

# cnrs

## le journal

Hors-série  
novembre 2013

SORBONNE

UNIVERSITE DE PARIS

# LES FONDAMENTALES

## Le forum du CNRS

En association avec **Le Monde**

cnrs

dépasser les frontières

➔ **Portrait**

Margaret Buckingham,  
médaillée d'or du CNRS

➔ **L'enquête**

Que reste-t-il  
à découvrir ?

# Ils sont partenaires des **FONDAMENTALES DU CNRS**

## Partenaires économiques :



## Partenaires médias :



## Partenaires d'animation :



## Partenaires institutionnels :



MINISTÈRE  
DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR  
ET DE LA RECHERCHE





## Éditorial

**PAR** BRIGITTE PERUCCA,  
DIRECTRICE DE LA COMMUNICATION DU CNRS

**Lavoisier, Pasteur, Curie, Becquerel... Les Français aiment leurs savants.** Ils se font une haute idée de leur pays dans la compétition scientifique mondiale. De fait, les résultats, les classements et les récompenses internationales leur donnent raison.

Au CNRS, des chercheurs de toutes nationalités et de toutes disciplines peuvent se flatter de repousser les frontières de la connaissance. Comme leurs collègues d'hier. Tous unis dans le temps, curieux, à poser des hypothèses inédites, oser une pensée nouvelle, l'expérimenter et rapprocher des champs de recherche qui jusque-là s'ignoraient. De Jean Perrin à Serge Haroche, de Laurent Schwartz à Cédric Villani, nous sommes fiers de cette filiation.

Mais il revient aussi au CNRS de faire partager à un large public ce que les honneurs et les résultats ne disent pas toujours. Nous ne pouvons plus nous contenter de transmettre une découverte brute ; nous devons aussi éclairer ce travail de recherche, le remettre dans sa perspective historique, lui donner l'élan nécessaire pour que la compréhension de ce qui se révèle aujourd'hui permette à chacun de mieux se projeter dans l'avenir.

Justement : « Que reste-t-il à découvrir ? » Cette question a pu, par sa naïveté, faire sourire nombre des scientifiques que nous avons invités. Il n'empêche : tous ont eu envie de relever le défi et ont accepté de se prêter au jeu. La recherche est en mouvement. C'est une matière vivante. Le forum des Fondamentales est une invitation à la découvrir et à partager les curiosités, les audaces et les démarches des chercheurs.



Ces pictogrammes indiquent un contenu (texte, photo, vidéo ou audio) à visionner ou à écouter sur le journal feuilletable en ligne.  
> [www2.cnrs.fr/journal](http://www2.cnrs.fr/journal)

## 4 | 5 L'événement

Du 14 au 16 novembre, le CNRS organise les Fondamentales, un grand forum dédié aux sciences. Durant trois jours, le grand public est convié à partager les questions et les démarches de plus de cent chercheurs.



## 6 | 7 Portrait

Margaret Buckingham, spécialiste des cellules souches et de la formation des muscles et du cœur est la lauréate 2013 de la médaille d'or du CNRS.

## 14 | 17 Stratégie

- > L'innovation en réseau
- > Les chercheurs, adeptes des réseaux sociaux ?



## 18 | 23 Partenaires

- > Entretien avec Isabelle This Saint-Jean
- > Les grands chercheurs s'affichent
- > 3 questions à Jean-Louis Missika
- > Une thèse et après ?
- > La culture scientifique passe au 2.0
- > Des lycéens dans les labos

## 8 | 13 L'enquête

# Que reste-t-il à découvrir ?

Présentation de quelques grandes questions qui agitent actuellement la planète recherche.



**Rendez-vous** Dès sa première édition, ce forum organisé par le CNRS du 14 au 16 novembre à la Sorbonne, à Paris, s'inscrit comme l'un des plus grands d'Europe.

# Les Fondamentales, premières!

PAR FABRICE IMPÉRIALI

**A**vec plus de cent grandes personnalités du monde de la recherche, de l'industrie et de la politique présentes

sur trois jours, la première édition des Fondamentales du CNRS affiche d'emblée un ambitieux objectif : devenir le

rendez-vous incontournable entre les Français et la science. Qui mieux que l'organisme, le seul dans notre pays à mener des recherches dans tous les domaines de la connaissance, pouvait organiser un tel événement ?

## UNE PROGRAMMATION AMBITIEUSE

« La récente découverte du boson de Higgs a démontré une fois de plus l'intérêt du grand public pour les grandes énigmes scientifiques, rappelle Brigitte Perucca, directrice de la communication du CNRS. Pourtant, on a le sentiment que les citoyens restent à distance de la recherche fondamentale. La diversité et la portée des recherches dépassent rarement les cercles des amateurs éclairés. La curiosité des chercheurs, leur travail et la façon dont ils progressent dans leurs approches sont mal connus. C'est cette lacune que les 36 débats prévus au programme des Fondamentales cherchent à combler. »

Foisonnants, variés et accessibles à tous, ces débats se déroulent autour d'un fil rouge sous la forme d'une question à laquelle tous les intervenants sont invités à répondre : « Que reste-t-il à découvrir ? » Une question ambitieuse, et parfois déconcertante pour certains chercheurs dont l'essence même de l'activité est de résoudre des énigmes et de faire progresser les frontières de la connaissance (lire l'enquête pp. 8-13).



01



02

01 Martin Karplus, Prix Nobel de chimie 2013.  
02 Fabiola Gianotti.  
03 Le Grand Amphithéâtre de la Sorbonne, où sera remise la médaille d'or.

Et pourtant, plusieurs lauréats du prix Nobel ou de la médaille d'or du CNRS, tels le physicien Albert Fert, la biologiste Margaret Buckingham, le climatologue Jean Jouzel ou encore le tout récent lauréat du prix Nobel de chimie, Martin Karplus, ont accepté de jouer le jeu. Tout comme le sociologue Dominique Wolton, membre du comité de parrainage des



03



04



05



06

04 Jean Jouzel.  
05 Edgar Morin.  
06 Sihem Amer-Yahia.  
07 François Pierrot.  
08 Françoise Gaill.  
09 Sandra Laugier.



07



08



## TROIS QUESTIONS À...

**Alain Fuchs, président du CNRS**

Fondamentales, pour qui « *l'essentiel à découvrir est de comprendre comment les hommes et les sociétés basculent si facilement de la paix à la violence et à la guerre* ». Jean Jouzel y voit de son côté une belle opportunité : celle de toujours mieux expliquer aux citoyens le rôle primordial que doivent jouer les sciences fondamentales au sujet du changement climatique. « *De nombreuses incertitudes subsistent, que ce soit sur l'ampleur du réchauffement, la modification des précipitations, les caractéristiques régionales, l'évolution des extrêmes climatiques ou l'élévation du niveau de la mer* », précise le climatologue, qui interviendra lors de la master class.

### TOUTES LES DISCIPLINES AU RENDEZ-VOUS

Le programme reflète cette ambition de montrer la pluridisciplinarité des sciences au CNRS, depuis les sciences humaines et sociales jusqu'aux mathématiques, et de leurs nécessaires interactions pour résoudre les grandes énigmes de la science. Durant deux jours, les échanges se succéderont à un rythme élevé, en simultané dans plusieurs salles de l'université de la Sorbonne et sous des formats différents. Les « ateliers » réuniront, autour d'une thématique large, une palette de quatre ou cinq chercheurs de haut niveau qui apporteront chacun leur vision sur le cerveau, l'origine de la vie ou encore les nano-objets.

Le forum proposera également une série de rendez-vous baptisés « en perspective ». Organisés autour de deux ou trois chercheurs, ces débats mettront en scène des défis scientifiques tels l'information quantique, les nouvelles pistes sur l'origine des pathologies mentales, le *big data*, l'impact des séries télévisées sur notre société, les chemins de la robotique, etc. Sans oublier cette grande première le jeudi soir, en ouverture du forum : le grand public pourra assister à la remise de la médaille d'or du CNRS, la plus haute distinction scientifique française.

Pour Dominique Wolton, la réussite des Fondamentales, comme de toutes les rencontres grand public autour des questions de science et de société, dépendra de la capacité à éviter dans les débats deux formes de simplisme : d'un côté, la science aurait toujours raison ; de l'autre côté, tout serait social et politique. « *Le but est de faire cohabiter ces deux systèmes de valeur très différents* », conclut le sociologue. ■

EN LIGNE

> [lesfondamentales.cnrs.fr](http://lesfondamentales.cnrs.fr)

À SUIVRE SUR TWITTER

> #fondamCNRS



© 1. S. MITCHELL/HARVARD STAFF PHOTOGRAPHER; 2. 9. DR. J. X. PIERRE/CNRS; 4. C. LEBEDINSKY/CNRS PHOTO THÈQUE; 5. 7. 8. C. FRESILLON/CNRS PHOTO THÈQUE; 6. C. ANAYA GAUTIER/CNRS PHOTO THÈQUE

© ILLUSTRATION: FALLING WALLS FOUNDATION

### Pour quelles raisons avez-vous souhaité lancer ce forum entièrement consacré aux sciences ?

**Alain Fuchs :** Les questions institutionnelles touchant à l'organisation de l'enseignement supérieur et de la recherche ont occupé, depuis quelque temps, le devant de la scène. Après cette séquence assez longue, j'ai pensé qu'il était temps de remettre en avant le cœur de notre activité et de reparler de la science vue des chercheurs, si j'ose dire. Les Fondamentales rassembleront plus d'une centaine de scientifiques de renom autour de la question : « Que reste-t-il à découvrir ? » Nous voulons mettre la lumière sur les questionnements, les découvertes, les avancées des connaissances, les nouvelles frontières abordées par les chercheurs, bref sur tout ce qui fait le prix de la recherche scientifique. J'ai également souhaité que la cérémonie de remise de la médaille d'or du CNRS qui est, je le rappelle, la plus prestigieuse récompense scientifique française soit pour la première fois ouverte au grand public. Ces rencontres ont vocation à devenir un grand rendez-vous entre les Français et les scientifiques.

### Que répondez-vous à la question : « Que reste-t-il à découvrir ? », fil conducteur du forum ?

**A. F. :** La science est un processus infini : aujourd'hui, plus personne n' imagine un jour tout savoir sur tout ! Plusieurs fois dans l'histoire, les scientifiques ont cru avoir découvert toutes les lois du monde. Chaque fois, ils ont été démentis par des découvertes fondamentales auxquelles on ne se s'attendait pas. Je pense, par exemple, à la mécanique quantique et la théorie de la relativité au début du *xx<sup>e</sup>* siècle. En neurosciences, en astrophysique, en mathématiques ou en ingénierie, ce qu'il reste à découvrir est bien plus important que ce que nous savons déjà. Aux Fondamentales, chacun dans son domaine aura l'occasion de l'illustrer. La science est une aventure sans limites. Je le dis aux jeunes générations qui hésitent peut-être à se lancer : on n'arrive jamais trop tard !

### À l'échelle internationale, la France est-elle encore un grand pays de science ?

**A. F. :** La France est historiquement un pays de science, de culture et de technologie. Cette tradition et ces racines comptent beaucoup dans la présence et la compétitivité de notre recherche sur le plan international aujourd'hui. Pendant des siècles, notre pays a maintenu cette tradition d'accroissement des connaissances, de recherche, d'humanisme et d'universalisme. Au *xx<sup>e</sup>* siècle, l'organisation de la recherche s'est structurée, ce qui a contribué, après la Seconde Guerre mondiale, à la reconstruction du pays et au développement d'une recherche fondamentale et appliquée de grande qualité. Si on ajoute à cela un tissu universitaire bien réparti sur l'ensemble du pays et un système de grandes écoles qui a fait ses preuves dans la formation d'ingénieurs et de cadres, la France est un pays dont les racines scientifiques et technologiques sont à la fois anciennes et solides. Les bons résultats que nous avons aujourd'hui sont le fruit de cette accumulation, de cet effort continu sur le temps long. Même si nous traversons actuellement une crise économique, le fait que la France soit capable de maintenir les efforts d'investissement dans la recherche de base signifie qu'elle continuera à être un grand pays scientifique. C'est enraciné dans notre culture.

**Biologie** Cette spécialiste des cellules souches et de la formation des muscles et du cœur recevra la médaille d'or du CNRS lors de la soirée d'ouverture des Fondamentales.

