la lumière, ou bien utiliser cette dernière pour brûler des tumeurs : grâce au dispositif mis au point par deux équipes de l'Institut Langevin Ondes et images¹, c'est désormais envisageable.

L'idée d'utiliser la lumière pour faire de l'imagerie médicale n'est pas nouvelle. Malheureusement, à l'inverse des ultrasons, utilisés en échographie, la lumière, une fois qu'elle a pénétré dans un tissu biologique, se propage de façon totalement désordonnée. Impossible par conséquent d'en tirer une image nette. Pour contourner cet obstacle, des chercheurs ont développé il y a une dizaine d'années une technique fondée sur un effet bien connu des physiciens : l'effet photoacoustique. Lorsqu'une onde lumineuse est absorbée par un milieu, une partie de l'énergie est convertie sous forme d'ondes acoustiques. On peut alors obtenir une image tissulaire en recueillant les ultrasons émis suite à l'absorption de l'onde lumineuse incidente par la zone à imager. « De cette façon, on peut par exemple détecter une tumeur à travers le réseau vasculaire qui se forme autour d'elle, explique Emmanuel Bossy, de l'Institut Langevin. Ce que ne permet pas une échographie classique dans la mesure où ce même réseau peut être transparent aux ultrasons. » Pour autant, la diffusion de la lumière dans les tissus limite la quantité de lumière en profondeur. Pour y remédier, le dispositif proposé par les chercheurs de l'Institut Langevin analyse la structure des ultrasons émis par un milieu diffusif sous différentes stimulations d'un faisceau lumineux. Et, à partir de cette information, retrace le chemin tortueux parcouru par la lumière jusqu'à la zone d'intérêt. À l'aide d'un dispositif optique mis au point dans l'équipe de Sylvain Gigan, du même laboratoire, il est alors possible de façonner les impulsions lumineuses incidentes afin de corriger l'effet de la diffusion, et, ce faisant, focaliser la lumière exactement où on le souhaite. « Ainsi, il est possible de sonder des tissus à plusieurs centimètres de profondeur, contre dix fois moins avec une approche conventionnelle », détaille le physicien. Qui ajoute : « La possibilité de focaliser la lumière dans un tissu permet également d'envisager de brûler des tumeurs sans dépôt d'énergie sur les parties saines avoisinantes. »

1 CNRS/ESPCI ParisTech/UPMC/Université Paris Diderot/Inserm.

Nature Photonics
Novembre 2013 online



Coupes de poumon de souris soumises à un stress inflammatoire et traitées (à gauche) ou non (à droite) par les mannodendrimères. Ces molécules inhibent le recrutement de cellules immunitaires, les neutrophiles (flèches noires).

BIOPHYSIQUE CELLULAIRE

Pour étudier la réponse d'une cellule à une perturbation biochimique ciblée, il faut pouvoir cibler cette perturbation. **Défi relevé par une équipe de physiciens et de chimistes : ils ont mis au point une méthode pour déplacer à l'intérieur de cellules vivantes, grâce à des forces magnétiques, des nanoparticules auxquelles sont accrochées des protéines...** celles-là mêmes qui vont envoyer le signal biochimique.

Nature Nanotechnology
Mars 2013

MALADIE DU SOMMEIL

Le trypanosome africain, responsable de 97 % des cas de maladie du sommeil, résiste au système immunitaire humain. **Comment ? En sécrétant une glycoprotéine qui provoque un durcissement de la membrane de ses endosomes, des petites vésicules par lesquelles les protéines produites par notre système de défense pénètrent dans le parasite.** Ces dernières se retrouvent alors piégées et sont rapidement détruites.

Nature
Août 2013

NEUROBIOLOGIE

Le transport de molécules dans les neurones, capital pour le bon fonctionnement du système nerveux, se fait dans des vésicules. Une étude montre que le déplacement de ces vésicules est assuré par des enzymes qui transforment le glucose en énergie, et que ces enzymes sont attachées à la vésicule par la protéine huntingtine, mutée dans la maladie de Huntington. **Reste encore à savoir si cette fonction de fixation est perturbée dans la maladie.**

Cell
Janvier 2013

← PHARMACOLOGIE

Des chercheurs ont peut-être découvert les anti-inflammatoires de demain. Ils ont synthétisé des molécules qui miment les fonctions d'un glycolipide que la bactérie responsable de la tuberculose utilise pour échapper à la réponse immunitaire de son hôte. **Appelées mannodendrimères, ces molécules, dont le mode d'action diffère radicalement de celui des corticoïdes, ont démontré des propriétés anti-inflammatoires exceptionnelles.**

Proceedings of the National Academy of Sciences
Mai 2013



La murène géante javanaise (*Gymnothorax javanicus*) chasse la nuit dans le labyrinthe des récifs coralliens, participant à la bonne santé de cet écosystème.

↑ BIODIVERSITÉ

LES ESPÈCES RARES ASSURENT DES FONCTIONS PRÉCIEUSES

Régulièrement placées sous le feu des projecteurs à cause de leurs forts taux d'extinction, les espèces rares sont paradoxalement considérées comme peu utiles au bon fonctionnement des écosystèmes. Une équipe internationale¹ démontre pour la première fois que certaines de ces espèces rares jouent en fait un rôle écologique unique y compris dans les écosystèmes les plus diversifiés. Pour arriver à cette conclusion les scientifiques ont d'abord répertorié les traits fonctionnels de 846 espèces de poissons de récifs coralliens, 2 979 espèces de plantes alpines et 662 espèces d'arbres tropicaux. « Ces informations qui englobent des données telles que la morphologie, le rythme biologique ou le régime alimentaire de ces espèces servent à déterminer leurs fonctions écologiques », explique David Mouillot, de l'unité Écologie des systèmes marins côtiers de Montpellier. Au sein de ces trois grands systèmes, les scientifiques ont ensuite cherché à déterminer si les fonctions les plus originales étaient assurées par les espèces communes ou les espèces rares. « Sur l'ensemble de ces écosystèmes particulièrement riches, notre analyse démontre que la plupart des rôles uniques sont joués par les espèces rares, suggérant ainsi leur utilité dans le maintien à long terme du fonctionnement des écosystèmes », souligne David Mouillot. L'exemple de la murène géante javanaise est à ce titre emblématique. En se nourrissant de cadavres et d'animaux malades qu'elle traque dans les moindres interstices du récif corallien, cette espèce accélère le recyclage des nutriments et participe à la bonne santé de l'écosystème corallien. Parce qu'elles sont essentiellement portées par des espèces rares qui sont vulnérables, de telles fonctions clés ont de grandes chances de disparaître en cas de changements environnementaux majeurs. Dans ce contexte, mener une politique de conservation de la nature tenant compte de la rareté fonctionnelle permettrait de préserver l'ensemble des fonctionnalités des écosystèmes tout en limitant l'impact des perturbations qui les affectent.

¹ Plusieurs laboratoires et unités de recherche réunissant des chercheurs du CNRS, de l'université Montpellier 2, de l'Inra, de l'EPHE et de l'IRD ont contribué à cette étude.

Plos Biology
Mai 2013

BIOLOGIE CELLULAIRE BACTÉRIENNE

La plupart des bactéries s'organisent en biofilm, c'est-à-dire qu'elles adhèrent entre elles et à une surface et adoptent un comportement coopératif, par exemple en échangeant des protéines et des lipides. **Ces échanges, des biologistes sont parvenus à les visualiser : ils interviennent par simple diffusion à travers une « synapse » formée par fusion locale des membranes externes des bactéries en contact.**

eLIFE
Juillet 2013

CANCÉROLOGIE

Quand les réserves en glucose s'épuisent dans l'environnement des cellules cancéreuses, leur infligeant un stress métabolique, elles réagissent de façon variable. **Si le stress est modéré, elles s'adaptent, si le stress est sévère, elles s'autodétruisent... mais dans les deux cas, sous l'effet des mêmes voies de signalisation cellulaire!** Cette différence de destinée serait en partie arbitrée par l'activité d'une protéine appelée p58IPK.

Molecular Cell
Mars 2013

INNOVATION

UNE MÉTHODE DE RECONSTRUCTION DU CARTILAGE BREVETÉE

Il n'existe à l'heure actuelle aucune technique satisfaisante de reconstruction du cartilage après une lésion. Un manque qui va peut-être être comblé : des chercheurs ont développé et breveté un procédé permettant de produire des amorces de substituts de cartilage humain utilisables pour la régénération tissulaire. Avantages des agrégats cellulaires obtenus : une taille importante compatible avec leur implantation et une forme modulable pour s'adapter au site de la lésion.

Le CNRS en force dans le Flagship Graphène

Grâce à sa politique de structuration, le CNRS s'est octroyé une place prépondérante au sein du Flagship graphène, un consortium européen doté d'un milliard d'euros sur dix ans.

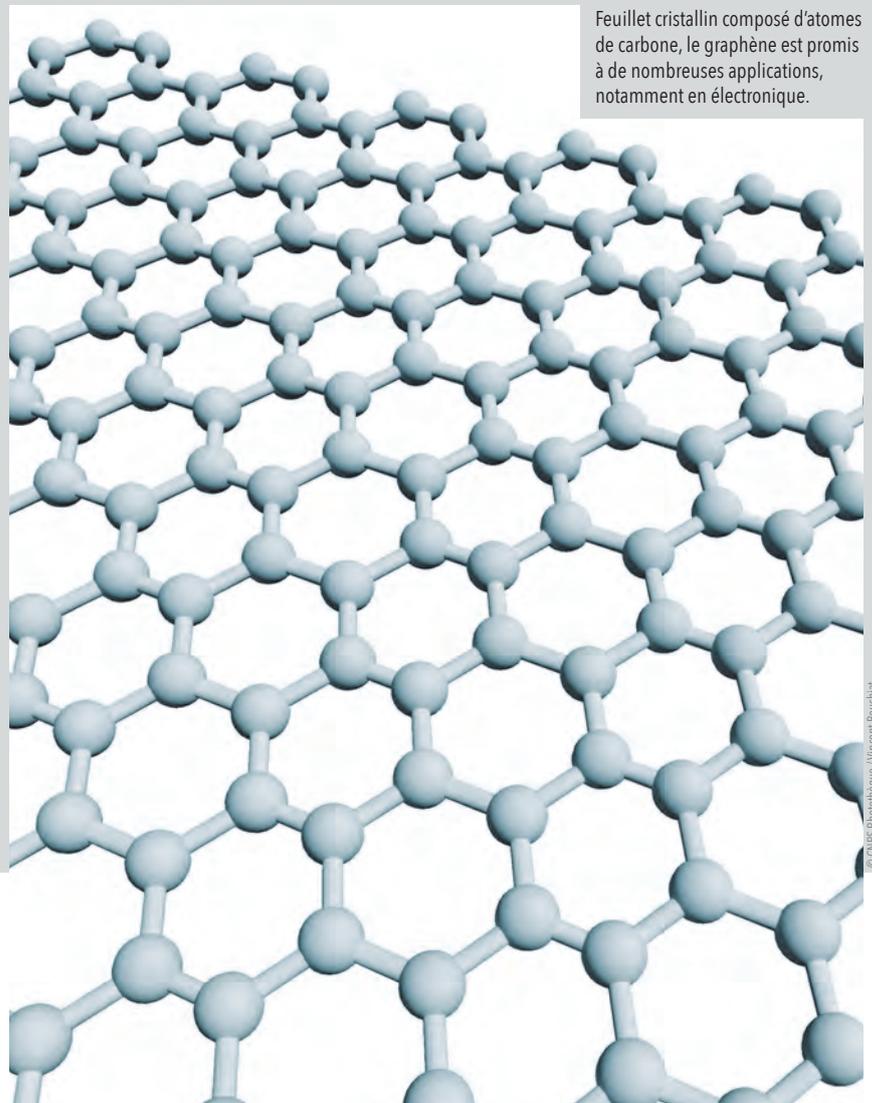
Flexible, léger, ultrarésistant, transparent et excellent conducteur, le graphène, isolé en 2004, s'est rapidement imposé comme un matériau très innovant promis à de nombreuses applications, notamment en électronique. Afin de valoriser son potentiel, un projet nommé FET¹ Flagship Graphène a été lancé début 2013 par la Commission européenne, suite à un processus fortement sélectif qui a abouti à seulement deux lauréats² sur 35 pré-projets soumis fin 2010. Cet ambitieux programme de recherche et développement rassemble 76 partenaires académiques et industriels issus de 17 pays européens. Grâce à la structuration étroite de son tissu de recherche, à la mobilisation de toute une communauté de chercheurs – liée notamment à l'existence antérieure de deux groupements de recherche du CNRS, « Graphène et nanotubes » et « Physique mésoscopique quantique » –, la France s'est hissée au premier rang des pays initiateurs de ce consortium, avec 14,4 % des 54 millions d'euros de budget de la phase de lancement d'une durée de 30 mois. Le CNRS s'imposant, et de loin, comme le premier organisme européen dans ce cadre. « Notre force repose sur une structuration forte de la communauté française sur ces thématiques, précise Giancarlo Faini, directeur adjoint scientifique de l'Institut de physique (INP) du CNRS. En nous appuyant sur un réseau déjà mobilisé, nous avons pu négocier avec les partenaires du Flagship les contours du projet ainsi que l'intégration d'un nombre significatif d'équipes françaises. » Une réussite à porter également au crédit d'un investissement fort, dès l'origine, de la direction du CNRS auprès du coordinateur du Flagship et de la Commission européenne. Pilotée par l'INP, la communauté hexagonale impliquée dans le programme – qui réunit quinze laboratoires du CNRS, du CEA, d'universités, de l'Onera et de Thales – a esquissé les contours de son action lors

d'une journée de réflexion en avril 2013. L'objectif? Dresser un état des lieux de l'implication des équipes françaises mais aussi identifier de nouveaux projets portés par des équipes non encore impliquées dans le consortium, plus de 9 millions d'euros étant dédiés à l'intégration de nouveaux partenaires. Une force de proposition qui a permis aux partenaires français de faire valider sept thèmes sur les douze retenus par le bureau exécutif en octobre 2013 suite à l'appel à projets. Dans le même élan, le CNRS a convié la communauté scientifique, en janvier 2014, à un deuxième symposium en partie axé sur la valorisation des premières recherches menées. Avec 22 familles de brevets à son actif, le CNRS se positionne en effet comme le tout premier acteur institutionnel en matière de propriété industrielle sur ce matériau d'avenir, qu'il a d'ailleurs identifié comme l'un de ses axes stratégiques d'innovation en 2013.

¹ Technologies futures et émergentes.

² FET Flagships Graphène et Human Brain Project.

Feuillet cristallin composé d'atomes de carbone, le graphène est promis à de nombreuses applications, notamment en électronique.





© CNRS/Photothèque / Jérôme Chain

PRIX

AVALANCHE DE PRIX POUR ALAIN ASPECT

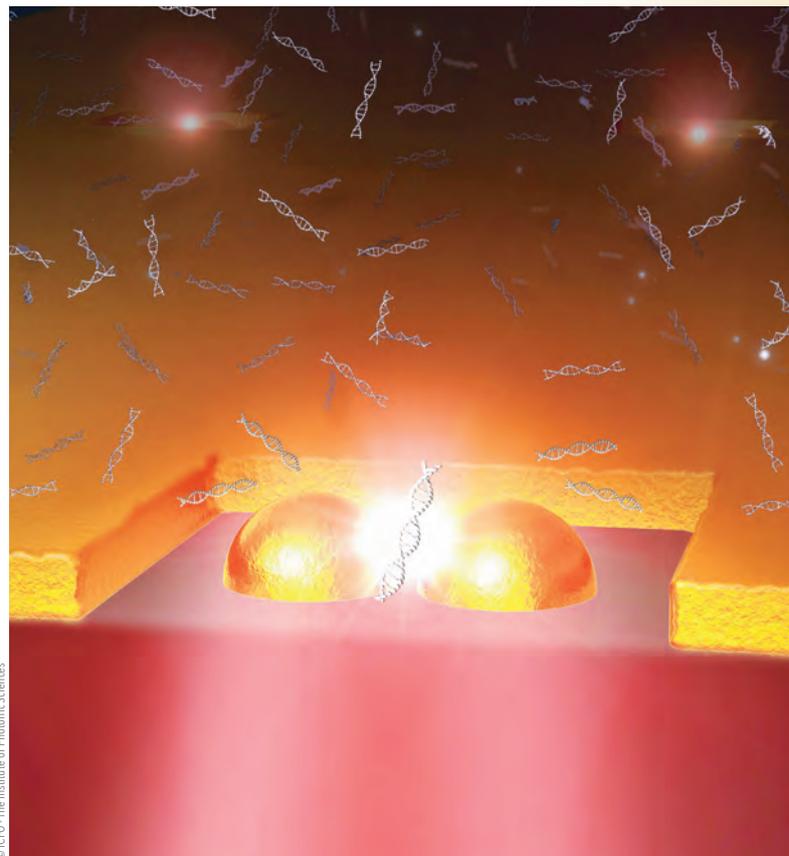
Médaille d'or du CNRS en 2005, Alain Aspect a reçu en 2013 la médaille Niels Bohr décernée par l'Académie danoise d'ingénierie conjointement avec l'Institut Niels Bohr et l'Académie danoise des sciences et lettres, pour ses travaux sur les tests des inégalités de Bell, qui ont mis en relief le phénomène d'intrication quantique, à la base de la recherche en information quantique. Pour ces mêmes travaux, il a également reçu en 2013 la médaille Unesco-Niels Bohr, le prix Tomassoni de l'université La Sapienza, le grand prix de l'Optical Society of America et le prix Balzan pour l'information quantique. Professeur à l'École polytechnique et directeur de recherche émérite au CNRS, Alain Aspect est professeur titulaire de la chaire Augustin Fresnel à l'Institut d'optique Graduate School.

OPTIQUE →

RÉVÉLER UNE MOLÉCULE EN LA METTANT EN BOÎTE

Faire avancer nos connaissances en biologie moléculaire et cellulaire implique de comprendre comment les biomolécules interagissent les unes avec les autres. Avec la méthode de détection moléculaire mise au point par une équipe internationale¹, un pas important vers le développement de techniques d'analyses biochimiques ultrasensibles a été franchi. Baptisé « antenna-in-box » – littéralement l'antenne dans une boîte –, ce dispositif permet d'observer une molécule unique au microscope optique. Son fonctionnement repose sur la propriété qu'ont certaines molécules d'absorber la lumière avant de la réémettre sous forme de rayonnement de longueur d'onde plus grande. « Compte tenu de l'infime quantité de lumière émise par une molécule unique, son observation au microscope optique est une tâche délicate », souligne Jérôme Wenger, de l'Institut Fresnel. Afin de contourner le problème, le chercheur et son équipe ont conçu une sorte d'amplificateur de luminosité de dimension nanométrique. Cette antenne optique, constituée de deux hémisphères en or de 80 nanomètres de diamètre, concentre la lumière dans l'espace d'une dizaine de nanomètres qui les sépare, soit la taille d'une molécule. Pour tester l'efficacité de ce dispositif qui décuple l'intensité du rayonnement moléculaire, les chercheurs y ont déposé de petits échantillons contenant des dizaines de millions de molécules. En insérant leur système de détection dans une enceinte protectrice nanométrique, ils l'ont par ailleurs isolé de la luminosité ambiante provenant de ces molécules. Ainsi protégée, la nano-antenne révèle pleinement le signal lumineux de la molécule venue s'y fixer. « Pour les plus petites molécules testées, nous sommes parvenus à améliorer la luminosité d'un facteur 1000 pour des échantillons d'un volume inférieur à celui d'une cellule. » Encouragés par ces résultats qui témoignent de l'efficacité de leur dispositif, les scientifiques se sont fixé un nouvel objectif : déposer une membrane cellulaire sur une « antenna-in-box » pour étudier l'interaction entre molécules et observer peut-être, pour la première fois, les cascades de réactions enzymatiques qui s'y produisent.

¹ Institut Fresnel de Marseille (CNRS/Aix-Marseille Université/École centrale Marseille); Institut de sciences photoniques de Barcelone.



© ICFP - The Institute of Photonics Sciences

Cette nano-antenne optique insérée dans une boîte est capable d'analyser une molécule seule dans une solution très concentrée.

INNOVATION

UNE MÉTHODE POUR PRODUIRE DES PLANS DE GRAPHÈNE BREVETÉE

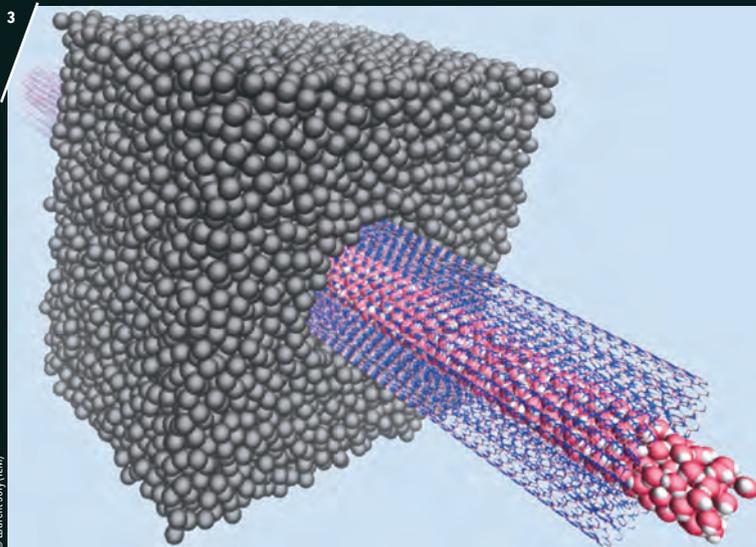
Les propriétés exceptionnelles du graphène sont entièrement conditionnées par la qualité parfaite du matériau, qui demeure un challenge technologique. Le Laboratoire de photonique et de nanostructures du CNRS vient de breveter une méthode basée sur le dépôt de films minces de carbure de silicium sur une galette de silicium, substrat classique de la microélectronique. Elle permet de faire croître du graphène de façon contrôlée et homogène sur une grande surface.

MÉCANIQUE DES FLUIDES

Lord Kelvin n'avait pas tout expliqué! Selon sa théorie, qui n'avait jamais été remise en cause depuis 1887, l'angle « V » formé par un objet se déplaçant à la surface d'un liquide est constant, indépendamment de la taille et de la vitesse de l'objet.

Photographies aériennes et simulations numériques à l'appui, des scientifiques ont montré que cet angle décroît en fait à l'inverse de la vitesse de déplacement, d'une façon étonnamment similaire au cône de Mach d'un avion supersonique.

Physical Review Letters
Mai 2013

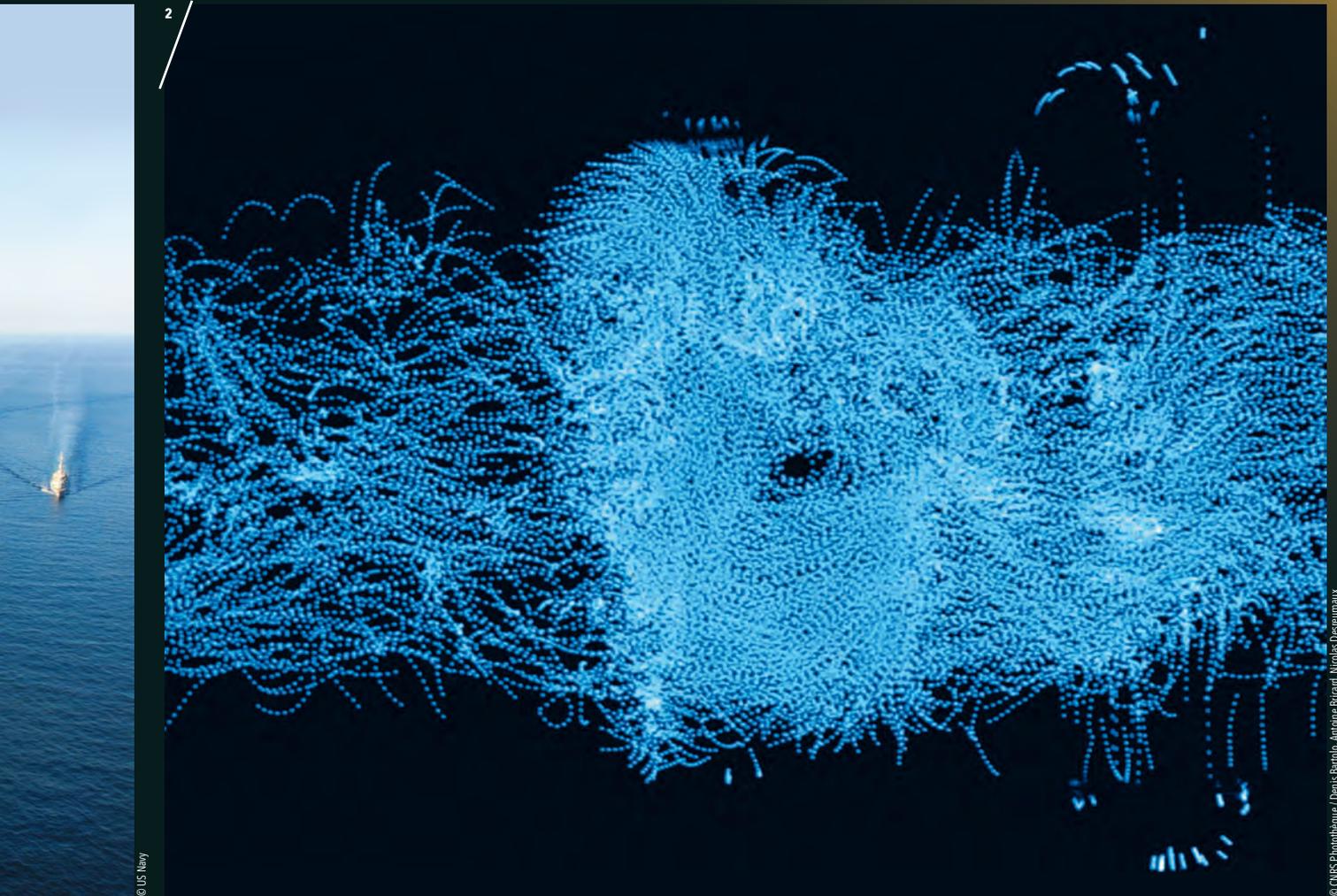


© Laurent Joby (ILLM)

ÉNERGIE RENOUVELABLE

Le phénomène d'osmose permet de générer de l'électricité à partir de gradients de salinité. L'embouchure des fleuves recèle donc une énergie potentielle considérable... qu'on sait mal exploiter, faute de rendement. Grâce à un dispositif expérimental ingénieux, des physiciens ont mesuré pour la première fois le courant électrique d'origine osmotique traversant un nanotube unique de bore-azote. Et découvert que ce courant a une intensité plus de mille fois supérieure à celle atteinte jusqu'à présent!

Nature
Février 2013



© US Navy

© CNRS Photothèque / Denis Barthelemy, Antoine Brizard, Nicolas Desreumaux

MICROFLUIDIQUE

Bancs de poissons, colonies bactériennes, grains de matière en vibration... sont autant de systèmes où l'on observe des mouvements collectifs coordonnés d'un très grand nombre d'individus malgré l'absence de meneur.

Pour étudier ce phénomène, des physiciens ont mis au point un système expérimental microfluidique qui leur a permis de comprendre l'émergence spontanée d'un mouvement unidirectionnel et homogène à l'échelle de tout un groupe de plusieurs millions de particules colloïdales autopropulsées.

Nature
Novembre 2013

1. Plus un objet se déplaçant sur l'eau est rapide, plus l'angle du sillage qu'il forme se referme.
2. Deux populations de colloïdes autopropulsés de 5 microns de diamètre, se déplaçant dans des directions opposées, entrent en collision.
3. Ce schéma décrit le principe de l'expérience qui permet de mesurer le transport osmotique de l'eau à travers un nanotube de bore-azote transmembranaire.
4. Le détecteur Nucifer, dans le réacteur de recherche Osiris, pourrait révéler l'existence d'un nouveau neutrino.

4



© L. Godard/CEA

PHYSIQUE DES PARTICULES

Au mois d'avril 2013, le détecteur Nucifer a capté ses premiers neutrinos auprès du réacteur nucléaire Osiris, à Saclay. Dédié à la surveillance des centrales, Nucifer pourrait également révéler l'existence d'un hypothétique quatrième neutrino, invoqué pour expliquer un étrange déficit dans les flux de neutrinos émis par une vingtaine de réacteurs depuis plusieurs décennies.

Transition énergétique : le CNRS en pointe

Pressant enjeu de société, la transition énergétique a été l'objet en 2013 d'un grand débat national. Le CNRS, qui a fait de cette thématique une de ses priorités stratégiques, y a contribué de nombreuses manières.

La quête de modèles permettant de remplacer l'utilisation massive d'énergies fossiles et fissiles par un bouquet énergétique fondé sur les ressources renouvelables investit tous les domaines de la recherche. « L'énergie offre un champ d'investigation fortement pluridisciplinaire qui fait appel aussi bien aux sciences de l'ingénieur, à la chimie, à la physique, aux géosciences et aux sciences biologiques qu'aux sciences humaines et sociales », rappelle ainsi Alain Dollet, directeur adjoint scientifique de l'Institut des sciences de l'ingénierie et des systèmes du CNRS et animateur de la cellule Énergie. Lancé début 2013 par la Mission pour l'interdisciplinarité, le défi Transition énergétique : ressources, société, environnement (ENRS), transverse à tout l'organisme, illustre bien la volonté profonde du CNRS de se positionner à la pointe de la réflexion nationale et internationale sur cette question sociétale majeure qu'est la réorientation de notre système énergétique. Il se démarque d'autres programmes de recherche par sa volonté appuyée d'intégrer en amont le champ des sciences humaines et sociales ainsi que les questions de ressources et d'environnement au sein de sa réflexion. Avec sept projets

fédérateurs et une vingtaine de projets exploratoires déjà soutenus, le défi ENRS – dont les premières restitutions ont eu lieu lors d'un colloque en janvier 2014 – élargit ainsi considérablement le spectre d'intervention du CNRS sur cette thématique essentielle.

Membre de l'ANCRE¹, le CNRS a également participé au rapport de l'alliance sur trois scénarios possibles d'évolution du système énergétique français à l'horizon 2050. Visant le « facteur 4 », c'est-à-dire la division par quatre des émissions de gaz à effet de serre liées à l'énergie par rapport à 1990, ces travaux prospectifs décrivent les trajectoires contrastées, selon les scénarios, de la demande et du mix énergétique, tout en évaluant leurs impacts socio-économiques et environnementaux.

Enfin, à l'occasion des quarante ans du congrès fondateur « Le Soleil au service de l'homme », le CNRS s'est associé à l'Ademe et à l'Unesco pour organiser conjointement, le 3 octobre 2013, une rencontre internationale intitulée : « Les énergies renouvelables au service de l'humanité ». L'événement aura permis aux plus grands experts français et internationaux d'aborder les enjeux de l'énergie aux horizons 2030 et 2050. En attendant le grand projet de loi sur la transition énergétique prévu à l'automne 2014...

¹ Agence nationale de coordination de la recherche pour l'énergie.

STOCKAGE DE L'ÉNERGIE

Combiner une plus grande capacité de stockage et une meilleure vitesse de charge/décharge dans les batteries : c'est la perspective offerte par le matériau d'électrode à base d'oxyde de niobium nanométrique qui vient d'être élaboré en s'appuyant sur un mécanisme appelé pseudo-intercalation. **Mécanisme qui pourrait du coup être exploité pour obtenir des systèmes de stockage de l'énergie de forte puissance.**

Nature Materials
Avril 2013

MOUILLAGE

On ne sait pas encore réaliser des surfaces auto-nettoyantes performantes. Mais désormais, on sait mieux pourquoi. **Des physiciens viennent de montrer que lorsqu'une goutte d'eau se déplace, la ligne de contact formée par le bord de la goutte avec la surface ne se déplace pas en bloc mais en se décrochant successivement d'aspérités adjacentes.**

Physical Review Letters
Janvier 2013

BATTERIES BIO-MINÉRALISÉES

Comment obtenir des matériaux d'électrodes pour batteries lithium-ion par des voies de synthèse peu énergivores ?

En les faisant produire par des bactéries ! Des chimistes ont obtenu des coques d'hématite, matériau qui présente une forte capacité à stocker des charges électriques, en exploitant la capacité de la bactérie *Acidovorax* à cristalliser et à organiser dans sa paroi des grains d'oxyde de fer.

Energy & Environmental Science
Novembre 2013 online



COMMUNICATION

UN DOSSIER MULTIMÉDIA SUR LE NUCLÉAIRE

Sagascience, la collection de dossiers thématiques multimédias en ligne du CNRS, s'est enrichie en 2013 d'un nouvel opus consacré à un état des lieux de l'énergie nucléaire en France. Organisée autour de quatre grands thèmes, cette animation, qui donne au grand public des clés pour mieux comprendre la problématique du nucléaire, a été réalisée en collaboration avec des chercheurs du CNRS. *L'énergie nucléaire, de la recherche fondamentale à la société*, est à retrouver en ligne sur www.cnrs.fr/nucleaire.



Les cellules solaires organiques atteignent des rendements de plus de 10 % aujourd'hui au sein des laboratoires, constituant une alternative crédible aux cellules à base de silicium.

