

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

Le  
journal  
du

# CNRS

N° 245 JUIN 2010

NEUROSCIENCES,  
ÉCOLOGIE,  
ASTRONOMIE...

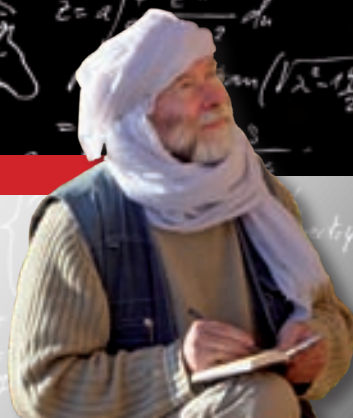
Rien n'arrête les

# mathématiques

ZOOM

**Peintures rupestres**

Jean-Loïc Le Quellec,  
l'homme qui réinterprétait les mythes



cnrs

dépasser les frontières

# La ville-nature

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

Images

de la

biodiversité

urbaine



Exposition

# Le laser à tout faire

8 juin - 28 novembre 2010

Salle d'actualités  
Musée des Arts et Métiers  
60 rue Réaumur  
75003 Paris

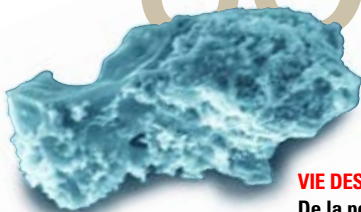
«50 ans du Laser»

Retrouvez les différentes manifestations sur [www.cnrs.fr/50anslaser](http://www.cnrs.fr/50anslaser)



# sommaire

© CSNSM-INZPS-CNRS-Univ. Paris-Sud



## VIE DES LABOS >

**De la poussière  
de comètes découverte  
en Antarctique, p. 12**

## Le journal du CNRS

1, place Aristide-Briand  
92195 Meudon Cedex  
**Téléphone** : 01 45 07 53 75  
**Télécopie** : 01 45 07 56 68  
**Mél.** : journal-du-cnrs@cnrs-dir.fr  
**Le journal en ligne** :  
www2.cnrs.fr/presse/journal/  
**CNRS (siège)**  
3, rue Michel-Ange  
75794 Paris Cedex 16

**Directeur  
de la publication** :  
Alain Fuchs  
**Directrice  
de la rédaction** :  
Marie-Hélène Beauvais  
**Directeur adjoint  
de la rédaction** :  
Fabrice Impériali

**Rédacteur en chef adjoint** :  
Matthieu Ravaud  
**Chefs de rubrique** :  
Fabrice Demarthon  
Charline Zeitoun

**Rédactrice** :  
Anne Loutrel  
**Assistante de la rédaction  
et fabrication** :  
Laurence Winter  
**Ont participé à ce numéro** :  
Stéphanie Arc  
Émilie Badin  
Julien Bourdet  
Patricia Chairopoulos  
Christian Debraisne  
Sebastián Escalón  
Grégory Fléchet  
Mathieu Grousson  
Marie Lescroart  
Xavier Müller  
Marion Papanian  
Vahé Ter Minassian  
Géraldine Véron

**Secrétaire de rédaction** :  
Isabelle Grandrieux  
**Conception graphique** :  
Céline Hein  
**Iconographe** :  
Cecilia Vignuzzi  
**Couverture** :  
Calligraphie : Julien Chazal ;  
C. Hein ; O. Bernezat  
**Photogravure** :  
Scoop Communication  
**Impression** :  
Groupe CirclePrinters  
6, route de la Ferté-sous-Jouarre  
77440 Mary-sur-Marne  
ISSN 0994-7647  
AIP 0001309  
Dépôt légal : à parution  
**Photos CNRS disponibles à** :  
phototheque@cnrs-bellevue.fr  
http://phototheque.cnrs.fr/