# Margaret Buckingham,

## à la source des cellules

PAR ÉMILIE BADIN

**S**i elle n'avait pas été biologiste, elle aurait été peintre, école expressionniste, peut-être. Mais tout le talent qu'elle n'a pas offert à la peinture, Margaret Buckingham l'a voué à la recherche. Elle s'excuse presque de ne pas avoir pu concilier les deux, « *mais dans la vie, on ne peut pas faire plus d'une chose bien* ». Voire très bien, dans son cas : à 68 ans, alors qu'elle est directrice de recherche de classe exceptionnelle émérite au CNRS et professeur émérite à l'Institut Pasteur, cette biologiste vient de se voir décerner la médaille d'or 2013 du CNRS, la plus haute distinction scientifique française.

### L'APPEL DE LA BIOLOGIE

Est-ce son regard bienveillant ? sa voix feutrée ? son franc sourire discret ? Il y a quelque chose de profondément modeste chez Margaret Buckingham, qui vous met à l'aise d'emblée. Elle aurait pourtant de quoi prendre un brin plus de hauteur avec son prix. Elle assure qu'elle ne s'y attendait pas : « *J'étais dans l'Eurostar quand mon téléphone a sonné. Quand j'ai entendu "Bonjour, ici Alain Fuchs, président du CNRS", je me suis d'abord demandé si j'avais fait quelque chose de mal ! Je suis très honorée par ce très prestigieux prix français.* »

Son patronyme et son charmant accent se chargent de la trahir : Margaret Buckingham ne vient pas d'ici, mais du nord de l'Écosse. Là où, d'après les grandes photographies affichées sur le mur de son bureau, et qu'elle montre fièrement, les paysages sont âpres et majestueux, là où « *il fait un temps impossible* », confesse-t-elle. Fille d'un professeur de philosophie, spécialiste de

Platon et d'Aristote, la petite Margaret est très stimulée intellectuellement. Mais guère en sciences. « *Dans l'école de jeunes filles où je me trouvais, elles n'étaient pas ou peu enseignées, faute de moyens, raconte-t-elle. Néanmoins, je me souviens d'une institutrice qui enseignait un peu la biologie et qui s'écartait volontiers du programme imposé pour nous lire des articles du "Scientific American". C'était l'époque des grandes découvertes sur le code génétique et l'ARN messenger. Les articles sur*

« *Je crois que nos travaux sur la formation du cœur ont contribué à sauver quelques vies.* »

*ces questions m'ont immédiatement fascinée et poussée vers la biologie.* »

Tant et si bien qu'à 18 ans, lorsqu'elle se présente au concours d'entrée de la prestigieuse université d'Oxford, Margaret Buckingham a la ferme intention d'y suivre une licence de biochimie. Elle y passera ensuite une thèse sur la modification des **histones**. Puis quittera Oxford pour Paris. La France, cet eldorado...

« *Tout au long de ma thèse, j'ai eu envie d'y aller, indique-t-elle. D'abord parce que je savais que la recherche de pointe sur l'ARN messenger se faisait notamment là-bas ; ensuite parce que mon grand-père peintre avait toujours rêvé de voir Paris et les paysages peints par les impressionnistes. Il n'a jamais réalisé son rêve. Je l'ai fait à sa place, un peu pour lui.* »

**HISTONE**  
Protéine de base liée à l'ADN qui se trouve dans le noyau des cellules.

En 1971, François Gros, grand spécialiste de l'ARN messenger, l'accueille dans son laboratoire en tant que post-doctorante. Elle ne quittera plus jamais le pays et obtiendra la double nationalité. Il faut dire que le succès des recherches qu'elle entreprend la pousse à demeurer dans l'Hexagone. Recrutée par le CNRS en 1975, elle crée deux ans plus tard une petite équipe au sein de l'unité de François Gros à l'Institut Pasteur. En 1987, elle prend la tête de l'unité Génétique moléculaire du développement, poste qu'elle occupera jusqu'en 2011. En parallèle, elle est nommée professeur à l'Institut Pasteur en 1992, ainsi que directrice du département Biologie moléculaire (1990-1994), puis du département Biologie du développement (2002-2006) de l'Institut.

### PRÉDIRE L'AVENIR DES CELLULES

« *J'ai choisi la biologie du développement parce que j'étais – et suis toujours ! – fascinée par ce phénomène extraordinaire, explique la chercheuse : un organisme tout entier qui se façonne à partir d'une seule et unique cellule, l'œuf fécondé.* » Avec ses étudiants et post-doctorants successifs, Margaret Buckingham s'emploie à comprendre comment les premières cellules, toutes semblables, évoluent pour adopter un destin différent. Elle s'est d'abord intéressée à la façon dont une cellule dite naïve reçoit l'ordre de devenir un muscle chez les mammifères. « *Nous avons prouvé, détaille-t-elle, que, chez l'embryon in vivo, un gène spécifique, appelé Myf5, détermine*



## MARGARET BUCKINGHAM EN 5 DATES

- 1945** Naissance en Angleterre
- 1971** Arrivée en France
- 1981** Devient directrice de recherche au CNRS
- 2002** Nommée chevalier de la Légion d'honneur
- 2013** Lauréate de la médaille d'or du CNRS

le sort des cellules, si bien qu'en son absence ces dernières adoptent un autre destin tissulaire. »

Mais la chercheuse veut aller plus loin encore, remonter à la source, comprendre comment les cellules sont peu à peu aiguillées vers leur destin. Au début des années 2000, elle parvient avec son équipe à montrer que le gène Pax3 est responsable de cet aiguillage, appelé régulation. En 2005, elle révèle le rôle d'une petite réserve de cellules souches, non spécialisées, présentes dès la naissance dans la fibre musculaire : « *Nous avons démontré que ces cellules, dites satellites, sont mobilisées lorsque le muscle est endommagé et viennent le régénérer.* »

### DES APPLICATIONS MÉDICALES CONCRÈTES

Trois résultats majeurs parmi de nombreux autres... Si vous lui demandez de quel travail elle est le plus fière, Margaret Buckingham évoquera cette fameuse régulation. Mais auparavant, elle vous parlera du cœur, du pôle veineux et des enfants malades : « *Dans les années 2000, nous avons observé comment les cellules se distribuent dans le cœur. Nous avons découvert une même source de cellules qui contribuent à la fabrication à la fois du pôle artériel et du pôle veineux. Personne ne soupçonnait cela, car ces deux pôles sont situés à l'opposé l'un de l'autre.* »

Or cette découverte est loin d'être anecdotique. En France, en effet, 0,8 % des nourrissons naissent avec une malformation cardiaque. Un tiers sont des malformations du pôle artériel. La biologiste et son équipe ont donc suggéré aux pédiatres cardiologues de l'hôpital Necker que, si d'aventure leurs opérations échouaient, cela pouvait être dû à un défaut du pôle veineux, dans la mesure où ce dernier était fabriqué par la même source de cellules que celles du pôle artériel. Les médecins se sont en effet aperçus que c'était le cas et ont adapté leur protocole en conséquence. « *Je crois, confie-t-elle toute en retenue, que cela a contribué à sauver quelques vies.* »

« *L'ambiance auprès de Margaret Buckingham est saine, décontractée, très humaine,* témoigne Sigolène Meilhac, qui compte parmi ses principaux collaborateurs sur ce travail. *La preuve : absolument tous ceux qui sont passés dans son laboratoire ont continué dans la recherche. C'est un très bon signe.* » Et c'est justement à l'un de ces anciens collègues

épanouis que Margaret Buckingham passe aujourd'hui le relais. Didier Montarras a été nommé responsable de l'unité Génétique moléculaire du développement. Ce qui permet à la scientifique de « *rester dans le laboratoire pour continuer de contribuer à la direction de la recherche.* ». Mais aussi de se remettre, peut-être, à la peinture expressionniste.

### RENDEZ-VOUS

> Margaret Buckingham donnera une leçon inaugurale en ouverture du forum le jeudi 14 novembre à 19 heures.

### CONTACT :

Institut Pasteur, Paris  
**Margaret Buckingham**  
 > [margaret.buckingham@pasteur.fr](mailto:margaret.buckingham@pasteur.fr)



A voir sur le journal en ligne : le portrait **vidéo** (à partir du 15 novembre) et un album **photo**.

# Que reste-t-il

C'est la vertigineuse question à laquelle vont tenter de répondre les plus grandes personnalités de la recherche française lors des Fondamentales. En avant-première, certaines d'entre elles ont accepté de nous livrer quelques éléments de réponse dans leur domaine. Présentation de quelques grandes questions qui agitent actuellement la planète recherche.

UNE ENQUÊTE DE JULIEN BOURDET



**Il n'y a plus rien à découvrir en physique aujourd'hui. Tout ce qui reste à faire, c'est d'améliorer la précision des mesures** », aurait dit à la fin du XIX<sup>e</sup> siècle Lord Kelvin,

un des physiciens les plus célèbres de l'époque. Ce dernier pointait toutefois du doigt deux nuages qui obscurcissaient la science de son temps : l'éther qui – pensait-on à tort – devait servir de support à la propagation de la lumière n'avait toujours pas été mis en évidence. On n'expliquait pas non plus le rayonnement émis par les corps à une température donnée. Ces deux grands vides allaient être comblés quelques années plus tard par deux théories révolutionnaires, la relativité et la physique quantique.

Aujourd'hui, comme il y a cent ans, la science est loin d'être arrivée à une fin. Les découvertes ont permis de répondre à certaines questions, mais en ont engendré de nouvelles, plus précises et plus complexes encore. Et, comme il y a un siècle, ces grands mystères actuels constituent le moteur de la recherche scientifique : loin de décourager les chercheurs, ils leur donnent une motivation et une direction pour avancer. C'est à cette frontière entre le savoir et

01 *Vue d'artiste de la Terre, 500 millions d'années après sa formation.*

02 *Le robot Curiosity, dont certains éléments ont été mis au point dans des laboratoires du CNRS, cherche des traces de vie sur Mars.*

01



l'ignorance que se joue le progrès scientifique. « *Sans une conscience profonde de notre ignorance, il ne peut y avoir de réelle avancée en science* », a ainsi écrit James Clerk Maxwell, autre grand physicien du XIX<sup>e</sup> siècle. Quelles sont donc aujourd'hui les grandes questions qui passionnent la communauté scientifique et dont les réponses permettront de faire des pas de géant dans la compréhension du monde qui nous entoure ? L'inventaire est impossible à dresser, mais nous avons demandé à quelques chercheurs de nous livrer leur point de vue dans leur domaine.

## DE L'ORIGINE DE LA VIE

Commençons par l'un des mystères les plus fascinants : comment la vie est-elle apparue sur Terre ? Concernant nos origines, les scientifiques ne possèdent que quelques morceaux du puzzle. D'abord, ils suspectent fortement que les briques élémentaires du vivant se sont créées facilement sur notre planète peu de temps après sa formation, il y a environ 4,55 milliards d'années. En témoignent de nombreuses expériences en laboratoire qui, en recréant l'atmosphère terrestre primitive, sont parvenues à produire des acides aminés et d'autres molécules indispensables à la vie. Qui plus est, on sait que les comètes et les météorites ont pu, elles aussi, délivrer de tels composés organiques.