↑ ÉNERGIES RENOUVELABLES

CELLULE SOLAIRE ORGANIQUE : LA VOIE DE LA SIMPLICITÉ

Elles sont simples, faciles à synthétiser et capables de transformer efficacement l'énergie solaire en électricité ! « Elles », ce sont les petites molécules photovoltaïques développées par une équipe de l'Institut des sciences et technologies moléculaires d'Angers (Moltech-Anjou)¹. La démarche des scientifiques, minimaliste, consiste à élaborer les molécules les plus simples possibles afin que le monde industriel puisse les produire facilement, à des coûts raisonnables.

Aujourd'hui, les cellules photovoltaïques les plus répandues sont à base de silicium, un matériau inorganique qui offre des rendements de 20 % mais reste très cher. À la fin des années 1990, des matériaux organiques ont commencé à nourrir l'espoir d'une alternative à moindre coût avec des rendements qui sont passés, au sein des laboratoires, de 1 % à plus de 10 % aujourd'hui. « Mais depuis quelques années, la recherche se focalise exclusivement sur le rendement, souligne Jean Roncali, de Moltech-Anjou. Si bien que pour améliorer les performances, les chimistes mettent au point des molécules organiques de plus en plus compliquées, coûteuses et difficiles à produire en grande quantité ! » À contre-courant de cette tendance, l'équipe d'Angers décide donc de revenir à la simplicité et de ne pas perdre de vue la faisabilité et le coût final de production à l'échelle industrielle. Elle se concentre en particulier sur une famille de molécules à base de triarylaminés, ces derniers étant connus pour leur capacité à transporter efficacement les charges électriques positives. Résultat ? En quelques étapes de synthèse seulement, les chercheurs obtiennent des molécules capables de transformer la lumière solaire en courant électrique avec un rendement de conversion supérieur à 4 %, et la preuve que la simplicité est une voie prometteuse pour le monde du photovoltaïque organique. « Avec encore cinq ou dix ans de recherches dans cette direction, les cellules organiques pourraient émerger, estime Jean Roncali. D'autant que ces matériaux sont moins polluants à produire que le silicium et que leur souplesse permet d'envisager la fabrication de cellules solaires sur du papier ou des textiles par exemple. »

¹ CNRS/Université d'Angers.

PRIX

LE PRIX NOBEL DE CHIMIE 2013 POUR MARTIN KARPLUS

Professeur associé à l'université de Strasbourg et professeur à l'université de Harvard (États-Unis), Martin Karplus a reçu le prix Nobel de chimie 2013, conjointement avec Michael Levitt et Arieh Warshel, pour leurs travaux sur la modélisation des réactions chimiques. Ce chimiste théoricien est directeur du Laboratoire de chimie biophysique à l'Institut de science et d'ingénierie supramoléculaires (CNRS/Université de Strasbourg).



BIOMIMÉTISME

Les hydrogénases, enzymes présentes dans les microorganismes, ont un fort potentiel pour produire de l'hydrogène et stocker les énergies renouvelables sans recourir aux métaux nobles comme le platine. Des chimistes ont mis au point un procédé à la fois simple et original permettant d'activer ces enzymes via le transfert d'un site actif artificiel synthétisé selon une approche biomimétique. Ce qui autorise leur exploitation biotechnologique.

STRATÉGIE

Regroupement d'unités : l'union fait la force

Échange d'informations, mutualisation des compétences, transfert de bonnes pratiques... le regroupement d'unités du CNRS au sein de puissants pôles à visibilité internationale présente de nombreux avantages. À l'image de la Cité lyonnaise de l'environnement et de l'analyse, alias CLEA...

Inaugurée le 6 décembre 2013 en présence de Geneviève Fioraso, ministre de l'Enseignement supérieur et de la Recherche, CLEA réunit sur trois bâtiments l'Institut des sciences analytiques¹ (ISA) et le centre Irstea² de Lyon-Villeurbanne, deux entités spécialisées en sciences analytiques, dans les domaines de la santé et de l'environnement, et en gestion de l'eau. Au total, environ 500 personnes se sont regroupées sur les 21 800 m² de la Cité, constituant un véritable continuum recherche-enseignement-innovation. Une ambition qui a justifié un investissement de 66 millions d'euros de l'État et de la Région Rhône-Alpes et des maîtrises d'ouvrage du CNRS et d'Irstea. Résultat : un centre de recherche unique à dimension européenne, qui s'inscrit dans la volonté affirmée du CNRS de structurer ses unités en pôles compétitifs et attractifs. Analyse des matériaux, qualité et sécurité alimentaire, analyse des effluents industriels, urbains ou agricoles, traçabilité... les sciences analytiques, sources de méthodes,



© CNRS DR7 / Vanessa Cusimano

d'outils et de concepts pour analyser la matière, doivent répondre à des besoins scientifiques et sociétaux toujours plus pointus : on comprend donc tout l'enjeu pour le CNRS de se munir d'un pôle fort. De fait, l'enjeu de ce projet au long cours était pour le CNRS de regrouper sur un même site et au sein d'une seule unité – l'ISA –, trois entités jusqu'alors essaimées dans l'agglomération : le Laboratoire des sciences analytiques, le Centre de résonance magnétique nucléaire à très hauts champs et le Service central d'analyse. L'objectif ? « Gagner en synergies, en visibilité, en cohérence et en dynamique de recherche, répond Dominique Massiot, directeur de l'Institut de chimie (INC) du CNRS. Tout en évitant les excès des superstructures, l'ISA joue un rôle structurant non seulement dans le cadre de la chimie analytique, mais aussi auprès de l'ensemble des acteurs du territoire : le public, les industriels, nos partenaires... » Sans oublier bien sûr les mutualisations induites par un tel regroupement... et la qualité des équipements mis à la disposition des chercheurs. Témoin le spectromètre RMN dont dispose CLEA : rien de moins que le plus puissant du monde !

1 CNRS/Université Claude Bernard Lyon 1/ENS de Lyon.

2 Institut national de recherche en sciences et technologies pour l'environnement et l'agriculture.

INTERNATIONAL

UNE PASSERELLE SCIENTIFIQUE ENTRE LILLE ET SHANGHAI

Basée à Shanghai, l'unité mixte internationale E2P2L (Eco-Efficient Products and Processes Laboratory) entre le CNRS et Solvay a trouvé un partenaire de poids : l'Unité de catalyse et chimie du solide à Lille. Une convention signée en février 2013 favorisera les échanges scientifiques entre les deux villes. Ce qui rassemble ces deux laboratoires, c'est l'éco-innovation, ou comment développer des procédés et matériaux en réduisant considérablement leur empreinte écologique. En un an, une quinzaine de brevets ont déjà été déposés !

IMAGERIE VERTE

Un système d'imagerie qui n'expose pas les personnes à des sources électromagnétiques artificielles : ce rêve est en passe de devenir réalité. Des chercheurs ont imaginé et validé expérimentalement un concept de radar passif qui exploite le bruit électromagnétique d'origine thermique. Nommé THEDAR, il pourrait avoir des applications en médecine mais aussi en télédétection ou en radioastronomie.

Physical Review Letters
Mai 2013

CINÉTIQUE CHIMIQUE ULTRARAPIDE

Action ! Pour la première fois, des physiciens et des chimistes ont filmé en temps réel les étapes successives de la naissance d'une molécule dans un solvant. Une performance réussie grâce à des techniques ultrarapides de rayons X et à un algorithme d'exploitation des mesures, qui n'avait rien d'évident du fait de l'extrême rapidité des mouvements atomiques au cours des réactions chimiques dans des liquides.

Journal of the American Chemical Society
Février 2013

Mondialement connu pour ses recherches dans le domaine de la nano-structuration et de la dynamique des polymères, Ludwik Leibler est lauréat de la médaille de l'innovation du CNRS 2013. Grâce à une réflexion théorique profonde et toujours dans la perspective, dès la conception, d'une exploitation industrielle, il conçoit des matériaux aux propriétés nouvelles. À l'origine de 47 brevets, ce directeur de recherche de classe exceptionnelle au CNRS et professeur associé à l'ESPCI ParisTech concrétise ses idées grâce à d'étroites collaborations avec le monde industriel et des groupes tels qu'Arkema et Total. Avec ses équipes du laboratoire Matière molle et chimie¹, dont il est directeur, il a notamment inventé des caoutchoucs supramoléculaires capables de s'auto-réparer par simple contact après une déchirure complète. Il est également à l'origine de la découverte d'une nouvelle classe de matériaux organiques, les vitrimères, façonnables de manière réversible et à volonté, tout en restant insolubles, légers et résistants. Dernière prouesse en date, la mise au point d'une méthode révolutionnaire pour coller les gels et les tissus biologiques². Ludwik Leibler l'affirme, « derrière la simplicité de ces résultats, il y a une grande maîtrise de la matière... ».

1 CNRS/ESPCI ParisTech.

2 Voir article page 17.

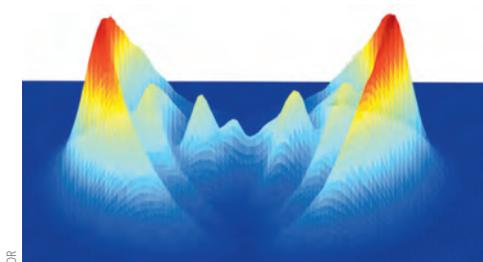
© CNRS Photothèque / Céline Anaya Gaullier



AÉROACOUSTIQUE

Domaine en plein essor, l'aéroacoustique est en manque critique de microphones adaptés aux mesures en hautes fréquences, notamment pour l'étude du bruit des avions (mesure du bruit généré par la turbulence sur les parois et mesure d'ondes de choc). **Manque que des chercheurs ont comblé. En s'appuyant sur la technologie MEMS, ils ont mis au point des prototypes de capteurs capables de mesurer des ondes acoustiques avec une bande passante de 700 kHz, à des niveaux de pression élevés.**

Journal of Micromechanics and Microengineering
Septembre 2013



La fonction d'onde d'un électron d'un atome de lithium mesurée par le microscope de photo-ionisation.

▲ MÉCANIQUE QUANTIQUE

En agrandissant à l'échelle macroscopique la fonction d'onde d'un électron d'un atome de lithium, des physiciens lyonnais en ont obtenu des images directes. **Autrement dit, c'est la première réalisation expérimentale du « microscope de photo-ionisation » proposé... il y a 30 ans!** Ce travail donne accès à l'observation directe du rôle des interactions entre électrons, et entre électrons et noyaux atomiques, qui ont lieu par exemple lors de réactions chimiques.

Physical Review Letters
Mai 2013

← PHYSIQUE DES PARTICULES

La désintégration des mésons Bs en paires de muons est un des plus rares processus de physique mesurables. **Les expériences LHCb et CMS du LHC au Cern ont enfin observé ce mode de désintégration recherché depuis vingt-cinq ans. Résultat : une poignée seulement de mésons Bs sur un milliard se désintègre de cette manière.** Ce résultat concorde remarquablement bien avec le modèle standard, la théorie qui décrit les interactions entre les particules élémentaires de la matière.

L'aimant du LHCb dans lequel a été observée la désintégration des mésons Bs en paires de muons.



© 2008 Peter Ginter

NOYAU

LA DOUBLE MAGIE DU CALCIUM RÉVÉLÉE

Le noyau de l'atome de calcium, dès lors qu'il contient 32 neutrons, est doublement magique. Ce qui en langage profane signifie qu'il est particulièrement stable du fait d'une énergie de liaison importante entre ses constituants, les protons et les neutrons. Obtenue par la collaboration Isoltrap, au Cern, à laquelle participent des chercheurs du CNRS, ce résultat est non conforme à la théorie standard du noyau atomique, le modèle dit en couches. Et contribue à renouveler la vision que les spécialistes ont des interactions entre protons et neutrons au sein du noyau.

De fait, selon le modèle en couches, qui a valu le prix Nobel à Maria Goeppert-Mayer et Hans Jensen en 1963, le noyau de calcium, avec ses 20 protons, est une fois magique : il est plus stable que les noyaux de potassium et de scandium, présentant respectivement 19 et 21 protons. De même, ce modèle indique que le calcium et certains de ses isotopes¹ sont magiques une seconde fois en neutrons. En revanche, il ne prédit rien pour l'isotope à 32 neutrons.

Cependant, des expériences réalisées en 1985 par une équipe de Strasbourg suggéraient que ce dernier noyau, magique en nombre de protons, l'est également en nombre de neutrons : il est plus stable que les noyaux de calcium à 31 ou 33 neutrons. Pour s'en assurer, les chercheurs de la collaboration Isoltrap ont mis au point une nouvelle expérience à la capacité de résolution sans pareil, et surtout très rapide, performance indispensable pour étudier des noyaux au temps de vie de quelques fractions de seconde. Verdict : « Ce noyau présente bien un excès d'énergie de liaison par rapport aux autres isotopes du calcium proches de lui », explique David Lunney, du Centre de sciences nucléaires et de science de la matière (CSNSM), à Orsay, et membre d'Isoltrap. Pour expliquer ce résultat « non standard », des théoriciens participants à la collaboration ont développé un nouveau modèle dans lequel ils prennent en compte des situations où trois protons et/ou neutrons interagissent ensemble, alors que le modèle en couches ne retient que les interactions impliquant des paires de particules. Un pas de plus pour comprendre l'organisation complexe des constituants du noyau atomique et les propriétés de la force nucléaire qui les lie entre eux.

¹ Chacun des différents types d'atomes d'un même élément, différant par leur nombre de neutrons mais ayant le même nombre de protons et d'électrons, et possédant donc les mêmes propriétés chimiques.

Nature
Juin 2013

PHYSIQUE DES PARTICULES

On en sait désormais un peu plus sur le boson de Higgs. Les scientifiques des collaborations Atlas et CMS du LHC au Cern ont récemment mis en évidence sa désintégration en paire de particules « tau ». **Ce résultat confirme la nature particulière de cette nouvelle particule qui se couple proportionnellement à la masse des particules élémentaires.** Il montre de façon directe et pour la première fois que le champ de Higgs est à l'origine des familles de particules élémentaires.

INFORMATION QUANTIQUE

Jusqu'à présent, le traitement parallèle de l'information quantique était limité par la complexité exponentielle des architectures optiques. **Ce ne sera peut-être bientôt plus le cas : des physiciens ont développé une approche où les bits quantiques sont véhiculés par des photons de fréquences différentes présents dans le faisceau d'un laser à impulsions ultracourtes.** Ces bits peuvent ensuite être facilement manipulés en utilisant les techniques éprouvées de l'optique ultra-rapide.

Nature Photonics
Décembre 2013

Un chercheur à l'intérieur du bunker de production des ions radioactifs d'Alto (Accélérateur linéaire et Tandem à Orsay).



© CNRS/Photographie / Cyril Fresillon

ÉQUIPEMENT

INAUGURATION DE L'ACCÉLÉRATEUR ALTO

Première installation au monde utilisant le principe de la photofission pour la production de noyaux exotiques, Alto a été inaugurée à Orsay en mai 2013. Destinée à la recherche fondamentale sur ces noyaux, si instables qu'ils n'existent pas à l'état naturel sur Terre, l'installation produira également des faisceaux pour des études dans les domaines de l'astrophysique nucléaire, de l'électronique spatiale et de la sûreté des centrales nucléaires. La construction d'Alto a été cofinancée par le CNRS, la Région Île-de-France, le département de l'Essonne et le ministère chargé de la Recherche.

LE NOBEL DE PHYSIQUE 2013 MET LE BOSON DE HIGGS À L'HONNEUR

Le prix Nobel de physique 2013 a été attribué à François Englert et Peter W. Higgs pour leur découverte théorique d'un mécanisme qui contribue à la compréhension de l'origine de la masse des particules élémentaires. L'existence de la particule associée à ce mécanisme, le boson de Higgs, a été confirmée en juillet 2012 par les expériences ATLAS et CMS du Grand collisionneur de hadrons (LHC) au Cern. À travers ce prix, c'est donc également la communauté des physiciens expérimentateurs qui est récompensée pour avoir œuvré sans relâche à valider cette hypothèse. Dont, en France, des centaines de chercheurs du CNRS et du CEA.

NANOÉLECTRONIQUE

Domaine en plein boom actuellement, l'étude de la transmission du courant électrique par des nanofils vient de connaître un progrès important. **Des chimistes et des physiciens ont pour la première fois sondé des anneaux de nanofils dans lesquels les électrons se comportent comme des ondes délocalisées le long des anneaux.** Les analyses effectuées montrent que ces anneaux agissent comme des résonateurs quantiques.

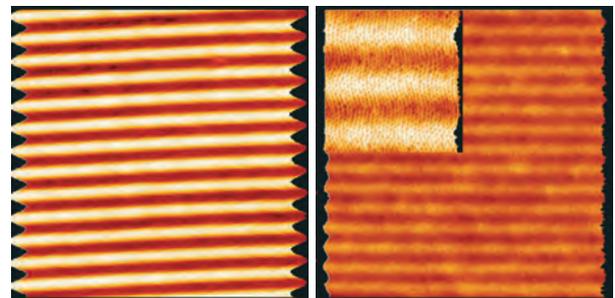
Physical Review Letters
Janvier 2013

MÉCANIQUE QUANTIQUE

AUX LIMITES PHYSIQUES DE LA CHALEUR

Dans l'univers microscopique, nul phénomène n'échappe aux lois quantiques. Pas même la diffusion de la chaleur, comme viennent de le démontrer des chercheurs du Laboratoire de photonique et de nanostructures (LPN)¹, à Marcoussis. Précisément, les physiciens se sont intéressés à des circuits électriques nanométriques refroidis à quelques millièmes de degré du zéro absolu. Dans ces conditions, les électrons manifestent leur double nature corpusculaire et ondulatoire. Et leur propagation, assimilable à une vibration, prend la forme de « canaux quantiques » en nombre limité, de même qu'une corde de guitare ne peut vibrer qu'à certaines fréquences bien définies. Or, selon la théorie quantique, chaque canal présente un débit maximal, que ce soit pour le courant électrique ou le transport de chaleur. « Ce sont des limites universelles qui, dans le cas de la chaleur, ne dépendent même pas des particules considérées », précise Frédéric Pierre, du LPN. Si cette limitation a été bien étudiée dans le cas du courant électrique, elle n'avait jamais été observée pour la chaleur transportée par un canal de conduction électronique unique. Ce à quoi sont parvenus les expérimentateurs du LPN avec leur nanocircuit. Cette prouesse est en partie due à une instrumentation de mesure unique au monde et entièrement développée au laboratoire. « Notre expérience ouvre de nombreuses perspectives pour manipuler la chaleur à un niveau quantique », s'enthousiasme le physicien. Ainsi, les chercheurs du LPN envisagent désormais d'étendre leurs investigations au cas d'étranges particules appelées anyons qui, intermédiaires entre électrons et grains de lumière, se manifestent lorsque l'on contraint des électrons à se déplacer dans deux dimensions. De même, ils prévoient d'étudier comment le fait qu'un électron puisse parcourir plusieurs trajectoires simultanément, c'est-à-dire le phénomène de non localité quantique, modifie le transport de la chaleur. De quoi mettre en évidence les conséquences de l'étrange mécanique sur un phénomène d'apparence familière. Et repousser un peu plus loin notre compréhension de l'infiniment petit.

1 CNRS.



La création d'un relief périodique dans une couche de polymères sous l'effet de la lumière permet de former un réseau de guidage.

Il est alors possible de contrôler l'apparition de défauts de structure lors de l'auto-assemblage des motifs périodiques.

© Georges Hadziioannou

▲ ÉLECTRONIQUE ORGANIQUE

Les industriels de la microélectronique sont très demandeurs de films minces composés de motifs périodiques nanométriques. Mais leur fabrication sans défaut à grande échelle est particulièrement complexe. Des chimistes ont proposé une méthodologie simple basée sur des molécules photosensibles. **Sous l'effet d'un laser, elles vont guider l'assemblage de polymères composés d'au moins deux motifs moléculaires différents.**

Advanced Materials
Janvier 2013

PHYSIQUE QUANTIQUE

Il est difficile de contrôler l'état d'un ensemble d'atomes car, comme le veut la physique quantique, la mesure effectuée perturbe le système observé. **Des chercheurs ont mis au point une méthode de « rétroaction active » qui leur a permis de mesurer l'état moyen d'un ensemble d'atomes froids piégés... tout en le protégeant des perturbations externes.** Intégrée au sein de senseurs à base d'interféromètres atomiques, cette technique permettrait d'augmenter la sensibilité des horloges atomiques.

Physical Review Letters
Mai 2013



© CNRS-Photométrie

Comme ici pour le buste de Paul I^{er} de Russie, les restitutions 3D sont désormais courantes en sciences humaines et sociales, une discipline de plus en plus gourmande en données.

STRATÉGIE

Le tournant numérique des sciences humaines et sociales

En sciences humaines et sociales, les politiques numériques s'élaborent désormais au niveau européen. La France joue un rôle majeur dans cet effort de structuration, un succès auquel le CNRS a largement contribué.

Traitement automatisé de corpus, reconstitutions 3D, systèmes d'information géographique, numérisation... archéologues, historiens, anthropologues, littéraires, linguistes ou encore historiens des sciences se sont saisis de ces technologies, qui participent au renouvellement de leurs problématiques de recherche. En retour, ces « humanités numériques » ont profondément modifié le fonctionnement de l'information scientifique et technique en sciences humaines et sociales (SHS). Une question dont le CNRS a su se saisir, multipliant depuis dix ans initiatives et créations d'outils pour faciliter le tournant numérique de la recherche en SHS. Cet engagement a culminé en 2013 avec le lancement d'une Très grande infrastructure de recherche (TGIR) dont c'est la vocation : Huma-Num¹. Née de la fusion du Très grand équipement Adonis et de l'infrastructure de recherche Corpus, cette TGIR se propose de mettre en œuvre un dispositif technologique unique permettant le traitement, la conservation, l'accès et l'interopérabilité des données de la recherche.

Signe de son importance dans le paysage de l'IST, Huma-Num s'est vu confier la coordination de la participation française à Dariah (*Digital Research Infrastructure for the Arts and Humanities*), un consortium européen qui ambitionne de mutualiser les infrastructures nationales des pays participants. Objectif ? Offrir des services allant de la collecte des données à leur archivage en passant par leur diffusion et leur traitement.

« L'enjeu est d'envergure, indique Bertrand Jouve, directeur adjoint scientifique de l'Institut des sciences humaines et sociales (INSHS) du CNRS, en charge des IR et TGIR. Car les normes d'interopérabilité qui en découleront participeront à structurer la recherche mondiale. »

Copilote du projet avec l'Allemagne et les Pays-Bas, la France occupe une place prépondérante dans cette initiative européenne, lancée pour vingt ans et dotée d'un budget annuel de 4 millions d'euros. En septembre 2013, Dariah a distingué six réalisations majeures du CNRS et de ses partenaires de l'enseignement supérieur, recommandant leur utilisation à l'échelle européenne. Outre Isidore, la plateforme d'accès unifié aux données numériques de la recherche en SHS d'Huma-Num, et HAL, l'archive ouverte du Centre pour la communication scientifique directe du CNRS (CCSD), le consortium a plébiscité les quatre plateformes destinées à la libre diffusion des revues, livres, carnets de recherche et annonces d'événements scientifiques du portail OpenEdition, développé par le Centre pour l'édition électronique ouverte² (Cléo). Et consacré ainsi plus de dix ans d'efforts.

1 CNRS/Aix-Marseille Université/Campus Condorcet.

2 CNRS/Aix-Marseille Université/EHESS/Université d'Avignon.



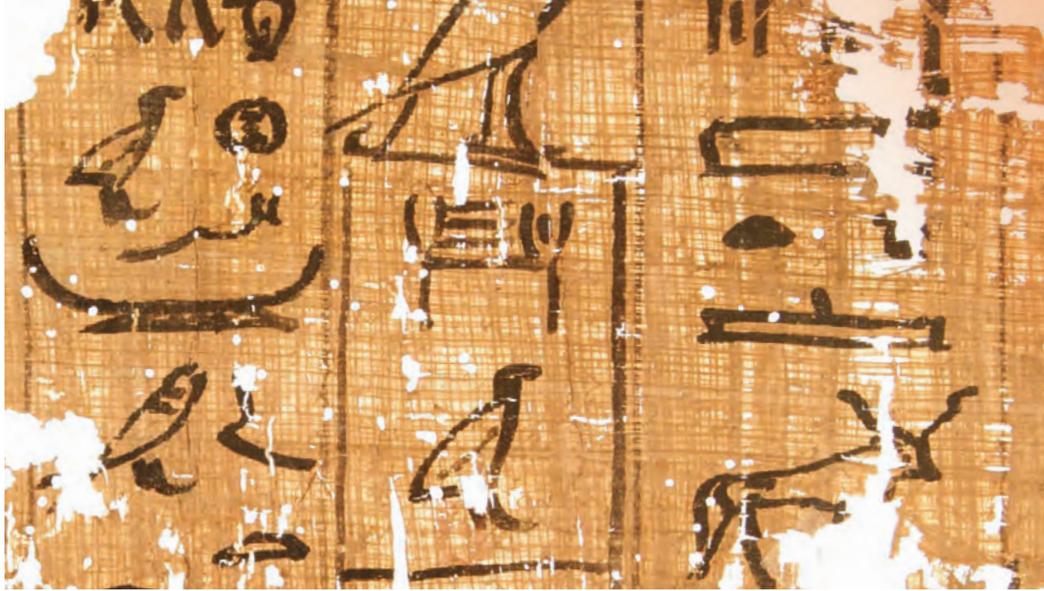
Cette modélisation 3D de la villa gallo-romaine de Plassac en Gironde alimente une borne multimédia installée dans le musée de la villa.

© CNRS-Photométrie/Archévision

ÉVÈNEMENT

PREMIER SALON DE L'INNOVATION EN SCIENCES HUMAINES ET SOCIALES

Expertise auprès d'entreprises, création de produits multimédias ou de logiciels d'aide à la décision... les sciences humaines et sociales (SHS) participent de manière massive au transfert d'innovations vers la société, mais leurs apports sont souvent méconnus. Pour y remédier, le CNRS a organisé en 2013, en partenariat avec l'alliance Athena, le premier salon de la valorisation en SHS. Les stands, ateliers et tables rondes d'*Innovatives SHS* ont permis de mettre en lumière les réalisations des chercheurs aux yeux d'un public de décideurs.



© Gaël Pollin / IFAO

Ce papyrus comptable daté de la dernière année du règne de Khéops est à ce jour le plus ancien papyrus inscrit connu.

↑ ÉGYPTOLOGIE

DES PAPYRUS VIEUX DE 4 600 ANS DÉCOUVERTS À OUADI EL-JARF

Ils avaient démarré en 2011 les fouilles de ce site archéologique égyptien situé sur la côte du Sinaï. Au printemps 2013, Pierre Tallet et son équipe du laboratoire Orient et Méditerranée¹ ont découvert des trésors dans le port de Ouadi el-Jarf : les papyrus les plus anciens connus à ce jour et 99 ancres de bateaux de l’Ancien Empire. Vieux de 4 600 ans, ces vestiges attendaient là, sur le rivage de la mer Rouge, au cœur d’un site qui s’impose désormais comme le plus vieux port de mer construit du monde. Il était utilisé sous le règne de Khéops, au début de la IV^e dynastie (vers 2 600 ans avant J.-C.), pour aller chercher dans le Sinaï des matériaux comme le cuivre et la turquoise utilisés pour l’édification des pyramides. « Ouadi el-Jarf était un port de grande envergure, comprenant divers types de constructions réparties sur cinq kilomètres. Notamment un système de galeries “magasins” creusées dans la montagne, à quelques kilomètres du littoral, vraisemblablement destinées à entreposer du matériel », précise Pierre Tallet. Si les archéologues s’attendaient à y trouver des fragments de bateaux et des informations sur le fonctionnement du port, ils étaient loin d’imaginer qu’ils allaient mettre la main sur 300 à 400 fragments de papyrus ! « On trouve sur ces documents la mention du 13^e recensement du pharaon, qui correspond à sa 27^e et dernière année de règne, détaille Pierre Tallet. C’est une vraie chance, car les dates sont rares pour l’Ancien Empire. »

La découverte est inestimable : ces papyrus sont antérieurs d’au moins un siècle aux premiers documents comparables connus. Ils contiennent une comptabilité de l’approvisionnement des équipes qui travaillaient dans le port, ainsi qu’une belle surprise : le journal de bord d’un fonctionnaire de l’administration égyptienne du nom de Merer. L’homme y relate notamment les voyages effectués dans les carrières de calcaire de Tourah, afin d’aller chercher des pierres qu’il rapporte à Gizeh. Pour les chercheurs, aucun doute possible : ce chef d’équipe travaillait sur le chantier de la pyramide de Khéops, et le port de Ouadi el-Jarf constituait la base arrière du chantier des pyramides, auquel toute l’activité du pays et la navigation sur la mer Rouge étaient subordonnées.

¹ Orient et Méditerranée, textes – archéologie – histoire (Université Paris Sorbonne/ Université Paris 1/CNRS/EPHE/Collège de France/Musée du Louvre).

LINGUISTIQUE

LA GRAMMAIRE AU BERCEAU

Mari a 8 mois. Son père est japonais, sa mère anglaise. Et, déjà, la petite fille sait parfaitement faire la différence entre ces deux langues. Comme l’ont mis en évidence des scientifiques du Laboratoire psychologie de la perception (LPP)¹ et de l’université de British Columbia, les bébés bilingues ont une stratégie toute particulière pour distinguer leurs langues maternelles : ils s’appuient sur la mélodie des phrases. « Pour faire cette distinction, les bébés bilingues utilisent la position des mots et leur accentuation, qui sont intimement liées à la structure grammaticale de la langue. Et ce, bien avant de prononcer leurs premiers mots ! » indique Judit Gervain, du LPP. Dès leur plus jeune âge, les bébés intègrent en effet de nombreuses subtilités du langage. Ils savent, par exemple, reconnaître deux catégories de mots grâce à leur fréquence d’utilisation : les mots de fonctions (article, pronom, préposition, etc.), très fréquents, et les mots de contenus (nom, verbe, adjectif, etc.), moins fréquents. Or, les langues comme le français ou l’anglais utilisent les mots de contenus, plus longs et plus accentués, en position finale. Tandis que les langues comme le japonais, l’hindi ou le turc, à l’inverse, les utilisent en position initiale. Les chercheurs se sont alors demandés si les bébés bilingues étaient capables de distinguer ces variations d’organisation. « Nous avons soumis une cinquantaine de bébés bilingues âgés de 8 mois à une langue artificielle composée de syllabes plus ou moins longues et accentuées, puis nous avons joué sur l’ordre des mots, autrement dit sur la grammaire de cette langue », explique Judit Gervain. Résultat de l’étude : en plus de la fréquence des mots, les bébés bilingues utiliseraient l’ordre et l’intensité des mots pour reconnaître et apprendre différentes langues. « Contrairement à ce que certaines théories avancent, l’acquisition de la grammaire se ferait en parallèle et en interaction avec l’apprentissage des sons et des mots, et non dans un second temps, résume la chercheuse. Ces résultats montrent, par ailleurs, que l’apprentissage de la grammaire dans un milieu bilingue ne pose aucun problème aux enfants. »

¹ Université Paris Descartes/CNRS.



© Photothèque CC/Philippe GROSCLAUX

ARCHÉOLOGIE EXPÉRIMENTALE

9 décembre 2013 : le bateau Gyptis prend la mer à Marseille. Réplique fidèle d'une épave grecque du VI^e siècle avant J.-C. découverte en 1993 à Marseille, cette barque côtière est entièrement assemblée par ligatures, selon les procédés et les techniques de construction propres aux « bateaux cousus » en usage à l'époque. *C'est l'aboutissement d'un projet d'archéologie expérimentale unique en France, réalisé en collaboration avec des charpentiers de marine.*



© Paul Verdu

GÉNÉTIQUE DES POPULATIONS

Les comportements socioculturels influencent la diversité génétique des populations humaines. Comment ? *Des généticiens ont couplé outils statistiques sur la transmission des gènes et approche ethnographique pour reconstruire, pour la première fois, l'histoire démographique des hommes et des femmes chez des populations pygmées et non-pygmées voisines d'Afrique Centrale.* Ils ont ainsi montré l'influence de modes de vie et de règles de mariages variés.

Molecular Biology and Evolution
Avril 2013



© S. Rostain, 2013

VESTIGES PRÉCOLOMBIENS

La vallée du Pastaza, en Haute Amazonie équatorienne, constituait à l'époque précolombienne une aire charnière d'échanges entre la cordillère et les basses terres amazoniennes. *En témoigne la découverte, sur le site archéologique de Pambay daté de 3 000 ans, des vestiges de la plus ancienne maison amérindienne d'Amazonie, qui s'avère être un modèle d'habitat très comparable à celui des populations actuelles de la région!*

3^e congrès international de l'archéologie amazonienne, du 8 au 15 septembre 2013, Quito (Équateur)



MANUSCRITS MÉDIÉVAUX

Plus de 5 000 manuscrits et incunables du Moyen Âge et de la Renaissance numérisés intégralement et 11 000 reproduits partiellement pour leurs éléments de décor... ces richesses des bibliothèques publiques de France (hormis la BnF) sont désormais accessibles à tous. *La Bibliothèque virtuelle des manuscrits médiévaux*¹, élaborée dans un but de recherche et de sauvegarde du patrimoine écrit, a été mise en ligne sur Internet en avril 2013.