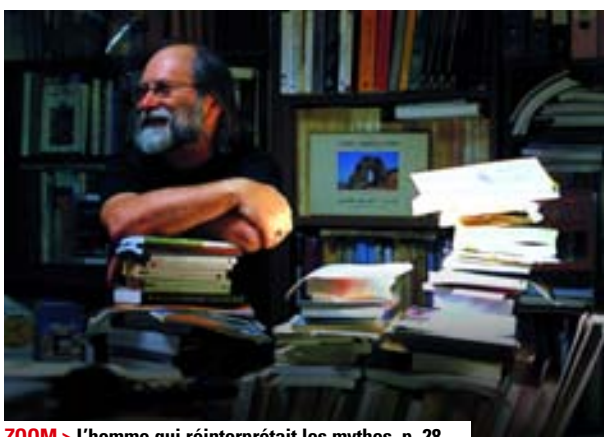
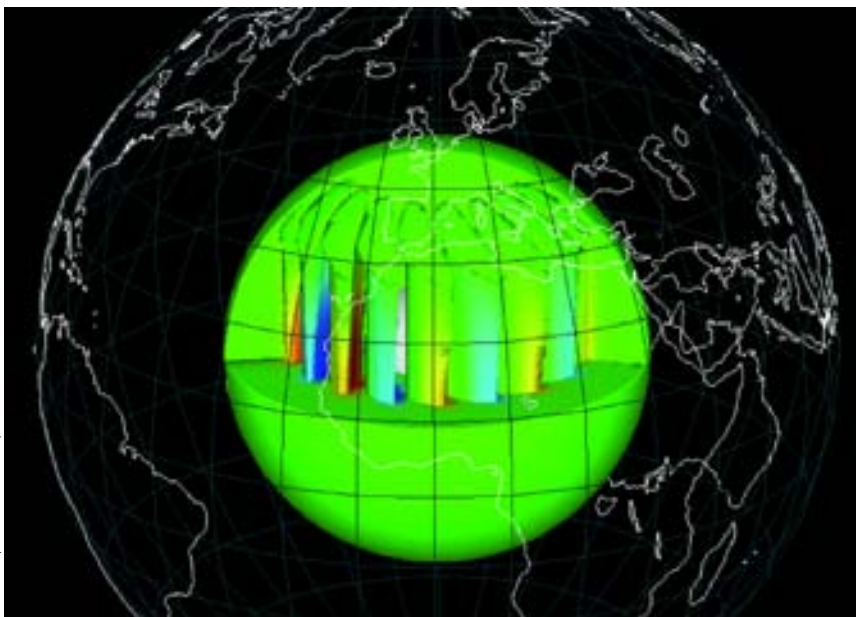
La reproduction intégrale ou partielle  
des textes et des illustrations doit  
faire obligatoirement l'objet d'une  
demande auprès de la rédaction.

© Mairie de Paris/L. Perreau - Devillers et Associés



**VIE DES LABOS > Moins de CO<sub>2</sub> pour plus d'emplois en Île-de-France, p. 9**

© E. Dormy / CNRS Photothèque



**ZOOM > L'homme qui réinterprétait les mythes, p. 28**

## VIE DES LABOS P. 6

### > REPORTAGE

**Une fenêtre s'ouvre  
sur le Crétacé**

### > ACTUALITÉS P. 8

Les derniers résultats  
de la recherche

### > MISSION P. 13

**Une forteresse de légende  
dans le Gévaudan**

## INNOVATION P. 14

**Les mille vertus  
des microalgues**

## PAROLE D'EXPERT P. 16

**Chopin, un héritage  
très présent**

Entretien avec Cécile Reynaud

## RENCONTRE AVEC P. 17

**Sondeur d'atomes**

Portrait de Gérald Da Costa

## L'ENQUÊTE P. 18

**NEUROSCIENCES,  
ÉCOLOGIE, ASTRONOMIE...**

**Rien n'arrête  
les mathématiques**

Une discipline  
à vocation universelle > 19

La biodiversité en équations > 20

Des formules  
contre les épidémies > 22

La physique accro aux maths > 23

Des théorèmes  
plein les neurones > 24

Les maths  
à l'écoute de la Terre > 26

## ZOOM P. 28

**L'homme qui réinterprétait  
les mythes**

Portrait de Jean-Loïc Le Quellec

## IN SITU P. 32

**Une nouvelle donne  
pour le CNRS**

Entretien avec Alain Fuchs,  
président du CNRS

**Quelle archéologie  
pour demain? P. 36**

## GUIDE P. 38

Le point sur les livres, les expos,  
les manifestations, les films...



© L. Villeret



© OFOP/CNRS Photothèque

## Disparition d'Evry Schatzman

L'astrophysicien Evry Schatzman est décédé le 25 avril dernier à l'âge de 90 ans. Directeur de recherche CNRS et médaillé d'or du CNRS en 1983, il était considéré comme le père de l'astrophysique française. En introduisant les concepts de la physique moderne en astronomie et en s'impliquant très fortement dans l'enseignement supérieur, il avait formé une nouvelle génération de chercheurs en astronomie-astrophysique et replacé la discipline au

meilleur niveau mondial. Il avait créé plusieurs DEA et fondé le Laboratoire d'astrophysique de Meudon. Ses travaux portaient principalement sur la structure interne des étoiles, les novae, les rayons cosmiques, la matière et l'antimatière cosmologique. Récompensé par de très nombreux prix au cours de sa carrière, il était aussi chevalier de la Légion d'honneur, officier de l'ordre national du Mérite et commandeur des Palmes académiques.