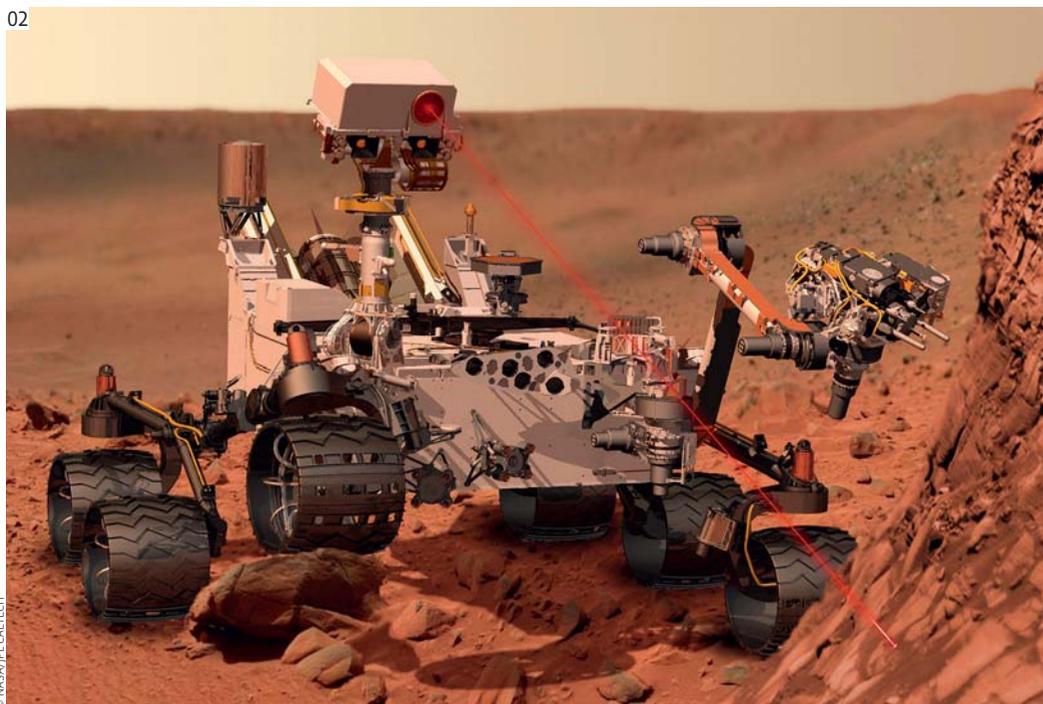
Autre certitude : la vie était déjà présente sur Terre il y a quelque 3,45 milliards d'années. En attestent ces formes fossiles de bactéries datées de cette époque retrouvées dans certaines roches. Les chercheurs estiment que les organismes qui ont laissé ces traces partageaient les mêmes caractéristiques de base que les êtres vivants actuels : l'information génétique était déjà contenue dans l'ADN et ces organismes réalisaient des réactions chimiques en utilisant eux aussi des protéines.

# à découvrir?



© ILLUSTRATION : J.-M. FADNY/CNRS IMAGES

02



© NASA/JPL/CALTECH

Même si les molécules d'ADN et les protéines ont beau dépendre désormais intimement les unes des autres pour leur survie, on imagine très difficilement comment elles auraient pu apparaître simultanément dans une **soupe prébiotique**. « L'hypothèse la plus acceptée aujourd'hui

#### **SOUPE PRÉBIOTIQUE**

Milieu aqueux dans lequel seraient apparues les premières cellules du vivant.

#### **VIROÏDE**

Agent infectieux constitué uniquement d'un ARN, capable de se reproduire dans les cellules végétales sans produire de protéines.

est que des formes de vie plus primitives encore s'appuyaient sur une troisième molécule, présente elle aussi chez les êtres vivants actuels : l'ARN, note Marie-Christine Maurel, du laboratoire Origine, structure et évolution de la biodiversité<sup>1</sup>, à Paris. Chez certains virus et certains **viroïdes**, on sait en effet que cette molécule, une fois entrée dans la cellule d'un autre organisme, est capable de se répliquer en assurant elle-même la catalyse de certaines réactions. » De la même façon, dans une cellule primitive, l'ARN aurait garanti à lui seul la survie de cette dernière.

Et ce n'est qu'une fois ce monde ARN franchi que la vie aurait pris un cours plus proche de celui qu'on connaît actuellement : favorisés par la sélection naturelle, l'ADN et les protéines, beaucoup plus efficaces que l'ARN dans leurs rôles respectifs, auraient pris le dessus. Des expériences en laboratoire et des recherches sur le terrain tentent actuellement de confirmer ce scénario.

Bien sûr, les scientifiques voudraient également savoir si la vie a pu se développer ailleurs que sur notre planète. Sur Mars, où l'on sait que l'eau a coulé dans le passé – un prérequis à l'apparition de la vie, pense-t-on –, le robot de la Nasa

*Curiosity*, sur lequel travaillent de nombreux scientifiques du CNRS, recherche depuis plus d'un an des traces d'organismes aujourd'hui disparus, peut-être encore présents dans le sous-sol. Dans l'atmosphère de certaines exoplanètes, on tente également de mettre en évidence des signatures de vie comme l'oxygène. Si jamais de telles preuves étaient un jour découvertes, cela suggérerait que la vie est commune dans l'Univers. Une incroyable révélation!

03



© ERMAKOFF/BSIP

### LES CLÉS DU VIVANT

Autre grande énigme du vivant : comment la multitude des processus à l'œuvre dans nos cellules nous permet-elle de fonctionner? Sur cette question, l'identification, il y a plus de soixante ans, de la molécule d'ADN comme le support physique de l'hérédité a permis de faire des progrès énormes. Mais un chemin gigantesque reste encore à parcourir pour comprendre le fonctionnement des êtres vivants dans leur intimité. « *Pour un organisme, nous savons certes faire l'inventaire des gènes à partir de la séquence de son génome, mais nous ne connaissons que la fonction codée par une partie seulement de ces gènes, confie Jean Weissenbach, médaille d'or du CNRS en 2008, à la tête de l'Institut de génomique de la Direction des sciences du vivant du CEA. Nous ne savons également que peu de chose sur les interactions entre les gènes, les protéines et les autres molécules à l'intérieur d'une cellule.* »

Chez les généticiens, le constat est le même : notre génome et celui des autres organismes vivants sont bien plus complexes qu'on ne le pensait jusqu'ici. Rejetée la vieille idée qu'à un gène est associée une seule protéine. Il est clair aujourd'hui que bon nombre de gènes peuvent conduire à la synthèse de plusieurs protéines : l'ARN, des protéines spécifiques, des parties non codantes de l'ADN (c'est-à-dire non traduites en protéines) et même des modifications chimiques ou structurales du génome... Ce sont tous ces éléments qui contrôlent

03 L'ADN, que l'on distingue dans cette éprouvette sous forme de pelote, n'a pas encore livré tous ses secrets. 04 Divers projets ont pour but de modéliser le fonctionnement du cerveau. 05 De leur côté, les chercheurs de l'équipe Parietal tentent de saisir comment le cerveau encode certaines informations.

05



© KIKS/SHENYIN/RIA

comment, où et quand les gènes sont exprimés. Comprendre comment ils travaillent ensemble est l'un des challenges majeurs que les biologistes tentent actuellement de relever.

Et, pour pousser plus loin encore notre compréhension du vivant, toutes les techniques sont bonnes. Certains chercheurs essayent ainsi de fabriquer, par voie synthétique, des organismes biologiques qui n'existent pas à l'état naturel. En copiant le vivant, ils espèrent ainsi décrypter les phénomènes clés qui le gouvernent. Une autre approche récente, baptisée biologie des systèmes, sur laquelle collaborent des biologistes, physiciens, mathématiciens et informaticiens, a pour

ambition de décrire comment les innombrables interactions moléculaires s'emboîtent les unes dans les autres à tous les niveaux, depuis les cellules jusqu'à l'organisme entier en passant par ses organes.

Bien entendu, l'étude du fonctionnement des êtres vivants dans ses aspects les plus fondamentaux devrait avoir des retombées majeures sur la compréhension des maladies, qu'elles soient génétiques ou non. « *Les progrès à accomplir dans ce domaine sont énormes, juge Jean Weissenbach. Car, si l'on sait à l'heure actuelle diagnostiquer un bon nombre de maladies, on ne sait malheureusement pas, dans la majorité des cas, comment les soigner.* »

SORTIR

04

© SPL/BSIP



## DES SENTIERS BATTUS

→ « **En science, les grandes découvertes se sont aussi faites en sortant des sentiers battus, et non pas en suivant les grandes autoroutes de pensée et les modes dominantes** », rappelle Yehezkel Ben-Ari, fondateur de l'Institut de neurobiologie de la Méditerranée, à Marseille. Pour ce spécialiste du cerveau, on ne pourra pas décrypter le fonctionnement de cet organe ultra-complexe sans faire preuve d'originalité. « *Les grands projets actuels de simulation du cerveau ou les approches classiques comme la génétique ne suffiront pas pour dévoiler tous les secrets de notre*

*cerveau* », poursuit-il. Non conformiste, le neurobiologiste a développé, par exemple, une hypothèse selon laquelle bon nombre de maladies neurologiques, qu'elles soient d'origine génétique ou non, seraient dues au fait que certains neurones ont conservé les propriétés qu'ils avaient lorsque les réseaux neuronaux se sont mis en place chez l'embryon et le fœtus. Partant de cette idée, Yehezkel Ben-Ari et son équipe développent actuellement une nouvelle approche thérapeutique pour le traitement de l'autisme.

**CONTACT :**  
Yehezkel Ben-Ari  
> yehezkel.ben-ari@inserm.fr

## DANS LES ARCANES DU CERVEAU

Organe le plus sophistiqué de la nature, avec ses 100 milliards de neurones et leurs innombrables connexions, le cerveau est bien loin, lui aussi, d'avoir révélé tous ses secrets. Les efforts à déployer pour appréhender sa structure et son fonctionnement sont colossaux. Mais le jeu en vaut la chandelle : le déchiffrement de son mode d'emploi permettrait de percer les mystères des processus intimes à l'origine de la mémoire, de la motricité, de la pensée ou encore de la conscience de soi.

Jusqu'à présent, une grande partie des connaissances acquises sur le cerveau l'ont été grâce à l'observation de ce qui se passe lorsque certaines régions sont endommagées ou encore grâce aux techniques d'imagerie, comme l'IRM fonctionnelle, qui montrent quelles zones sont actives, mais qui disent peu de chose, en revanche, sur les relations entre ces dernières.

Or tous les neurobiologistes sont aujourd'hui d'accord sur ce point : on ne pourra pas saisir le fonctionnement du cerveau sans décrire finement les interactions entre ses différentes régions. « *Reste que nous ne comprendrons jamais pourquoi et comment l'ensemble des réseaux neuronaux discutent entre eux si nous ne décryptons pas au préalable la manière dont fonctionnent individuellement un neurone*, estime le neurobiologiste Bernard Bioulac, conseiller scientifique à l'Institut des sciences biologiques du CNRS. *C'est à toutes les échelles que nous devons travailler, que ce soit à l'échelle moléculaire, cellulaire, ou à celle*

*du réseau dans sa globalité.* » Pour réaliser cet objectif, toutes les spécialités au sein des neurosciences sont mises à contribution. Mais également des statisticiens, des informaticiens et des mathématiciens, dont le but est de construire des modèles numériques du cerveau. Cette approche, de l'élémentaire vers le global, commence déjà à porter ses fruits. « *Que ce soit pour la compréhension des grandes fonctions du système nerveux central ou pour l'identification des bases neuronales et/ou génétiques de certaines maladies cérébrales* », se réjouit Bernard Bioulac.

## QUELS LIENS ENTRE LES ESPÈCES ?

Outre la complexité des êtres vivants, les liens intimes qu'ils ont tissés entre eux n'en finissent pas non plus de questionner les chercheurs. « *Le fonctionnement des écosystèmes reste encore largement mystérieux* », avoue Françoise Gaill, aujourd'hui présidente du conseil stratégique et scientifique de la Flotte océanographique française, après avoir été directrice de l'Institut écologie et environnement du CNRS. Pourquoi, à certains endroits sur Terre et dans les océans, des centaines d'espèces existent alors que, dans d'autres endroits, très peu se sont développées ? Les interactions entre l'environnement et les organismes vivants et entre les organismes eux-mêmes jouent forcément un rôle primordial pour favoriser ou au contraire limiter la biodiversité. Mais les écologues ont bien du mal à comprendre comment ces forces et d'autres agissent exactement.

Le défi est d'autant plus grand que les données sont encore partielles. Par exemple, on ne sait pas exactement combien d'espèces de plantes et d'animaux sont présentes sur la planète, et on ne sait même pas estimer combien d'organismes totalise le monde microbien. Et plus encore que les terres émergées, ce sont les océans – représentant pourtant 90% de la biosphère – qui restent largement méconnus.