1 <http://bvmm.irht.cnrs.fr/>

ÉGYPTOLOGIE

Exceptionnelle moisson sur le site d'Ermant, dans la région de Thèbes en Haute Égypte : *des archéologues ont mis au jour un fragment de paroi provenant d'un temple du Moyen Empire (2 000 ans avant J.-C.), cinq têtes de pharaons du Nouvel Empire, mais surtout deux statues de dignitaires égyptiens, exceptionnelles et atypiques par leur état de conservation, leurs textes hiéroglyphiques et leur iconographie.*

1. Le Gyptis débute ses premiers essais en mer dans la rade de Marseille.
2. Les cinq têtes royales en cours de dégagement.
3. Une hutte chez les Pygmées N'Sua de l'ouest de l'Ouganda.
4. Cette fouille par décapage de grande surface a révélé la maison d'époque Formative à Pambay.
5. Ce manuscrit de la Bibliothèque municipale de Soissons est l'unique exemplaire conservé des œuvres d'Eustache de Lens (XIII^e siècle).

Cap sur les mystères de l'Univers

Le CNRS construit sa politique scientifique en astrophysique autour de la résolution de deux énigmes fondamentales : la quête des origines et la caractérisation de la matière et de l'énergie noires.

Cette politique se traduit concrètement par l'attribution de financements et de ressources humaines aux grands projets internationaux qui sondent l'Univers. Mais aussi par un leadership scientifique dans le développement des instruments ou encore par une stratégie de mutualisation de ses compétences et de ses bases de données.

À la recherche des origines de l'Univers et de la vie

Le 21 mars 2013, la mission Planck dévoilait l'image la plus fine jamais réalisée du fond diffus cosmologique, dressant un tableau inestimable des premiers instants de l'Univers. Une réussite due en grande partie à son instrument haute fréquence HFI, réalisé sous la responsabilité scientifique d'un chercheur du CNRS. Et qui place la France, principale contributrice en termes de chercheurs et d'ingénieurs à la collaboration Planck, au premier rang des cartographes du cosmos en 2013. Ce résultat majeur, Denis Mourard, directeur adjoint scientifique de l'Institut national des sciences de l'Univers (INSU), en attribue aussi le mérite à une démarche résolument interdisciplinaire : « Parce que la quête des origines de l'Univers conduit immédiatement à la question de la répartition de la matière et des particules aux premiers instants du Big Bang, l'apport des chercheurs de l'INSU, de l'IN2P3 et de l'INP a été fondamental dans l'obtention et l'interprétation des données de Planck. »

Fort de son expertise, le CNRS – en étroite collaboration avec l'Agence spatiale européenne (ESA) et le Centre national d'études spatiales (CNES) – a également joué un rôle majeur dans le développement de Gaia. Ce satellite a pris son envol le 19 décembre 2013 pour une mission d'astrométrie de cinq ans qui permettra in fine d'approfondir les connaissances sur les stades primordiaux de la Voie lactée. Principal contributeur en moyens humains pour la mise en place de l'architecture matérielle et logicielle du satellite, le CNRS confortera ce leadership lors de l'exploitation future des données. Enfin en planétologie, Curiosity, le rover de la Nasa, a apporté courant 2013 la preuve que la planète rouge a présenté des conditions permettant l'émergence de la vie. Le CNRS a largement pris part, en partenariat avec le CNES, au développement de deux instruments qui équipent le rover, ChemCam et SAM, dont des laboratoires CNRS assurent la responsabilité scientifique. Scientifiques et ingénieurs du CNRS participent également à l'analyse des données

et au pilotage de ces instruments depuis le Fimoc, un centre de contrôle de la mission basé au CNES à Toulouse. Pour Denis Mourard, coordonnateur d'Astronet, le consortium d'instituts européens piloté par le CNRS qui établit la feuille de route de l'astronomie européenne, « l'excellence de ces trois projets d'envergure traduit la forte volonté du consortium de consolider la place de l'Europe dans ce domaine ». Pari gagné.

En quête de la matière et de l'énergie noires

Si l'expansion de l'Univers prévue par la théorie du Big Bang est bien confirmée par l'observation des galaxies, cette expansion est en accélération, alors que l'on supposait jusqu'à la fin des années 1990 un ralentissement. Une mystérieuse composante de l'Univers appelée énergie noire, qui représenterait 71 % du contenu de l'Univers, serait en cause, et sa caractérisation pourrait ouvrir les portes d'une nouvelle physique au-delà du modèle standard.

Pour comprendre la nature de cette énergie noire, deux programmes de cosmologie majeurs ont été lancés, auxquels le CNRS apporte une contribution déterminante. Lancée à l'initiative de la France – à travers le CNES, le CNRS et le CEA –, la mission Euclid de l'Agence spatiale européenne a pour objet l'étude de l'expansion de l'Univers et de l'énergie noire. Avec 27 % du budget du consortium, la France tient le premier rang dans ce projet européen d'envergure. Dirigé par un chercheur de l'Institut d'astrophysique de Paris1, le consortium de 120 laboratoires européens – dont dix du CNRS – en charge de la fourniture des instruments et du système de traitement des données est le plus important jamais rassemblé autour d'une mission spatiale en Europe.

L'organisme a également acté en 2013 sa participation au Large Synoptic Survey Telescope (LSST), un télescope grand champ installé au Chili qui effectuera un relevé complet du ciel en six couleurs. Avec huit laboratoires du CNRS mobilisés pour développer des éléments-clé de la caméra du LSST, d'une résolution de 3,2 milliards de pixels, et participer aux groupes de travail sur la calibration atmosphérique, « la France est un partenaire essentiel de la LSST Corporation, un consortium par ailleurs très largement américain », souligne Gabriel Chardin, directeur adjoint scientifique de l'Institut national de physique nucléaire et de physique des particules (IN2P3). Prévu pour 2020, les premières observations photométriques du télescope devraient contribuer à révolutionner les connaissances sur la matière et l'énergie noires.

1 CNRS/UPMC.

COSMOLOGIE →

LA PRIME JEUNESSE DE L'UNIVERS RÉVÉLÉE

Quelles étaient les caractéristiques de l'Univers aux balbutiements de son existence ? En permettant d'établir une carte du fond diffus cosmologique d'une extrême précision, la mission Planck de l'Agence spatiale européenne apporte des éléments de réponse inédits à cette question fondamentale. « Cette image de la lumière de l'Univers émise 380 000 ans à peine après le Big Bang nous apporte de nouveaux éléments sur la composition et l'agencement de l'Univers à cette époque », résume François Bouchet, cosmologiste à l'Institut d'astrophysique de Paris et coresponsable de l'analyse scientifique des données de la mission Planck. L'obtention de cette image à très haute résolution de notre Univers primordial repose en grande partie sur l'analyse des quinze premiers mois de mesure de l'instrument haute fréquence (HFI)¹ qui équipe l'observatoire spatial lancé en 2009. « La difficulté de ce travail d'analyse a consisté à isoler le faible signal du rayonnement cosmologique émis par l'Univers primordial de toutes les sources de rayonnements parasites, provenant aussi bien du satellite que de la Voie lactée et d'autres galaxies qui nous entourent », souligne François Bouchet. Cette tâche d'ampleur considérable a mobilisé pendant quatre ans une équipe internationale de 450 chercheurs, parmi lesquels de nombreux scientifiques français. L'étude des données collectées par Planck a notamment permis d'affiner l'estimation de l'âge et du taux d'expansion de l'Univers. La carte du ciel établie par l'observatoire spatial a surtout permis de caractériser très finement les régions de densités légèrement différentes qui portent en elles les germes des étoiles et des galaxies actuelles. Ce qui a permis de mieux cerner quels mécanismes microscopiques ont pu les engendrer. Enfin, si l'analyse des données collectées par Planck durant ses quinze premiers mois d'observation confirme avec une précision inégalée le modèle cosmologique standard, elle fait également apparaître certaines caractéristiques énigmatiques de l'Univers primordial qui suggèrent de nouvelles avancées théoriques pour les expliquer et requièrent l'achèvement des analyses pour les confirmer.

1 Le consortium HFI, coordonné par Jean-Loup Puget de l'Institut d'astrophysique spatiale (IAS, CNRS/Université Paris-Sud) et François R. Bouchet de l'Institut d'astrophysique de Paris (IAP, CNRS/UPMC) mobilise quatre-vingts chercheurs de dix laboratoires du CNRS, du CEA et d'universités.

ArXiv
Mars 2013

MATIÈRE NOIRE

En s'appuyant sur l'analyse de 25 milliards de particules détectées durant 18 mois, l'expérience AMS révèle avec une précision sans précédent l'existence d'un excès d'antimatière d'origine inconnue dans le flux des rayons cosmiques qui bombardent notre planète. **Cet excès est-il la signature de l'existence de particules de matière noire, comme le prédisent les théories de supersymétrie ? Affaire à suivre, avec des analyses complémentaires...**

ASTROPARTICULES

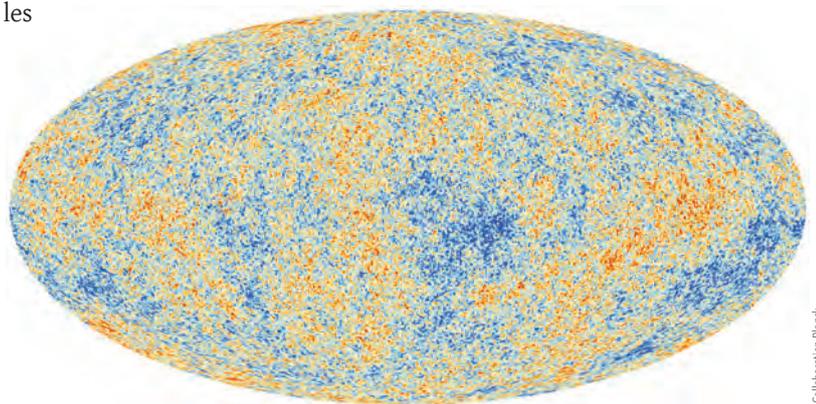
Depuis sa formation, l'Univers baigne dans un véritable « océan » de photons appelé lumière extragalactique diffuse, dont des astrophysiciens viennent de déterminer l'intensité avec une précision de l'ordre de 20 %. **Pour cela, ils ont évalué, avec l'expérience HESS, l'effet de l'interaction entre la lumière extragalactique diffuse et les rayons gamma très énergétiques émis par des galaxies lointaines appelées blazars. Donnant des clés pour comprendre la formation des premières étoiles.**

Astronomy & Astrophysics
Février 2013

COSMOLOGIE

Les théories de formation des galaxies prévoient que celles-ci grandissent par accumulation de matière noire provenant de galaxies naines agrégées de manière aléatoire. **Une découverte vient battre en brèche ces théories : la plupart des nombreuses galaxies naines qui entourent la galaxie d'Andromède, que l'on imaginait indépendantes les unes des autres, sont en fait organisées en une structure aplatie de plus d'un million d'années-lumière de long, en rotation sur elle-même.**

Nature
Janvier 2013



© ESA - Collaboration Planck

PRIX

JEAN-FRANÇOIS CARDOSO, LAURÉAT DU PRIX PAUL DOISTAU-ÉMILE BLUTET

Le prix Paul Doistau-Émile Bluetet en sciences de l'Univers, décerné par l'Académie des sciences, a distingué en 2013 Jean-François Cardoso pour sa contribution à la mission Planck. Afin de séparer des données de Planck le rayonnement fossile, ce chercheur CNRS a développé une méthode originale d'analyse en composantes indépendantes, une branche du traitement du signal sur laquelle il travaille depuis une dizaine d'années au Laboratoire traitement et communication de l'information¹. À la clé, une carte plein-ciel de l'Univers âgé de 380 000 ans qui a fait la Une des quotidiens du monde entier.

1 LTCI, Télécom ParisTech/CNRS.

↑ Carte dressée par Planck du rayonnement cosmologique sur tout le ciel.

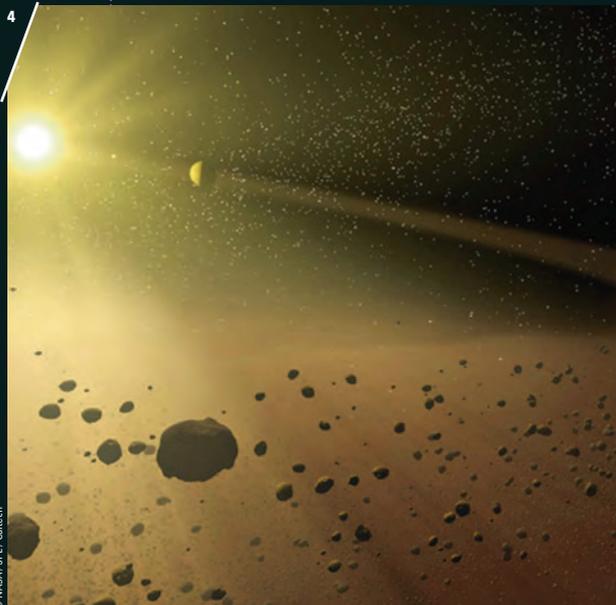


© NASA/JPL/Caltech/MSSS

PLANÉTOLOGIE

Après son atterrissage sur Mars en 2012, le rover Curiosity de la NASA s'est dirigé vers Yellowknife Bay, une dépression qui semble avoir hébergé jadis des dépôts fluvio-lacustres. Les chercheurs de la mission ont étudié en détail les échantillons prélevés dans cette zone. **Les analyses révèlent un environnement martien ancien distinct de l'environnement actuel, et leur permettent de conclure que Mars dans le passé, comme la Terre, a été habitable.**

Science
Décembre 2013



© NASA/JPL/Caltech

EXOPLANÉTOLOGIE

La lumière zodiacale, lueur observée depuis la Terre au soleil couchant, résulte de la diffusion de la lumière solaire par des nuages de poussières chaudes. Ce phénomène est-il universel ? **Oui: l'étude par interférométrie proche-infrarouge d'une quarantaine d'étoiles sur huit ans montre que 20 % des étoiles similaires au Soleil possèdent de telles poussières.** Un résultat à prendre en compte pour la détection d'exoterrés dans la zone habitable autour de ces étoiles.

Astronomy & Astrophysics
Juillet 2013

2



© ESO/NASA/JPL-Caltech/M. Kornmesser/R. Hurt

GALAXIE

En X ou comme une cacahuète dans sa coque : voilà la forme, inhabituelle, du bulbe central de la Voie lactée observé depuis le système solaire, d'après deux groupes d'astronomes. Ils ont dressé la meilleure carte tridimensionnelle à ce jour des régions centrales de notre galaxie, en combinant les catalogues d'étoiles et les mesures des vitesses, obtenus par les télescopes VISTA et VLT de l'ESO, de centaines d'étoiles très peu brillantes situées dans ces régions.

Astronomy & Astrophysics
Septembre 2013

3



© ESA

ASTROMÉTRIE

C'est parti! Le satellite européen Gaia, qui s'est envolé en décembre 2013, s'apprête à cartographier, pour la première fois en 3D, un milliard d'étoiles de la Voie lactée. De quoi faire franchir un pas de géant à la connaissance de notre galaxie. Avec une centaine de chercheurs et d'ingénieurs issus d'observatoires et de laboratoires CNRS, la France est de loin le pays le plus impliqué dans ce projet phare en astronomie.

5



© NASA, ESA, and M. Livio and the Hubble 20th Anniversary Team (STScI)

CHIMIE INTERSTELLAIRE

Bien que très abondante dans le milieu interstellaire, la molécule d'eau était réputée avoir peu d'influence sur l'évolution chimique de cet environnement. **Erreur! Des chimistes ont montré que la molécule d'eau réagit rapidement à basse température avec un autre composé important du milieu interstellaire, le radical méthylidyne (CH).** Ce mécanisme devra être introduit dans les modèles astrochimiques portant sur la formation des protoétoiles.

Journal of Physical Chemistry Letters
Septembre 2013

1. Le rover Curiosity de la Nasa explore Mars depuis son atterrissage en août 2012 sur la planète rouge.
2. Observée depuis le système solaire, la Voie lactée ressemblerait à cette vue d'artiste.
3. Vue d'artiste de Gaia.
4. Vue d'artiste représentant une ceinture de poussière, proche de la zone habitable d'une étoile.
5. Ce cliché infrarouge montre les jets de gaz et de poussière qui se forment lorsque la matière éjectée par les étoiles naissantes entre en collision avec les nuages de gaz et de poussières environnants.

CAMPAGNE DE MESURES

LE VOYAGE DES PARTICULES CONTAMINÉES APRÈS FUKUSHIMA

Étudier finement la dispersion des particules radioactives durant les mois et les années suivant l'accident de Fukushima : c'est l'objet du programme TOFU lancé six mois après l'accident nucléaire du 11 mars 2011 au Japon. « Les premiers jours suivant l'accident, les vents soufflaient vers le Pacifique et ont évacué le nuage radioactif vers l'océan. Le 15 mars, ils ont tourné vers le nord-ouest et la région montagneuse située à plusieurs dizaines de kilomètres de Fukushima. La pluie a plaqué les substances radioactives au sol et celles-ci se sont liées aux fines particules de terre », décrit Olivier Evrard, du Laboratoire des sciences du climat et de l'environnement, partie prenante de TOFU avec l'université de Tsukuba au Japon. Entre les typhons, typiques des étés japonais, et la fonte des neiges au printemps, l'érosion des sols est forte en montagne et les chercheurs s'attendaient à retrouver des particules radioactives dans les rivières à plus ou moins longue échéance. Les résultats des cinq campagnes de mesures menées depuis 2011 confirment cette hypothèse, tout en réservant une vraie surprise aux scientifiques : la vitesse à laquelle le transfert s'est effectué. « En vingt mois, une baisse des niveaux de radioactivité en altitude et une redistribution progressive de la contamination vers les zones aval ont été constatées », précise le chercheur. Après les typhons de 2011, une diminution générale des niveaux de contamination a été mesurée en 2012. La campagne de mai 2013 a confirmé cette baisse des niveaux de contamination dans les rivières, plus rapide qu'attendu. Celle-ci peut s'expliquer par l'occurrence de typhons moins violents en 2012 qu'en 2011. Couvrant une zone d'environ 3 000 km², cette étude appelée à se poursuivre jusqu'en 2019 est la première à réaliser un état des lieux complet, dans le temps et dans l'espace, de l'évolution de la dispersion de polluants radioactifs. « Elle fournit des informations précieuses pour les autorités de la préfecture de Fukushima, et permet aussi aux chercheurs d'affiner les modèles théoriques de dispersion des particules radioactives », rappelle Olivier Evrard.

1 LSCE/IPSL, CEA/CNRS/UVSQ.

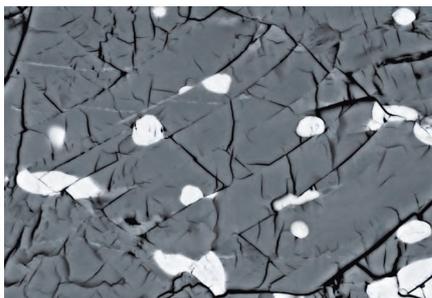
Anthropocene
Août 2013

Scientific Reports
Octobre 2013

MÉTÉOROLOGIE

Les épisodes de pluies intenses, qui provoquent régulièrement d'importants dégâts dans le sud-est de la France, sont difficiles à prévoir avec précision et fiabilité. **Difficulté en partie levée : des chercheurs viennent de quantifier, dans le cas où la vitesse du vent est faible, l'importance relative pour la qualité des prévisions de deux processus, la turbulence atmosphérique et la micro-physique des hydrométéores (pluie, neige et grésil).**

Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society
Novembre 2013



La propagation de ces fractures remplies d'olivine en phase de haute pression émet des ondes ultrasoniques similaires à celles des séismes profonds.

© A. Schubnel et al. 2013

↑ SISMOLOGIE

La cause des séismes profonds a peut-être enfin été démontrée. **En utilisant des technologies de pointe, des chercheurs français et américains ont reproduit expérimentalement, dans des conditions extrêmes de température et de pression, le mécanisme physique auquel on les impute selon l'hypothèse communément admise, à savoir les transformations de phases du principal minéral constituant le manteau terrestre, l'olivine.**

Science
Septembre 2013

Rassemblement de compétences et de haute technologie analytique dans le maquis, au super-site ChArMEx sur les hauteurs du Cap Corse.



© Françoise Dulac, LSCE/IPSL

PROGRAMME

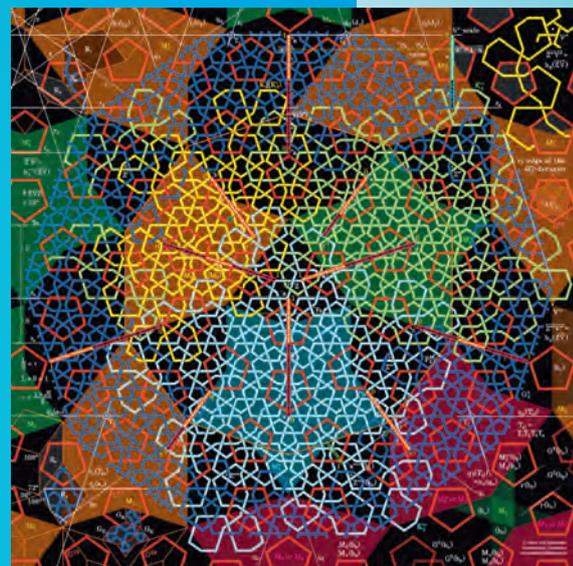
TRAQUE EXCEPTIONNELLE DE LA POLLUTION ATMOSPHÉRIQUE EN MÉDITERRANÉE

Établir l'état des lieux le plus complet de la pollution atmosphérique en Méditerranée : tel est l'objet de la campagne de mesures coordonnée entre le 10 juin et le 10 août 2013 par le CNRS et le CEA dans le cadre de ChArMEX (Chemistry-Aerosol Mediterranean Experiment), un projet international faisant partie du méta-programme MISTRALS. Les résultats contribueront à améliorer notre compréhension des interactions entre pollution atmosphérique et climat.

De la modélisation des avalanches à celle des épidémies, les mathématiques sont partout. Révéler cette « présence cachée » a constitué l'objectif de nombreuses opérations organisées en 2013 dans le cadre de l'Année des mathématiques de la planète Terre parrainée par l'Unesco. En partenariat avec de nombreux instituts et le consortium Cap'Maths, le CNRS a largement participé à l'élaboration d'Un jour, une brève, sorte d'éphéméride du savoir sur le web¹ rédigé par des chercheurs, illustrant les innombrables fonctions des mathématiques appliquées aux sciences de la Terre. Aussi ludiques que rigoureuses, ces notules devraient faire l'objet d'une publication courant 2014.

L'organisme s'est également saisi de ce coup de projecteur pour lancer début 2013, en association avec l'Agence nationale de la recherche et l'Institut Henri Poincaré, un atelier de réflexion prospective baptisé MathsInTerre. Réalisée sous la direction de Didier Bresch, chercheur au CNRS, la synthèse qui en est ressortie, *Mathématiques & complexités du système Terre*, dresse un état des lieux des enjeux mathématiques dans le domaine environnemental. « Pour chaque thématique – humain, fluide et vivant –, ce rapport recense les verrous actuels et les stratégies de recherche à mettre en œuvre », explique Clotilde Fermanian Kammerer, directrice adjointe scientifique de l'Institut national des sciences mathématiques et de leurs interactions (INSMI) du CNRS. Un projet placé sous le signe de l'interdisciplinarité, qui offre une vision systémique et intégrée de ces défis.

¹ <http://mpt2013.fr/>.



Représentation de quasi-cristaux.

CYCLE DE L'AZOTE

Le cycle océanique de l'azote, un nutriment essentiel à la croissance du phytoplancton, est perturbé par l'utilisation massive d'engrais azotés. Une information inquiétante à l'aune des travaux d'une équipe internationale qui a synthétisé de nombreuses publications et montré qu'après une perturbation climatique, l'océan est certes capable de réguler ses concentrations en azote... mais en plusieurs milliers d'années !

Nature Geoscience
Juin 2013

CLIMAT

Le carbone d'origine humaine séquestré par les écosystèmes terrestres « fuit » plus qu'on ne le pensait vers les systèmes aquatiques, et finalement vers l'atmosphère. **C'est la conclusion, à prendre en compte dans les bilans globaux de gaz carbonique, d'une étude internationale qui a comptabilisé précisément les bilans d'émission et de capture des gaz à effet de serre au niveau des rivières, estuaires et zones côtières.**

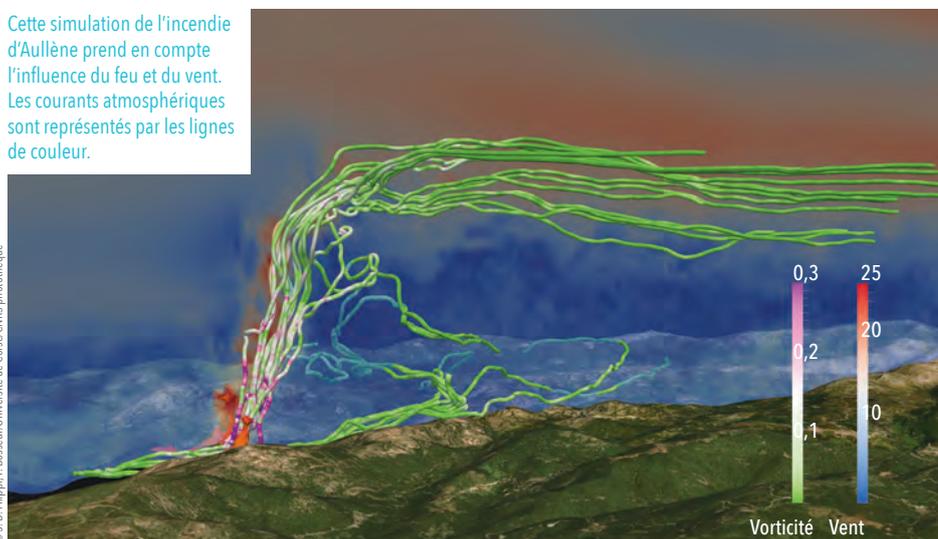
Nature Geoscience
Juin 2013

RÉCHAUFFEMENT CLIMATIQUE

Quelle peut être l'influence du réchauffement climatique sur l'émergence de maladies infectieuses ? **Pour le savoir, une équipe internationale a réalisé, à partir de relevés de terrain, un modèle prédictif en prenant l'exemple du paludisme aviaire en France.** Résultat : d'ici quelques décennies, la montée des températures favorisera l'extension de la maladie dans des régions où elle est actuellement peu présente.

Scientific Reports
Janvier 2013

Cette simulation de l'incendie d'Aullène prend en compte l'influence du feu et du vent. Les courants atmosphériques sont représentés par les lignes de couleur.



© J.-B. Filippi, E. Bosseur/Université de Corse/CNRS, photographique

← ENVIRONNEMENT

Juillet 2009. En trois jours, plus de 6 000 hectares de forêt partent en fumée aux environs d'Aullène, en Corse. **Ce gigantesque incendie vient d'être simulé en détail : les chercheurs sont parvenus à reproduire fidèlement la progression des flammes au premier jour de la catastrophe.** Une avancée qui pourrait permettre dans le futur d'alerter les populations de risque majeur de pollution.



© CNRS Photothèque / LOMA / Cyril Fresillon



© CNRS Photothèque / Thomas Vignaud

ÉCOLOGIE

En 2056, si rien n'est fait pour enrayer la hausse des températures atmosphériques, la totalité des récifs coralliens de la planète subira au moins une fois par an des phénomènes de blanchissement, un stress qui peut conduire à la mort de l'animal. **Ce constat alarmant est dressé par des chercheurs français et américains qui ont établi une cartographie des zones à risques sur la base des dernières projections climatiques du GIEC.**

Nature Climate Change
Février 2013

- 1. Les tourbillons qui apparaissent sur les bulles de savon permettent de modéliser les écoulements atmosphériques.
- 2. La célèbre île Lady Elliot, dans la grande barrière de corail, en Australie, fait partie des îles menacées, selon le modèle.
- 3. Mortalité partielle d'une colonie de corail *Pocillopora meandrina*, en Polynésie française.
- 4. Le système de mesure utilisé lors des campagnes océanographiques Ovide qui ont permis d'identifier le phénomène.



© Underwater Earth / Catlin Seaview Survey - www.catlinseaviewsurvey.com

MODÉLISATION

Peut-on prévoir l'intensité des ouragans et des typhons en lisant dans les bulles de savon ? C'est en quelque sorte ce qu'ont fait des physiciens qui ont étudié les tourbillons qui apparaissent sur ces bulles pour modéliser les écoulements atmosphériques. Ils ont pu en tirer un modèle simple pour prévoir l'intensité des cyclones.

Nature Scientific Reports
Décembre 2013

BIODIVERSITÉ

À l'horizon 2100, le niveau de la mer devrait augmenter de 1 à 3 mètres en raison du réchauffement climatique. Un modèle montre qu'entre 6 % et 12 % des milliers d'îles étudiées pourraient être alors totalement submergées, soit 10 000 à 20 000 îles à l'échelle mondiale. Environ 300 espèces endémiques insulaires risqueraient alors fortement de disparaître, tandis que des milliers d'autres verraient leur habitat se réduire de façon dramatique.

Global Ecology and Biogeography
Août 2013

Nature Conservation
Novembre 2013



© Ifremer / Océide

CLIMAT

Le gaz carbonique atmosphérique est le principal responsable du réchauffement climatique. On sait que son absorption par l'océan a rapidement diminué entre 1997 et 2006 dans la zone subpolaire de l'Atlantique nord. Une équipe franco-espagnole a identifié une des causes de cette diminution : le ralentissement du « tapis roulant » océanique, qui transporte les eaux chaudes en surface vers les hautes latitudes et les eaux froides en profondeur vers le sud.

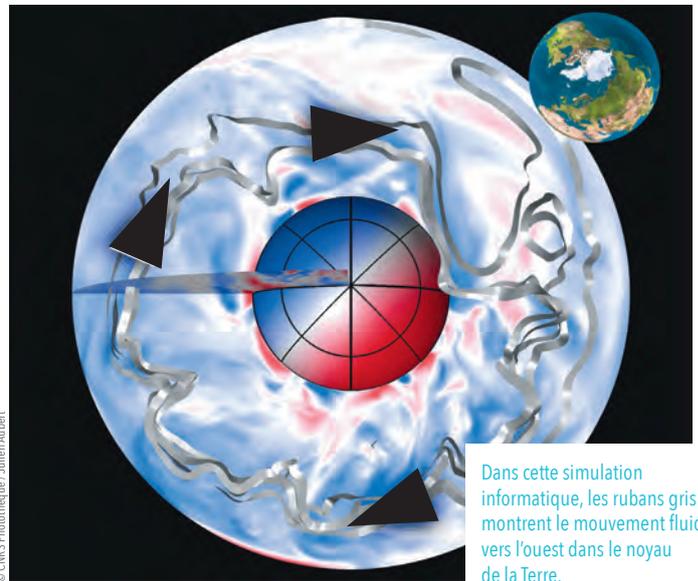
Nature Geoscience
Janvier 2013

UN LOGICIEL BOOSTE LA SURVEILLANCE DES ÉOLIENNES

Roulements, engrenages, arbre, génératrice... au sein d'une éolienne, le vent met l'ensemble du mécanisme à rude épreuve. Afin de détecter au plus tôt d'éventuelles traces de fatigue, une chercheuse du laboratoire Grenoble image, parole, signal, automatique (GIPSA-lab) a développé un système de diagnostic de l'état de santé d'une éolienne à partir des vibrations qu'elle produit.

À l'origine de cette innovation, les puissants outils mathématiques mis au point par la chercheuse et son équipe. Des algorithmes qui permettent, à partir de données fournies par des capteurs installés sur une machine tournante, d'extraire d'un intense bruit vibratoire l'ensemble des fréquences et modulations porteuses d'informations sur l'état de chaque pièce de cette machine. « L'originalité de notre approche réside dans le fait qu'il n'y a pas besoin d'avoir une connaissance a priori de la machine pour extraire les signaux pertinents, explique Nadine Martin, de GIPSA-lab. Elle fonctionne de plus également dans le cas de machines dont le fonctionnement normal n'est pas stationnaire. »

Ainsi, alors qu'en 2011 la chercheuse entreprend de nouer des partenariats avec l'industrie, elle se tourne naturellement vers le monde de l'éolien. Et entame une collaboration de trois ans avec l'entreprise polonaise EC-system. À la clé : un système embarqué entièrement autonome, capable d'informer l'exploitant de toute défaillance mécanique des pales, du boîtier d'engrenages, du roulement principal ou du générateur. Et tirant de surcroît parti des caractéristiques de courant et de tension de la génératrice, elles aussi révélatrices d'éventuelles défaillances mécaniques. « Nous avons présenté un prototype au Forum européen sur l'éolien à Barcelone, en mars 2014, précise Nadine Martin. Et après des tests réalisés sur deux éoliennes exploitées par Valémo à Arfons, une option de licence pour la fabrication et la commercialisation de notre système a été accordée à EC-system. » De quoi garantir un entretien des capacités de production d'une énergie durable... dans la durée !



© CNRS Photothèque / Julien Aubert

Dans cette simulation informatique, les rubans gris montrent le mouvement fluide vers l'ouest dans le noyau de la Terre.

↑ GÉOMAGNÉTISME

Observée en 1692 par Edmund Halley, la dérive vers l'ouest du champ magnétique terrestre n'avait jamais reçu d'explication satisfaisante. **Des chercheurs français et danois en proposent une simple, confortée par des simulations numériques qui reproduisent la dérive sur de longues périodes de temps.** La clé résiderait dans les couplages entre les différentes enveloppes de la Terre, et l'action de la force de Coriolis dessus.