### → LE SUCCÈS SCIENTIFIQUE

## Un microrobot du CNRS champion du monde de sprint

Victoire ! Il aura fallu 28,1 millièmes de secondes au microrobot MagPieR, développé par l'équipe du CNRS, pour parcourir les 2 millimètres de piste et remporter haut la main les Championnats du monde de sprint microrobotique, organisés par deux instituts américains<sup>1</sup> du 3 au 8 mai derniers à Anchorage. Le microrobot pulvérise le précédent record et laisse loin derrière ses concurrents internationaux. Les Américains de l'université Carnegie Mellon, favoris, prennent la seconde place, avec un temps de 54 millisecondes. Les chercheurs des instituts Femto-ST<sup>2</sup> et Isir<sup>3</sup> – Ioan Alexandru Ivan<sup>4</sup>, Joël Agnus, Stéphane Régnier et Gilgueng Hwang – qui composent l'équipe française ont de quoi être fiers. Inscrits tard dans la compétition, ils n'ont eu que quelques mois pour créer de toutes pièces ce microrobot, un minuscule

bloc de matériaux ferromagnétiques et piézoélectriques micro-usinés, d'à peine un tiers de millimètre de côté. « *MagPieR est actionné à distance par des champs électrique et magnétique*, explique Nicolas Chaillet, directeur du département Automatique et systèmes micro-mécatroniques (AS2M) de l'Institut Femto-ST. *Le premier lui permet de décoller du sol et le second de se déplacer horizontalement.* » Aujourd'hui, l'équipe planche sur les

améliorations à amener au sprinteur, en particulier dans le contrôle de sa trajectoire. Avec un objectif : réitérer l'exploit l'année prochaine à Shanghai.

1. Le National Institute of Standards and Technology et l'Institute of Electrical and Electronics Engineers.
2. Unité CNRS / Université de Franche-Comté / Université de technologie de Belfort-Montbéliard / ENS de mécanique et des microtechniques de Besançon.
3. Unité CNRS / Université Paris-VI.
4. Bénéficiaire d'une bourse intra-européenne Marie-Curie (projet MicroPads).

> **Contact :**  
nicolas.chaillet@femto-st.fr



Deux versions du microrobot qui a remporté les Championnats du monde de sprint.

© FEMTO-ST/ISIR/CNRS Photothèque

## Coup d'envoi du PIMM

Le laboratoire Procédés et ingénierie en mécanique et matériaux (PIMM)<sup>1</sup> a été inauguré le 25 mai au Centre Arts et Métiers ParisTech. Issu de la fusion du Laboratoire d'ingénierie des matériaux (LIM), du Laboratoire de mécanique des systèmes et des procédés (LMSP) et du Laboratoire pour l'application des lasers de puissance (LALP), le PIMM s'intéresse aux procédés de mise en forme et d'assemblage des matériaux et rassemble désormais un vaste ensemble de spécialistes de domaines allant de la mécanique à la chimie en passant par la simulation numérique.

1. Unité CNRS / Ensam Paris.

## JEAN-FRANÇOIS COLOSIMO À LA TÊTE DU CENTRE NATIONAL DU LIVRE

Directeur général de CNRS Éditions depuis 2006, Jean-François Colosimo est le nouveau président du Centre national du livre (CNL), et ce pour un mandat de cinq ans. Avec un budget d'environ 40 millions d'euros, le CNL a pour mission de soutenir, à travers différents dispositifs, l'ensemble des acteurs de la chaîne du livre.

Suivez en direct l'actualité du CNRS  
SUR [www.facebook.com/cnrs.fr](http://www.facebook.com/cnrs.fr)





© N. Tiger/CNRS Photothèque

**Guy Métivier,**

Directeur de l'Institut  
des sciences mathématiques  
et de leurs interactions  
(Insmi) du CNRS

## La bonne santé des mathématiques françaises

Ce numéro du *Journal du CNRS* le montre : la recherche mathématique est en profonde évolution. À côté des grandes thématiques et problématiques traditionnelles, toujours d'actualité, on assiste à une véritable explosion de la demande venant d'autres disciplines et du monde économique. Cette demande ne se limite pas à des collaborations de type prestations de services, mais implique de plus en plus le développement de recherches nouvelles. Des mots clés comme "modélisation" et "simulation" se retrouvent un peu partout ; le secteur biologie-santé est particulièrement concerné. Il est donc évident qu'un enjeu majeur pour les mathématiques françaises est d'investir résolument ces nouveaux champs émergents pluridisciplinaires et de les relier aux domaines centraux des mathématiques.