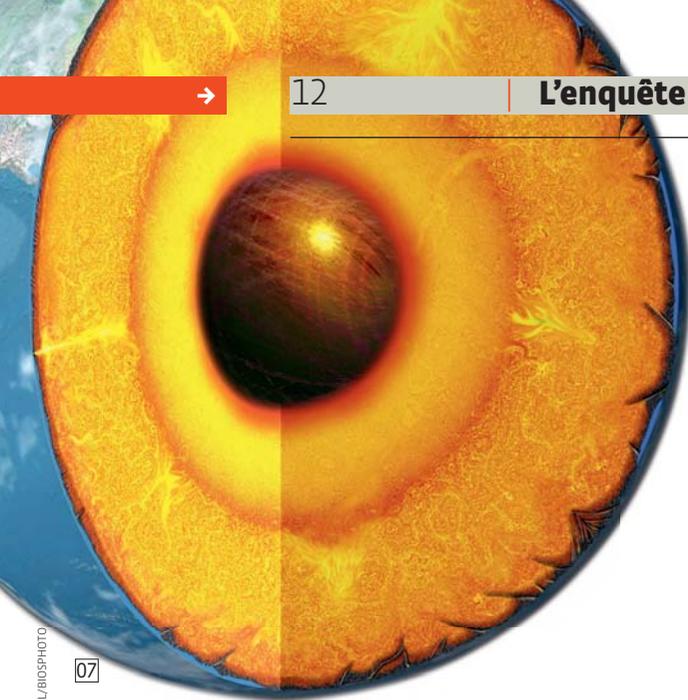
Malgré tout, le travail d'inventaire sur le terrain et les expériences en laboratoire apportent aujourd'hui des réponses. « *On constate de plus en plus à quel point l'association entre les espèces est cruciale pour leur survie*, explique Françoise Gaill. *Récemment, on a découvert qu'un grand nombre d'espèces de plancton vivaient en symbiose avec des bactéries, elles-mêmes en association avec des virus. Et on pense que, sans ce ménage à trois, le plancton ne pourrait pas fabriquer de matière organique à partir du carbone présent dans les océans.* »

Cette découverte n'est pas anodine. On sait en effet que, par son volume, le plancton joue un rôle clé dans le climat – en recyclant le carbone – et constitue le principal poumon de notre planète – en rejetant de l'oxygène par photosynthèse. « *Mieux comprendre le fonctionnement des écosystèmes, et surtout des écosystèmes marins, c'est donc aussi mieux appréhender la dynamique de notre planète* », insiste la scientifique.

Dans un autre registre, le fonctionnement des sociétés humaines ne cesse pas non plus d'interpeller les chercheurs.



06 Les écosystèmes marins sont encore largement méconnus. Celui-ci, mêlant récif corallien, barbières, gorgones et autres espèces, est situé sur l'archipel de Riou, à Marseille.



## UNE PLANÈTE MYSTÉRIEUSE

Du côté de l'étude de notre planète, les géologues tentent actuellement de mieux comprendre les mécanismes profonds qui permettent à la Terre d'être active. Sous sa surface en effet, bien des secrets demeurent encore. Certes, les scientifiques sont parvenus à dévoiler les entrailles terrestres grâce aux ondes sismiques qui s'y propagent. Ils savent ainsi que, sous la croûte se cache un manteau rocheux de 2 900 kilomètres d'épaisseur – divisé en deux à une profondeur de 670 kilomètres – puis en dessous, un noyau de fer – liquide à l'extérieur et solide au centre – de 3 500 kilomètres de rayon.

Les chercheurs savent également que ce sont les bouillonnements du manteau qui sont à l'origine de la tectonique des plaques : ce dernier délivre des roches chaudes au niveau des dorsales océaniques, fabriquant ainsi de la croûte, et accepte d'anciens morceaux de plaques dans les zones de subduction, où plongent ces dernières. Mais le fonctionnement exact de cette machinerie reste encore très mal compris. « On ne sait pas si ces mouvements de matière concernent l'ensemble du manteau ou s'ils ont lieu seulement à partir de cette limite de 670 kilomètres », explique la géophysicienne Barbara Romanowicz, du Collège de France, à Paris.

Au centre de leurs questionnements : le constat que les êtres humains sont vulnérables dans toutes leurs dimensions, que ce soit face à l'environnement, au climat ou encore à l'économie. « Cette prise de conscience est relativement nouvelle, souligne Sandra Laugier, directrice adjointe scientifique de l'Institut des sciences humaines et sociales du CNRS. Elle a été précipitée par les désastres récents, comme la catastrophe nucléaire de Fukushima ou la crise financière, ainsi que par les inquiétudes actuelles liées à l'épuisement à venir des ressources marines ou géologiques. »

Résultat : « On voit se développer aujourd'hui de nouvelles exigences dans les pays développés comme dans le reste du monde, note Sandra Laugier. Les gens veulent être protégés des catastrophes, avoir un travail correctement rémunéré et une vie digne d'être vécue. Est en train d'émerger la notion de conditions minimales de sécurité et de dignité humaines. » Pour répondre à ces attentes et mieux évaluer les risques afin d'éviter d'autres désastres dans le futur, le travail de décryptage du genre humain et de la société par les scientifiques sera plus que jamais indispensable.

07 Si la structure de la Terre a été bien identifiée (noyau solide, puis liquide, manteau, croûte), les scientifiques sont encore loin d'avoir cerné l'activité interne de notre planète.

08



Pour avancer sur cette question, l'imagerie sismique sera capitale. Déjà, des progrès énormes ont été faits dans ce domaine, les scientifiques étant capables avec les données de faire la différence entre les effets de la température et ceux de la composition des roches. « Mais, pour avoir une vision plus précise encore des structures internes de la Terre, il faudra installer davantage de stations sismiques, surtout au fond des océans », estime Barbara Romanowicz.

Et, pour compléter le portrait de notre planète, les scientifiques cherchent actuellement à comprendre comment celle-ci et les planètes en général se sont formées autour du Soleil à partir de poussières, de glace et de gaz. Pour avancer sur cette question, l'étude des systèmes planétaires en orbite autour d'autres étoiles sera cruciale. Depuis la découverte de la première exoplanète en 1995, les astronomes ont déjà tiré de nombreuses leçons : les planètes ne sont pas rares – un milliard environ d'identifiées à ce jour – et sont souvent très différentes par leur taille et leur orbite de celles du système solaire. Reste encore à découvrir un jumeau du système solaire qui nous éclairera à coup sûr sur nos propres origines.

## FAIRE DIALOGUER LES DISCIPLINES

→ Pour pouvoir répondre à certaines grandes questions scientifiques, les chercheurs vont devoir changer de stratégie. « L'approche réductionniste, fondement de la science moderne, a permis de grandes avancées, mais elle n'est pas adaptée aujourd'hui pour décrire les phénomènes naturels les plus complexes, à commencer par le fonctionnement de notre planète », juge Philippe Bertrand, du laboratoire Environnements et paléoenvironnements océaniques et continentaux<sup>1</sup>, à Bordeaux.

Comment les liens étroits entre le vivant et le non-vivant qui se sont construits et ont évolué tout au long de l'histoire de la Terre lui ont-ils permis à chaque fois d'arriver à un équilibre ? C'est cette énigme que les scientifiques voudraient désormais percer. « Pour cela, il va falloir faire dialoguer entre eux des chercheurs venus d'une multitude de disciplines, poursuit Philippe Bertrand. Des géologues, des spécialistes du climat, des biologistes, des experts de l'évolution des espèces, des

mathématiciens, etc. De ces échanges émergera une vision beaucoup plus complète de notre planète. » Au CNRS, la Mission pour l'interdisciplinarité, dirigée par Anne Renault, a justement pour objectif de mettre en place une politique favorisant ce type d'interactions entre scientifiques d'horizons différents.

1. Unité CNRS/Universités Bordeaux-I et Montesquieu-Bordeaux-IV/EPHE.

CONTACTS :  
Philippe Bertrand  
> philippe.bertrand@cnrs-dir.fr  
Anne Renault  
> anne.renault@cnrs-dir.fr



© J.F. SALGADO/ESO

08 De nombreux observatoires à travers le monde, tel celui de La Silla, au Chili, scrutent l'Univers pour tenter d'en percer les secrets. 09 Cette simulation réalisée dans le cadre du projet Deus dévoile des halos de matière noire, un ingrédient important mais encore très mystérieux, de notre Univers.

À dire vrai, la matière noire n'est pas la seule ombre au tableau. Pour décrire le monde, les physiciens disposent d'une théorie, le modèle standard, qui décrit toutes les particules élémentaires et les forces par lesquelles elles interagissent entre elles. « Mais ce modèle n'est pas complet, note Fabiola Gianotti. Ce que l'on cherche à construire désormais, c'est une théorie plus large qui permettrait de répondre aux questions ouvertes, notamment d'expliquer la matière noire et la disproportion entre la matière et l'antimatière. »

Dans ce but, plusieurs pistes sont suivies par les physiciens, comme la supersymétrie. Cette théorie prévoit une multitude de nouvelles particules, dont l'une d'entre elles, le neutralino, est aujourd'hui la meilleure candidate pour la matière noire. Dans le futur, le LHC cherchera à découvrir des preuves de cette nouvelle physique. L'exploration de ces terres inconnues nécessitera probablement une révolution majeure dans nos théories, comparable à celle d'il y a un siècle. Mais des découvertes capitales viendront peut-être aussi de ces chercheurs qui rêvent de mettre au point un ordinateur quantique aux propriétés extraordinaires. Ou encore des explorateurs du nanomonde, qui essaient notamment de mettre au point de véritables machines composées... d'une seule molécule. Ou encore de ces scientifiques confrontés à de vastes défis technologiques sur la route des énergies renouvelables, ou de ces mathématiciens qui tentent de mettre le monde en équation. Une seule chose est sûre : comme il y a cent ans, la science est bien loin d'être arrivée en bout de course.

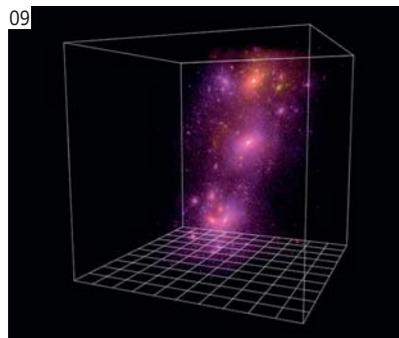
1. Unité CNRS/MNHN.

## LES INGRÉDIENTS DE L'UNIVERS

À une échelle plus vaste encore, l'Univers apparaît toujours plus mystérieux aux yeux des scientifiques. Après avoir découvert dans les années 1920 que le cosmos était en expansion – un constat qui faisait voler en éclats l'idée d'un Univers éternel et immuable –, les astronomes se sont rendu compte peu à peu, au cours des dernières décennies seulement, que la matière ordinaire qui compose les étoiles, les galaxies et les êtres vivants ne représentait que 5 % de tout ce qui existe. Pour le reste, notre Univers serait composé à 25 % de matière noire, une forme de matière invisible qui exerce une force gravitationnelle supplémentaire sur les étoiles, et à 70 % d'énergie noire, une composante plus mystérieuse encore qui accélère l'expansion de l'Univers.

De nombreuses observations de phénomènes astronomiques de nature différente sont venues confirmer cette image intrigante du cosmos. À commencer par le satellite *Planck*, qui a fourni au début de l'année, avec une précision inégalée, la proportion de matière et d'énergie noires dans l'Univers. « Malgré tout, la nature précise de ces deux composantes reste totalement inconnue aujourd'hui, souligne Gabriel Chardin, directeur adjoint scientifique de l'Institut national de physique nucléaire et de physique des particules du CNRS. Pour avancer sur ces deux énigmes, les grands programmes d'observation devront accumuler encore plus de données, et ce avec une précision accrue. »

D'ores et déjà, les chercheurs se sont lancés dans la traque de la matière noire. Dans des détecteurs enfouis profondément sous la terre et braqués en direction de l'espace, ils espèrent pouvoir un jour observer les très rares chocs entre les particules hypothétiques dont serait faite cette mystérieuse entité.