Nature
Octobre 2013

ÉTUDE PROSPECTIVE

Le séisme de janvier 2010 à Port-au-Prince en Haïti a provoqué un afflux massif de blessés graves des membres. **Une étude réalisée sur deux ans à partir d'une cohorte de 305 d'entre eux montre que le taux d'emploi à un an des blessés graves ayant suivi un traitement de chirurgie de sauvegarde n'est atteint qu'à deux ans par les personnes amputées.** Un résultat qui plaide pour l'amélioration de la qualité des soins dans ces grandes catastrophes et une professionnalisation des acteurs de l'humanitaire.

Plos Currents Disasters
Juillet 2013

CONVECTION

On considère généralement que les matériaux de la croûte océanique sont incorporés au manteau terrestre par enfouissement et remontent à la surface au niveau de certains volcans. Théorie confirmée par la découverte de signatures en isotopes du soufre anormales dans des inclusions isolées, microscopiques, trouvées dans les laves d'un volcan des Îles Cook en Polynésie. Elles prouvent la présence dans le manteau terrestre profond d'une croûte océanique vieille d'au moins 2,45 milliards d'années.

Nature
Avril 2013

INNOVATION

AEROVIA, UNE START-UP EN PLEINE CROISSANCE

En 2010, quatre chercheurs du Groupe de spectroscopie moléculaire et atmosphérique¹ fondent Aerovia pour valoriser les développements technologiques du laboratoire. Objectif : industrialiser et commercialiser des instruments de détection et de mesure de traces de gaz reposant sur des méthodologies innovantes par laser. Cette start-up issue du CNRS poursuit depuis son développement industriel avec l'entrée dans son capital, en 2013, du groupe Schlumberger, leader mondial des services à destination des industries d'exploration et de production de pétrole et de gaz.

¹ CNRS/Université de Reims.

LA FRANCE ET LE JAPON S'ASSOCIENT POUR ÉTUDIER LES CONSÉQUENCES DE FUKUSHIMA

En partenariat avec le ministère des Affaires étrangères, l'université Lille 1 Sciences et technologies, l'université Doshisha à Kyoto et l'université de Fukushima, le CNRS a créé en octobre 2013 un Laboratoire international associé consacré à la protection humaine et aux réponses au désastre de Fukushima. Des chercheurs japonais et français confrontent leurs approches sur les politiques publiques et la variété des réponses au désastre, la production de savoir et la démocratie après Fukushima.

GÉOCHIMIE

ATMOSPHÈRE ET CROÛTE TERRESTRE SONT APPARUES DE CONCERT

Une grande partie de la croûte et de l'atmosphère terrestres actuelles étaient déjà présentes il y a 3,5 milliards d'années. C'est ce que révèlent deux études d'une équipe franco-britannique¹. Pour réaliser cette double découverte, les scientifiques ont analysé la composition de quartz australiens âgés de 3,5 milliards d'années. « Ces roches ont emprisonné dans des inclusions fluides microscopiques l'eau et les gaz atmosphériques formés à cette époque », précise Bernard Marty, du Centre de recherches pétrographiques et géochimiques de Nancy. Déterminer les caractéristiques géochimiques de ces inclusions donne ainsi accès aux propriétés de l'environnement terrestre aux temps les plus reculés. En irradiant des échantillons de ces roches ancestrales, les géochimistes ont tout d'abord mesuré la concentration des différents isotopes de l'argon, un élément chimique intimement lié à l'histoire de la formation de la croûte terrestre. Leur analyse révèle qu'en ces temps anciens, le rapport $^{40}\text{Ar}/^{36}\text{Ar}$ était inférieur seulement de moitié à sa valeur actuelle. « En intégrant cette donnée dans un modèle de croissance de la croûte terrestre au cours du temps, nous avons pu déterminer que 80 % de la croûte se serait formée entre 3,8 et 2,7 milliards d'années », poursuit le chercheur. L'analyse des bulles d'eau piégées dans ces mêmes quartz australiens a par ailleurs permis de déterminer la pression et la composition isotopique du diazote, qui forme 78 % de l'atmosphère actuelle, dans l'atmosphère primordiale. Les scientifiques ont ainsi constaté que la valeur de ces deux paramètres n'avait presque pas évolué depuis 3,5 milliards d'années. Selon Bernard Marty, « la présence, depuis cette période, d'un champ magnétique d'une intensité au moins égale à la moitié de celle du champ magnétique actuel permettrait d'expliquer une telle stabilité de notre atmosphère au cours du temps ». En contribuant à améliorer la compréhension de la dynamique géologique de notre planète aux premières heures de son existence, ces résultats devraient notamment permettre de mieux cerner les circonstances de l'apparition de la vie sur Terre.

¹ Centre de recherches pétrographiques et géochimiques de Nancy (CNRS/Université de Lorraine); Université de Manchester (Royaume-Uni); Institut de physique du Globe de Paris (CNRS/Université Paris Diderot/Sorbonne-Paris Cité).



L'un des escarpements étudiés par les chercheurs, qui a été exhumé par des séismes au cours des derniers milliers d'années.

© L. Benedetti

▲ SISMOLOGIE

Des chercheurs ont ouvert une nouvelle piste pour anticiper la magnitude et la période d'occurrence des prochains grands séismes. Ils ont retracé l'histoire sismique de sept failles actives en Italie centrale au cours des derniers 12 000 ans.

Ces enregistrements, parmi les plus longs obtenus à ce jour sur des failles actives, montrent un comportement inattendu de cet ensemble de failles où trente forts séismes se sont produits en salves synchrones.

Journal of Geophysical Research
Septembre 2013

INTERDISCIPLINARITÉ

LANCEMENT D'UNE PÉPINIÈRE INTERDISCIPLINAIRE EN GUYANE

Afin de favoriser la rotation et le renouvellement des équipes sur un thème et un site en émergence, la mission pour l'interdisciplinarité du CNRS a lancé en 2013 un nouveau dispositif incitatif: la pépinière interdisciplinaire. Fondé sur une logique de projet, ce label décerné pour trois ans finance des recherches respectant trois fondamentaux: des projets communs définis aux interfaces des disciplines, des équipes projets accueillies lors de visites sur un site dédié et une plateforme de haut niveau permettant de partager les résultats. C'est la Guyane qui a éternisé le dispositif, avec une pépinière centrée sur le thème du littoral.

Big Data : structurer l'avenir

D'Internet aux grands instruments de recherche, le volume mondial des données numériques ne cesse d'augmenter. Par son approche globale et proactive de ces Big Data, le CNRS effectue un travail pionnier de structuration.

Génomique, climatologie, astrophysique, bio-informatique... les grandes masses de données, leur écosystème et leurs applications impactent désormais tous les secteurs de la recherche. Consciente des perspectives offertes par les Big Data, la Mission pour l'interdisciplinarité du CNRS a lancé en 2012 un grand programme transverse sur la gestion, l'analyse et l'exploitation des très grandes masses de données scientifiques : le défi Mastodons. Son objectif ? Produire des solutions originales pour lever des verrous scientifiques et sociétaux, tout en favorisant l'émergence d'une communauté de chercheurs autour de la science des données. L'année 2013, marquée par une volonté de consolidation de Mastodons, s'est ainsi soldée par l'ajout de cinq nouveaux projets aux seize déjà financés en 2012, auxquels viennent s'ajouter des plateformes de collaboration avec l'Insee, l'Inserm et l'Institut Pasteur. Les premiers résultats de ce Défi ont été présentés lors d'un colloque de restitution tout début 2014. Pour Mokrane Bouzeghoub, directeur adjoint scientifique de l'Institut des sciences de l'information et de leurs interactions (INS2I), qui coordonne Mastodons, « cet élan doit être pérennisé au-delà des cinq ans du programme.

C'est pourquoi nous étudions un projet de groupement de recherche interdisciplinaire afin d'offrir un cadre d'animation et de prospective à cette communauté émergente. Le démarrage est prévu en 2015. » Une base de travail essentielle tant il reste de méthodes et d'outils à élaborer. D'autant que la France ne doit pas passer à côté du challenge des Big Data, qui constituent dorénavant le quatrième pilier de la science moderne, avec la théorie, l'expérimentation, et la modélisation et la simulation.

Illustration de cette dynamique d'innovation, le CNRS étudie la possibilité d'héberger dans son centre pour le calcul numérique intensif de très haute performance (Idris¹) à Orsay l'Institut français de bioinformatique. Cette infrastructure nationale de service se propose de fournir des ressources de base en bioinformatique à la communauté des sciences de la vie. Côté infrastructures toujours, le CNRS, associé à IBM, Inria et la start-up SysFera, a lancé en 2013 l'E-Biothon. Cette plateforme de Cloud surpuissante, hébergée à l'Idris, offre aux chercheurs un portail applicatif d'analyses biomédicales et une puissance de calcul importante qui permettra d'aborder le traitement des données complexes de la biologie. Elle a connu un réel succès au salon Supercomputing de Denver en novembre 2013. Le CNRS n'a pas fini d'investir ce champ du futur...

1 Institut du développement et des ressources en informatique scientifique.

De gauche à droite, Laure Saint-Raymond, Jean-François Le Gall et Cédric Villani.

PRIX

TROIS MATHÉMATIENS À L'ACADÉMIE DES SCIENCES

Le 10 décembre 2013, Laure Saint-Raymond, Jean-François Le Gall et Cédric Villani ont été élus à l'Académie des sciences. Membre du laboratoire Jacques-Louis Lions¹, professeur à l'UPMC et à l'ENS de Paris, Laure Saint-Raymond en devient la plus jeune membre élue. Les champs d'étude de cette numéricienne couvrent notamment l'hydrodynamique, la physique statistique et la mécanique des fluides. Chercheur au Laboratoire de mathématiques d'Orsay², Jean-François Le Gall est un probabiliste, spécialiste du mouvement brownien. Quant à Cédric Villani, professeur à l'université Lyon 1 et directeur de l'Institut Henri Poincaré³, il a ouvert des voies nouvelles dans trois domaines des mathématiques : équation de Boltzmann, transport optimal et géométrie, amortissement de Landau.

1 CNRS/UPMC.
2 CNRS/Université Paris-Sud.
3 CNRS/UPMC.



MÉMOIRES

La miniaturisation ultime des mémoires électroniques consiste à n'utiliser qu'un seul atome pour stocker un bit d'information. Justement, des physiciens sont parvenus à charger et à décharger électriquement un atome de silicium individuel avec la pointe d'un microscope à effet tunnel. **Et pour la première fois, ce contrôle de la charge a été réalisé avec un atome de silicium situé à la surface d'un échantillon massif.**

Physical Review B
Décembre 2013

UNE CLÉ CRYPTOGRAPHIQUE QUANTIQUE TRANSMISE À 80 KILOMÈTRES EN TOUTE SÉCURITÉ

La transmission de clés cryptographiques est beaucoup plus sécurisée avec un protocole quantique qu'avec les techniques classiques. Des chercheurs et ingénieurs du Laboratoire Charles Fabry¹, du Laboratoire traitement et communication de l'information², d'Inria et de la start-up SeQureNet sont parvenus à transmettre une clé secrète à une distance de 80 kilomètres, grâce à un protocole quantique qui emploie uniquement des composants télécoms standards. À la clé, la mise au point d'un produit, Cygnus, commercialisé par SeQureNet.

¹ CNRS/Institut d'optique Graduate School.

² CNRS/Télécom ParisTech.

SYSTÈMES DYNAMIQUES

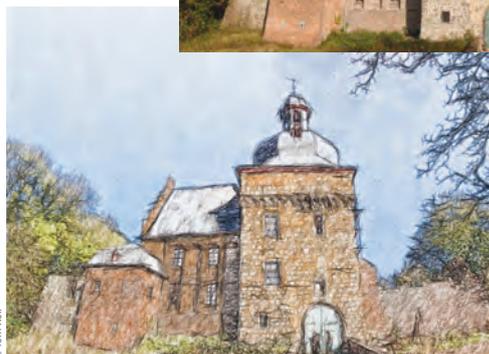
UNE PARTIE DE BILLARD ÉCLAIRE L'UNIVERS MATHÉMATIQUE

Les mathématiciens aiment être surpris. C'est pourquoi ils jouent au billard. Mais pas n'importe lequel : sur une table en forme de polygone quelconque dont la valeur de chaque angle est un nombre rationnel, c'est-à-dire un nombre s'exprimant comme le quotient de deux entiers. Pourquoi ? Car, comme viennent de le montrer Artur Avila, à l'Institut de mathématiques de Jussieu¹, à Paris, et Sébastien Gouëzel, à l'Institut de recherche mathématique de Rennes², cela permet de révéler des connexions inattendues...

Précisément, la question d'apparence futile qui intéresse les spécialistes du billard mathématique consiste à se demander quelle est la trajectoire d'une boule lancée dans une direction quelconque sur une table en forme de polygone rationnel. « Elle est en fait reliée à des mathématiques extrêmement sophistiquées impliquées dans l'étude du chaos », précise Sébastien Gouëzel. Pour y répondre, la recette est absconse. Puisqu'il s'agit de construire une surface obtenue en dupliquant le polygone de départ derrière chacun de ses côtés, comme à travers un miroir. Puis de faire subir à la surface obtenue, dite surface de translation, une série de déformations par étirements, aplatissements, découpes et accommodages successifs. « Par un tel traitement, nous avons réussi à préciser la trajectoire d'une boule sur un billard rationnel, explique le chercheur. Par exemple en indiquant à quelle vitesse elle finit par remplir la totalité de la surface de la table. » Mais pour les spécialistes, le plus intéressant n'est pas là. Comme l'explique Sébastien Gouëzel, « le processus de déformation de notre surface de translation a fait apparaître un objet abstrait appelé groupe modulaire qui se trouve être également impliqué dans l'étude des nombres premiers. Du coup, c'est en raisonnant à la manière des spécialistes de la théorie des nombres, pourtant très éloignée de notre problème de départ, que nous avons obtenu notre résultat. » Autrement dit, en jouant au billard, les deux mathématiciens sont parvenus à établir une connexion entre des domaines a priori disjoints des mathématiques. Ce qui est l'essence de leur discipline.

¹ CNRS/UPMC/Université Paris Diderot.

² CNRS/Universités Rennes 1 et 2/INSA Rennes/ENS Cachan.



L'application de filtres G'MIC permet de transformer une image en croquis crayonné.

© Tom Keil

↑ DÉVELOPPEMENT LOGICIEL

Un million de téléchargements ! C'est la barre atteinte en 2013 par G'MIC, le logiciel libre de traitement d'images développé par des chercheurs du CNRS, depuis sa mise en ligne mi-2008.

Outre ses différentes interfaces utilisateur pour convertir, manipuler, filtrer... des images, G'MIC vient de s'enrichir d'une nouvelle fonctionnalité : un serveur web qui permet d'appliquer les retouches aux images directement dans les navigateurs web.

MATHÉMATIQUES

Quelles courbes peut-on dessiner sur une surface donnée ? Dans le cas général, les mathématiciens ne le savent pas. Dans les années 1960, John Tate a néanmoins formulé une conjecture répondant à la question qui vient d'être démontrée dans le cas particulier des surfaces dites K3.

Un pas vers la résolution d'une question directement reliée à la conjecture de Hodge. Cette dernière compte parmi les sept problèmes pour la résolution desquels l'Institut de mathématiques Clay offre un million de dollars.

LES FAILLES D'UN PROTOCOLE CRYPTOGRAPHIQUE RÉVÉLÉES

L'inviolabilité des protocoles de cryptographie est fondée sur une clef dont le secret réside dans un problème mathématique a priori impossible à résoudre en un temps raisonnable. Des chercheurs du Laboratoire lorrain de recherche en informatique et ses applications (LORIA), en collaboration avec Antoine Joux, professeur à l'Université Pierre et Marie Curie, sont parvenus à montrer que certaines instances d'un protocole de chiffrement répandu sont en réalité à portée de calcul. Obligeant le monde de la cryptographie à revoir sa catéchèse au risque de graves problèmes de sécurité. Ainsi, les informaticiens se sont frottés au problème dit du logarithme discret, qui consiste à calculer à quelle puissance d'un certain nombre, ou objet mathématique plus complexe, s'écrit un autre nombre. Problème qui, comme celui de la factorisation, est la base de nombreux protocoles de cryptographie à clef publique, essentiels pour protéger les données confidentielles sur Internet ou dans les cartes à puce. Résultat : « Pour une sous-famille pas du tout anecdotique, précisément dans le cas des corps finis de petite caractéristique, nous avons démontré que le calcul du logarithme discret n'est pas si difficile », résume Emmanuel Thomé, du LORIA. Fort heureusement, ce cas de figure n'est pas directement mis en œuvre dans les protocoles cryptographiques utilisés actuellement. Pour autant, de nombreuses recherches en la matière s'appuyaient sur les corps finis de petites caractéristiques, typiquement pour des applications où la question du temps de calcul et donc de la consommation énergétique est cruciale. « Du fait de notre résultat, ces développements sont désormais obsolètes », explique Emmanuel Thomé. L'informaticien conclut néanmoins, rassurant : « À ce jour, il n'y a pas de raison de penser que notre approche puisse être étendue à d'autres protocoles ».

1 CNRS/Université de Lorraine/Inria.



© Claire Daireud

Cette méthode de simulation de peau a été présentée au SIGGRAPH, le plus prestigieux colloque en informatique graphique, en juillet 2013 en Californie.

↑ INFORMATIQUE GRAPHIQUE

Pour améliorer le réalisme des personnages virtuels, des chercheurs ont développé une méthode de simulation des plis de la peau au niveau des articulations, qui suscite l'engouement des infographistes de l'animation. Cette technique exploite avec succès des recherches théoriques sur la composition de surfaces implicites, un modèle actuellement méconnu de représentation de surfaces tridimensionnelles.

ACM Transactions on Graphics
Juillet 2013

AUTOMATIQUE

Un récepteur GPS, des caméras intelligentes, des radars hyperfréquence... à partir de ces composants de série et d'une carte de navigation enrichie, des chercheurs ont développé, avec des contraintes d'intégration fortes, un système de perception et de localisation en temps réel à bas coût pour le projet de voiture autonome de Renault. **À la clé, un véhicule autonome capable de naviguer seul et de façon sûre à basse vitesse dans des environnements dynamiques.**

PROGRAMME

LANCEMENT D'UN CLUSTER CONSACRÉ AUX ÉTUDES VISUELLES

Inauguré à Tourcoing en novembre 2013 par le CNRS et les universités Lille 1 et Lille 3, Sciences et cultures du visuel (SCV) est le premier programme français dédié à ce champ de recherche qui interroge la production, la perception, la réception, la circulation et la transformation des images et des artefacts visuels dans l'espace social. Constitué d'un cluster de recherche et d'une plateforme technologique regroupant des équipements de pointe, SCV ambitionne de créer un espace de recherche et de transfert innovation-valorisation unique en France dans le domaine de l'image et du visuel.

PORTRAIT

STÉPHANE MALLAT, BÂTISSEUR D'IMAGES

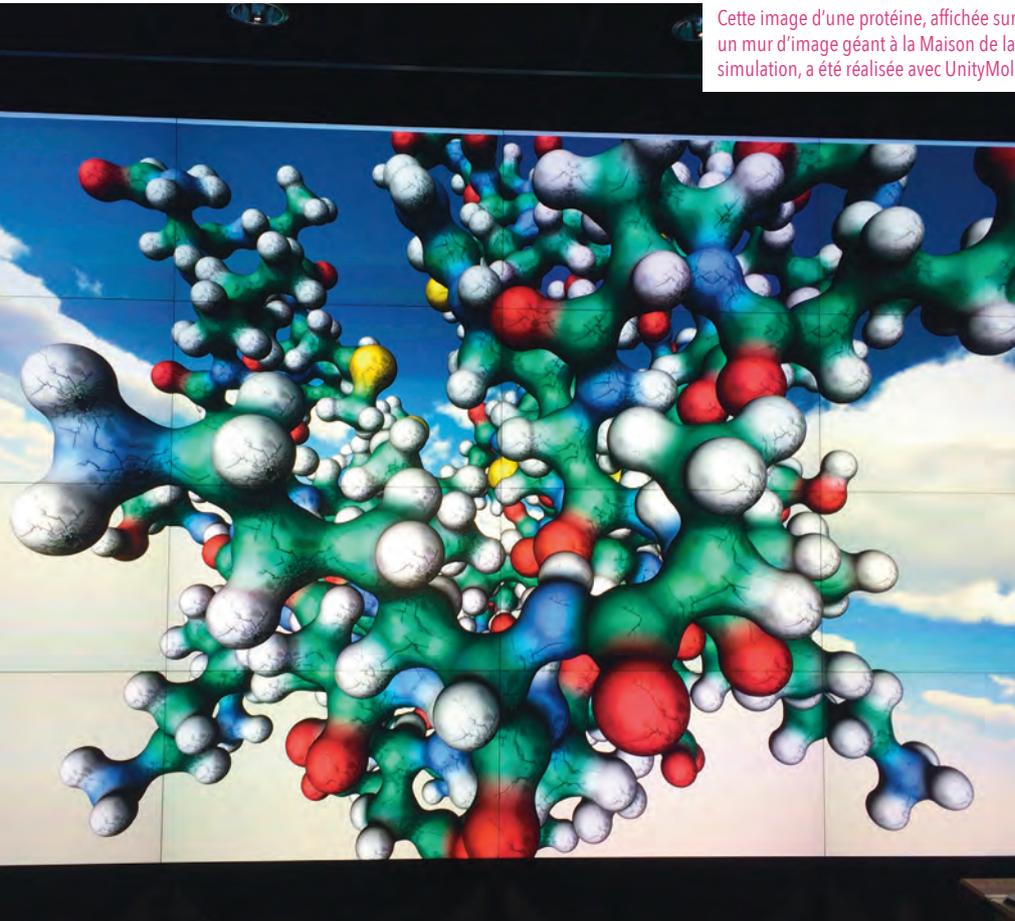
Le parcours de mathématicien appliqué de Stéphane Mallat, lauréat de la médaille de l'innovation du CNRS 2013, est exemplaire : fort de ses travaux théoriques originaux sur la représentation de signaux, il a développé leurs applications jusqu'au transfert industriel, avec à la clé dix brevets internationaux. Les premières recherches de ce professeur d'informatique à l'École normale supérieure de Paris¹, sur des algorithmes de représentation d'images par ondelettes, ont notamment mené au standard international de compression JPEG-2000. Il développe ensuite la théorie des bandelettes, qui permet d'optimiser le codage des structures géométriquement régulières, avec des applications comme l'amélioration de la qualité des images satellitaires et médicales. Le chercheur en est convaincu, « démontrer un théorème, c'est formidable, mais voir son impact sur une image, cela donne une dimension magique aux mathématiques. ». Il crée donc une start-up, Let It Wave, une société de semi-conducteurs qui fabrique des puces électroniques pour augmenter la résolution des images dans les téléviseurs haute définition. Revenu à la recherche, Stéphane Mallat développe désormais une théorie des invariants mathématiques pour reconnaître et classifier les Big Data numériques : sons, images et données.

¹ Département d'informatique de l'École normale supérieure de Paris (ENS/CNRS/Inria).

© CNRS Photographie / Céline Anaya-Gautier



Cette image d'une protéine, affichée sur un mur d'image géant à la Maison de la simulation, a été réalisée avec UnityMol.



← VISUALISATION 3D

Des chercheurs ont utilisé un outil destiné à la conception de jeux vidéo, Unity3D, afin de développer un programme de visualisation de structures moléculaires baptisé UnityMol. Ces travaux, qui rendent la science plus accessible et attractive, pourront servir de base à la création de futures applications scientifiques et jeux plus « sérieux ».

SÉCURITÉ INFORMATIQUE

PoMMaDe, c'est le nom d'un nouvel antivirus conçu par deux informaticiens. Innovante, leur approche relie la détection de virus à la technique du model-checking, qui consiste à vérifier de manière automatique si un système satisfait une propriété donnée. Parmi les six cents virus détectés par PoMMaDe, on trouve Flame, un virus espion qui a sévi pendant plus de cinq ans sans être découvert par aucun antivirus.

Proceedings of the 2013 9th Joint Meeting on Foundations of Software Engineering (ESEC/FSE), du 18 au 26 août 2013, Saint-Petersbourg, Russie

© Marc Baarden



© CNRS Photographique / Frédérique Plus

« LA SCIENCE FONDAMENTALE PRODUIT DIRECTEMENT DE LA VALEUR ÉCONOMIQUE. »

Joël Bertrand, directeur général délégué à la science, prône une recherche tournée vers l'innovation et la valorisation économique. Entretien.

2013 a vu une montée en puissance de la mission pour l'interdisciplinarité autour de thématiques comme l'énergie nucléaire, le Big Data, le handicap, ou les maladies mentales...

Effectivement, 2013 a vu la consolidation de l'activité de notre mission pour l'interdisciplinarité (MI). Je citerai comme exemple ses deux instruments principaux.

Tout d'abord les Défis, qui ont permis autour de thématiques phares comme le genre, la transition énergétique ou l'instrumentation aux limites d'appréhender des questions de société en s'appuyant sur toutes les forces disponibles du CNRS et au-delà. Ces défis ont très bien fonctionné en 2013.

Ensuite les Projets exploratoires premier soutien (PEPS) qui sont des outils stratégiques de la politique de site du CNRS pour mettre en place des travaux communs et interdisciplinaires avec les universités. Par exemple nous avons lancé avec le site de Montpellier des PEPS sur les maladies infectieuses et avec le site de Guyane un PEPS sur l'écosystème du littoral et les tortues marines.

La mission pour l'interdisciplinarité est-elle un moteur pour le CNRS tout entier ?

La MI est très importante pour l'ensemble du CNRS. C'est effectivement un moteur mais ce n'est pas le seul. L'interdisciplinarité figure aussi au sein des instituts et des laboratoires. Ainsi, au sein de l'Institut des sciences humaines et sociales, il existe une interdisciplinarité très prometteuse menée par des géographes, des historiens, des démographes ou encore des sociologues qui permettent de faire progresser, par exemple, les aires culturelles, ces grandes zones géographiques de recherches multidisciplinaires. De même prenez Mathias Fink, lauréat de la médaille de l'innovation 2011.

Il a créé une start-up, Supersonic Imagine, qui vient de rentrer en bourse et de lever des fonds importants à partir de travaux très fondamentaux. Cette émergence de la connaissance et de l'innovation vient directement des laboratoires.

Sommes-nous en train d'assister à l'émergence de nouvelles disciplines ?

Tout le temps. Dans l'histoire des sciences, de nouvelles disciplines ont constamment émergé. Par exemple l'informatique ou plus récemment la biophysique, qui est née à l'interface de la physique et de la biologie.

Dans les prochaines années, je suis persuadé qu'il va y avoir une révolution autour de l'instrumentation. Nous l'avons mis en évidence lors de nos travaux autour de l'élaboration de la Stratégie nationale de recherche. J'insiste d'ailleurs sur ce point : la contribution du CNRS de la SNR a été un très grand moment scientifique en 2013.

Pourquoi ?

Parce que nous avons beaucoup auditionné et écouté les scientifiques. Je reviens à mon exemple de l'instrumentation. L'un de nos scientifiques a effectué un recensement de tous les instruments utilisés dans la recherche, qu'ils soient appliqués à l'atmosphère, aux matériaux ou à la santé. Nous nous sommes ainsi rendu compte que c'était le même type d'instruments qui permettaient de mesurer des phénomènes physiologiques ou la qualité de l'eau. À mon avis, il existe des approches scientifiques identiques et communes dans plusieurs champs disciplinaires. Et l'instrumentation est l'une de ces approches.

Pourquoi avons-nous besoin de grandes bases de données numériques comme Adonis ?

Pace que la science est actuellement très en demande de données. En les analysant, après les avoir intégrées dans des grandes bases de données numériques, comme Adonis pour les sciences humaines et sociales, les scientifiques peuvent en déduire des tendances sur le long terme. C'est ce que l'on appelle la science invisible. Cela peut être très utile en démographie, pour anticiper les grands mouvements de population, mais aussi en climatologie pour prévoir le changement climatique.

Les grands instruments (Gaïa, Planck par exemple), les infrastructures type Zones ateliers, les plateformes technologiques restent des pourvoyeurs importants de résultats scientifiques majeurs...

Certes, les grands instruments comme Planck fournissent des résultats fondamentaux. En 2013, ce satellite a profondément changé notre regard sur l'origine de l'Univers. Mais ces grands programmes et infrastructures sont également pourvoyeurs de quantités phénoménales de données, ce qui nous ramène au point précédent. D'une façon générale, il y a actuellement une tendance dans la recherche à vouloir accumuler des données. Mais sont-elles pertinentes ? Et que va-t-on en faire ? À mon avis, il y a deux façons de faire de la science, celle qui consiste à construire des grands instruments pour amasser le plus de données possible, et celle qui consiste à avoir une réflexion théorique préalable sur la pertinence des données que l'on va cibler. La prise de risque c'est bien, mais il faut savoir minimiser le risque d'aller chercher des données qui ne serviront jamais à rien.

Graphène, nouvel adhésif pour les tissus biologiques... l'année 2013 est-elle l'année des matériaux ?

Oui, mais c'est tous les ans l'année des matériaux ! Je tiens le pari : on ne connaît pas la moitié des matériaux qui seront là dans dix ans. Regardez le graphène, ce matériau bidimensionnel. Il est extraordinaire, les applications en seront phénoménales, à tel point que la Commission européenne lui a alloué en 2013 un budget d'un milliard d'euros sur dix ans pour le développer dans le cadre de ses appels à projets sur les technologies futures et émergentes¹. Déjà, il y a quinze ans, les nanotubes de carbone, un matériau seulement unidimensionnel, ont été à l'origine de l'industrie des composites qui a bouleversé la filière automobile. C'est pourquoi je crois beaucoup pour l'avenir à l'avènement d'un matériau tridimensionnel. Je tiens ici encore un pari.

On l'ignore souvent, mais de ces recherches fondamentales naissent d'ores et déjà des start-up...

Oui. Nous créons chaque année au moins cinquante start-up et elles viennent aussi de la recherche fondamentale. Il faut arrêter de croire que le business arrive après un long processus d'innovation qui passe forcément par de la recherche appliquée. La recherche de base est capable de produire presque immédiate-

ment de la valeur économique parce que l'écosystème d'innovation est multiforme et non linéaire. Cela concerne notamment le domaine des mathématiques, une discipline d'innovation directe qui ne passe pas par la case application.

Justement, l'écosystème d'innovation a évolué ces dernières années. Quel rôle y joue le CNRS ?

Le CNRS fait plusieurs choses dans l'écosystème d'innovation. Il produit d'abord la connaissance ; et cette connaissance servira toujours à quelque chose, que ce soit dans six mois ou dans six millénaires. Ensuite il est acteur dans toutes les structures d'innovation et de maturation que ce sont les objets du programme des investissements d'avenir : sociétés d'accélération du transfert de technologies (SATT), instituts pour la transition énergétique (ITE) et instituts de recherche technologique (IRT). On est très présents dans ces structures mais on est aussi très vigilants sur les fonds d'investissement qui vont repérer, sélectionner et soutenir les innovations qui iront sur le marché.

Dans les quatorze SATT par exemple, dans lesquelles nous sommes actionnaires, nous apportons notre expertise scientifique sur les projets présentés pour voir s'il convient de les faire mûrir ou non. Nous devons apporter la preuve qu'un projet pourra un jour rapporter de l'argent. Le CNRS parie, il apporte son expertise, mais il peut aussi se tromper.

Plusieurs accords-cadres ont été renouvelés cette année. Qu'est-ce qui a changé dans la relation entre l'organisme et les grandes entreprises françaises ?

Nous avons aujourd'hui vingt-cinq accords-cadres de recherche avec des entreprises du CAC 40. Nous savons travailler ensemble car les grands groupes industriels font également de la recherche. Nous parlons donc le même langage. Nous nous entendons tellement bien que nous postulons désormais ensemble sur les contrats européens ou les projets ANR. Et même à l'international, nous marchons à l'unisson. Nous avons par exemple des unités mixtes internationales avec Solvay ou Thales et en préparons une avec Saint-Gobain. Avec ces grandes entreprises, nous lions l'économie et la science autour de la marque France.

Le CNRS a renforcé cette année sa présence à Singapour. Pourquoi ?

Singapour est devenu rapidement une plaque tournante de la science dans le monde, car en quelques années ce petit pays de 5 millions d'habitants a doublé son investissement consacré à la R&D et a su créer des infrastructures technologiques de pointe et des universités très performantes. Du coup, c'est ici que tout se passe, et tout le monde vient : les grands pays, les entreprises, les universités... C'est pourquoi le CNRS y investit massivement et nous y avons désormais deux unités mixtes internationales et deux laboratoires internationaux associés, qui vont bientôt se transformer en UMI. C'est désormais un pays majeur en matière d'investissements pour le CNRS.

¹ FET Flagship Graphène.

POLITIQUE DE SITE, LA MONTÉE EN PUISSANCE

Fortement engagé dans l'émergence de grands sites de recherche en France, le CNRS a signé en 2013 quatre nouvelles conventions de site avec ses partenaires de l'enseignement supérieur.

En 2013, Clermont-Ferrand, Toulouse, Grenoble et Rennes ont signé une « convention de site » avec le CNRS, prenant la suite de Bordeaux qui avait inauguré ce type de partenariat en 2012. Ces signatures témoignent d'une volonté forte de l'organisme d'aller au-delà des conventions bilatérales passées jusqu'à présent avec ses partenaires de l'enseignement supérieur. Jean-Noël Verpeaux, directeur de la Direction d'appui à la structuration territoriale de la recherche (DASTR), explique que « ces conventions plus larges, plus stratégiques et plus ouvertes sur la pluralité disciplinaire contribuent à l'édification en France de grands sites de recherche visibles à l'échelle internationale ».