© DEUS CONSORTIUM/GENIS PHOTO THÉRIQUE

Autre possibilité : ces nouvelles particules pourraient être produites au cœur du LHC, le Grand collisionneur de hadrons du Cern, situé près de Genève. Pour le moment, l'accélérateur de particules le plus puissant au monde, qui a mis au jour le fameux boson de Higgs en 2012, n'a identifié aucun signe de la présence de matière noire. « Mais le LHC n'a pas dit son dernier mot, affirme Fabiola Gianotti, physicienne au Cern et ancienne responsable de l'expérience Atlas, un des deux détecteurs du LHC. D'ici à deux ans, les faisceaux de protons qui y entrent en collision atteindront un niveau d'énergie pratiquement deux fois plus élevé qu'en 2012 et on pourrait alors peut-être découvrir des particules de cette matière mystérieuse. »

### CONTACTS :

**Bernard Bioulac**  
> [bernard.bioulac@cnrs-dir.fr](mailto:bernard.bioulac@cnrs-dir.fr)  
**Gabriel Chardin**  
> [gabriel.chardin@admin.in2p3.fr](mailto:gabriel.chardin@admin.in2p3.fr)  
**Françoise Gaill**  
> [francoise.gaill@cnrs-dir.fr](mailto:francoise.gaill@cnrs-dir.fr)  
**Fabiola Gianotti**  
> [fabiola.gianotti@cern.ch](mailto:fabiola.gianotti@cern.ch)  
**Sandra Laugier**  
> [sandra.laugier@cnrs-dir.fr](mailto:sandra.laugier@cnrs-dir.fr)  
**Marie-Christine Maurel**  
> [marie-christine.maurel@upmc.fr](mailto:marie-christine.maurel@upmc.fr)  
**Barbara Romanowicz**  
> [barbara@seismo.berkeley.edu](mailto:barbara@seismo.berkeley.edu)  
**Jean Weissenbach**  
> [jsbach@genoscope.cnrs.fr](mailto:jsbach@genoscope.cnrs.fr)

**Partenariat** Durant les Fondamentales, le CNRS lance un réseau rassemblant ses partenaires du monde de l'entreprise.

# L'innovation en réseau

PAR CLAIRE DEBÔVES

**F**avoriser le dialogue au plus haut niveau entre les mondes de la recherche et de l'entreprise, telle est la vocation du

Réseau des entreprises partenaires du CNRS, lancé à l'occasion du forum des Fondamentales. « *Original dans sa conception, ce réseau proposera tout au long de l'année des rencontres croisées qui serviront de terreau pour une meilleure compréhension des attentes industrielles et le développement de projets communs* », précise Karine Wecker-Blanda, responsable du réseau au CNRS. Plusieurs types de rendez-vous sont prévus : discussions entre les directions scientifiques de l'organisme et les directions Recherche et développement des entreprises, visites de laboratoire, rencontres avec des médaillés du CNRS, des créateurs de start-up ou encore des responsables des bureaux du CNRS à l'étranger.

On l'ignore parfois, mais les liens sont anciens et multiples entre l'industrie et l'organisme. Il faut dire que le CNRS, qui figure depuis longtemps parmi les plus importants déposants de brevets de notre pays et dont les recherches aboutissent chaque année à la création de nombreuses start-up, fait sans aucun doute partie des grands acteurs de l'innovation. Le 7 octobre, le cabinet américain Thomson-Reuters confirmait même la place de l'organisme dans le classement des 100 premiers innovateurs mondiaux.

Le CNRS travaille en effet avec de nombreuses entreprises du CAC 40 via des accords-cadres qui sont renouvelés tous les quatre ans. Ces grands accords fixent des règles, notamment sur le partage de la propriété intellectuelle, pour tous les contrats de recherche passés entre les laboratoires et les entreprises. Des collaborations qui vont de la réalisation de thèses co-encadrées à la création de laboratoires de recherche communs avec un industriel.

D'autres dispositifs permettent d'assurer le transfert des connaissances du

01



CNRS vers la sphère socio-économique. Ainsi, l'organisme a mis en place un service gratuit, le Répertoire des compétences, qui s'appuie sur un moteur de recherche permettant d'identifier une compétence, un savoir-faire ou une technologie susceptible d'être utiles aux entreprises. Avec les prestations de conseil et de formation proposées aux entreprises par CNRS Formation Entreprises, sur des sujets variés allant du traitement du signal à la caractérisation des matériaux en passant par la résonance magnétique nucléaire, la panoplie de l'organisme est complète.

Le Réseau des entreprises partenaires du CNRS est une nouvelle pierre à cet édifice. Safran, EADS, Suez Environnement, Air Liquide et LVMH Recherche en font déjà partie. Coup de projecteur sur cinq des nombreux projets communs entre l'organisme et ces industriels.

01 L'utilisation, comme ici, de matériaux composites dans les moteurs d'avion devrait permettre de consommer moins de carburant.

## AVEC SAFRAN

### DES MOTEURS D'AVION PLUS LÉGERS

Comment renouveler la flotte d'avions en respectant les impératifs du protocole de Kyoto liés à la préservation de l'environnement? « *Inclure des matériaux composites, c'est-à-dire non métalliques, dans les moteurs d'avion fait partie des réponses* », indique Yann Richard, chef de programme chez Herakles, filiale de Safran.

À la tête du projet Arcoce, fruit d'un large partenariat<sup>1</sup>, Yann Richard a travaillé entre 2007 et 2012 avec le Laboratoire des composites thermostrostructuraux<sup>2</sup>, à Bordeaux, spécialiste des matériaux

composites destinés aux hautes températures. Objectif : concevoir un arrière-corps, une pièce d'échappement du moteur, en composite céramique léger et capable de résister à des températures de 1 000 °C. « *Des qualités qui*

**SAFRAN** est un équipementier industriel, leader mondial sur les marchés des moteurs d'avion, d'hélicoptère et de fusée, ainsi que des équipements aéronautiques, de défense et de sécurité.



réduisent la masse du moteur et limitent la consommation de carburant », note Yann Richard. Cet arrière-corps a été testé sur un avion civil d'essai en février 2012 : une première mondiale ! Une fois certifié, « ce prototype pourrait être installé sur un avion d'Air France », ajoute l'industriel. Côté CNRS, l'amélioration du composite enrichit la connaissance des matériaux, de leur durée de vie et de résistance aux dommages.

## AVEC EADS

### CAP SUR LES BIOCARBURANTS

Pourra-t-on un jour faire voler des avions grâce à l'algue *Botryococcus braunii* ? Une question loin d'être résolue pour Benjamin Moutel, doctorant en fin de thèse au laboratoire Génie des procédés, environnement, agroalimentaire<sup>3</sup>, à Saint-Nazaire. « En cherchant à optimiser la production d'hydrocarbures que cette micro-algue sécrète naturellement, nous avons progressé dans sa connaissance biologique », signale-t-il. De son côté, quel bilan l'industriel tire-t-il de ces travaux ? Pour Isabelle Lombaert-Valot, chargée de la recherche sur les carburants alternatifs chez EADS, « le fait de pouvoir fabriquer du carburant à base d'algue en laboratoire

03 Pour renouveler son approche des populations qui peinent à régler leurs factures, Suez Environnement fait appel à des géographes.

03



© OJD/IMAGES4/FOTOLIA

est une vraie avancée, mais reste actuellement un challenge au niveau industriel ». Malgré tout, elle est persuadée que les recherches doivent se poursuivre. En effet, elle souligne que « l'amélioration de la connaissance des micro-algues ouvre la voie à de nouvelles applications, y compris hors aéronautique ». Ainsi, la recherche sur les biocarburants permet en parallèle d'enrichir la connaissance sur les micro-algues pour d'autres domaines d'application comme les matériaux isolants, les médicaments ou encore l'alimentation humaine et animale.

**SUEZ ENVIRONNEMENT** est le 2<sup>e</sup> groupe mondial dans les domaines de la gestion de l'eau et des déchets. Lyonnaise des eaux fait partie de ses principales filiales avec Sita (déchets), Degrémont (traitement de l'eau) et le bureau d'études Safege.

## AVEC SUEZ ENVIRONNEMENT UNE OUVERTURE SUR LA SOCIÉTÉ

La responsabilité sociale est une préoccupation nouvelle pour les entreprises. « Innover dans ce domaine passe aussi par des travaux de recherche en sciences humaines et sociales (SHS) », explique Sandrine Vaucelle, géographe au laboratoire Aménagement, développement, environnement, santé et sociétés<sup>4</sup>, à Bordeaux. « Avec Julien Batisse, en thèse Cifre<sup>5</sup>, nous avons, par exemple, étudié la manière dont les factures impayées sont gérées. Cela nous a permis de réaliser une cartographie de la précarité hydrique », explique-t-elle en évoquant le projet régional « L'eau dans les choix urbains », en partenariat avec Lyonnaise des eaux. Pour Sandrine Vaucelle, ce mode de recherche-action avec une entreprise, peu fréquent en SHS, est très porteur : « Quand l'entreprise s'ouvre, le chercheur bénéficie d'informations internes. Il peut aider l'entreprise à décrypter ses pratiques et à se saisir de questions nouvelles en matière de service aux collectivités ou aux usagers. »

02

**EADS** est un leader mondial de l'aéronautique, de l'espace, de la défense et des services associés. Le groupe comprend les entreprises Airbus, Astrium, Cassidian et Eurocopter.

02 Réacteur conçu dans le cadre d'une thèse CNRS-EADS pour optimiser la production d'hydrocarbures à partir de micro-algues.



© GEPEA

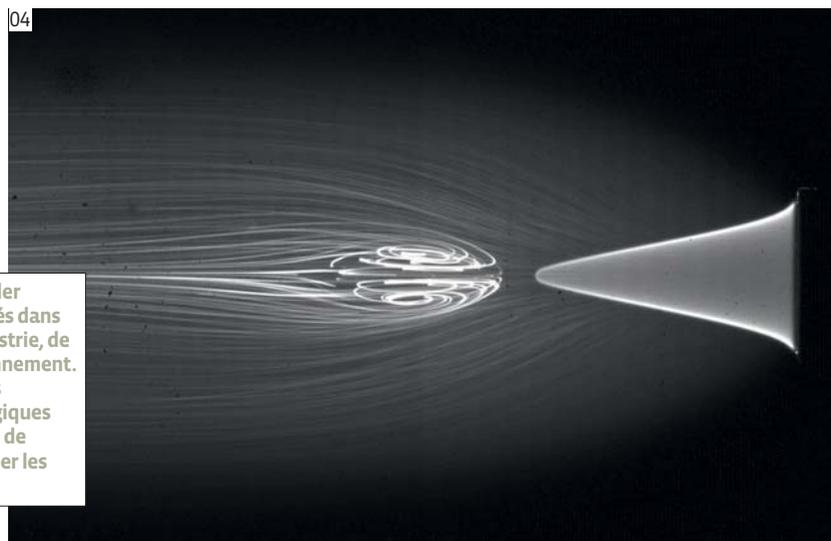
## AVEC AIR LIQUIDE

### SUR LA PISTE DE L'OXYGÈNE

Plonger les étudiants au cœur de la recherche expérimentale et des défis de la simulation, c'est l'objectif de la « Chaire Air Liquide sur l'oxy-combustion et les transferts de chaleur pour l'énergie et l'environnement ». Elle a été créée en 2012, pour six ans, par le CNRS, l'École Centrale Paris (ECP) et Air Liquide. Thierry Schuller, professeur à l'ECP, explique que l'objectif à long terme de ces recherches est d'utiliser de l'oxygène à la place de l'air pour la combustion. Une solution prometteuse qui ouvrirait la voie à la production de vapeur et d'électricité sans carbone. Pour le moment, la chaire « permet de faire travailler les élèves ingénieurs dès la première année sur un dispositif qui intéresse Air Liquide pour ses procédés futurs », informe Thierry Schuller. En 2013, cinq étudiants encadrés par des professeurs de l'ECP et des chercheurs du Laboratoire d'énergétique moléculaire et macroscopique-combustion du CNRS, ont ainsi participé à la conception d'une chambre à combustion dotée de hublots et de brûleurs adaptés à différents combustibles. Installation novatrice qui servira à analyser la combustion de l'oxygène à haute pression. « Un réel challenge, puisque ce type d'installations se compte sur les doigts d'une main dans le monde », précise Thierry Schuller au sujet de cette action financée par Air Liquide et l'Agence nationale de la recherche.

04 Flamme composée de méthane et d'oxygène dont on observe ici les lignes de courant.

**AIR LIQUIDE** est le leader mondial des gaz utilisés dans les domaines de l'industrie, de la santé et de l'environnement. Le groupe propose des innovations technologiques pour limiter l'émission de polluants ou développer les énergies du futur.



© K. GURUBARAN, A. MAZAS, T. SCHULLER

## AVEC LVMH RECHERCHE

### DES COSMÉTIQUES PLUS NATURELS

Intégrer dans les cosmétiques des composants naturels est un axe de recherche qui réunit LVMH Recherche et l'Institut de chimie organique et analytique (Icoa)<sup>6</sup>, à Orléans, depuis de nombreuses années. Émilie Destandau, enseignante-chercheuse à l'université d'Orléans, indique que « les vertus naturelles de diverses plantes étudiées ces dernières années au laboratoire Icoa et dans les laboratoires LVMH Recherche à Saint-Jean-de-Braye ont donné lieu à plusieurs copublications scientifiques ». La dernière date de juillet et porte sur la fleur

Filiale du groupe Louis Vuitton Moët Hennessy (LVMH), chef de file mondial de l'industrie du luxe, **LVMH RECHERCHE** est un groupement d'intérêt économique qui réunit les maisons Parfums Christian Dior, Guerlain, Parfums Givenchy et Fresh.

de *Butea monosperma*, un arbre originaire d'Inde utilisé dans la médecine traditionnelle de ce pays. « La séparation des molécules d'un extrait de la fleur a permis de confirmer ses propriétés anti-inflammatoires et anti-âge, indique Émilie Destandau. Ce partenariat est d'une grande richesse scientifique : nos techniques et outils d'analyse sont complémentaires, ce qui permet au laboratoire d'approfondir la connaissance organique des plantes. »

1. État, Pôle de compétitivité Aerospace Valley, Région Aquitaine, Safran, CNRS, CEA, PME locales...
2. Unité CNRS/Université Bordeaux-I/Safran/CEA.
3. Unité CNRS/Université de Nantes/École des mines de Nantes/Oniris.
4. Unité CNRS/Université Bordeaux-Segalen/Université Michel-de-Montaigne.
5. Conventions industrielles de formation par la recherche.
6. Unité CNRS/Université d'Orléans.

## UN DÉBAT SUR L'INNOVATION

Comment les industriels abordent-ils l'innovation? Quel est leur point de vue face aux technologies et aux services dits de rupture? Pour répondre à ces questions, un débat intitulé « Recherche, innovation : les entreprises nous font rêver » aura lieu durant Les Fondamentales, le samedi 16 novembre. Y interviendront Martha Heitzmann, directrice Recherche, développement et innovation du groupe Areva, Sébastien Remy, directeur Innovation Works d'EADS, Olivier Delabroy, directeur Recherche et développement d'Air Liquide, Éric Bachelet, directeur général adjoint du groupe Safran et Paul-Joël Derian, directeur Recherche, innovation et performance de Suez Environnement.

© FOTODÉFOTO/IA



05 Cette fleur écarlate, issue d'un arbre dont les vertus médicinales sont connues en Asie, renferme aussi des secrets de beauté.

### CONTACTS :

Institut de chimie organique et analytique  
**Émilie Destandau**  
> emilie.destandau@univ-orleans.fr

Air Liquide  
**Youssef Joumani**  
> youssef.joumani@ecp.fr

EADS Innovation Works  
**Isabelle Lombaert-Valot**  
> isabelle.lombaert-valot@eads.net

Génie des procédés, environnement, agroalimentaire  
**Benjamin Moutel**  
> benjamin.moutel@univ-nantes.fr

Safran/Herakles  
**Yann Richard**  
> yann.richard@herakles.com

École Centrale Paris  
**Thierry Schuller**  
> thierry.schuller@ecp.fr

Laboratoire des composites thermostructuraux  
**Francis Teyssandier**  
> teyssandier@lcts.u-bordeaux1.fr

Aménagement, développement, environnement, santé et sociétés  
**Sandrine Vaucelle**  
> sandrine.vaucelle@u-bordeaux3.fr

Direction de la communication du CNRS  
**Karine Wecker-Blanda**  
> karine.wecker-blanda@cnrs-dir.fr



**Entretien** Vice-présidente du conseil régional d'Île-de-France, Isabelle This Saint-Jean nous livre ses réflexions sur les relations entre science et société.

# « La connaissance nous rend plus forts »

PROPOS RECUEILLIS PAR ÉRIC DUMOULIN

**Vous êtes membre du comité de parrainage des Fondamentales. Selon vous, quelle place doit occuper la recherche dans notre société ?**

**I.T.S.J. :** Une place fondamentale, sans aucun doute. À mes yeux, la recherche et l'enseignement supérieur doivent être des priorités politiques pour au moins trois raisons. Tout d'abord, car le savoir est une valeur émancipatrice, essentielle. Ensuite, ce secteur est celui de la formation des jeunes générations, une jeunesse mieux formée et mieux qualifiée étant la seule à même d'écrire l'avenir de notre pays. Enfin, la valorisation sous toutes ses formes des avancées de la recherche constitue la condition du nouveau modèle de développement économique qu'il nous faut définir. Ici, la politique doit à la fois créer les conditions de cette valorisation, définir des priorités politiques et savoir laisser à la recherche sa liberté.

**Comment faire dialoguer chercheurs et citoyens ?**

**I.T.S.J. :** Aux côtés du chercheur et du citoyen, je place d'emblée un troisième terme : l' élu, représentant ses concitoyens. C'est ce triangle qu'il importe de faire dialoguer. Les élus se trouvent plus que jamais face à des choix qui sollicitent des connaissances scientifiques : transition énergétique, biodiversité, développement durable, bioéthique... Ils doivent

par conséquent pouvoir appréhender ces notions. Inversement, afin de mandater au mieux leurs élus sur ces questions, les citoyens doivent être en mesure de penser la science. Et les scientifiques ne doivent jamais oublier qu'ils sont aussi des citoyens.

**Au fond, la science est affaire de citoyenneté...**

**I.T.S.J. :** La science est dans la société. Le savoir et la science sont des valeurs émancipatrices. En plus de nous conférer un réel plaisir, la connaissance nous rend plus forts, individuellement comme collectivement. Les découvertes des chercheurs peuvent donner lieu à des améliorations sociétales décisives. On peut donc difficilement trouver démarche plus citoyenne. D'ailleurs, les Français ne s'y trompent pas : les métiers de la recherche comptent parmi leurs professions préférées.

**Et pourtant, les filières scientifiques souffrent encore d'une certaine désaffection...**

**I.T.S.J. :** La science, ce sont d'abord des hommes et des femmes. Aussi l'attractivité des carrières scientifiques et académiques et l'emploi scientifique sont-ils pour moi des priorités. Il faut améliorer la situation de l'emploi public. Il faut aussi sensibiliser les plus jeunes à la science. Dans ce but, la Région Île-de-France met en place des opérations de découverte, avec par exemple l'ouverture prochaine d'une Maison d'initiation et de sensibilisation aux sciences destinée aux enfants de 9 à 13 ans sur le site du campus d'Orsay. Mais il faut également faire de la revalorisation du doctorat et de l'insertion professionnelle des docteurs une priorité. Sans réels débouchés dans le secteur privé, comment inciter les étudiants aujourd'hui à s'engager dans l'aventure du doctorat ? C'est notre rôle, en tant que responsables politiques, de savoir apporter des réponses concrètes à ces problématiques.

## SON PARCOURS

Née en 1963, Isabelle This Saint-Jean est titulaire d'un doctorat en sciences économiques. Maître de conférences à l'université Paris-I, puis professeur à l'université du Littoral, elle enseigne désormais à Paris-XIII. En 2007, elle rejoint l'association Sauvons la recherche, dont elle assure la présidence de 2008 à 2009. « *Au terme de ce parcours associatif, j'ai considéré que le meilleur moyen de changer les choses était d'entrer en politique* », explique-t-elle. Depuis 2010, elle est vice-présidente du conseil régional d'Île-de-France, chargée de l'enseignement supérieur et de la recherche.



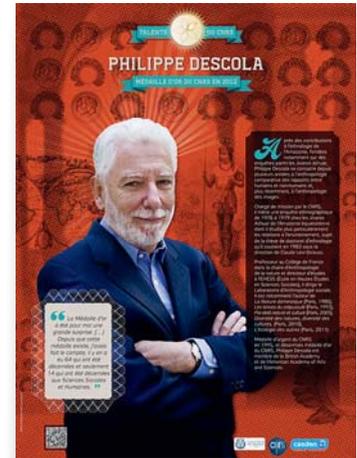
## Exposition

# Les grands chercheurs s'affichent

PAR FABRICE DEMARTHON

→ **Partenaire des Fondamentales, la Casden, la banque des personnels de l'Éducation, de la Recherche et de la Culture**, présentera aussi son exposition « Prix Nobel et Talents de la recherche » lors du forum. À l'affiche : quinze Prix Nobel, des médaillés du CNRS, des médaillés Fields et des Prix Inserm. Sur chaque panneau présentant un scientifique, un QR code permet de visionner son interview filmée directement sur smartphone ou sur tablette. « Nous sommes partis à la rencontre des plus grands scientifiques français, explique Lionel Courchinoux, chargé du département Enseignement supérieur de la Casden. Serge Haroche, Jean-Pierre Serre, Philippe Descola ou encore Cédric Villani... Ces chercheurs occupent de bonnes places dans le palmarès mondial. » Pourquoi la Casden s'est-elle engagée dans un tel projet ? « La Casden n'est pas une banque comme les autres, précise Lionel Courchinoux. La pédagogie

et l'aide à la diffusion des connaissances scientifiques font partie de notre ADN. » Forte de ses liens étroits avec les organismes de recherche et les universités, la banque organise chaque année « Les Rendez-vous de la découverte », le plus souvent sur le thème des années internationales dictées par l'Unesco. « Cette Année, nous avons créé l'exposition "H<sub>2</sub>O, la coopération scientifique dans le domaine de l'eau", avec la contribution intellectuelle de nos partenaires institutionnels. L'idée de cette seconde exposition – qui a vu le jour en Alsace avec Stéphanie Boyer, chargée de relation Enseignement supérieur et Recherche, puis qui a été soutenue par de nombreuses chargées de relation – de donner la parole aux plus grands scientifiques nous a tellement plu que nous nous sommes lancés dans l'aventure. » Les deux expositions seront proposées dans toute la France par le réseau des chargés de relation du supérieur Casden, puis mises à disposition des établissements de l'Éducation nationale par la délégation nationale Casden.



EN LIGNE

> [www.casden.fr](http://www.casden.fr)

MATHIEU VIDARD  
LA TÊTE AU CARRÉ  
DU LUNDI AU VENDREDI DE 14H À 15H

# DONNEZ VOS OREILLES À LA SCIENCE

Sciences dures, du vivant ou humaines, Mathieu Vidard s'intéresse à toutes les observations et les expérimentations scientifiques avec écartisme et pédagogie. Et chacun comprend mieux le monde qui l'entoure.

**france inter** LA VOIX EST LIBRE  
franceinter.fr



## 3 questions à...

**Jean-Louis Missika,**

adjoint au maire de Paris chargé de l'innovation, de la recherche et des universités

## Paris prépare son futur

**Le vendredi 15 et le samedi 16 novembre, les visiteurs des Fondamentales pourront assister à la présentation de travaux réalisés dans le cadre du programme Paris 2030.**

**De quoi s'agit-il ?**

**Jean-Louis Missika :** En 2004, sur proposition de son conseil scientifique, la ville de Paris a voulu s'équiper d'un programme de recherche performant pour esquisser l'avenir et prévoir les évolutions de la capitale. Le meilleur moyen d'y parvenir nous a semblé, dès 2008, de

lancer un appel à projets.

Concrètement, nous finançons chaque année entre six et dix travaux consacrés à Paris, dans toutes les disciplines, à hauteur de 40 000 euros par projet.

**Sur quels critères retenez-vous les projets ?**

**J.-L. M. :** Tout travail de recherche porteur de réflexions fécondes ou capables d'éclairer notre rapport à la ville sous un angle nouveau est susceptible de nous intéresser. Car, au-delà de sa dimension scientifique,

ce programme est orienté vers l'action politique. En tirant parti des capacités d'analyse des chercheurs, Paris 2030 vise à outiller le processus de décision politique afin de permettre à la capitale d'évoluer avec son temps, et même de le devancer.

**Quels sont les enjeux d'un tel programme ?**

**J.-L. M. :** Nous traversons une période de mutation très importante. Les métropoles telles que Paris sont les lieux

où l'on pense ces mutations, mais aussi où l'on doit les expérimenter. Avec Paris 2030, nous souhaitons mettre la science au service de la transformation urbaine. Il s'en dégage une forme de recherche-action, incitant d'un côté les chercheurs à intégrer une dimension prospective à leurs travaux et poussant de l'autre les politiques à prêter l'oreille aux scientifiques. C'est aussi cela, l'interdisciplinarité...