UN PROJET SCIENTIFIQUE PARTAGÉ

Le premier volet de la convention de site expose le projet de politique scientifique partagé par les établissements signataires. Organiser la recherche par une structuration des grands champs thématiques, développer de nouveaux partenariats ainsi qu'une politique internationale concertée, tels en sont généralement les grands axes. Par exemple, le premier item de la convention de site « Grenoble Alpes » signée en juillet 2013, prévoit de développer les interactions transversales entre les laboratoires instrumentaux en physique (Synchrotron, Institut Langevin, etc.) ainsi qu'avec d'autres laboratoires, dans une perspective interdisciplinaire. La mise en œuvre

concrète de ces rapprochements fait l'objet du second volet des conventions. Pour Grenoble comme pour les autres sites, la mise en place d'un processus budgétaire partagé ou la mutualisation de systèmes d'information constituent des ambitions affichées en commun. Les questions relatives à la valorisation, la propriété intellectuelle ou à l'activité contractuelle y figurent également. Pour le directeur de la DASTR, « cette première génération de conventions de site a permis aux acteurs de se rapprocher, de formaliser leurs collaborations et de faire émerger des points forts. C'est un processus qui prend du temps, pour faire converger tous les partenaires vers des orientations scientifiques et des processus de gestion dans un contexte où les ressources sont limitées ». Il convient de souligner le rôle déterminant dans ce processus des délégations régionales et des directeurs scientifiques référents aux côtés de la DASTR.

DES DISPOSITIFS POUR SOUTENIR CETTE POLITIQUE

Cela étant, ces conventions ne sont qu'un des aspects de la politique de site conduite par le CNRS depuis plusieurs années. En interne, plusieurs outils « maison » ont également été infléchis dans ce sens. C'est notamment le cas du dispositif d'accueil en délégation qui permet chaque année à 500 enseignants-chercheurs de se consacrer exclusivement à la recherche au sein d'unités liées à l'organisme. Depuis 2013, ces

postes sont répartis par site, pour soutenir la politique partagée avec les partenaires, et naturellement après expertise scientifique par le comité national de la recherche scientifique et les instituts. Concernant l'interdisciplinarité, levier structurant pour les sites, onze projets exploratoires premier soutien (PEPS) de site ont été soutenus en 2013, notamment en Guyane, à Strasbourg, à Marseille ou encore en Lorraine. En matière de politique internationale, la concertation s'est également accrue entre les partenaires des sites. Il s'agit de mieux faire correspondre les secteurs thématiques et les zones géographiques, de développer avec les partenaires les outils précieux que sont les LIA et les UMI ou encore de mettre en place des cellules communes d'aide au montage de projets européens. Enfin, Jean-Noël Verpeaux rappelle que « le CNRS s'est aussi largement investi auprès des universités dans le cadre du programme des investissements d'avenir (PIA) et continuera à le faire lors de la prochaine vague d'appels à projets ».

DE NOUVELLES PERSPECTIVES À L'HORIZON 2014

Une dynamique pleinement en phase avec la loi relative à l'enseignement supérieur et à la recherche du 22 juillet 2013 qui demande à tous les établissements d'enseignement supérieur et de recherche de faire partie d'un regroupement d'ici le 22 juillet 2014. Pour cela, plusieurs formules sont ouvertes : la Communauté d'universités et d'établissements (Comue) notamment pour les anciens PRES¹, l'association (coordonnée par un des membres) ou la fusion. « Il est d'ailleurs prévu que le CNRS, comme les autres organismes, puisse être membre des Comue. Il le sera pour certaines d'entre elles, ce qui signifie que, pour la première fois, l'organisme entrera dans une structure ayant statut d'université² », conclut le directeur de la DASTR.

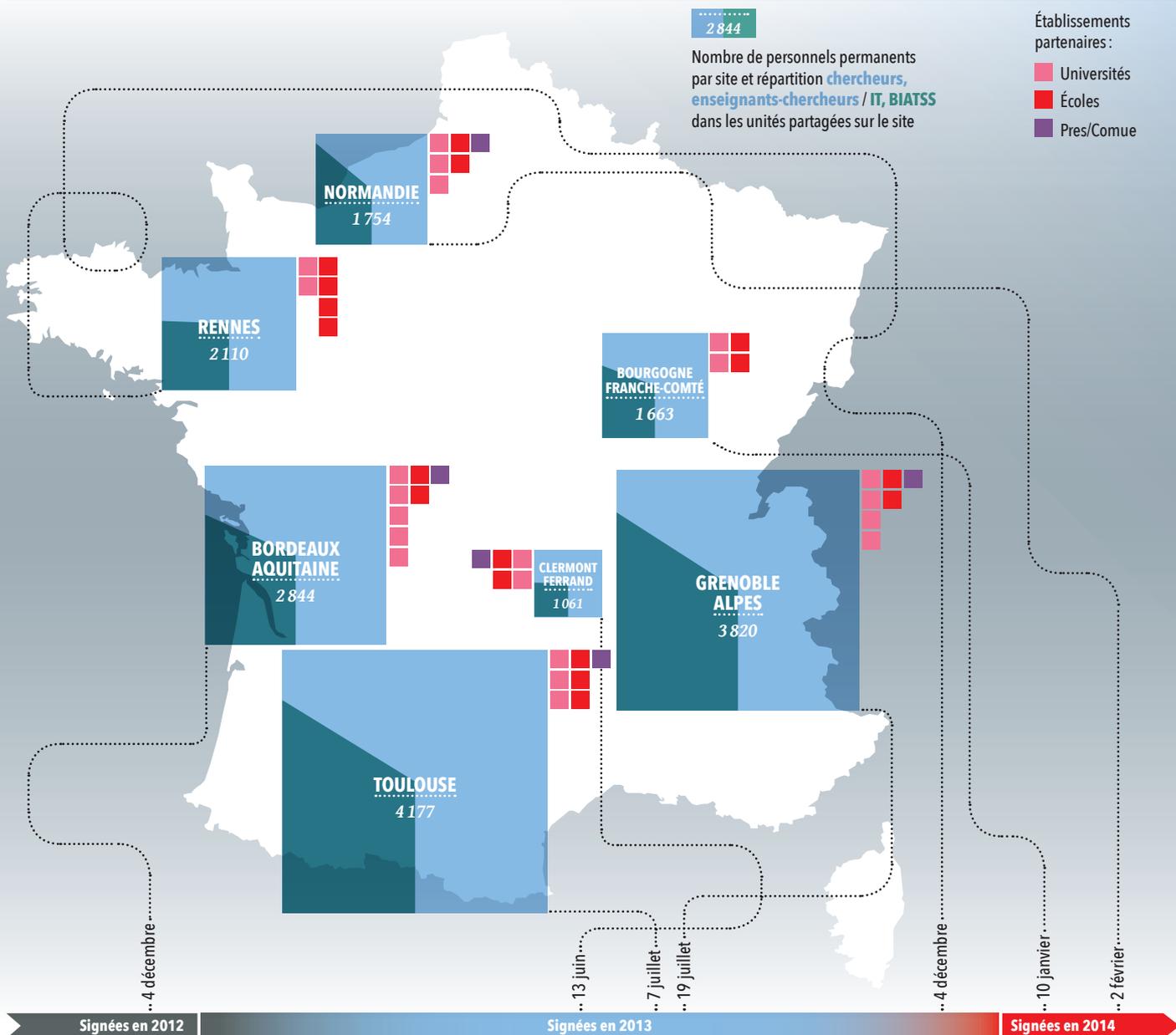
1 Pôles de recherche et d'enseignement supérieur (PRES) automatiquement transformés en Comue par la loi du 22 juillet 2013.

2 Établissement public à caractère scientifique, culturel et professionnel (EPSCP).

CONTRAT ET CONVENTION DE SITE, QUELLES DIFFÉRENCES ?

La constitution progressive d'ensembles de recherche et d'enseignement supérieur passe par la signature de documents officiels dans lesquels les parties s'engagent à coopérer davantage à tous les niveaux. Le calendrier de signature des conventions de site du CNRS est lié aux vagues de contractualisation par le ministère qui a également fait évoluer ses anciens contrats quinquennaux d'établissement vers des « contrats de site pluriannuels » décrits dans la loi du 22 juillet 2013. Comment s'articulent ces deux documents ? Avec le contrat de site, l'État valide le projet stratégique de rapprochement de plusieurs établissements et les grands axes de politique en matière de formation, recherche et valorisation ; il attribue des ressources pour sa réalisation. La convention de site, quant à elle, exprime la volonté de plusieurs opérateurs – le CNRS, des universités et des écoles – de définir et soutenir un projet commun comportant des aspects scientifiques mais aussi organisationnels.

LES SEPT PREMIÈRES CONVENTIONS DE SITE EN CHIFFRES



Ces sept premiers sites préfigurent une structuration territoriale qui au fil du temps s'étendra à la France entière.

La présence du CNRS dans les sites



Répartition des personnels permanents **non CNRS / CNRS** dans les unités partagées sur le site.

Nombre de structures liées au CNRS impliquées dans chaque convention selon leur typologie.

CAP SUR UNE INNOVATION RÉNOVÉE

Alors que le paysage national de l'innovation poursuit sa mutation, le CNRS renforce ses relations avec ses partenaires académiques et industriels tout en gardant le cap en matière de stratégie.

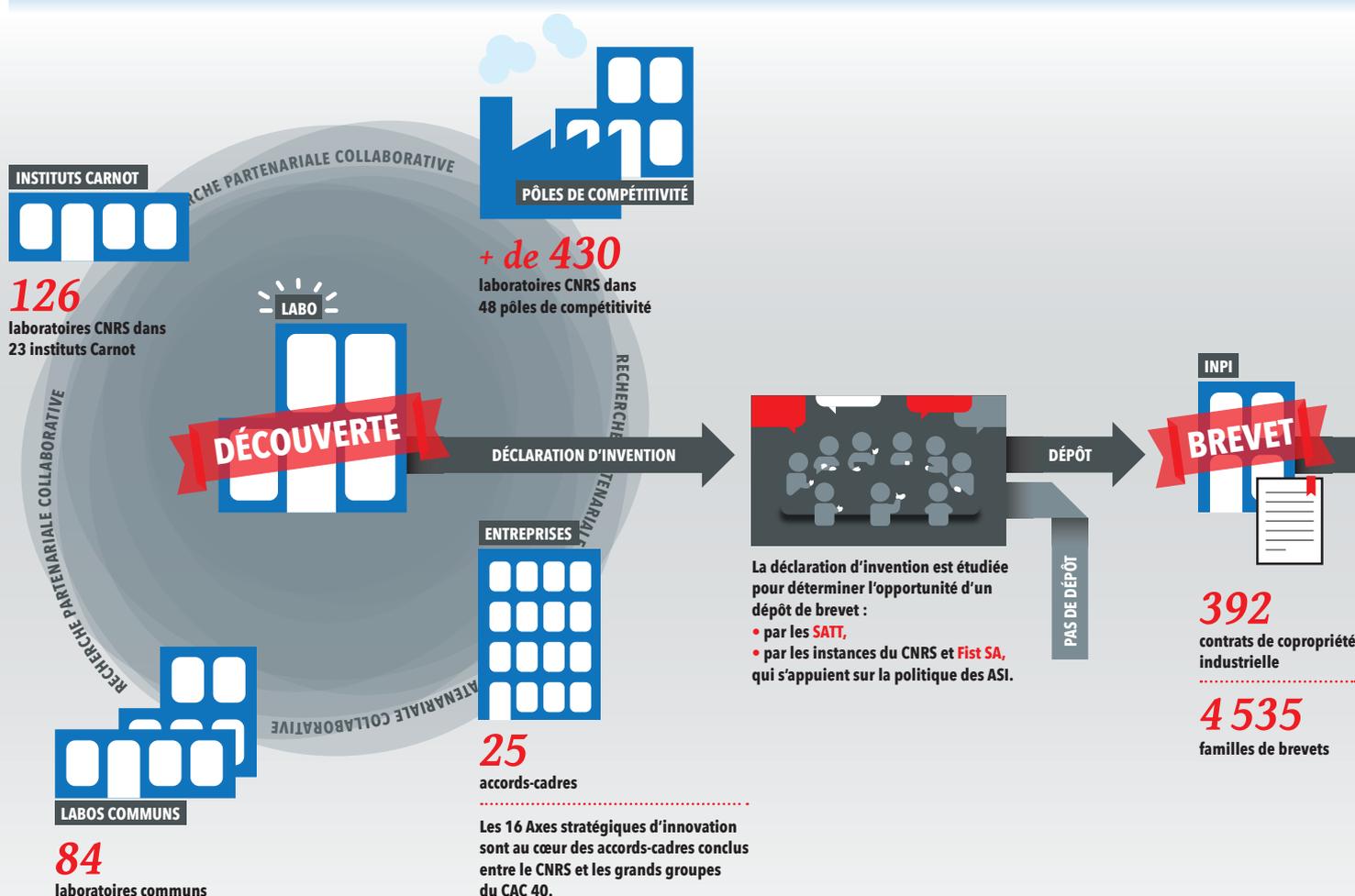
Maîtriser le processus opérationnel qui va de la recherche à la sphère socio-économique ne va pas de soi. Valoriser une découverte scientifique passe par plusieurs étapes clés. Cela prend plus ou moins de temps selon le degré de

maturité technologique de l'invention au départ. Les acteurs impliqués dans le processus sont nombreux, certains sont nouveaux comme les SATT, et leur action doit être coordonnée. Dans cet environnement pluriel, le CNRS se positionne

pour renforcer sa capacité d'innovation et de valorisation.

Côté stratégie d'innovation, l'année 2013 a été placée sous le signe du lancement de seize Axes stratégiques d'innovation (ASI) identifiés conjointement par la Direction

DU LABORATOIRE À L'ENTREPRISE ET À LA SOCIÉTÉ



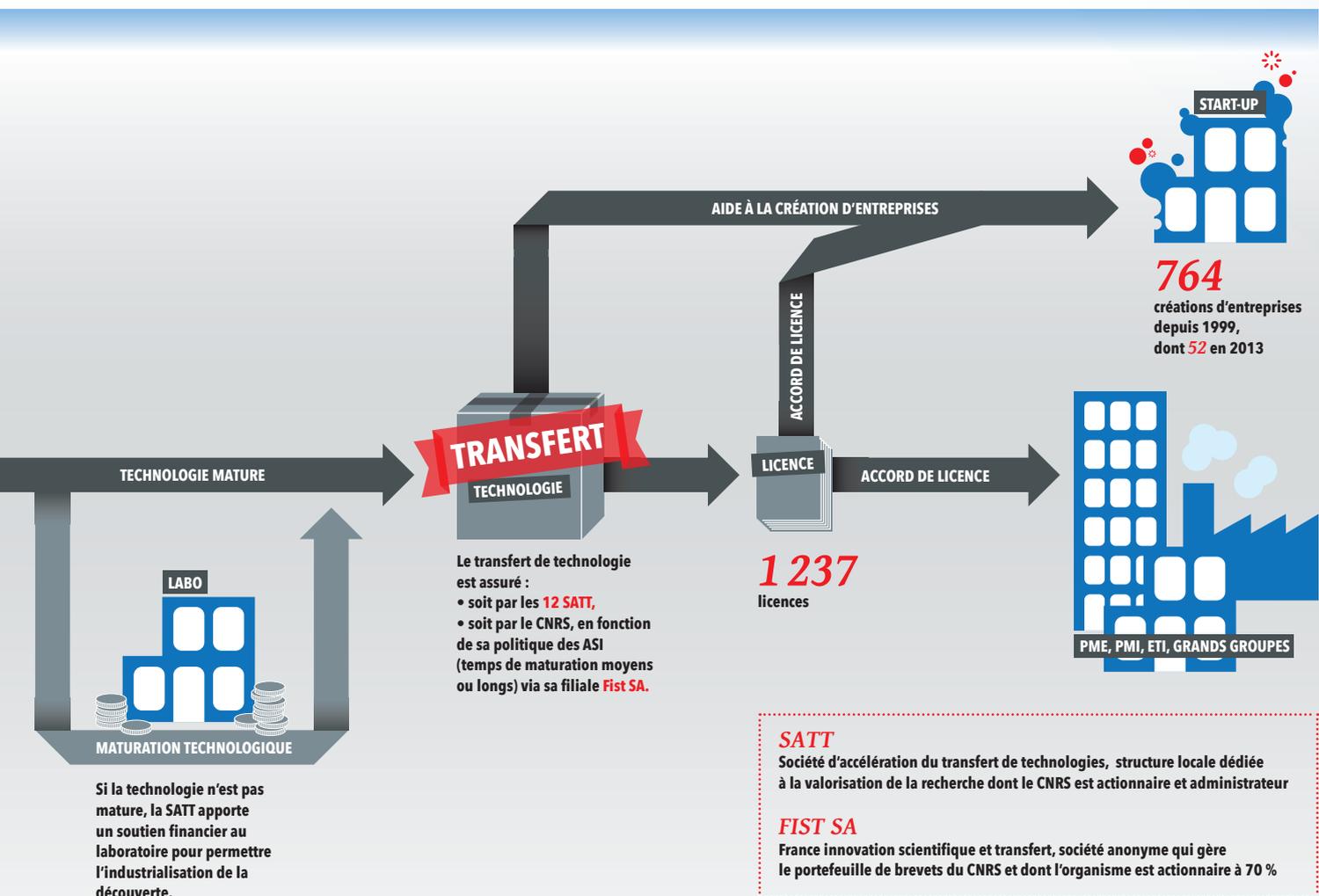
16 AXES STRATÉGIQUES D'INNOVATION (ASI) TRANSVERSES À TOUT LE PROCESSUS D'INNOVATION

	Stockage de l'énergie	Énergie solaire photovoltaïque	Dépollution et traitement : eau, air et sols	Chimie biosourcée et recyclage	Calcul intensif - gestion de données	« Nanos »	Magnétisme et spintronique	Capteurs
Unités CNRS	38	25	37	24	60	58	5	29
Instituts CNRS	5	4	10	6	8	7	2	6

de l'innovation et des relations avec les entreprises (DIRE), les dix instituts du CNRS et FIST SA, filiale de l'organisme. En phase avec les besoins des entreprises, ces thématiques concentrent les forces du CNRS dans des domaines en quête

d'innovations de rupture. À noter, les ASI bénéficient de la pluridisciplinarité et de l'interdisciplinarité de l'organisme, essentielles pour aborder les défis de société notamment dans leurs dimensions sociales et culturelles.

Les ASI infusent désormais l'ensemble du processus d'innovation au CNRS. Très en amont, ils permettent de cibler de nouvelles pistes de collaboration avec les industriels dans le cadre des comités scientifiques. Une manière pour le CNRS de



© CNRS / Sarah Landel

Robotique et interface homme-machine	Optoélectronique	Imagerie du vivant et de la matière	Maladies infectieuses virales, bactériennes et parasitaires	Oncologie	Maladies neurodégénératives et psychiatriques	Maladies inflammatoires et auto-immunes	Chimie médicinale et applications
31 5	51 5	49 8	33 3	47 7	33 2	20 4	6 4

Source : DIRE au 31/12/2013

mieux mettre en regard son potentiel face aux besoins exprimés par les entreprises, favorisant ainsi de nouvelles coopérations. Ce qui permet à la nouvelle directrice de la DIRE, Marie-Pierre Comets, d'affirmer que « les ASI sont porteurs d'une véritable vision prospective ».

En interne, les ASI ont un rôle incitatif et structurant pour développer des recherches innovantes. Lors de cinq rencontres ASI qui se sont tenues en 2013, la DIRE, FIST et les laboratoires ont pu échanger sur de nouveaux développements possibles en lien à chaque fois avec une sous-thématique différente des ASI (batteries, maladie d'Alzheimer...). Des démarches porteuses, qui doivent être plus largement promues dans l'organisme. « Nous devons encore travailler à diffuser les ASI dans nos communautés scientifiques », admet Marie-Pierre Comets.

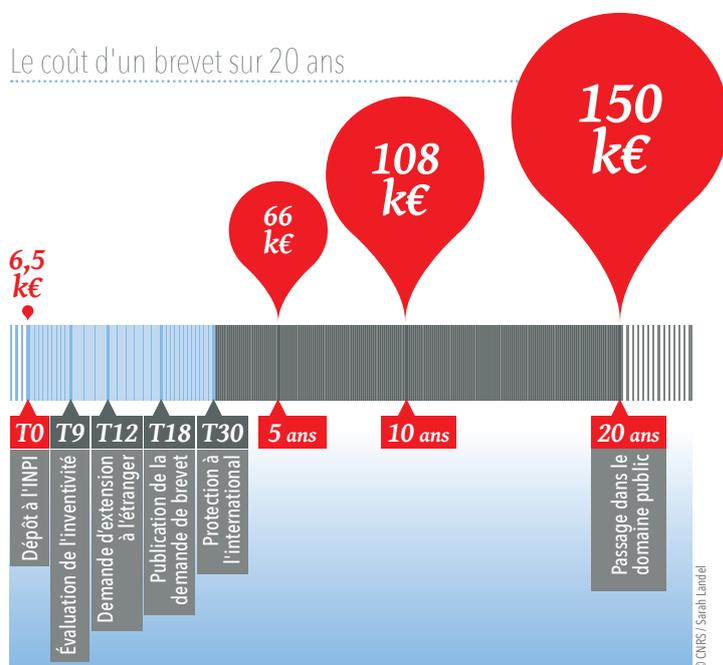
Par ailleurs, les ASI font désormais partie des critères de sélection du Comité des engagements, l'instance du CNRS qui traite les déclarations d'invention transmises par les laboratoires. En clair, plus une invention se rattache à une thématique ASI, plus elle a de chance d'être protégée ou de bénéficier d'un dispositif de maturation. « Si les ASI permettent de rationaliser le portefeuille de brevets, leur ambition et leur impact vont bien au-delà, insiste Marie-Pierre Comets. La part des thématiques ASI ira croissant dans les brevets déposés. »

De même, les ASI peuvent avoir des répercussions sur la copropriété intellectuelle avec les industriels. Si les avancées issues du partenariat sont situées hors ASI, alors le CNRS a davantage tendance à céder sa quote-part à l'entreprise ou encore à négocier avec elle le versement d'un cash libérateur.

L'année 2013 a également fait progresser la construction des relations entre le CNRS, FIST et les SATT. Là aussi, les ASI ont favorisé la mise en place de complémentarités dans le processus global de la valorisation. Si les SATT se concentrent sur des inventions qui nécessitent des temps de maturation courts et moyens, le CNRS se positionne sur des thématiques à haut potentiel d'innovation à moyen et à long terme. Le rôle de chacun étant clarifié, il devient possible de se passer le relais. Le CNRS peut par exemple, après avoir déposé un brevet, reprendre la valorisation d'une invention maturée par la SATT. Pour Marie-Pierre Comets, « ce nouveau mode de valorisation concertée est très porteur, il correspond à notre souhait de co-construire et de réussir ensemble dans le nouvel écosystème de l'innovation en France ».

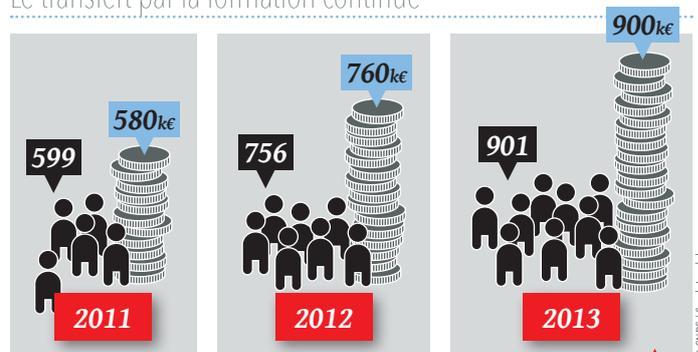
Enfin, les ASI sont également mentionnés dans les conventions de site conclues entre le CNRS et ses partenaires académiques les incitant à réunir leurs forces autour de certaines thématiques. « Les ASI constituent la colonne vertébrale du processus d'innovation

Le coût d'un brevet sur 20 ans



Coût estimatif d'un brevet : dépôt en France, extensions à l'international (Europe, États-Unis, Canada, Japon...), entretien jusqu'à son passage dans le domaine public.

Le transfert par la formation continue



Entreprises, services de l'État, hôpitaux... de plus en plus d'organisations font appel au CNRS pour former leurs salariés aux technologies de pointe. C'est ainsi qu'en 2013, CNRS Formation Entreprises a organisé 150 stages dans 56 laboratoires et dans tous les domaines.

+50%
de l'activité en 2 ans

et se déclinent à chaque étape de manière cohérente: ils porteront leurs fruits dans le temps sous forme de licences, créations de start-up ou prises de participation dans le capital d'entreprises », conclut Marie-Pierre Comets.

UN RÉSEAU POUR SE RAPPROCHER DES ENTREPRISES

Le CNRS est un innovateur reconnu par les industriels. En témoignent de nombreux partenariats sous forme d'accords-cadres avec des grands groupes, de laboratoires communs et de contrats industriels. Au-delà de ces solides relations sur le terrain, un déficit d'échanges à caractère stratégique entre l'organisme et les grandes entreprises a néanmoins été identifié. C'est de ce constat qu'est né en 2013 le Réseau

des entreprises partenaires, auquel ont déjà adhéré Air Liquide, Airbus Groupe, Safran, Suez Environnement et LVMH Recherche. L'objectif de ce « think tank » est bien de partager des visions à long terme... avec, certainement, davantage de projets communs à la clé! Concrètement, le réseau organise des rencontres entre les directions scientifiques de l'organisme et les responsables R&D des entreprises,

des visites de laboratoires, mais aussi des échanges avec des médaillés du CNRS, des créateurs de start-up ou encore des responsables de bureaux du CNRS à l'étranger. Autant d'occasions, pour le CNRS, de mieux appréhender les grandes questions industrielles et, pour les entreprises, de connaître les terrains où l'organisme a une plus-value à apporter.

L'INTERNATIONAL AU CŒUR DE LA STRATÉGIE DU CNRS

Très présent en Europe et à l'international, le CNRS se positionne de plus en plus comme un moteur de la science mondiale, ce qui appelle une gouvernance plus stratégique de ses coopérations internationales.

Interrogé sur le bilan qu'il tire de la participation du CNRS au 7^e PCRD¹, Patrick Nédellec, nommé en 2013 à la tête de la direction Europe de la recherche et coopération internationale (DERCI) du CNRS, considère que « nous n'avons pas démerité dans notre participation à ce programme-cadre, bien au contraire ! » De fait, le CNRS est l'organisme européen qui a signé le plus de contrats de recherche dans ce cadre : 1 465 soit 21 % de la totalité des contrats français. Présents dans tous les volets du 7^e PCRD, notamment dans les programmes collaboratifs, les chercheurs du CNRS ont été particulièrement actifs dans les programmes individuels d'excellence, dont les bourses de l'*European Research Council* (ERC). Petit bémol, ils coordonnent relativement peu de projets européens. « Nous avons une marge de progression sur ce point et nous allons nous y atteler. Car s'il est vrai que coordonner un projet européen représente un investissement très important, c'est une occasion unique de peser sur son orientation scientifique », explique Patrick Nédellec.

Tous ces constats ont été utiles à l'organisme pour préparer Horizon 2020, le nouveau programme-cadre européen. « Actif durant la phase de préparation des programmes de recherche, le CNRS a aussi beaucoup œuvré en 2013 à la simplification des procédures administratives », souligne le directeur de la DERCI. En interne, il a été décidé de mieux accompagner les chercheurs dans le montage des projets, notamment collaboratifs. Pour cela, le pool d'ingénieurs de projets européens (IPE) a été renforcé et les Instituts ont prévu des actions de soutien aux chercheurs.

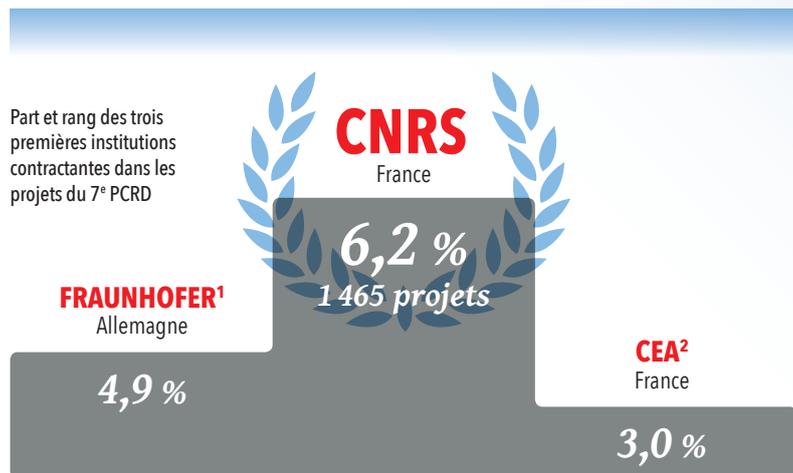
Autres points notables, en 2013, le CNRS a renforcé sa position dans plusieurs instances stratégiques européennes, notamment Science Europe, dont Alain Fuchs a été élu au conseil de direction, et le CLORA – club rassemblant des organismes de recherche français – dans les locaux duquel le bureau du CNRS à Bruxelles doit s'installer.

UN PILOTAGE STRATÉGIQUE

Sur le volet international, la DERCI a réalisé en 2013 un vaste état des lieux, « préalable à la mise en œuvre d'un pilotage encore plus stratégique des coopérations de l'organisme », explique Patrick Nédellec. Pour cela, les données existantes sur les missions à l'étranger, les copublications internationales, les budgets dédiés à la coopération internationale et les outils existants ont été croisées. Quels enseignements peut-on en tirer ?

Tout d'abord, la richesse de l'action internationale du CNRS apparaît dans la variété des outils mis à disposition des chercheurs. Avec les conventions d'échanges

LE CNRS, PREMIER ORGANISME BÉNÉFICIAIRE DU 7^E PROGRAMME-CADRE EUROPÉEN (7^E PCRD)

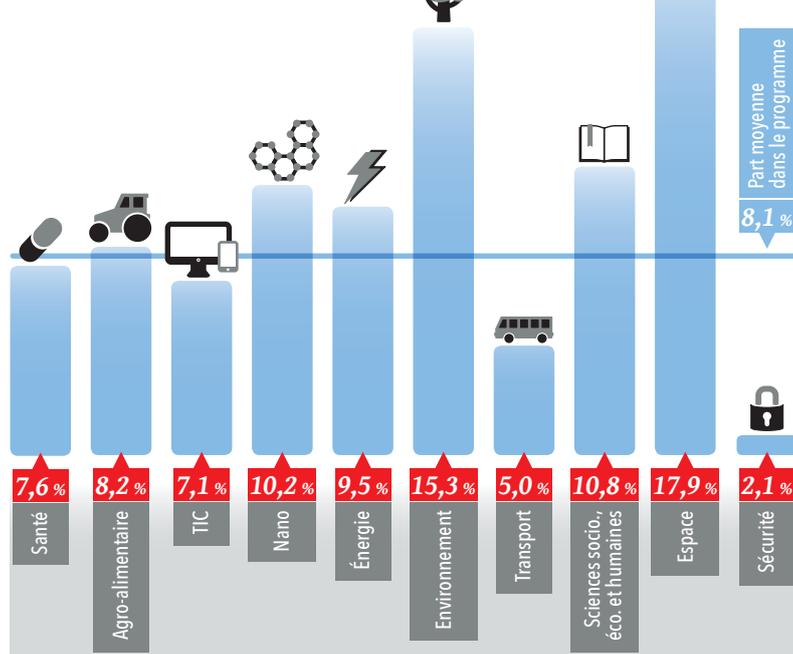


Le CNRS monte sur la première marche du podium en nombre de contrats signés.

1. Fraunhofer-Gesellschaft zur Foerderung der angewandten Forschung E. V.
2. Commissariat à l'énergie atomique et aux énergies alternatives.

Des projets collaboratifs : le programme Coopération (32,4 milliards d'€)

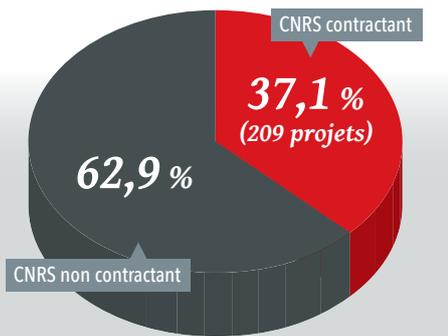
Part relative du CNRS dans le programme Coopération du 7^e PCRD



Dans ce programme, le CNRS est présent partout... Une bonne illustration de sa pluridisciplinarité et de son excellence !