**Propos recueillis par Éric Dumoulin**

## Carrières

# Une thèse et après ?

EN LIGNE

> [www.intelligence.fr](http://www.intelligence.fr)

PAR ÉRIC DUMOULIN

→ **Convoité et prestigieux, le doctorat demeure en France l'aboutissement ultime des études universitaires.** Pour autant, ce diplôme est loin de garantir à ses récipiendaires l'obtention d'un poste de chercheur ou d'un autre emploi. Alors, faut-il faire une thèse ? Pour quels débouchés ? Comment orienter les jeunes docteurs ? Autant de questions sur lesquelles planche l'ABG (Association Bernard-Grégory). Celle-ci prodiguera des conseils avisés lors d'un débat des Fondamentales.

Si l'existence même de la thèse n'est pas à remettre en cause, il convient cependant pour les étudiants de bien connaître les contours de leur engagement. « Par nature très différent des autres diplômes, le doctorat récompense un travail de recherche novateur, effectué sous la direction d'un chercheur chevronné », rappelle Vincent Mignotte, directeur de l'ABG. En tant que tel, il offre au doctorant l'occasion de « se confronter à un sujet,



→ Bibliothèque de mathématiques du laboratoire Jean-Alexandre-Dieudonné de Nice.

d'apprendre à faire l'état des connaissances sur cette problématique, de mettre en œuvre des dispositifs expérimentaux et de collaborer avec ses pairs. » Présentée ainsi, la thèse peut donc apparaître comme un formidable outil pédagogique qui vient prolonger plutôt que conclure l'apprentissage universitaire.

Mais comment s'orienter une fois son diplôme en poche ? C'est surtout là qu'intervient l'ABG. Créée en 1980, cette association, qui revendique aujourd'hui

24 000 docteurs et étudiants inscrits ainsi que 17 000 recruteurs, s'est fixé un double objectif : aider les docteurs à concevoir leur projet professionnel et inciter les entreprises à les recruter. Formation, entretiens, ateliers... Tous les moyens sont bons pour permettre aux diplômés de transformer l'essai du doctorat en un métier épanouissant et structurant. « Une minorité de jeunes docteurs obtient un poste de chercheur, souligne Vincent Mignotte. Il est donc très important pour un doctorant de garder un esprit ouvert et d'envisager différentes pistes pour l'après-thèse. » Car les carrières possibles sont innombrables. Pour preuve, plaisante le directeur de l'ABG « la chancelière Angela Merkel est docteur en chimie, et Brian May, le guitariste du groupe Queen, est astrophysicien... »

CONTACT :

ABG, Paris

**Vincent Mignotte**

> [vincent.mignotte@abg.intelligence.fr](mailto:vincent.mignotte@abg.intelligence.fr)

**Médiation** Le programme Inmédiats, qui rassemble six centres de culture scientifique, vise à mettre la science à la portée de tous grâce aux nouvelles technologies.

# La culture scientifique passe au 2.0

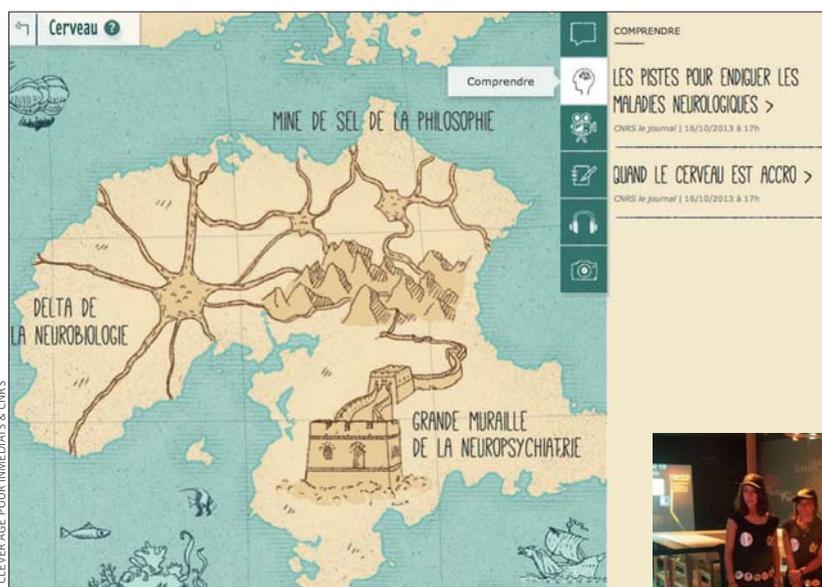
PAR LAURE CAILLOCE

## Cap Sciences à Bordeaux, la Casemate à Grenoble, l'Espace des sciences à Rennes,

Relais d'sciences à Caen, Science Animation à Toulouse, Universcience à Paris (qui regroupe la Cité des sciences et le Palais de la découverte)... Situés aux quatre coins de la France, ces centres de culture scientifique et technique sont unis par un projet commun. Nom de code : Inmédiats. Mission : utiliser les nouvelles technologies pour diffuser la culture scientifique et les travaux des chercheurs auprès du grand public. « *Nous ne voulons pas être des musées des sciences figés et poussiéreux, s'enflamme Bernard Alaux, le directeur de Cap Sciences à Bordeaux. L'objectif, avec Inmédiats, est d'introduire un maximum d'interactivité avec le public, et notamment les 15-25 ans.* »

Créé à la fin 2011, le consortium candidat aux Investissements d'avenir a décroché la coquette somme de 30 millions d'euros sur quatre ans pour développer des outils innovants (une somme financée pour moitié par l'État et pour moitié par des collectivités et des partenaires industriels). En tout, une demi-douzaine d'innovations vont être explorées : *fab labs, living labs*, réseaux sociaux, *serious games*, mondes virtuels... « *Chaque centre a sa spécialité, qu'il va approfondir d'ici à 2015, puis nous mettrons tout en commun* », explique Bernard Alaux.

Imaginé au départ par le Massachusetts Institute of Technology (MIT), le *fab lab* est un endroit où l'on fabrique des objets avec des machines-outils pilotées par ordinateur : imprimantes en 3D, découpeuses laser... Objectif pour Science Animation et la Casemate, qui se sont emparés du projet : montrer que la technique peut aussi être ludique, en permettant au public de réaliser des prototypes avec l'aide de designers. Grâce aux *living labs*, pris en charge par Relais d'sciences et Cap



## LA CARTE NUMÉRIQUE, UN OUTIL DÉVELOPPÉ POUR LES FONDAMENTALES

**Directement inspirée des univers du médiéval fantastique type *A Game of Thrones*, cette carte numérique, conçue par Inmédiats pour Les Fondamentales, met en scène les huit continents scientifiques explorés durant la manifestation. Totalement interactive et directement branchée sur les réseaux sociaux, l'interface entre les chercheurs et le public permet de poser des questions, de poster des commentaires, mais aussi des vidéos, de consulter des articles et photos en lien avec les thèmes abordés.**

### EN LIGNE

- > [lesfondamentales.cnrs.fr](http://lesfondamentales.cnrs.fr)
- > [carte-fondamentales.inmediats.fr](http://carte-fondamentales.inmediats.fr)

Sciences, les chercheurs et les industriels peuvent, de leur côté, venir tester leurs prototypes (robots, interfaces tactiles, etc.) auprès des visiteurs. L'intérêt est double : permettre au grand public de participer à la science en train de s'écrire et aux professionnels d'avoir accès à des milliers d'utilisateurs potentiels!

→ Véritables laboratoires vivants, les *living labs* permettent de tester des technologies émergentes auprès du grand public.



Autres projets, autres ambitions. L'observatoire des *serious games*, piloté par Universcience, vise à recenser et à analyser l'ensemble des jeux vidéo à caractère scientifique existant dans le monde. Les mondes virtuels et leurs avatars, explorés par l'Espace des sciences, sont également un lieu rêvé pour l'expérimentation scientifique. Quant au pass Navinum, imaginé par Cap Sciences, il permet d'enregistrer, grâce à une puce RFID, tous les paramètres des visiteurs d'une exposition (âge, centres d'intérêt, niveau d'expertise...) pour leur proposer ensuite des contenus adaptés au fil de leur parcours. Vous avez dit poussiéreux?

**CONTACT :**  
Inmédiats  
Bernard Alaux  
> [contact@inmediats.fr](mailto:contact@inmediats.fr)

**Éducation** Le forum des Fondamentales accueillera de nombreux lycéens, invités notamment dans le cadre de l'initiative Édifice et par l'association Science ouverte.

# Des lycéens dans les labos

PAR LAURE CAILLOCE ET CLAIRE DEBÔVES

**R**approcher les jeunes de la science, et susciter chez eux des vocations dans l'univers de la recherche : voilà deux objectifs communs au programme Édifice, à Orléans, et à Science ouverte, une association de Seine-Saint-Denis. Dans le cadre de ces deux initiatives très différentes, dont le CNRS est partenaire, de nombreux lycéens vont assister aux débats des Fondamentales<sup>1</sup>.

## LE PROGRAMME ÉDIFICE À ORLÉANS

Pour faire naître des vocations dès le lycée, le programme Édifice, labellisé en 2012 « Initiative d'excellence en formations innovantes » dans le cadre des Investissements d'avenir<sup>2</sup>, a opté pour le contact direct avec la science. Les ressources locales le permettent : porté par l'université d'Orléans, trois lycées et leurs classes préparatoires, le CNRS et le Bureau de recherches géologiques et minières, Édifice repose sur les forces vives du campus orléanais. L'éventail est large, des géosciences à l'environnement en passant par l'espace, l'énergie, les matériaux, la chimie ou les sciences du vivant. En tout, le programme doit toucher 1 500 élèves et

## LES LYCÉES PARISIENS IMPLIQUÉS

Le CNRS a aussi souhaité associer les lycéens parisiens aux Fondamentales. Avec le soutien du rectorat de Paris, ceux-ci ont été invités à poser leurs questions aux chercheurs et à s'inscrire aux différents débats. Autre possibilité offerte à certains d'entre eux : travailler en amont avec leur professeur sur l'un des grands thèmes du forum et passer un moment privilégié, pendant la manifestation, avec l'un des intervenants experts de ce sujet.



© UNIVERSITÉ D'ORLÉANS/COMMUNICATION/JSI/2013

01 Journée de présentation, le 24 mai, à Orléans, des travaux réalisés par la première promotion du dispositif Édifice.

étudiants. Son objectif : construire des itinéraires de formation sécurisés, c'est-à-dire offrant des débouchés professionnels de bac - 3 à bac + 8.

De janvier à juin 2013, une demi-journée par semaine, 84 élèves de seconde des lycées Voltaire, Benjamin-Franklin et Pothier se sont rendus sur le campus de l'université d'Orléans. Encadrés par 26 doctorants issus de huit laboratoires, les élèves ont été directement associés aux travaux de recherche. « Loin d'être cantonnés à un rôle d'observation, les lycéens participent aux manipulations et s'initient à la démarche scientifique », explique Nathalie Magneron, vice-présidente adjointe de l'université d'Orléans.

Ainsi, le groupe encadré par Olga Maslova, doctorante au laboratoire « Conditions extrêmes et matériaux : haute température et irradiation », s'est initié à la spectrométrie Raman qui permet d'étudier les propriétés d'un matériau à travers l'analyse d'un faisceau laser qui le traverse. Après avoir préparé les échantillons et réalisé les expériences, les lycéens ont effectué les traitements numériques des données obtenues. Lors du premier colloque de restitution du

programme Édifice en mai dernier, ils ont pu tester en direct la qualité du diamant d'une participante. Première cohorte d'Édifice, ces lycéens seront accompagnés durant tout leur cursus, jusqu'au niveau master. Le moment venu, ils pourront suivre une licence dite propédeutique menant après la deuxième année (L2) soit à une



02 François Gaudel, de l'association Science ouverte, lors du montage d'un polyèdre géant, forme géométrique de type ballon de football.

poursuite en troisième année (L3), soit au concours des Grandes Écoles, soit à un redoublement en classe préparatoire. Car c'est un des points forts du dispositif que d'articuler et de tisser des passerelles entre les différentes formations scientifiques proposées sur le site orléanais.