Des chercheurs d'excellence : le programme Idées (7,5 milliards d'€)

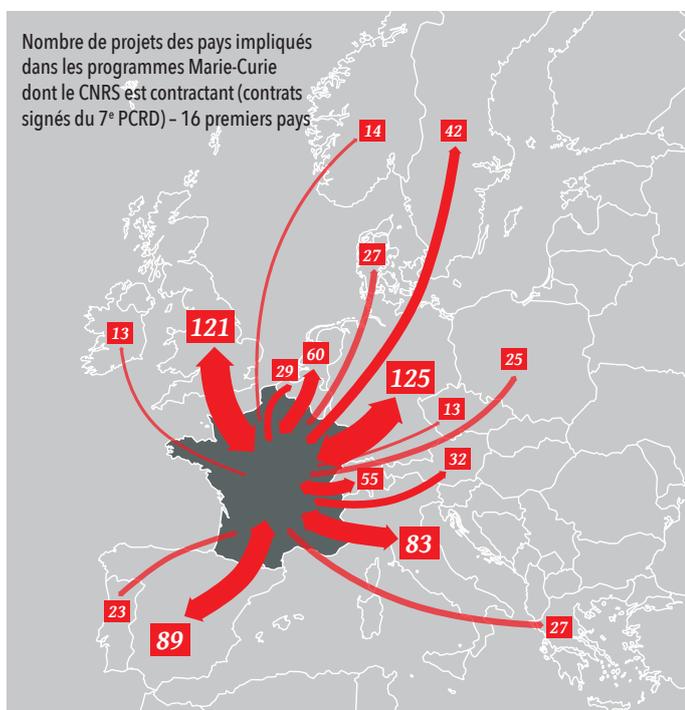
Part des projets signés par le CNRS dans les 564 projets ERC français



Dans ce programme où l'excellence des chercheurs prévaut, le CNRS est particulièrement bien placé à l'échelle française comme à l'échelle européenne.

Des leviers pour favoriser la mobilité : le programme Personnes (4,8 milliards d'€)

Nombre de projets des pays impliqués dans les programmes Marie-Curie dont le CNRS est contractant (contrats signés du 7^e PCRD) - 16 premiers pays



Dans ce programme de soutien à la mobilité, les chercheurs du CNRS ont formé de nombreux réseaux impliquant 38 pays, du Portugal à la Suède et de la Grèce à l'Irlande.

Des infrastructures performantes : le programme Capacités (4,1 milliards d'€), sous-volet Infrastructures

Part des projets signés par le CNRS dans tous les projets infrastructures du programme Capacité

Le CNRS est présent dans 33,7 % des infrastructures soutenues par l'Europe.

Le CNRS est un acteur incontournable des grandes infrastructures européennes.

Source data FP7 : Commission européenne, E-CORDA - FP7 grants agreements and participants database - 21 février 2014, traitement CNRS / SAP2S

© CNRS / Sarah Lamiel

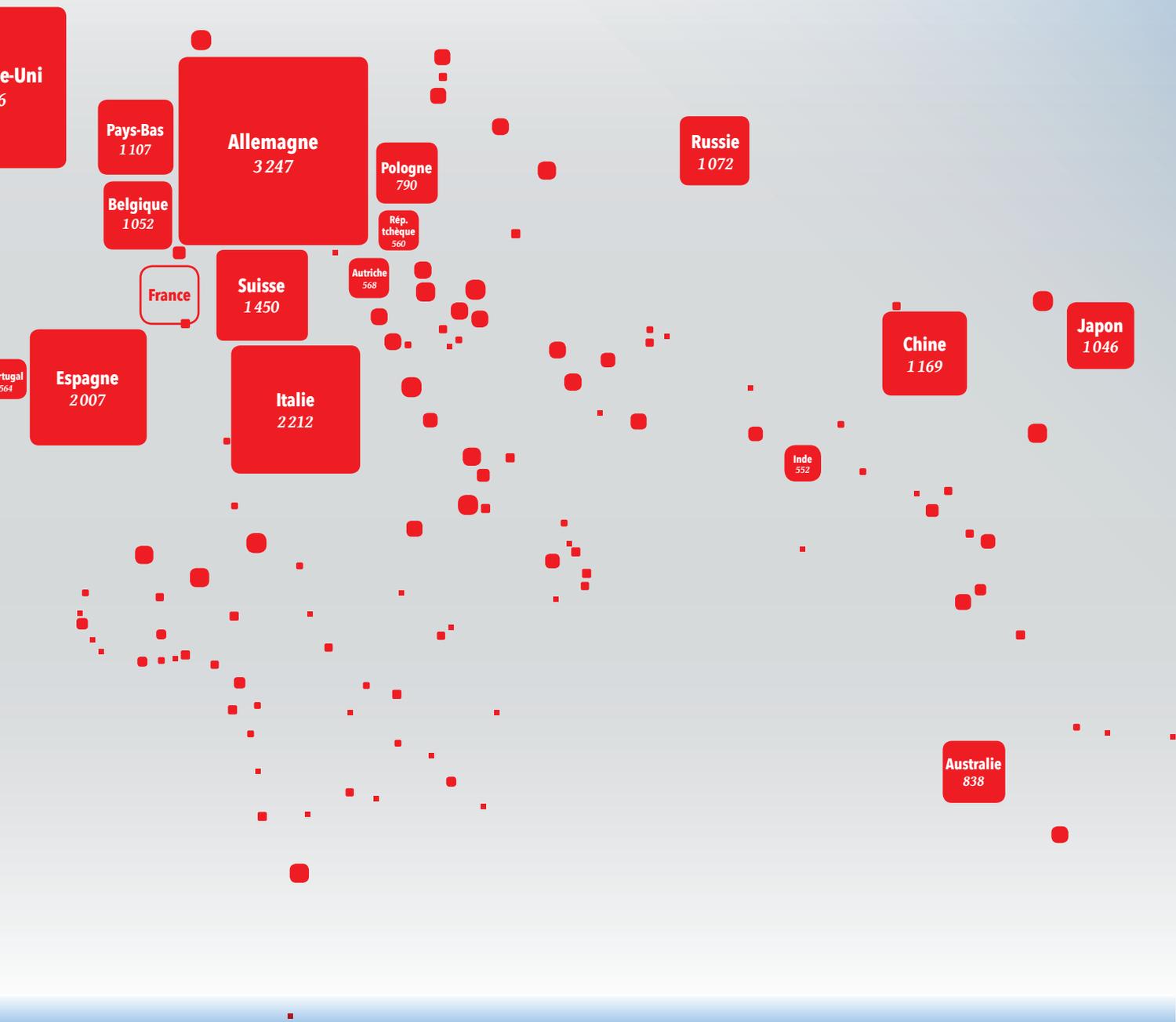


(40 accords), les PICS² (312), les GDRI³ (105), les LIA⁴ (158) et les UMI (30), le CNRS dispose d'une panoplie d'outils de politique internationale unique dans le paysage français de la recherche. On observe un positionnement géostratégique axé sur les partenariats d'excellence, notamment avec les États-Unis, les pays européens, le Japon et Singapour et un positionnement significatif en Amérique latine, Inde et Chine. Autre constat intéressant, une tendance à une structuration plus importante des collaborations, qui s'est par exemple traduite par une hausse de 25 % du nombre de LIA depuis 2011.

Le CNRS est en revanche moins présent institutionnellement dans certaines zones dont le potentiel scientifique est intéressant pour l'organisme. En conséquence de quoi le directeur de la DERCI prévoit de renforcer la coopération avec des zones en développement scientifique comme l'Afrique et le Moyen-Orient et avec des pays encore peu fréquentés par les chercheurs tels que l'Australie et la Nouvelle-Zélande, par le développement d'outils prospectifs comme les conventions d'échanges.

Suède
702

LES COPUBLICATIONS DU CNRS DANS LE MONDE



Source : données SCI (Thomson-Reuters) - traitement CNRS/SAP2S

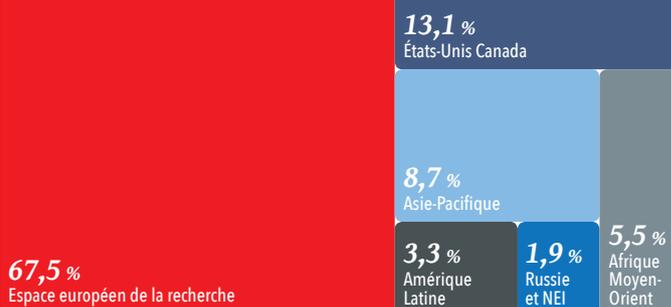
Pour Patrick Nédellec, « l'établissement de ces indicateurs de nos coopérations à l'international a de réelles vertus pédagogiques. Ils permettent à tous ceux qui agissent à l'international au sein des instituts de mieux appréhender l'impact global des actions mises en place ».

La mise en œuvre de la politique de site que le CNRS mène est une démarche qui a le mérite de mettre au jour les liens privilégiés du CNRS avec les universités françaises dans certaines zones géographiques. Autant de données utiles pour construire avec elles à l'avenir des stratégies internationales communes, ciblées et structurées, par exemple autour d'unités mixtes internationales co-construites.

- 1 Programme-cadre de recherche et développement.
- 2 Programme international de coopération scientifique.
- 3 Groupement de recherche international.
- 4 Laboratoire international associé.

Les 58 733 missions du CNRS à l'étranger en 2013

Part des missions des personnels CNRS par grande zone géographique en 2013



La recherche est mondiale. Une donnée bien intégrée par les chercheurs du CNRS, qui se déplacent beaucoup et dans le monde entier. Source : données BFC - traitement CNRS/SAP2S

UNE NOUVELLE FEUILLE DE ROUTE POUR L'IST

En 2013, le CNRS est à nouveau l'institution de recherche qui a publié le plus d'articles scientifiques dans le monde. Une excellente raison pour impulser dans l'environnement de l'enseignement supérieur et de la recherche une stratégie de mutualisation en matière d'information scientifique et technique, afin de mieux partager les connaissances.

Prise dans l'effervescence numérique des dernières années, l'information scientifique et technique (IST) a perdu ses repères habituels. Règles de l'édition, droit d'auteur, modèles économiques, stockage des données ou encore questions de sécurité... tout est bouleversé! Sans parler de l'intensité des flux, le nombre d'articles publiés (hors SHS) chaque année ayant été multiplié par deux¹ dans le monde entre 1996 et 2012.

Cependant, pour atteindre l'objectif d'ouverture de libre accès aux résultats de la recherche, porté depuis une vingtaine d'années par le mouvement de l'open access², les obstacles économiques et techniques sont encore nombreux. « En réalité, c'est tout le dispositif de diffusion de la science qui doit évoluer », observe Renaud Fabre, nommé en 2013 à la tête de la direction de l'information scientifique et technique (DIST) du CNRS. En France, la dynamique de changement est bien lancée et le CNRS y participe activement en s'impliquant dans les instances nationales de pilotage comme la Bibliothèque scientifique numérique (BSN) et de négociation comme le Consortium Couperin.

« Face à l'enjeu de partage des connaissances, situé au cœur de sa mission, le CNRS veut aller plus loin et jouer un rôle moteur dans la dynamique de l'enseignement supérieur et la recherche », indique le directeur de la DIST. D'où l'élaboration, en 2013, d'un Schéma d'orientation stratégique de l'IST par le CNRS. Fruit de la collaboration de quatre-vingts services issus du CNRS, des organismes de recherche et des universités, cette « feuille de route » pour tous les acteurs de l'IST qui souhaitent y participer est structurée autour de deux défis principaux.

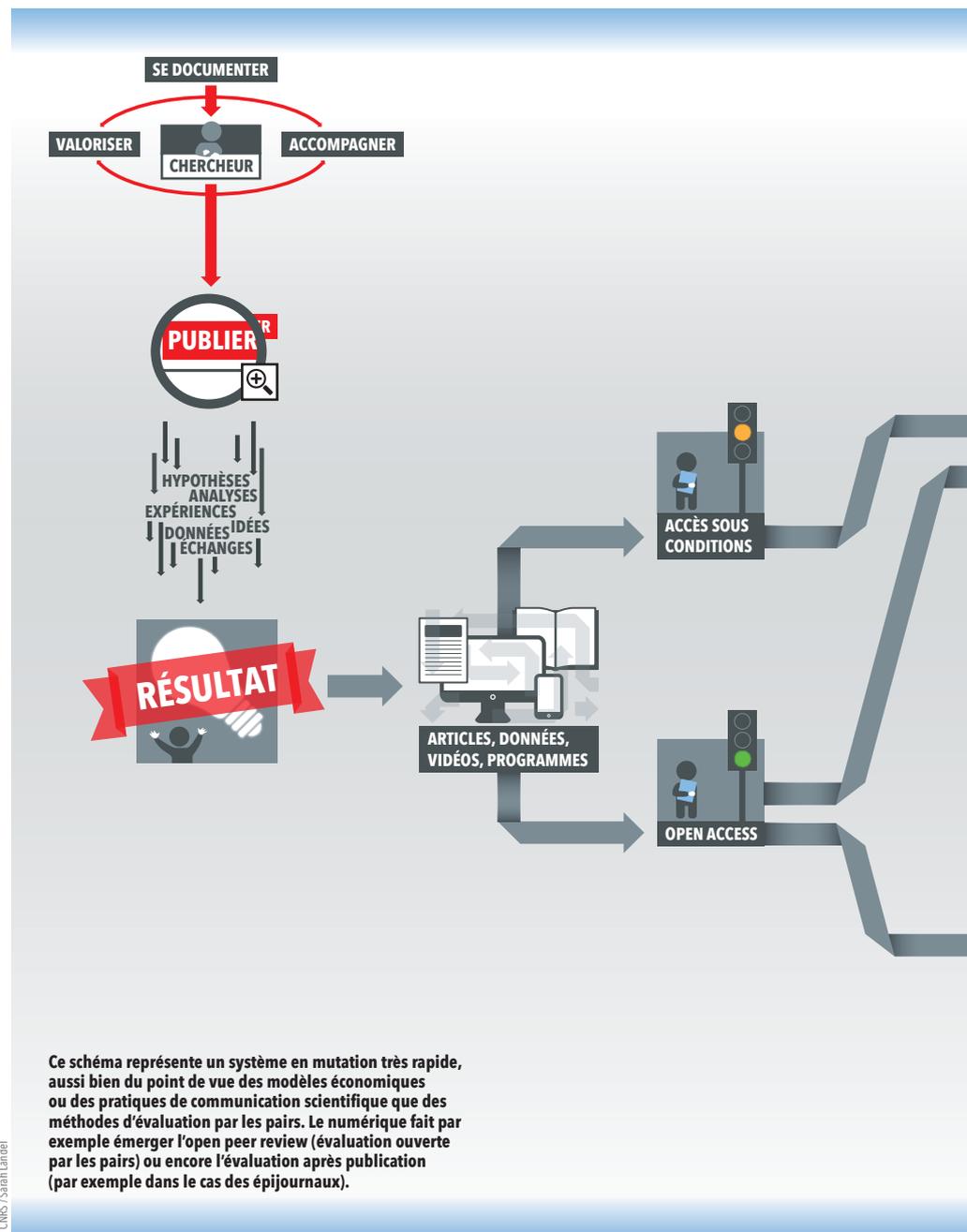
FACILITER L'ACCÈS AUX DONNÉES

Alors qu'à peine 20 % des articles scientifiques sont en open access en France, le premier défi concerne l'accès aux données de la recherche. D'importants chantiers sont donc lancés sur les conditions d'accès à l'IST dans ses dimensions juridiques, éthiques ou de sécurité... sans omettre le volet économique. En effet, l'abonnement aux revues

représentant pour le CNRS un budget d'environ 15 millions d'euros, les solutions d'open access pourraient, à terme, limiter les coûts tout en accroissant la diffusion de l'IST. Pour cela, il est prévu de renforcer les infrastructures publiques comme HAL, l'archive ouverte pluridisciplinaire développée par le CNRS, mais aussi d'appuyer davan-

tage les négociations et la stratégie d'achats en matière d'IST, aux niveaux nationaux et locaux. L'amélioration de l'accès passe également par une évolution de l'architecture et des périmètres des portails, et par la mise en place de normes et de standards pour décrire les données et les règles de partage, de stockage et d'archivage.

L'ÉDITION SCIENTIFIQUE, UN MODÈLE EN MUTATION



Ce schéma représente un système en mutation très rapide, aussi bien du point de vue des modèles économiques ou des pratiques de communication scientifique que des méthodes d'évaluation par les pairs. Le numérique fait par exemple émerger l'open peer review (évaluation ouverte par les pairs) ou encore l'évaluation après publication (par exemple dans le cas des épijournaux).

DE NOUVEAUX OUTILS D'ANALYSE

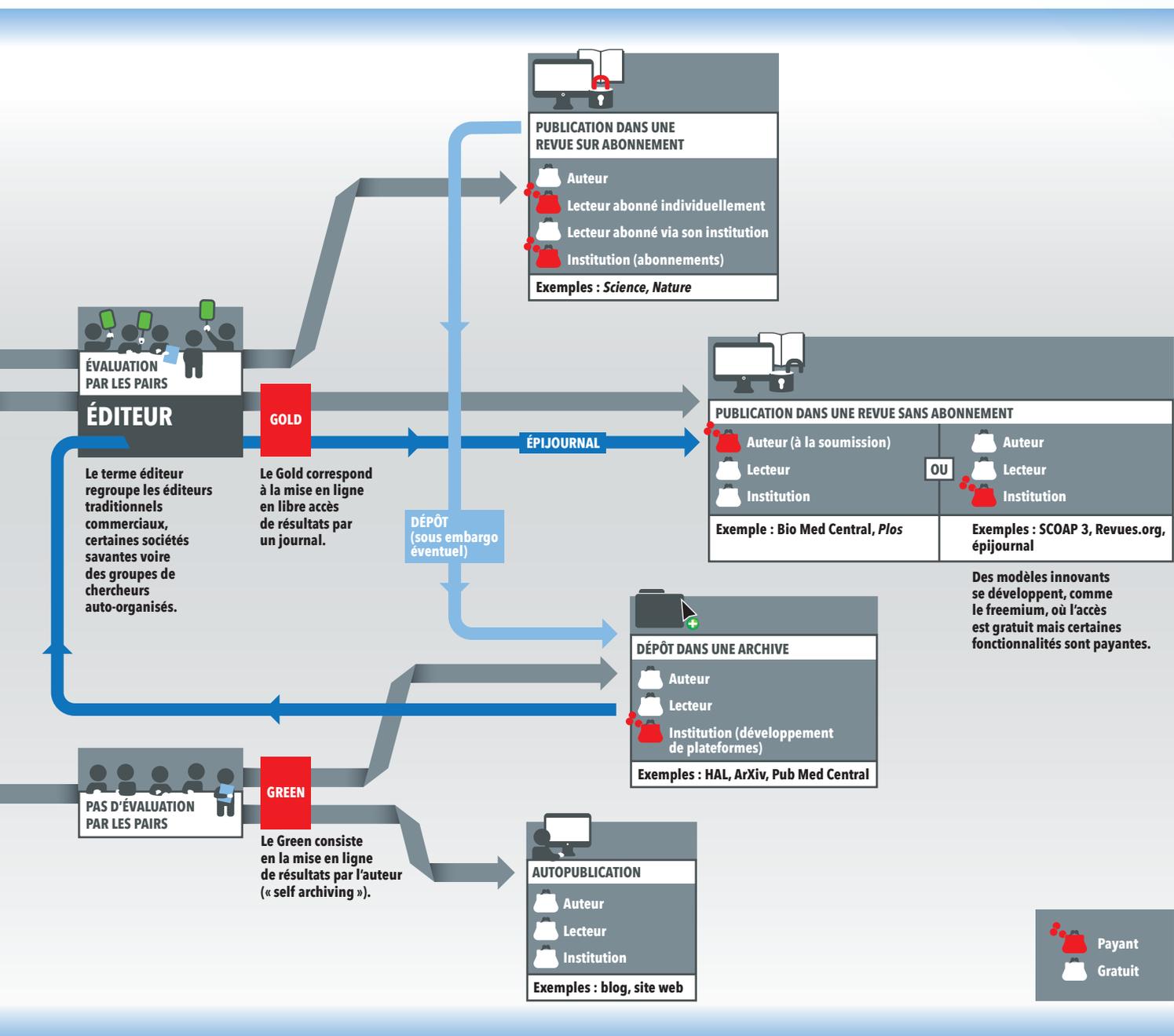
Second défi, répondre aux besoins de tous les types d'utilisateurs. Si les attentes varient en fonction des communautés scientifiques, toutes ont des besoins croissants en matière d'ingénierie des connaissances. Renaud Fabre l'explique ainsi : « Comme la science au XXI^e siècle consiste pour beaucoup à chercher dans les données, il faut développer les moyens d'investigation tels que les capteurs, les séquenceurs ou les sondeurs ». En la matière, le CNRS cherchera également à innover avec des outils d'analyse autour de l'exploration de données (data mining) et plus généralement du web sémantique (ontologies, etc.).

Le Schéma d'orientation stratégique de l'IST se décline en quatre plans d'actions autour des thèmes suivants : « se documenter », « publier », « analyser l'information » et « accompagner l'IST ». Durant les trois premiers mois de leur mise en œuvre, les plans d'actions ont amorcé des changements structurels importants dans tous les domaines de l'IST : architecture et contenu des portails de ressources IST, clarification du droit numérique des plateformes, définition des actions de formation des personnels. L'Inist, par exemple, unité propre de service du CNRS qui a une vocation nationale de desserte de l'IST, s'est dotée d'un projet de nouveaux services intitulé « ingé-

nerie des connaissances 2014-2018 ». Autant de chantiers qui montrent que l'organisme a engagé une véritable dynamique pour développer, avec ses partenaires de l'enseignement supérieur et de la recherche, des services publics dits d'open process à haute valeur ajoutée, et pour positionner l'IST publique vis-à-vis de l'industrie de l'information.

1 De 1,1 million à 2,2 millions (données fournies par la base Scopus de l'Institut Scimago).

2 L'open access ou libre accès désigne la mise à disposition en ligne, gratuite pour le lecteur, de contenus numériques.





VERS UNE GESTION RATIONNELLE ET MAÎTRISÉE

Xavier Inglebert, directeur général délégué aux ressources, a poursuivi en 2013 son action pour optimiser les ressources financières et humaines de l'organisme. Le point en interview.

© CNRS Photographie / Frédérique Plus

Pouvez-vous nous résumer les grandes idées-forces de votre action en 2013 ?

Je tiens tout d'abord à souligner que, dans un environnement très contraint par les tensions de la crise économique, nous avons réussi à préserver un niveau de recrutement satisfaisant – notamment en renouvelant l'intégralité des départs à la retraite de 2010 à 2013 – et à offrir de nouveaux services aux laboratoires. Pour y parvenir, nous avons poursuivi et amplifié notre action autour de trois grands axes : mutualiser, rationaliser, maîtriser les risques.

Vous parlez de maîtrise des risques. La direction générale déléguée aux ressources a entrepris depuis trois ans un grand chantier autour de ce thème. Pouvez-vous nous en broser les contours ?

Ce chantier s'est construit progressivement et forme désormais un tout, consacré par les modifications de l'organigramme de la DGDR en 2013.

À l'origine, la notion de maîtrise des risques était limitée aux seuls aspects financiers : il s'agissait de mettre en œuvre des démarches de fiabilisation destinées à sécuriser les écritures et de garantir la transparence de l'action publique. La certification sans réserve des comptes 2013 du CNRS en a été un des aboutissements.

Puis cette notion a été appliquée aux questions de sécurité, d'hygiène et de santé au travail, avant d'être étendue aux risques juridiques, en effet le CNRS et la recherche n'échappent pas à la judiciarisation de la société.

C'est ainsi que, par exemple, a été créé un pôle spécifique au sein de la direction des affaires juridiques. Cette « cellule des participations » élabore la réflexion, la méthodologie et les outils juridiques nécessaires à l'essor des nouvelles structures institutionnelles de

la recherche : IDEX, contrats de site, Communautés d'universités et d'établissements (Comue), bref, tout ce qui constitue l'ossature des futures grandes universités de recherche.

Qu'en est-il plus précisément pour les questions de santé au travail ?

Il s'agit d'un point essentiel. Dans la perspective de la création des nouveaux CHSCT (comités d'hygiène, de sécurité et des conditions de travail) au niveau national et dans les délégations pendant l'année 2013, j'ai décidé de rattacher directement à la direction générale déléguée aux ressources un pôle Santé et sécurité au travail. Ce pôle réunit la Coordination nationale de prévention et de sécurité et la Coordination nationale de médecine de prévention.

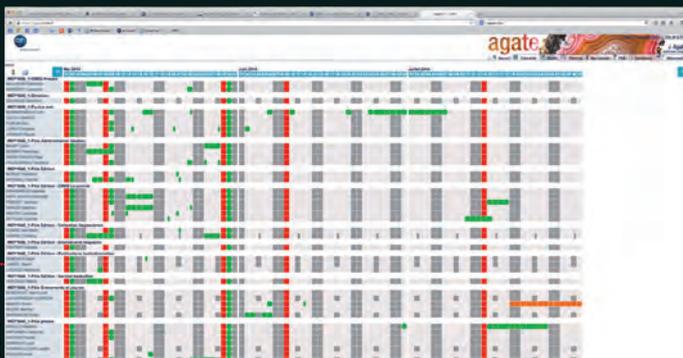
Le CNRS a aussi le devoir de garantir la sécurité de ses agents et de son patrimoine...

Cette obligation incombe à toute organisation publique. Au CNRS, elle est prise en charge par le Fonctionnaire de sécurité de défense (FSD) placé auprès du président. La portée de son action opérationnelle a été renforcée par la création le 1^{er} janvier 2014, au sein de la DGDR, de la direction de la sûreté (DIRSU), dont la responsabilité a été confiée au même FSD.

Ainsi, le FSD ne fera pas que concevoir les dispositifs au profit, par exemple, des agents en poste ou en mission à l'étranger : il sera en mesure de les mettre en œuvre au quotidien et de mobiliser les ressources nécessaires, notamment dans les cas d'urgence. Il en est de même pour la politique de protection du patrimoine scientifique et technique, dont la déclinaison concrète dans les laboratoires revêt de forts enjeux.



Ces « gliders », plateformes autonomes de mesure en mer, contiennent d'importantes quantités de batteries au lithium, produit dangereux très réglementé en transport aérien. Ulisse assure la logistique pour leur acheminement jusqu'au lieu du mouillage.



La nouvelle application de gestion des congés Agate permet d'avoir une vue globale sur le planning d'activité d'une unité.

Enfin, il est apparu indispensable de prendre en compte les risques liés au transport de matières dangereuses. C'est pourquoi Ulisse¹ a été rattaché à la DGDR en juillet 2013. L'enjeu était essentiel : mettre rapidement à la disposition de l'ensemble des laboratoires du CNRS les compétences reconnues de cette unité de service spécialisée dans le transport de matériel scientifique.

À l'actif des directions relevant de votre portefeuille, il faut relever l'achèvement du processus d'allocation des ressources. Pouvez-vous nous en rappeler les étapes ?

Il est juste d'insister sur le fait que l'allocation des ressources – niveau d'emploi ainsi que crédits d'investissement et de fonctionnement – relève d'un processus. En l'espace de quelques années, le CNRS s'est approprié ce mécanisme qui est aujourd'hui parfaitement huilé.

Tout a commencé par la mise en place d'un dialogue de gestion, en interne d'abord, avec nos partenaires ensuite. Ce dialogue est mené par la direction de la stratégie financière, de l'immobilier et de la modernisation (DSFIM). Ensuite s'est opéré le passage à l'allocation des ressources, notamment des ressources humaines avec la diffusion de l'outil « ETPT » qui, j'insiste, n'est qu'un outil et rien de plus. Ce processus a abouti à deux résultats. D'une part, la direction des ressources humaines maîtrise de manière optimale ses ressources. En 2013, l'exécution de la masse salariale a été réalisée à 50 000 euros près sur un budget de 2,6 milliards. D'autre part, cette méthode a fait émerger un management responsabilisé par centre de pilotage, selon le principe : « un périmètre – en l'occurrence un institut, une direction fonctionnelle ou une délégation –, un responsable, des ressources ».

Le processus est parachevé par la vérification de la qualité des comptes, assurée par la direction des comptes et de l'information financière (DCIF).

2013 a également été une année charnière en matière d'achat...

Dans une logique de simplification de la gestion des unités mixtes de recherche et d'économies d'échelle, le CNRS a effectivement coordonné deux opérations d'envergure à l'échelle nationale : d'une part un marché d'équipements informatiques désormais ouvert aux autres organismes de recherche et aux partenaires universitaires et d'autre part des accords-cadres communs au CNRS et aux adhérents de l'Amue² pour l'achat d'instrumentations scientifiques.

Nous avons également adopté un schéma directeur achat 2014-2016 qui réaffirme l'objectif premier de réponse aux besoins des unités et des services, tout en poursuivant la dématérialisation des procédures. Ce plan d'action nous permettra de réduire nos coûts tout en intégrant les politiques publiques fixées par le gouvernement en matière de simplification de l'accès des PME aux marchés publics, de soutien à l'innovation mais aussi d'insertion sociale et de prise en compte des exigences environnementales.

L'année a été marquée par le déploiement de nouveaux services aux laboratoires. Quels sont-ils ?

Portail emploi, e-learning, PRogiciel Intégré de Suivi MÉdical... je pourrais en citer beaucoup, mais le point d'orgue de cette année a indéniablement été le déploiement d'Agate, la nouvelle solution de gestion des congés du CNRS. Cette application a été mise en service en 2013 auprès de 600 unités, et sera disponible fin 2014 pour tous les laboratoires du CNRS. Elle permet aux agents de saisir directement leurs congés en ligne et de consulter leur compte individuel à distance. Les directeurs d'unités et les gestionnaires sont les autres grands bénéficiaires de cette application qui leur fournit un service tangible pour la gestion de leurs personnels.

Je voudrais aussi souligner le déploiement d'un module du système d'information décisionnel du CNRS, Zento, spécifiquement dédié aux laboratoires. Il concernait à la fin 2013 quelque 400 unités. Les données de pilotage qu'il procure sont utiles aux directeurs de structures ainsi qu'à leurs gestionnaires, leur fournissant une bonne visibilité sur toutes les données qui les concernent : effectifs et démographie du laboratoire, relations avec les partenaires...

Qu'en est-il de l'offre en matière informatique ?

La direction des systèmes d'information (DSI) a finalisé le déploiement d'une offre de services sécurisée sur la base d'une tarification attractive. Cette offre est proposée à tous les laboratoires qui le souhaitent, ces derniers restant libres de l'adopter ou non. Elle a été conçue pour sécuriser la circulation et le stockage d'infos, ce qui est un enjeu très important dans un organisme comme le nôtre, et dans un souci de rationalisation de la dépense informatique. Cerise sur le gâteau, les laboratoires qui l'ont adoptée ont exprimé leur satisfaction !

Plus inattendu, vos services travaillent aussi à améliorer la qualité des réponses aux appels d'offres européens...

C'est exact. Le plan d'action Europe élaboré par la Mission pilotage et relations avec les délégations régionales et les instituts (MPR) contribue à simplifier les procédures administratives des projets européens. Pour aider les chercheurs à améliorer la qualité de leurs projets, nous avons aussi renforcé en 2013 le pool d'ingénieurs de projets européens (IPE) qui accompagnent les chercheurs dans le montage des projets. Nous avons également mis en place, à la demande expresse des lauréats des bourses européennes ERC et en un temps record, un dispositif d'avance de fonds afin qu'ils puissent engager leurs projets dans les plus brefs délais. Pour finir, nous avons conçu en 2013 une nouvelle application de suivi des temps. Baptisée Tempo et lancée tout début 2014, elle est spécialement destinée aux bénéficiaires de projets de recherche dont les coûts de personnels sont valorisés, et notamment les projets des programmes-cadres européens.

Passons maintenant au plan d'action pour une réorganisation des fonctions support³. Où en est-on sa mise en œuvre ?

Plusieurs étapes importantes ont été franchies. Le nombre et le périmètre des délégations régionales franciliennes ont été arbitrés. C'est ainsi que nous avons décidé de réduire leur nombre à cinq, les délégations Île-de-France Est et Paris A étant ame-



Xavier Inglebert entouré des dix-neuf délégués régionaux du CNRS et de Joëlle Raguideau, directrice de la mission pilotage et relations avec les délégations régionales et les instituts.

nées à fusionner en une délégation localisée sur le campus de Villejuif. Les périmètres de ces cinq entités – Paris Michel-Ange, Paris Villejuif, Paris Gif, Paris Meudon et Paris B – seront désormais en cohérence avec ceux de nos partenaires universitaires en Île-de-France. Je pense en particulier à la réorganisation de la délégation régionale située à Gif-sur-Yvette qui accompagne la création de l'université Paris-Saclay.

Un autre motif de satisfaction concerne le projet de dématérialiser la chaîne de la dépense au CNRS, de la commande jusqu'au traitement des factures. Après une phase pilote concluante, qui s'est étalée d'octobre 2013 à février 2014, le tout nouveau service central de traitement de la dépense, que nous avons créé en un an seulement, s'apprête à engager le déploiement de la réforme dans toute la zone « Grand Est ». Quand elle sera achevée, cette réforme, pilotée par la direction des comptes et de l'information financière (DCIF) en collaboration avec la direction déléguée aux achats et à l'innovation (DDAI), fera de l'organisme un des établissements publics les plus avancés en termes de dématérialisation administrative !

Le CNRS est parfois critiqué pour sa lourdeur administrative en même temps que l'on lui reconnaît volontiers ses solides compétences en gestion. Comment situez-vous votre action entre ces deux extrêmes ?

J'ai le sentiment que le CNRS a réussi à préserver ses fondamentaux en matière de gestion, je pense en particulier à l'accompagnement RH, tout en faisant évoluer sa gestion.

Les services du CNRS restent réputés dans l'administration française pour la qualité de leur accompagnement de proximité et le suivi personnalisé des agents ainsi que leur réactivité face aux difficultés. C'est le résultat de l'engagement sans faille de leurs agents au siège, dans les délégations régionales et dans les laboratoires et je tiens à les en remercier profondément.

1 Unité de logistique internationale services et soutien aux expériences.

2 Agence de mutualisation des universités et établissements.

3 Plan d'action 2012-2015 pour une organisation rénovée des fonctions support.

DES RÉMUNÉRATIONS ET PERSPECTIVES DE CARRIÈRE AMÉLIORÉES POUR LES TECHNICIENS

L'année 2013 a été marquée par la transposition aux EPST¹ d'un décret de 2009 qui fixe de nouvelles dispositions statutaires pour les personnels du corps des techniciens, soit environ 3 600 agents du CNRS. Premiers effets, immédiatement sensibles : une revalorisation salariale suite à leur reclassement au 1^{er} novembre 2012 dans une nouvelle grille de rémunération et un accroissement du nombre d'agents remplissant les conditions pour être promus. Une hausse que le CNRS a choisi d'accompagner en augmentant le nombre de promotions offertes aux techniciens en 2013. À plus long terme, leurs perspectives de carrière seront améliorées.

1 Établissements publics à caractère scientifique et technologique.

UN MEILLEUR SERVICE AUX AGENTS

Simplifier, mutualiser et optimiser ont été les maîtres-mots de la politique des ressources humaines du CNRS en 2013. Les évolutions techniques qui en découlent simplifient la vie quotidienne des agents comme des services RH chargés de les accompagner.

Maintenir un haut niveau de service aux laboratoires dans un contexte financier contraint, c'est l'équation à résoudre pour les services des ressources humaines aujourd'hui. En 2013, le CNRS a pu remplacer 100 % des départs à la retraite et recruter de nouveaux chercheurs, ingénieurs et techniciens, mais de nombreux CDD n'ont pu être renouvelés. Christophe Coudroy, directeur des ressources humaines, indique que « la situation relativement préservée du CNRS par rapport au reste de la fonction publique crée une exigence d'autant plus forte en matière de politique des ressources humaines. Nous devons optimiser les ressources disponibles, améliorer notre fonctionnement, chercher des solutions nouvelles ».

MUTUALISER LES BONNES PRATIQUES...

Pour cela, une des pistes consiste à s'appuyer sur des initiatives locales. « Il y a au CNRS une très grande créativité dans les laboratoires, mais aussi dans les délégations régionales. Il serait dommage de ne pas mutualiser cette richesse », déclare Christophe Coudroy. En 2013, le recensement de toutes les applications RH développées localement par les délégations régionales a fait émerger des outils qui correspondent à des besoins transversaux. C'est le cas d'OASIS, logiciel de gestion RH conçu par la délégation Midi-Pyrénées. Original et facilement transposable techniquement, il est maintenant utilisé par de nombreux gestionnaires du CNRS (voir encadré ci-dessous).

Autre exemple, l'accompagnement des ingénieurs et techniciens (IT) en situation professionnelle difficile. « Alors que les chercheurs bénéficient depuis plusieurs années d'un système de suivi post-évaluation, nous souhaitons formaliser et valoriser les actions des délégations régionales en matière d'accompagnement des IT », explique Christophe Coudroy. Un groupe de travail associant l'ensemble des acteurs a précisé les situations pouvant faire l'objet d'un accompagnement (inadéquation au poste, situations de réorganisations, conflits, etc.) et les différentes étapes à suivre par les services RH, depuis l'analyse jusqu'à la mise en œuvre d'actions (évolution du poste, formation, changement d'affectation, etc.). « Grâce à des outils de suivi nouveaux, nous verrons dans les prochains mois comment évolue, quantitativement et qualitativement, l'accompagnement des IT » indique le DRH (voir encadré page suivante).

... MAIS AUSSI CERTAINES TÂCHES ADMINISTRATIVES

Bien sûr, l'optimisation des ressources passe aussi par la mutualisation d'actes administratifs. C'est le cas des concours IT dont la gestion, pour toute la France, a été confiée le 1^{er} janvier 2013 au nouveau service central des



UNE APPLICATION RH LOCALE ÉTENDUE À TOUT LE CNRS

« À la fin de l'année 2013, nous avons adopté OASIS, une nouvelle application informatique RH développée par la délégation Midi-Pyrénées. Cet outil permet de réaliser des requêtes ciblées dans le système d'information dédié aux ressources humaines du CNRS, SIRHUS, mais aussi de générer des alertes très utiles lorsque l'on gère des centaines d'agents en même temps. Étendre ce type d'applications internes à tout le CNRS est vraiment intéressant car elles sont parfaitement adaptées à nos besoins et fiabilisent les actes de gestion. De plus, dans le cas d'OASIS, nous pouvons à notre tour proposer des améliorations afin de le rendre plus performant... »

Caroline Chanteloup, gestionnaire ressources humaines à la délégation Normandie

concours situé à Meudon. Procédant d'une volonté de simplification, ce service centralisé allège la charge de travail des délégations régionales et renforce l'expertise nationale dans ce domaine.

La démarche est similaire concernant les marchés de formation et de restauration sociale. Auparavant devaient être passées autant de procédures de marché que de délégations régionales concernées, avec tout ce que l'on imagine de pièces et d'actes juridiques, de délais... et de risques contentieux. Désormais, les tâches administratives sont effectuées une seule fois pour le bénéfice de tous, soit dans une délégation régionale qui a développé une expertise particulière (sur un marché de formation, par exemple), soit à la direction déléguée aux achats, au siège. La mise en place de l'application Agate, pour la gestion des congés et des comptes épargne-temps, ainsi que la refonte des outils de gestion de certaines primes, est également de nature à améliorer l'activité des services RH au quotidien.

ÊTRE SOLIDAIRE ET ATTRACTIF

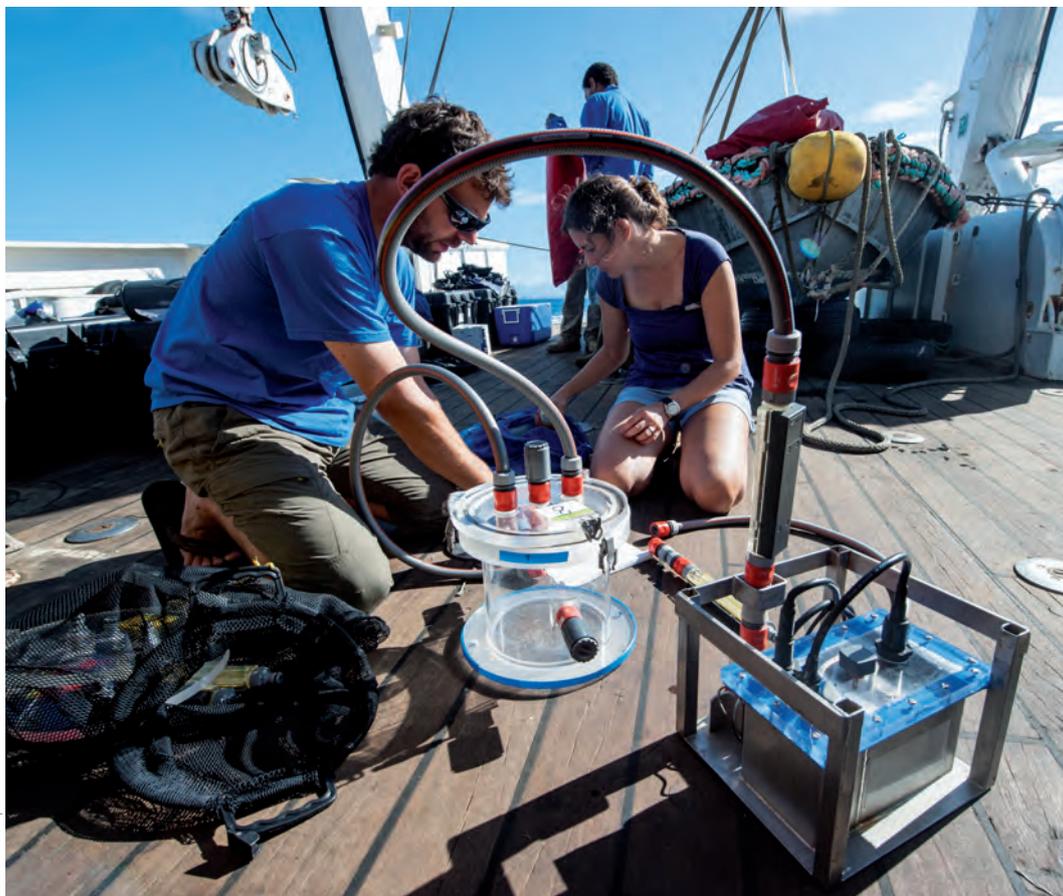
En 2013, le CNRS s'est aussi attaché à améliorer son intervention sur le volet social. Ainsi, le dispositif en matière de logement a été entièrement refondu. « Dans un marché locatif tendu, il s'agit de prendre en charge les besoins particuliers des nouveaux agents mais aussi de ceux qui effectuent une mobilité, y compris les cher-

cheurs étrangers. Et ce, en tenant compte des ressources ou des situations particulières, de handicap par exemple », précise Christophe Coudroy. Sont ainsi proposés des réservations ciblées de logements, une plateforme d'accompagnement, une garantie des risques locatifs, un prêt bonifié pour l'accession à la propriété, des prêts pour la prise en charge des premières dépenses liées à l'installation, etc. L'accompagnement du handicap a également progressé en 2013. Le CNRS dispose désormais d'un document de référence précisant les modalités pratiques d'accueil et d'accompagnement d'agents en situa-

tion de handicap. Par ailleurs, la convention avec le fonds pour l'insertion des personnes handicapées dans la fonction publique (FIPHFP) ayant été renouvelée, le CNRS bénéficiera d'un financement de 5 millions d'euros sur les trois prochaines années et pourra ainsi poursuivre sa politique volontariste.

ANTICIPER LES ÉVOLUTIONS DE L'EMPLOI AU CNRS

« Parce que la recherche est par essence synonyme de mouvement et projette dans le futur, la politique RH au CNRS se doit d'intégrer cette dimension dynamique », explique Christophe Coudroy. En 2013, la mise en œuvre de cette gestion prévisionnelle des effectifs, des emplois et des compétences (GPEEC) a donc conduit la DRH à organiser de nombreux groupes de travail pour réexaminer les métiers au CNRS afin de mieux les caractériser et d'anticiper les évolutions. Ces travaux ont abouti à une importante contribution envoyée au ministère sur le référentiel des métiers de l'enseignement supérieur et de la recherche.



© CNRS/Photographie/IRD / Evénement

L'ACCOMPAGNEMENT DES INGÉNIEURS ET TECHNICIENS

« Le travail collectif que nous avons mené sur l'accompagnement des IT a permis de mutualiser nos pratiques et de formaliser une offre de service homogène au niveau national. Cela s'est traduit par la mise en place d'outils communs aux services RH (guide d'entretien, tableau de suivi, etc.) et par la diffusion d'une plaquette de communication sur le service apporté en matière d'accompagnement des personnels. En effet, on ne rencontre pas un conseiller RH uniquement lorsque ça va mal, mais aussi, par exemple, pour se former, pour évoluer dans son parcours professionnel... Cette démarche s'inscrit dans une politique RH de prévention des situations problématiques, initiée avec la mise en place des cellules de veille sociale, qui constituent aussi un acteur important du dispositif d'accompagnement. »

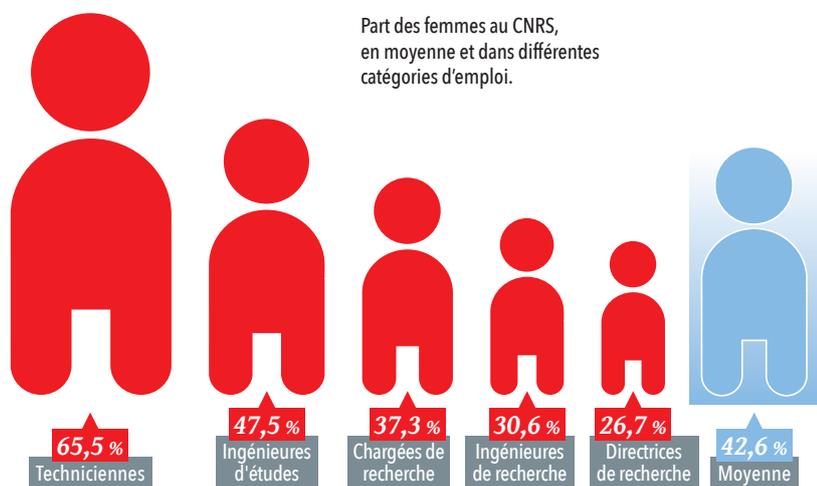
Valérie Roch, responsable ressources humaines de la délégation Bretagne et Pays de Loire

UN PLAN D'ACTION POUR L'ÉGALITÉ PROFESSIONNELLE ENTRE LES FEMMES ET LES HOMMES

Les chiffres sont là : non seulement on manque de femmes dans la recherche, mais plus on grimpe dans la hiérarchie, moins il y en a. « En plus d'être injuste, cette situation nuit à la qualité et au pilotage de la recherche car il n'est plus à démontrer que la diversité et la mixité augmentent l'intelligence collective », observe Anne Pépin, directrice de la mission pour la place des femmes au CNRS. Dans le sillage du travail accompli depuis une dizaine d'années par cette structure pionnière, un plan d'action pour l'égalité professionnelle a été adopté en septembre 2013. Fortement soutenu par la direction de l'organisme, il s'inscrit pleinement dans le contexte européen et répond aux nouvelles exigences légales françaises des lois Sauvadet et Fioraso. Anne Pépin le souligne, « ce plan d'action, qui s'appuie sur un diagnostic réalisé au sein de l'établissement et sur les avancées des recherches sur le genre, a été élaboré à partir des meilleures

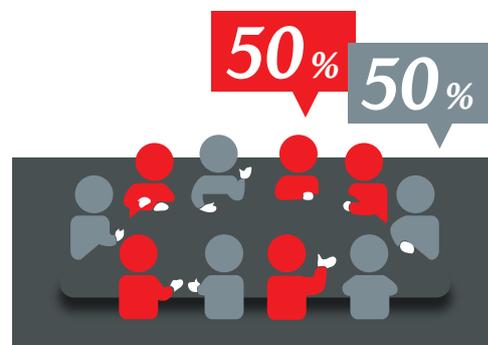
pratiques internationales en matière d'égalité professionnelle ». Impliquer les dirigeant-e-s, faire évoluer la structure organisationnelle, les progressions de carrière et l'équilibre vie professionnelle - vie personnelle, tels en sont les grands axes. Les premières actions ont concerné la formation des dirigeant-e-s, le harcèlement sexuel au travail, la sensibilisation des nouveaux entrants, mais aussi le recrutement et les promotions (réflexions au niveau du Comité national de la recherche scientifique), le soutien à la recherche sur le genre... D'autres chantiers sont en cours, sur le télétravail, l'organisation des temps de travail et la prise en compte des interruptions de carrière dans l'évaluation. « Faire évoluer les mentalités et les organisations est un travail de longue haleine. Mais même si cela doit prendre plusieurs années, cela finira par porter ses fruits », conclut Anne Pépin.

La représentation des femmes au CNRS



Si les femmes sont surreprésentées dans les emplois de niveau technicien, leur présence diminue à mesure que l'on monte dans la hiérarchie. *Source : DRH/La parité dans les métiers du CNRS 2012*

Vers la parité au Conseil d'administration



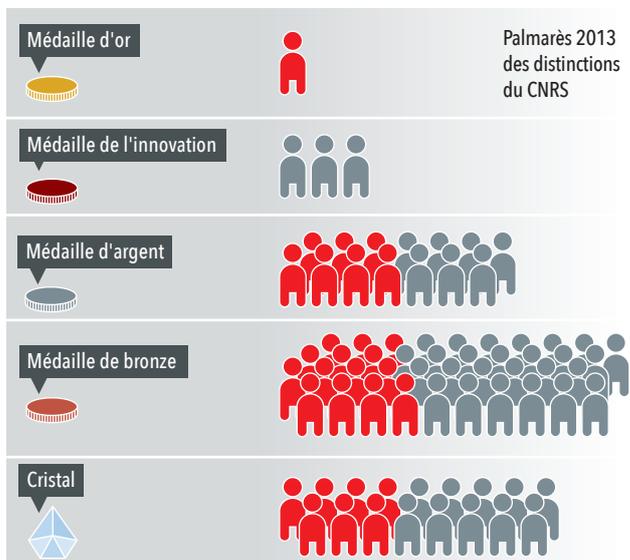
Fin 2013, femmes et hommes sont à égalité parmi les membres nommés du Conseil d'administration du CNRS. Le CNRS remplit ainsi - et dépasse - les dispositions de la loi Sauvadet. Si l'on prend en compte les membres élus et de droit, le CA du CNRS compte au total 38 % de femmes.

Des progrès aussi en délégation



Fin 2013, 8 des 19 délégués régionaux du CNRS étaient des femmes, soit 42 %, contre 26 % en 2012 et 22 % en 2011.

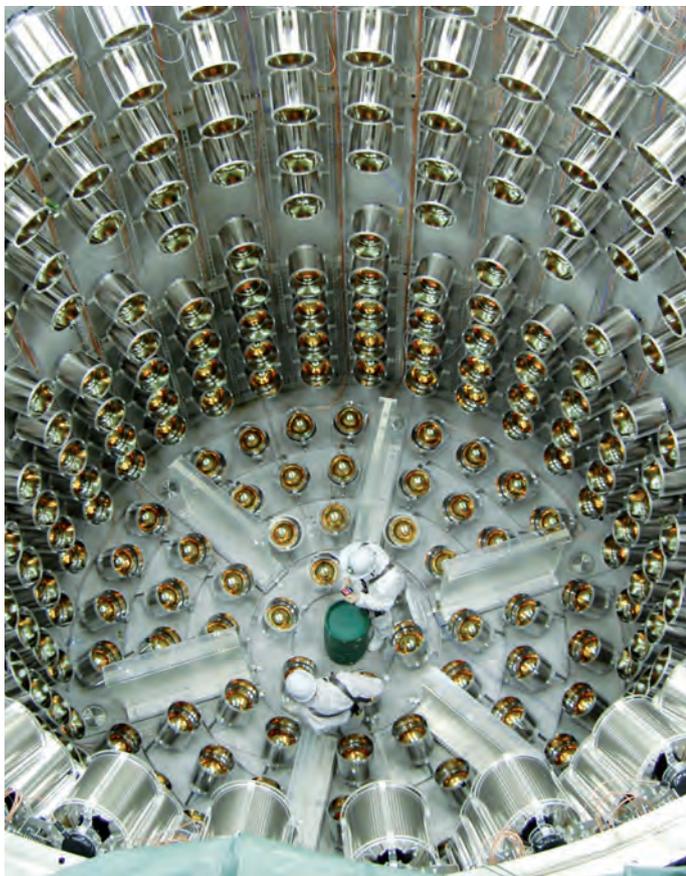
De plus en plus de femmes médaillées



En 2013, parité pour la médaille d'argent. Et, pour la première fois depuis 1986, la médaille d'or, plus haute distinction scientifique française, a été attribuée à une femme.

UN BÂTISSEUR AUDACIEUX

Le CNRS a poursuivi en 2013 sa politique d'adaptation de ses infrastructures immobilières à l'évolution de l'activité scientifique. Zoom sur trois projets immobiliers de grande envergure livrés ou inaugurés en 2013, dont le CNRS a assuré la maîtrise d'ouvrage. Surmontant, dans certains cas, de véritables défis techniques.



© CNRS/INCA



© CNRS Photographique / Cyril Fénelon

UN LABORATOIRE SOUTERRAIN DANS L'ENCEINTE D'UNE CENTRALE NUCLÉAIRE

Initiée par la France, l'expérience internationale Double Chooz a pour objectif d'étudier les neutrinos, ces particules élémentaires qui ont la particularité de changer de « saveur », autrement dit de forme, au cours de leur déplacement. L'idée : détecter les flux de neutrinos émis par une source bien connue – la centrale nucléaire de Chooz dans les Ardennes – à deux distances différentes, afin de les comparer. Si le détecteur le plus lointain, situé à un kilomètre des réacteurs de la centrale, existait déjà, restait à réaliser le détecteur « proche », en l'enterrant à 45 mètres sous terre pour le protéger des rayons cosmiques. La construction du laboratoire qui l'héberge, situé à seulement 400 mètres des cœurs de la centrale, a ainsi nécessité des travaux d'excavation à l'explosif sur un site nucléaire, et la réalisation d'un tunnel d'accès de 155 mètres de long. Cette prouesse technologique a été rendue possible par l'investissement constant, pendant quatre ans, des services d'appui à la recherche de la délégation Centre-Est du CNRS et du CEA. Livré aux scientifiques en mai 2013, ce laboratoire a été cofinancé principalement par le FEDER¹, le CNRS, le CEA, la Région Champagne-Ardenne et EDF. Avec cet outil, les chercheurs sont armés pour la compétition internationale autour du neutrino.

1 Fonds européen de développement économique et régional.

UN BÂTIMENT « ANTI-VIBRATIONS » DÉDIÉ AUX NANOSCIENCES

Autre projet d'envergure : le bâtiment Nanosciences de l'Institut Néel à Grenoble. Ce laboratoire développe des équipements scientifiques permettant de fabriquer et d'étudier des échantillons de plus en plus petits, qui tendent vers l'échelle atomique et sont particulièrement sensibles aux variations de leur environnement. Or les performances de ces équipements étaient limitées par les caractéristiques intrinsèques des locaux qui les abritaient. C'est pourquoi le bâtiment Nanosciences a été spécialement conçu afin de limiter au maximum l'influence des vibrations mécaniques et des perturbations électriques, acoustiques, thermiques, hygrométriques et magnétiques sur les expérimentations qui y sont réalisées. Les expériences sont par exemple installées sur des plots de béton de plusieurs centaines de tonnes pour se prémunir des vibrations. Grâce à ses caractéristiques exceptionnelles et uniques en Europe, le bâtiment Nanosciences, inauguré en avril 2013, permettra aux équipes de recherche de rester au plus haut niveau mondial dans des domaines aussi variés que l'information quantique, la cristallogénèse, la microscopie, l'optique ou encore la nanofabrication. Financée dans le cadre du Contrat de projets État-Région (CPER 2007-2013), cette opération a impliqué, outre le CNRS, l'État, la Région Rhône-Alpes, la ville de Grenoble et la communauté d'agglomérations Grenoble-Alpes Métropole.

DES OUTILS DÉMATÉRIALISÉS

Toujours soucieux d'améliorer la qualité de ses processus, le CNRS a déployé en 2013 de nouveaux services en ligne au bénéfice de ses agents et du public extérieur.

La gestion des congés était jusqu'à présent très hétérogène au sein du CNRS. Cette situation est en passe d'être corrigée grâce au lancement de l'application Agate. Outre une harmonisation globale de la gestion des congés, la mise en place de ce logiciel poursuit trois objectifs : simplifier le travail des gestionnaires dans un environnement réglementaire complexe, améliorer l'information des agents et donner une meilleure visibilité aux managers sur les plannings de travail de leurs équipes.

Toujours dans l'optique de donner plus d'information aux décideurs, le CNRS a déployé en direction des laboratoires un module spécifique de Zento, plateforme décisionnelle de l'organisme qui permet le partage d'informations fiables et identiques à tous les échelons hiérarchiques. Ce nouveau module « Zento Labo », conçu de manière collaborative avec les laboratoires, fournit aux directeurs d'unité des données et des indicateurs régulièrement mis à jour sur les effectifs, les finances ou encore les projets « investissements d'avenir » de leur structure, leur apportant des éléments utiles pour le pilotage.

Pour répondre aux exigences de transparence des financeurs de grands projets, notamment européens, le CNRS a créé en un temps record un outil dématérialisé de suivi des temps. Baptisé Tempo, ce logiciel, lancé le 1^{er} janvier 2014 en même temps qu'Horizon 2020, donne aux laboratoires une base fiable pour le remboursement des coûts de personnels engagés dans les projets européens.

Cette année marque aussi l'essor du e-learning, avec la mise à disposition d'espaces collaboratifs dédiés à l'intention des stagiaires en formation et le déploiement d'un panel de formations animées par visioconférences et webconférences. Ces formats sont particulièrement adaptés aux actions de formations dites transverses et destinées à un large public, telles que l'apprentissage de la bureautique ou des langues.

D'autres services dématérialisés ont été développés au service des personnes extérieures au CNRS. Ainsi le nouveau « portail emploi » est un point d'entrée pour le recrutement dans l'organisme qui regroupe les annonces de concours, les campagnes de mobilité et les offres d'emploi contractuel. Il permet à toutes les unités du CNRS de diffuser leurs offres de CDD et facilite l'embauche, notamment à travers une cévéthèque. La gestion des concours externes d'ingénieurs et de techniciens a quant à elle été entièrement dématérialisée sur le web, simplifiant les démarches pour les candidats et allégeant la charge de travail des équipes RH.



© CNRS DRT3 / Aurélie Lévain

GENOPOLYS, UN ESPACE SCIENTIFIQUE D'ÉCHANGES SUR LA BIOLOGIE ET LA SANTÉ

Idéalement situé au sein d'un campus CNRS à Montpellier, à proximité des universités et des hôpitaux et en lien direct avec des instituts de recherche, Genopolys se distingue par l'originalité de son projet. Dédié à la biologie et à la santé, ce bâtiment sans équivalent à l'échelle nationale, voire européenne, se veut un véritable carrefour d'interactions entre chercheurs, médecins, cliniciens, entrepreneurs, familles et lycéens. Son objectif est triple : favoriser l'intégration de la recherche clinique à la recherche fondamentale, échanger autour des recherches dans le domaine de la biologie et de la santé avec le grand public et les jeunes et associer le monde de la recherche à celui de l'entreprise par le biais de la formation, de l'interaction et du développement. Doté de grandes capacités d'accueil (amphithéâtre, salles de réunion modulables...) et de salles de démonstration aménagées avec des paillasses de laboratoire, le bâtiment est conçu pour favoriser les échanges et les rencontres. Habillé d'une résille dorée en alliage de cuivre figurant un gel d'ADN, il est un emblème remarquable de l'ouverture de la recherche aux citoyens. Inauguré en décembre 2013, Genopolys a été cofinancé à 50 % par le CNRS et à 50 % par les autres partenaires (Inserm, Université Montpellier 1, Sanofi, Région Languedoc-Roussillon, Conseil général de l'Hérault, Ville de Montpellier et CHRU).

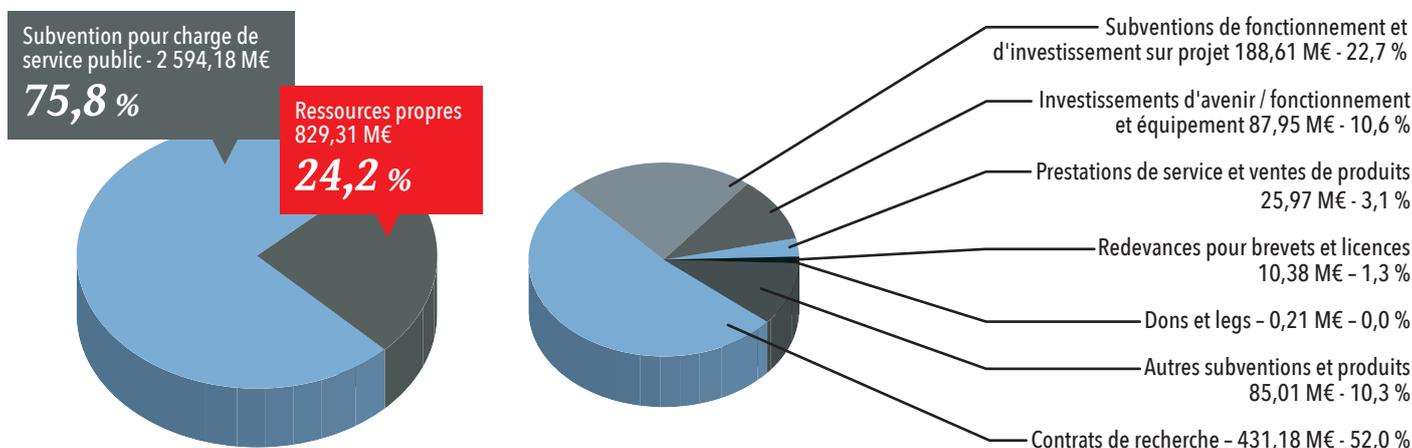
ÉLÉMENTS BUDGÉTAIRES ET FINANCIERS

LE BUDGET DU CNRS EXÉCUTÉ EN 2013

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 également lisibles à travers le budget de l'organisme.

Les ressources

La structure des ressources du CNRS en 2013



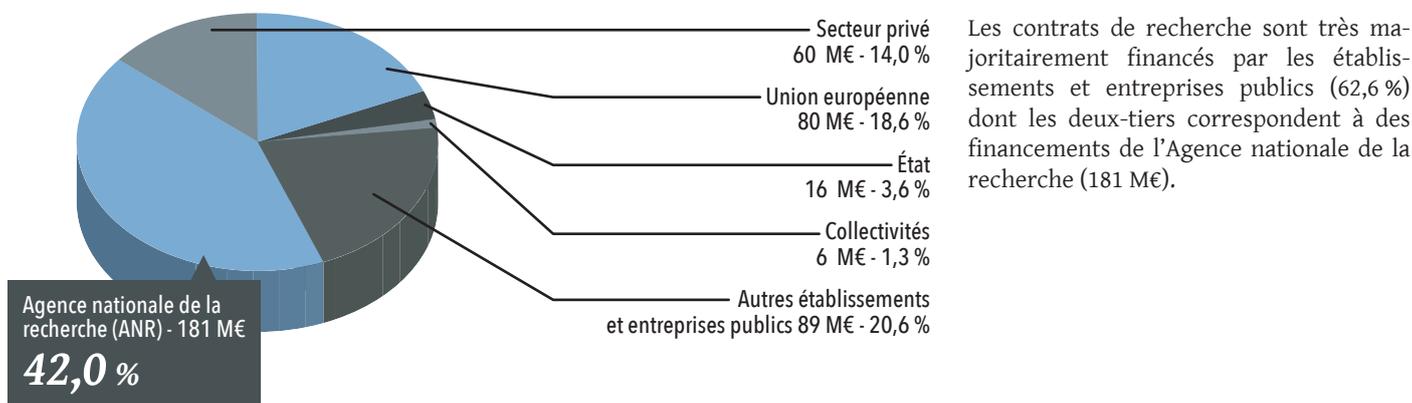
Source : données BFC - traitement CNRS/DCIF-DSFIM

Les ressources de l'organisme en 2013 s'élèvent à 3 423,49 millions d'euros (M€). Elles proviennent principalement de la sub-

vention de l'État (2 594,18 M€) qui représente 75,8 % de l'ensemble. Parmi les ressources propres (829,31 M€), les contrats de

recherche (431,18 M€) constituent la première source de financement (52,0 %).

Les contrats de recherche du CNRS en 2013



Les contrats de recherche sont très majoritairement financés par les établissements et entreprises publics (62,6 %) dont les deux-tiers correspondent à des financements de l'Agence nationale de la recherche (181 M€).

Ce camembert présente l'ensemble des droits acquis par le CNRS au cours de l'exercice 2013.

Source : données BFC - traitement CNRS/DCIF-DSFIM

Évolution des ressources 2007-2013

	Subvention du ministère de la Recherche		Autres ressources		Total
	M€	%	M€	%	M€
2007	2 312,69	82 %	519,84	18 %	2 832,53
2008	2 331,36	80 %	570,13	20 %	2 901,49
2009	2 465,64	77 %	744,56	23 %	3 210,20
2010	2 493,49	77 %	762,41	23 %	3 255,90
2011	2 511,27	76 %	772,72	24 %	3 283,99
2012	2 518,15	77 %	765,84	23 %	3 283,99
2013	2 594,18	76 %	829,31	24 %	3 423,49

Les recettes constatées augmentent de 21 % au cours de la période 2007/2013. Ce résultat s'appuie sur une progression de la subvention du ministère chargé de la Re-

cherche de 12 % (+3 % par rapport à 2012) et des ressources propres de 60 % (+8 % 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 24 %, celle-ci reste stable depuis 2009.

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

Origine du financement des ressources propres sur contrats de recherche par bailleur (en M€)	2012	2013	Évolution montant	Évolution (%)
État	12	16	4	32 %
Collectivités territoriales	3	6	3	80 %
Établissements et organismes publics	260	250	-10	-4 %
<i>dont ANR</i>	186	181	-4	-2 %
Commission européenne	66	80	14	21 %
Autres financeurs publics étrangers	19	19	0	0 %
Divers financements publics via des entreprises privées	35	27	-8	-22 %
Financement d'origine publique	395	398	2	1 %
Entreprises privées françaises	17	27	10	62 %
Entreprises privées étrangères	2	6	4	157 %
Financement d'origine privée	19	33	14	74 %
TOTAL	414	431	17	4 %

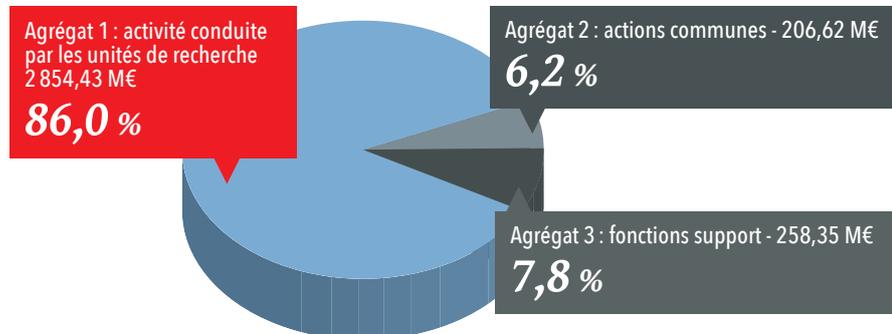
Le tableau présente l'ensemble des droits acquis par le CNRS au cours de l'exercice 2013.