Pour Nathalie Magneron, les six premiers mois d'Édifice ont été concluants : « *La dynamique créée dans les classes impliquées se répercute sur les autres disciplines, aidant les uns à faire des choix d'orientation, les autres à retrouver une motivation.* » Il semble également que les inscriptions en première S soient en progression. En outre, des équipes pédagogiques mêlant enseignants du secondaire et du supérieur ont appris à travailler ensemble. Depuis septembre, Édifice se poursuit avec les mêmes lycéens, désormais élèves de première. Et en janvier, la seconde cohorte de 90 élèves de seconde rejoindra un laboratoire pour commencer à plancher sur un sujet de thèse...

### L'ASSOCIATION SCIENCE OUVERTE EN SEINE-SAINT-DENIS

Les lycéens, mais aussi les élèves de collège et de primaire sont également la cible de Science ouverte, une association née en 2008 à Drancy, en Seine-Saint-Denis. « *À travers la science, nous voulons lutter contre la ghettoïsation de cette banlieue parisienne défavorisée et montrer aux jeunes qu'il est possible de faire des choses et de réussir ici* », témoigne François Gaudel, le président et fondateur de Science ouverte. L'ancien professeur de mathématiques n'en est pas à son coup d'essai : avant de monter l'association, il avait lancé des clubs de maths à la Maison de la jeunesse de Drancy et créé, en 1995, son propre club CNRS... « *On a voulu aller plus loin et monter un vrai pôle d'activité scientifique en Seine-Saint-Denis* », explique le bénévole.

De fait, le nombre d'actions entreprises par l'association donnerait presque le tournis ! Premier axe : le soutien scolaire dans les matières scientifiques. L'association intervient dans vingt classes de CP et de CE1 à Drancy et à Bobigny, à raison de vingt séquences par an. « *En enseignant les maths de façon plus interactive, on essaie de rendre la matière attractive aussi bien aux yeux des enfants que des maîtres, qui ont généralement suivi des cursus littéraires et ont peu d'appétence pour cette matière...* »

Aux lycéens et aux étudiants de première année, l'association propose du tutorat tous les samedis de 14 à 19 heures : « *Avec un encadrant, généralement un doctorant, pour cinq à six élèves, nous fournissons un cadre de travail aux jeunes qui veulent réussir* », indique François Gaudel. Entre 60 et 80 lycéens participent régulièrement à ces séances.

Autre outil pour favoriser la réussite des lycéens et des élèves en classes prépa : les stages proposés tout au long de l'année sur des thématiques variées : l'infini,

les géométries, etc. Ces stages de cinq à onze jours se déroulent pendant les vacances scolaires et touchent chaque année 150 jeunes sélectionnés sur leur seule motivation. Plus ludiques, les ateliers proposés aux 5-13 ans à l'Espace Avenir, à Drancy, permettent de s'initier à la robotique, à l'exploration mathématique, à l'informatique ou au graphisme en 3D. Sans oublier le club CNRS et les nombreux événements auxquels participe l'association, de la Fête de la science aux rencontres jeunes Sciences et Citoyens du CNRS en passant, donc, par Les Fondamentales.

« *Toutes activités confondues, nous estimons que l'association touche de 6 000 à 8 000 jeunes par an* », informe François Gaudel. Et elle n'est pas près de s'arrêter : en plus de l'Espace Avenir et des locaux mis à disposition par l'université Paris-XIII, l'Institut Henri-Poincaré et le laboratoire Kastler-Brossel, à Paris, dans le cadre de partenariats, l'association devrait s'installer au dernier étage du château de Ladouette, à Drancy, en début d'année prochaine. « *À terme, nous aimerions avoir un lieu unique et bien visible pour toutes nos activités*, espère François Gaudel. *Et pourquoi pas, devenir un centre de culture scientifique et technique à part entière.* »

1. LVMH Recherche soutient cette opération en finançant le transport des lycéens d'Orléans.
2. Programme doté de 5,3 millions d'euros pour une durée de huit ans.

#### CONTACTS :

Science ouverte, Drancy

**François Gaudel**  
> [francois.gaudel@scienceouverte.fr](mailto:francois.gaudel@scienceouverte.fr)

Sciences techniques, éducation, formation, Cachan

**Nathalie Magneron**  
> [nathalie.magneron@univ-orleans.fr](mailto:nathalie.magneron@univ-orleans.fr)

Conditions extrêmes et matériaux :  
haute température et irradiation, Orléans

**Olga Maslova**  
> [olga.maslova@cnrs-orleans.fr](mailto:olga.maslova@cnrs-orleans.fr)



© C. BERNARD/SCIENCE OUVERTE

## Le Monde science & médecine



**Influence intestinale** Le monde microbien qui habite nos entrailles, joue sur notre prise de poids, sur notre immunité, mais aussi sur nos comportements. **PAGES 3**



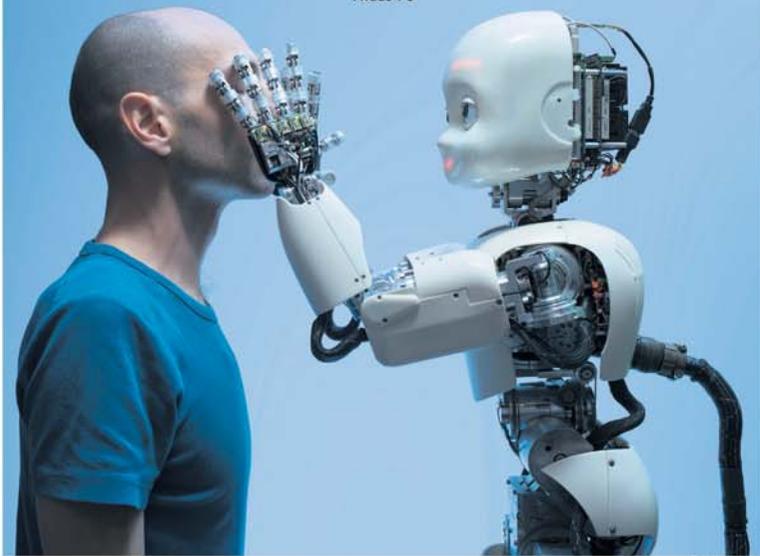
**Le retour de Manman Dio-la ?** Surchassé, le lamantin a disparu depuis un siècle des côtes de la Guadeloupe. Un programme vise à réintroduire ce héros de contes créoles. **PAGES 3**



**Le « samouraï » des maths** Jean-Pierre Bourguignon quitte la direction de l'Institut des hautes études scientifiques, où il s'est consacré corps et âme à sa discipline. **PAGE 7**

### Humanoïdes 2.0

Le travail collaboratif des laboratoires et l'usage de plates-formes standardisées ont permis de faire évoluer les facultés cognitives et comportementales des robots. Mais cette forme d'« open source » se confronte à l'univers plus balisé de la protection intellectuelle. **PAGES 4-5**



**CARTE BLANCHE**  
**Roland Lehoucq**

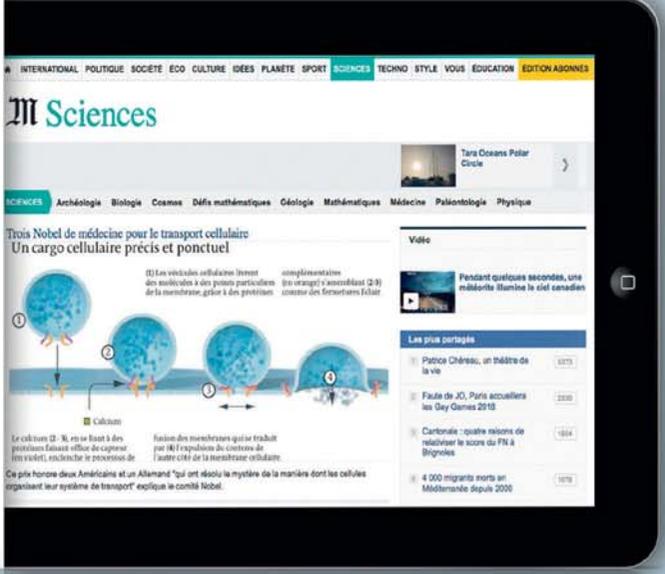
Astronome à l'Observatoire astronomique et aux énergies alternatives (OASIS).

### Dégradé bleu ciel

Après un printemps plutôt mitigé, l'été nous a régulièrement gratifiés de belles journées ensoleillées. Avec vous profitons de ces journées ensoleillées pour une chaise longue pour observer attentivement la couleur du ciel ? Avec vous remarquons que son bleu n'est pas uniforme ? Pour expliquer cette palette de couleurs, examinons ce qui arrive à la lumière solaire en traversant la fine couche d'air qui entoure notre planète. Elle peut d'abord être absorbée, c'est à dire captée par les molécules d'air qui se trouvent alors à l'échelle de la longueur des ondes lumineuses. Ainsi, l'atmosphère est transparente à la lumière visible mais quasiment opaque à la lumière ultraviolette grâce aux molécules d'oxygène, ce qui protège la vie de surface - et largement opposée à la lumière infrarouge à cause de la vapeur d'eau et du gaz carbonique - sources de l'effet de serre.

De plus, l'efficacité de la diffusion est différente selon les couleurs. Sur les molécules d'air, le bleu est beaucoup plus diffusé que le rouge. Ce phénomène de diffusion se constate aisément à la cuisine : de l'eau additionnée de quelques gouttes de lait prend un aspect blanc quand elle est éclairée par une lumière blanche. Cette diffusion différentielle des couleurs explique que le ciel apparaît bleu, couleur la plus diffusée, quand le regard porte ailleurs que vers le Soleil. Mais ce bleu n'est pas uniforme : son intensité varie, le ciel est plus sombre que vers l'horizon, où il apparaît plus lumineux mais délavé, à la limite du blanc.

L'épaisseur d'air que traverse la ligne de visée dépend aussi de sa hauteur au-dessus de l'horizon. Lorsque l'on regarde vers le zenith, l'épaisseur d'atmosphère traversée est minimale, et plus la ligne de visée est proche de l'horizon plus l'épaisseur d'air qu'elle traverse augmente, en suivant l'horizon, l'épaisseur traversée est trente fois supérieure à celle correspondant à une visée vers le zenith. Puisque l'épaisseur de l'atmosphère traversée est minimale au zenith, c'est dans cette région que le ciel apparaît le moins lumineux.



**M Sciences**

INTERNATIONAL POLITIQUE SOCIÉTÉ ÉCO CULTURE IDÉES PLANÈTE SPORT SCIENCES TECHNO STYLE VOUS ÉDUCATION ÉDITION ABONNÉS

Archeologie Biologie Cosmos Diffé mathématiques Océologie Mathématiques Médecine Paléontologie Physique

**Trois Nobel de médecine pour le transport cellulaire**  
Un cargo cellulaire précis et ponctuel

Les véhicules cellulaires transportent des molécules à des points particuliers de la membrane, grâce à des protéines complémentaires (ou vésicules vésiculaires) composées des protéines Fabry.

Le calcium (Ca<sup>2+</sup>) est le plus abondant des ions dans les cellules animales. Il joue un rôle crucial dans de nombreuses fonctions cellulaires, notamment dans la transmission de l'information et dans la régulation de l'activité enzymatique.

Un mécanisme de transport cellulaire permet de maintenir la concentration de calcium dans le cytoplasme à un niveau très faible, malgré sa haute concentration dans le sang et dans les fluides extracellulaires.

Les chercheurs ont découvert que ce transport est assuré par des vésicules qui transportent des molécules de calcium à des points précis de la membrane cellulaire.

Ce plus honore deux Américains et un Allemand qui ont résolu le mystère de la manière dont les cellules organisent leur système de transport, explique le comité Nobel.

**Les prix partagés**

- Patrice Chéreau, un théâtre de la vie (1977)
- Faute de JO, Paris accueille les Gay Games 2019 (2019)
- Cartonelle : quatre raisons de relancer le score du FN à Birmé (2018)
- 4 000 migrants morts en Méditerranée depuis 2000 (2018)

La science est au cœur de l'offre éditoriale du Monde : dans le quotidien, avec le supplément *Science & médecine* le mardi et sur Le Monde.fr avec la chaîne sciences. Partager nos enthousiasmes pour des découvertes, faire rêver avec les innovations de demain, éclairer les enjeux sociétaux et éthiques, mettre en lumière les conflits d'intérêts, rendre compte des progrès de la médecine, faire se rencontrer le monde de la recherche et le grand public, telles sont nos ambitions.