Les dépenses

Le montant des dépenses 2013 de l'organisme sur subvention d'État et ressources propres est de 3 319,40 M€ (hors charges

calculées). La déclinaison des dépenses est présentée dans les graphiques suivants.

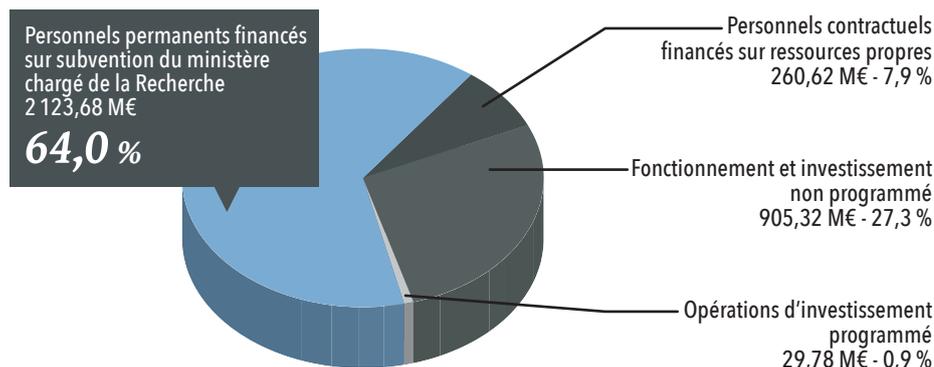
Les dépenses par agrégat



L'exécution 2013 de l'agrégat A1 confirme la priorité accordée aux financements des laboratoires, sachant que plus de 86 % des moyens financiers de l'établissement leur sont directement consacrés.

Source : données BFC - traitement CNRS/DCIF-DSFIM

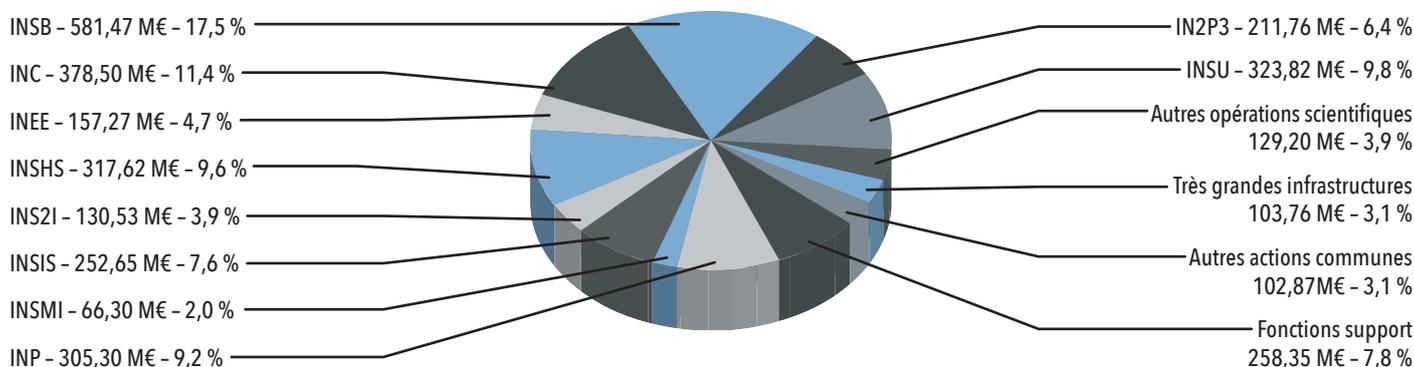
Les dépenses par nature



Les dépenses de personnel (permanent et contractuel) représentent près de 72 % des dépenses de l'établissement.

Source : données BFC - traitement CNRS/DCIF-DSFIM

Les dépenses par destination



Source : données BFC - traitement CNRS/DCIF-DSFIM

Les dépenses relatives à l'agrégat 1 sont dorénavant présentées par institut. Aussi, la répartition des dépenses par institut indiquée sur la figure ci-dessus tient compte tant du nombre de structures et de la

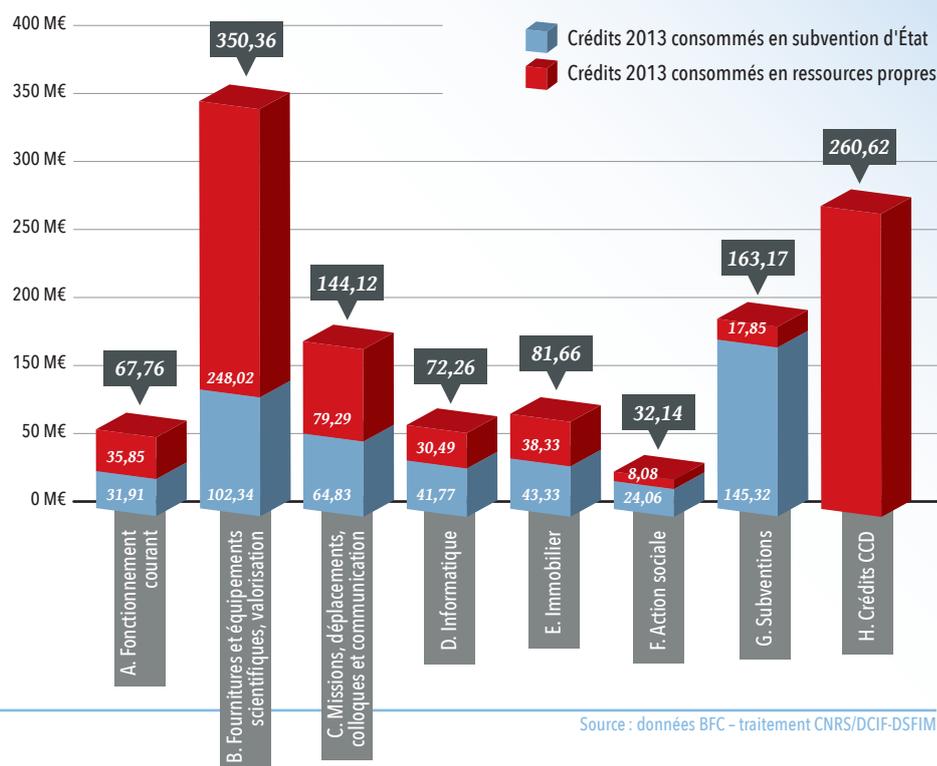
masse salariale des agents CNRS rattachés à chacun des instituts de l'organisme que de leur champ disciplinaire. Les dépenses par ligne de destination révèlent que la chimie (INC) et les sciences

de l'Univers (INSU), respectivement 11,4 % et 9,8 % du total, constituent deux des principaux pôles de dépenses de l'établissement, après les sciences biologiques (INSB ; 17,5 %).

Les dépenses de fonctionnement, d'équipement et d'investissement selon le référentiel budgétaire du CNRS en 2013

Le référentiel budgétaire du CNRS, en vigueur depuis 2010, permet d'obtenir une présentation de ses dépenses suivant des regroupements fonctionnels. Il est utilisé à tous les niveaux de responsabilité (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).

En 2013, 350,36 M€ (soit 29,9 % des dépenses totales) ont été consacrés au regroupement fonctionnel « Fournitures et équipements scientifiques, valorisation » dont 70,8 % correspondent à des crédits consommés en ressources propres.



Source : données BFC - traitement CNRS/DCIF-DSFIM

Les comptes

Le compte de résultat 2013 (en M€)

Charges	2011*	2012	2013	Produits	2011*	2012	2013
Total charges d'exploitation	3 241	3 333	3 332	Total produits d'exploitation	3 136	3 192	3 365
Résultat d'exploitation : BÉNÉFICE			33	Résultat d'exploitation : PERTE	105	141	
Charges financières	1		3	Produits financiers	2	1	2
Résultat financier : BÉNÉFICE	1	1		Résultat financier : PERTE			ns
Charges exceptionnelles	6	14	12	Produits exceptionnels	48	113	4
Résultat exceptionnel : BÉNÉFICE	42	99		Résultat exceptionnel : PERTE			8
Total des charges	3 248	3 347	3 347	Total des produits	3 185	3 306	3 371
Bénéfice			25	Perte	63	41	
Total	3 248	3 347	3 371	Total	3 248	3 347	3 371

Le bilan 2013 (en M€)

Actif	2011**	2012	2013	Passif	2011**	2012	2013
Actif immobilisé net	1 255	1 219	1 206	Capitaux permanents	1 483	1 407	1 500
Actif circulant net (hors trésorerie)	1 211	1 240	1 329	Provisions	216	221	217
Trésorerie (actif)	356	454	500	Dettes (hors trésorerie)	1 122	1 282	1 316
Total	2 823	2 913	3 035	Trésorerie (passif)	2	3	2
				Total	2 823	2 913	3 035

*Le compte de résultat est présenté avec neutralisation des opérations de facturation interne.

**Avec prise en compte des écritures de correction sur exercices antérieurs comptabilisées sur l'exercice 2012.

ORGANIGRAMME FONCTIONNEL

au 31/05/2014

Alain Fuchs, président

Joël Bertrand, directeur général délégué à la science

Xavier Inglebert, directeur général délégué aux ressources

Institut des sciences biologiques (INSB)

Catherine Jesus, directrice

Institut de chimie (INC)

Dominique Massiot, directeur

Institut écologie et environnement (INEE)

Stéphanie Thiébault, directrice

Institut des sciences humaines et sociales (INSHS)

Patrice Bourdelais, directeur

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

Michel Bidoit, directeur

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

Jean-Yves Marzin, directeur

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

Christoph Sorger, directeur

Institut de physique (INP)

Jean-François Pinton, directeur

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

Jacques Martino, directeur

Institut national des sciences de l'Univers (INSU)

Michel Diament, directeur par intérim

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

Jean-Noël Verpeaux, directeur

Direction Europe de la recherche et coopération internationale (DERCI)

Patrick Nédellec, directeur

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

Marie-Pierre Comets, directrice

Direction information scientifique et technique (DIST)

Renaud Fabre, directeur

Direction de la communication (Dircom)

Brigitte Perucca, directrice

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

Joëlle Raguideau, directrice

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

Bernard Adans, directeur

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

Chantal Chambellan-Le Levier, directrice

Direction des ressources humaines (DRH)

Christophe Coudroy, directeur

Direction des affaires juridiques (DAJ)

Nicolas Castoldi, directeur

Direction des systèmes d'information (DSI)

Jean-Marc Voltini, directeur

Direction de la sûreté (DIRSU)

Philippe Gasnot, directeur

Pôle santé et sécurité au travail

• Coordination nationale de prévention et de sécurité (CNPS)

Yves Fenech, coordinateur national

• Coordination nationale de médecine de prévention

Docteur **Arnauld Vasseur**, médecin coordonnateur national

LISTE DES LABORATOIRES

PAGE 9

CHIMIE

Laboratoire de conception et application de molécules bioactives (CNRS/Université de Strasbourg)

Institut de génomique fonctionnelle (CNRS/Inserm/Universités Montpellier 1 et 2)

PHYSIQUE NUCLÉAIRE

Institut de science et d'ingénierie supramoléculaires (ISIS, CNRS/Université de Strasbourg)

Institut de génétique et de biologie moléculaire et cellulaire (IGBMC, CNRS/Université de Strasbourg/Inserm)

Laboratoire d'enzymologie et biochimie structurales (LEBS, CNRS)

PALEOGÉNOMIQUE

Institut de génomique fonctionnelle de Lyon (IGFL, CNRS/ENS Lyon/Université Claude Bernard Lyon 1)

Laboratoire Archéozoologie, archéobotanique : sociétés, pratiques et environnements (CNRS/MNHN)

Institut de génétique et développement de Rennes (IGDR, CNRS/Université Rennes 1)

PAGES 10-11

IMAGERIE BIOLOGIQUE

Centre de biophysique moléculaire (CBM, CNRS)

Université de Pittsburgh, États-Unis

BIODIVERSITÉ

Centre d'écologie fonctionnelle et évolutive (CEFE, CNRS/Universités Montpellier 1 et 2, Université Paul-Valéry Montpellier 3/Montpellier SUPAGRO/IRD/EPHE/Cirad/INRA)

Avec l'UICN, UNEP-WCMC et BirdLife International

ÉCOPHYSIOLOGIE

Laboratoire Systématique, adaptation, évolution (CNRS/UPMC/MNHN/Université Antilles Guyane/IRD)

GÉNOMIQUE MARINE

Laboratoire de biologie intégrative des modèles marins (LB2M, CNRS/UPMC), station biologique de Roscoff

Unité Génomique métabolique (CEA/CNRS/Université d'Évry-Val-d'Essonne) au CEA-Genoscope

Unité de glyco-biologie structurale et fonctionnelle (UGSF, CNRS/Université Lille 1)

Laboratoire d'océanographie microbienne (LOMIC, CNRS/UPMC)

Unité Écosystèmes, biodiversité, évolution (ECOBIO, CNRS/Université Rennes 1)

Unité Biologie des organismes et écosystèmes aquatiques (BOREA, CNRS/MNHN/IRD/UPMC)

Unité Adaptation et diversité en milieu marin (CNRS/UPMC), station biologique de Roscoff

Laboratoire Génome et développement des plantes (LGDP, CNRS/Université de Perpignan)

PAGE 13

PSYCHOLOGIE DU DÉVELOPPEMENT

Laboratoire de psychologie du développement et de l'éducation de l'enfant (CNRS/Université Paris Descartes/Université de Caen Basse-Normandie)

BIOLOGIE CELLULAIRE

Laboratoire d'enzymologie et biochimie structurales (LEBS, CNRS)

Institut de recherches en technologies et sciences pour le vivant (IRTSV, CEA)

Laboratoire de physiologie cellulaire et végétale (CNRS/CEA/INRA/Université Joseph Fourier Grenoble 1)

Institut de biologie de l'École normale supérieure (IBENS, CNRS/Inserm/ENS Paris)

PAGE 15

NEUROSCIENCES

Laboratoire de l'intégration, du matériau au système (CNRS/Université de Bordeaux/Institut polytechnique de Bordeaux)

Institut des maladies neurodégénératives (CNRS/Université de Bordeaux/Inserm)

XLIM (CNRS/Universités de Limoges et de Poitiers)

PAGE 17

RADIOTHÉRAPIE

Laboratoire de chimie physique - matière et rayonnement (CNRS/UPMC)

Université Johann Wolfgang Goethe de Francfort, Allemagne

Laboratoire national Lawrence Berkeley, États-Unis

IMMUNOLOGIE

Centre d'immunologie de Marseille-Luminy (CNRS/Inserm/Aix-Marseille Université)

Centre de médecine moléculaire Max Delbrück de Berlin-Buch

PAGES 18-19

BIOPHYSIQUE CELLULAIRE

Unité physico-chimie Curie (CNRS/Institut Curie/UPMC)

Unité Génétique et biologie du développement (CNRS/Institut Curie/Inserm/UPMC)

Université d'Osnabrück, Allemagne

MALADIE DU SOMMEIL

Institut de chimie et biologie des membranes et des nano-objets (CBMN, CNRS/Université de Bordeaux/IPB)

Excellence in Life sciences and Biotechnology (WELBIO, Université Libre de Bruxelles)

Laboratory of Molecular Parasitology (IBMM, Université Libre de Bruxelles)

Trinity College Dublin, Irlande

Department of Chemistry, Aarhus University, Danemark

Wellcome Trust Centre for Molecular Parasitology, University of Glasgow, Royaume-Uni

NEUROBIOLOGIE

Laboratoire Signalisation, neurobiologie et cancer (CNRS/Institut Curie/Inserm)

PHARMACOLOGIE

Institut de pharmacologie et de biologie structurale (IPBS, CNRS/Université Toulouse III Paul Sabatier)

Laboratoire de chimie de coordination (LCC, CNRS)

Laboratoire Toxicologie alimentaire (TOXALIM, INRA/INP Toulouse/Université Toulouse III Paul Sabatier)

BIOLOGIE CELLULAIRE BACTÉRIENNE

Laboratoire de chimie bactérienne (LCB, CNRS/Aix-Marseille Université)

CANCÉROLOGIE

Centre de recherche en cancérologie de Lyon (CRCL, CNRS/Inserm/Université Claude Bernard Lyon 1/Centre Léon Bérard)

PAGES 22-23

MÉCANIQUE DES FLUIDES

Laboratoire Fluides, automatique et systèmes thermiques (FAST, CNRS/UPMC/Université Paris-Sud)

ÉNERGIE RENOUVELABLE

Institut Lumière Matière (ILM, CNRS/Université Claude Bernard Lyon 1)

Institut Néel (CNRS)

MICROFLUIDIQUE

Laboratoire Physique et mécanique des milieux hétérogènes (PMMH, CNRS/ESPCI ParisTech/UPMC/Université Paris Diderot)

Laboratoire de physique de l'ENS Lyon (CNRS/ENS Lyon/Université Claude Bernard Lyon 1)

Laboratoire EC2M - Gulliver (CNRS/ESPCI ParisTech)

PHYSIQUE DES PARTICULES

Subatech (École des mines de Nantes/CNRS/Université de Nantes)

PAGES 24-25

STOCKAGE DE L'ÉNERGIE

Centre interuniversitaire de recherche et d'ingénierie des matériaux (Crimat, CNRS/Université de Toulouse III Paul Sabatier/INP Toulouse)

Department of Materials Science and Engineering, University of California, États-Unis

Department of Chemistry and Biochemistry, University of California, États-Unis
Department of Chemistry and Chemical Biology, Cornell University, Ithaca, New-York, États-Unis

BATTERIES BIO-MINÉRALISÉES

Laboratoire Réactivité et chimie des solides (LRCS, CNRS/Université de Picardie Jules Verne)

Réseau sur le stockage électrochimique de l'énergie (RS2E, CNRS)

Institut de minéralogie, physique des matériaux et cosmochimie (MNHN/CNRS/UPMC)

MOUILLAGE

Unité Surface du verre et interfaces (SVI, CNRS/Saint-Gobain)

BIOMIMÉTISME

Laboratoire de chimie et de biologie des métaux (CNRS/CEA/Université Joseph Fourier Grenoble 1)

Laboratoire de chimie inorganique et biologique (CEA/Université Joseph Fourier Grenoble 1)

PAGES 26-27

IMAGERIE VERTE

Institut Langevin « ondes et images » (CNRS/ESPCI ParisTech)

CINÉTIQUE CHIMIQUE ULTRARAPIDE

Laboratoire de physique théorique de la matière condensée (LPTMC, CNRS/UPMC)

European Synchrotron Radiation Facility (ESRF)

The Korea Advanced Institute of Science and Technology (KAIST)

AÉROACOUSTIQUE

Techniques de l'informatique et de la microélectronique pour l'architecture de systèmes intégrés (TIMA, CNRS/Université Joseph Fourier Grenoble 1/Institut polytechnique de Grenoble)

Laboratoire de mécanique des fluides et d'acoustique (LMFA, CNRS/École centrale de Lyon)

Laboratoire d'informatique, de robotique et de microélectronique de Montpellier (LIRMM, CNRS/Université Montpellier 2)

Microsonics, Saint-Avertin

Hong-Kong University of Science and Technology

MÉCANIQUE QUANTIQUE

Institut Lumière Matière (ILM, CNRS/Université Claude Bernard Lyon 1)

PAGES 28-29

PHYSIQUE DES PARTICULES

Centre de physique des particules de Marseille (CPPM, CNRS/Aix-Marseille Université)

Institut pluridisciplinaire Hubert Curien (IPHC, Université de Strasbourg/CNRS)

Institut de physique nucléaire de Lyon (IPNL, Université de Lyon/CNRS)

Laboratoire de l'accélérateur linéaire (LAL, CNRS/Université Paris-Sud)

Laboratoire d'Annecy-le-Vieux de physique des particules (LAPP, CNRS/Université de Savoie)

Laboratoire Leprince-Ringuet (LLR, CNRS/École polytechnique)

Laboratoire de physique corpusculaire (LPC, Université Blaise Pascal/CNRS)

Laboratoire physique nucléaire et hautes énergies (LPNHE, UPMC/Université Paris Diderot/CNRS)

Laboratoire de physique subatomique et de cosmologie (LPSC, CNRS/Université Joseph Fourier Grenoble 1/Grenoble INP)

INFORMATION QUANTIQUE

Laboratoire Kastler Brossel (LKB, CNRS/UPMC/École normale supérieure Paris)

NANOÉLECTRONIQUE

Institut de physique et chimie des matériaux de Strasbourg (IPCMS, CNRS/Université de Strasbourg)

Laboratoire de chimie des polymères (CNRS/UPMC)

ÉLECTRONIQUE ORGANIQUE

Laboratoire de chimie des polymères organiques (LCPO, CNRS/Université de Bordeaux/Institut polytechnique de Bordeaux)

PHYSIQUE QUANTIQUE

Laboratoire Photonique, numérique et nanosciences (LP2N, CNRS/IOGS/Université de Bordeaux)

Laboratoire Charles Fabry de l'Institut d'optique (CNRS/IOGS)

Unité Systèmes de référence temps-espace (SYRTE, CNRS/Observatoire de Paris/UPMC)

PAGES 32-33

ARCHÉOLOGIE EXPÉRIMENTALE

Centre Camille Julian - Histoire et archéologie de la Méditerranée, de la Protohistoire à la fin de l'Antiquité (CJ), CNRS/Aix-Marseille Université/Ministère de la Culture et de la Communication/INRAP)

GÉNÉTIQUE DES POPULATIONS

Unité Éco-anthropologie et ethnobiologie (MNHN/CNRS/Université Paris Diderot)

Unité Dynamique du langage (DDL, CNRS/Université Lyon 2)

Unité de génétique évolutive humaine (Institut Pasteur/CNRS)

VESTIGES PRÉCOLOMBIENS

Institut français d'études andines (IFA, CNRS/Ministère des Affaires étrangères)

MANUSCRITS MÉDIÉVAUX

Institut de recherche et d'histoire des textes (IRHT, CNRS)

ÉGYPTOLOGIE

Centre franco-égyptien d'étude des temples de Karnak (CNRS/Ministère d'État des antiquités égyptiennes)

Institut français d'archéologie orientale (IFAO/Ministère de l'Enseignement supérieur et de la Recherche)

Unité Archéologie des sociétés méditerranéennes (CNRS/Université Paul-Valéry Montpellier 3/Ministère de la Culture et de la Communication)

PAGE 35

MATIÈRE NOIRE

Laboratoire d'Annecy-le-Vieux de physique des particules (LAPP, CNRS/Université de Savoie)

Laboratoire de physique subatomique et de cosmologie (LPSC, CNRS/Université Joseph Fourier Grenoble 1/Grenoble INP)

Laboratoire Univers et particules de Montpellier (LUPM, CNRS/Université Montpellier 2)

Centre de calcul de l'IN2P3 du CNRS

ASTROPARTICULES

Laboratoire Leprince-Ringuet (LLR, CNRS/École polytechnique)

COSMOLOGIE

Observatoire astronomique de Strasbourg (CNRS/Université de Strasbourg)

PAGES 36-37

PLANÉTOLOGIE

Parmi les seize laboratoires français impliqués dans le projet Curiosity, quatorze sont liés au CNRS.

GALAXIE

Laboratoire Lagrange (Observatoire de la Côte d'Azur/CNRS/Université Nice Sophia-Antipolis)

Institut Univers, transport, interfaces nanostructures, atmosphère et environnement, molécules (Unimam-OSU Theta, CNRS/Université de Franche-Comté)

ASTROMÉTRIE

Le satellite Gaia implique dix laboratoires français liés au CNRS.

EXOPLANÉTOLOGIE

Observatoire de Grenoble - Institut de planétologie et d'astrophysique de Grenoble (CNRS/Université Joseph Fourier Grenoble 1)

Observatoire de Paris - Laboratoire d'études spatiales et d'instrumentation en astrophysique (LESIA, Observatoire de Paris/CNRS/UPMC/Université Paris Diderot)

Observatoire de Bordeaux - Laboratoire d'astrophysique de Bordeaux (CNRS/Université de Bordeaux)

Université de Liège

CHIMIE INTERSTELLAIRE

Institut des sciences moléculaires (ISM, CNRS/Université de Bordeaux/Institut polytechnique Bordeaux)

PAGES 38-39

MÉTÉOROLOGIE

Laboratoire d'aérodynamique (LA, CNRS/Université Toulouse III Paul Sabatier)

Groupe d'étude de l'atmosphère météorologique (GAME, CNRS/Météo-France)

SISMOLOGIE

Laboratoire de géologie (École normale supérieure de Paris/CNRS)

Institut des sciences de la Terre de Grenoble (CNRS/Université Joseph Fourier Grenoble 1/IRD/IFSTAR/Université de Savoie)

Unité Matériaux et transformations (UMET, CNRS/Université Lille 1/École nationale supérieure de chimie de Lille)

Universités de Californie et de Chicago, États-Unis

CYCLE DE LA ZOTE

Laboratoire Environnements et paléoenvironnements océaniques et continentaux (EPOC/OASU, Université de Bordeaux/CNRS/EPHE)

Laboratoire d'océanographie et du climat : expérimentations et approches numériques (LOCEAN/IPSL, UPMC/CNRS/IRD/MNHN)

CLIMAT

Laboratoire de physique des océans (LPO/IUEM, Ifremer/CNRS/IRD/UBO)

Instituto de Investigaciones Marinas del Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC, Espagne)

RECHAUFFEMENT CLIMATIQUE

Laboratoire Biogéosciences (CNRS/Université de Bourgogne)

Biogéosciences (CNRS/Université de Bourgogne)

Department of Biology, San Francisco State University, États-Unis

Department of Ecology and Evolution, University of California, États-Unis

Conservation des espèces, restauration et suivi des populations (MNHN/CNRS/UPMC)

Institute of Biology, College of Nyiregyháza, Hongrie

Centre d'études biologiques de Chizé (CEBC/CNRS/Université de la Rochelle)

ENVIRONNEMENT

Laboratoire Sciences pour l'environnement (CNRS/Université de Corse)

Laboratoire d'aérodynamique (LA, CNRS/Université Toulouse III Paul Sabatier)

Centre national de recherches météorologiques (CNRS/Météo-France)

Sciences de l'Univers au CERFACS (CNRS/CERFACS)

INRIA Paris-Rocquencourt

Laboratoire Mécanique, modélisation et procédés propres (M2P2, CNRS/Aix-Marseille Université)

Laboratoire énergétique moléculaire et macroscopique, combustion (CNRS/École centrale Paris)

PAGES 40-41

ÉCOLOGIE

Centre de recherche insulaire et observatoire de l'environnement (CRIOBE, CNRS/EPHE/Université de Perpignan)

National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA), États-Unis

MODÉLISATION

Laboratoire ondes et matière d'Aquitaine (CNRS/Université de Bordeaux)

BIODIVERSITÉ

Laboratoire Écologie, systématique et évolution (ESE, CNRS/Université Paris-Sud)

CLIMAT

Laboratoire de physique des océans (LPO/IUEM, Ifremer/CNRS/IRD/UBO)

Instituto de Investigaciones Marinas del Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC, Espagne)

PAGE 42-43

GÉOMAGNÉTISME

Institut de physique du Globe de Paris (IPGP, CNRS/Université Paris Diderot/Sorbonne Paris Cité)

Space Institute, Technical University of Denmark, Elektrovej, Danemark

ÉTUDE PROSPECTIVE

Unité Lille Économie et management (LEM, CNRS/Université Lille 1)

CONVECTION

Laboratoire Magmas et volcans (Université Blaise Pascal/CNRS/IRD)

Department of Earth and Environment, Boston University, États-Unis

Swedish Museum of Natural History, Suède

Department of Geology and ESSIC, University of Maryland, États-Unis

Geosciences Research Division, Scripps Institution of Oceanography, États-Unis

Department of Terrestrial Magnetism, Carnegie Institution of Washington, États-Unis

SISMOLOGIE

Centre européen de recherche et d'enseignement de géosciences de l'environnement (CEREGE, CNRS/Aix-Marseille Université/IRD)

GEOAZUR (CNRS/IRD/Observatoire de la Côte d'Azur/Université Nice Sophia Antipolis)

Institut de physique du Globe de Paris (IPGP, CNRS/Université Paris Diderot/Sorbonne Paris Cité)

Géosciences Montpellier (CNRS/Université Montpellier 2)

University of California, Berkeley, États-Unis

PAGES 44-45

MÉMOIRES

Institut des sciences moléculaires d'Orsay (ISMO, CNRS/Université Paris-Sud)

Laboratoire Matériaux et phénomènes quantiques (MPO, CNRS/Université Paris Diderot)

Institut de science des matériaux de Mulhouse (IS2M, CNRS/Université de Haute-Alsace)

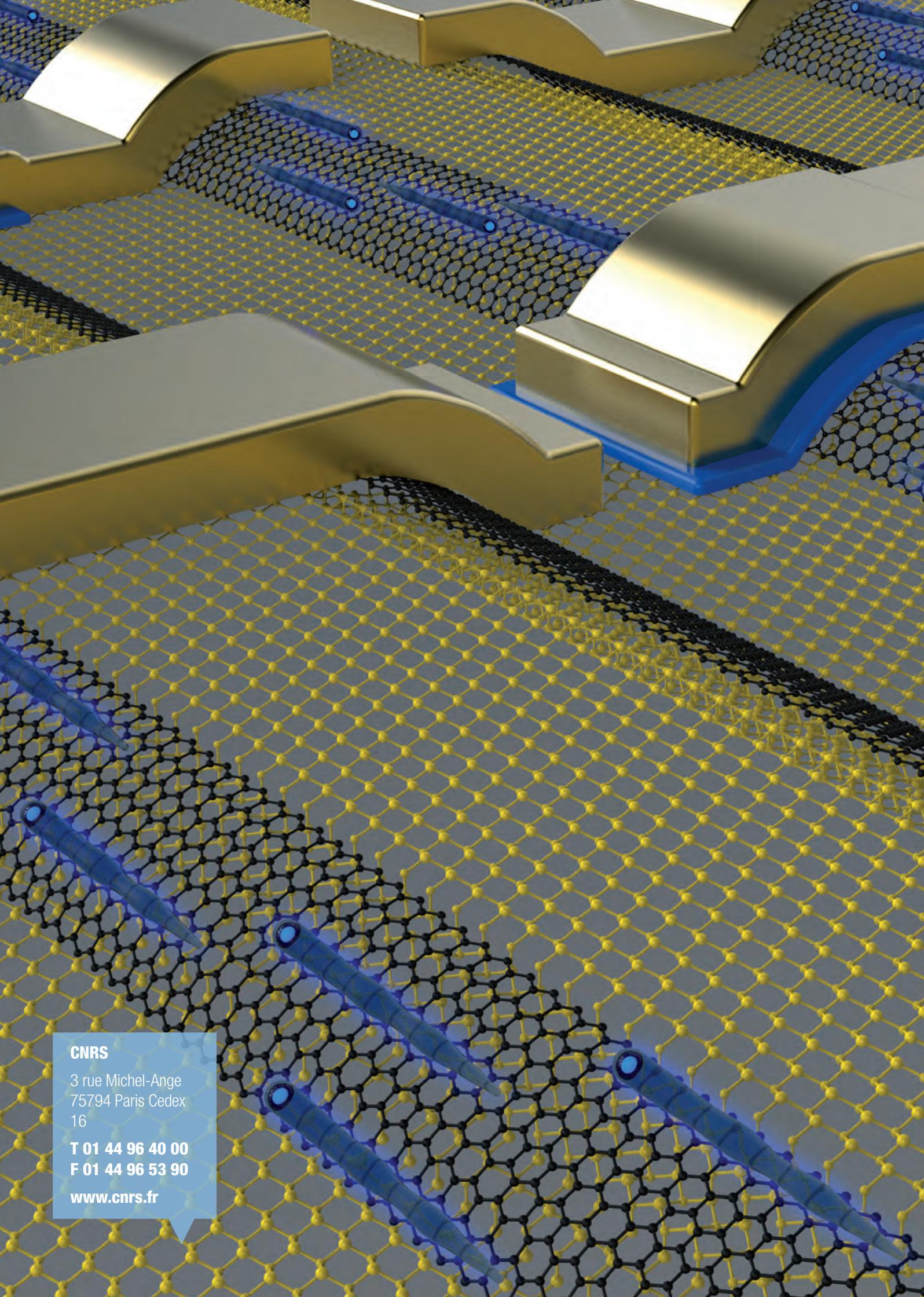
Institut Jean Lamour (IJL, CNRS/Université de Lorraine)

DÉVELOPPEMENT LOGICIEL

Groupe de recherche en informatique, image, automatique et instrumentation de Caen (GREYC, Université de Caen Basse-Normandie/Ensicn/CNRS)

MATHÉMATIQUES

Institut de recherche mathématique de Rennes (IRMAR, CNRS/Université Rennes 2/INSA Rennes/ENS Cachan/Université Rennes 1/Agrocampus Ouest/DGA/École nationale supérieure analyse information)



CNRS

3 rue Michel-Ange
75794 Paris Cedex
16

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

www.cnrs.fr