La création de l'Institut des sciences mathématiques et de leurs interactions (Insmi) au sein du CNRS a permis de rendre visible une structure nationale qui couvre tous les aspects des mathématiques et la quasi-totalité du territoire. L'Insmi se donne comme objectif principal de développer l'ensemble des recherches dans ce domaine, des fondements aux applications et aux interactions, principalement en animant et en coordonnant le réseau des mathématiques françaises. Car une caractéristique de cette discipline est bien son fonctionnement en réseau. En France, on compte environ 4 000 mathématiciens occupant des emplois publics permanents, dont plus de 80 % sont enseignants-chercheurs, 10 % chercheurs au CNRS et 3 % chercheurs à l'Institut national de recherche en informatique et

automatique (Inria). Ces chercheurs sont répartis sur tout le territoire et, de ce fait, chacun d'entre eux doit tisser des liens nationaux et internationaux avec les autres spécialistes de son domaine. Le succès du fonctionnement en réseau doit beaucoup à la mobilité que la communauté s'impose – mobilité géographique et thématique –, mais aussi à celle entre le CNRS et les universités. Quelques données bibliométriques illustrent les tendances actuelles. Le caractère individuel ou en petits groupes de la recherche mathématique reste marqué, mais

il est en diminution : environ 30 % des publications des unités mixtes de recherche (UMR) relevant de l'Insmi ont un seul auteur et 12 % ont plus de quatre auteurs. L'insertion internationale est très forte : 62 % des publications à plusieurs auteurs ont au moins un coauteur dans un laboratoire étranger. L'interaction pluridisciplinaire est visible, avec entre 35 et 40 % de publications dans des revues se rapportant à d'autres disciplines que les mathématiques, selon la classification de l'Observatoire des sciences et des techniques.

Le partenariat entre le CNRS et les universités est fort et généralisé, puisque les 45 UMR relevant de l'Insmi regroupent environ 80 % de la communauté académique, avec 400 ingénieurs-techniciens, dont un peu plus de la moitié sont des personnels du CNRS. L'Insmi soutient des actions structurantes ou d'intérêt collectif à travers 8 fédérations de recherche et 23 groupements de recherche, ainsi que 4 unités mixtes de service et 2 groupements de service, qui permettent notamment d'épauler les centres de rencontre internationaux et les activités en réseau liées à l'informatique et à la documentation. Le CNRS aide aussi à la structuration et au développement des relations internationales, par exemple avec le pilotage de 6 unités mixtes internationales, de 5 laboratoires internationaux associés et de 6 groupements de recherche internationaux. Enfin, il joue un rôle majeur dans la formation des chercheurs. Au total, c'est bien la mobilisation forte de toute une communauté, alliée au soutien résolu à l'excellence et à la présence de leaders reconnus, qui explique le deuxième rang mondial qu'occupe la recherche mathématique française.

**PALÉONTOLOGIE**

# Une fenêtre s'ouvre sur le Crétacé

Un nombre prodigieux de fossiles de grands dinosaures mêlés à des restes d'animaux aquatiques et de végétaux viennent d'être exhumés à quelques kilomètres d'Angoulême. Ce gisement, véritable instantané d'une période encore méconnue, les débuts du Crétacé, est pourtant loin d'avoir livré tous ses secrets.



© Photos : J.-F. Tournepiche

**Ces imposantes vertèbres de dinosaure herbivore ont été déterrées par les ouvriers de l'entreprise Audoin dans une carrière d'Angeac-Charente (16).**

**A**u premier abord, l'endroit semble des plus banals : une carrière à ciel ouvert, située sur la commune d'Angeac, tout près des rives de la Charente, ponctuée çà et là de bassins inondés. De ces derniers, l'entreprise Audoin extrait graviers et autres alluvions calcaires déposés par le fleuve. Difficile de s'imaginer qu'il y a des millions d'années de cela des dinosaures de plusieurs tonnes foulaient ce sol. L'histoire remonte à un jour d'été 2008, lorsqu'une des pelles mécaniques déterre un étrange bloc de pierre : « *Celui-ci était bien trop massif pour un galet transporté par la Charente. Les exploitants du site m'ont immédiatement téléphoné pour me faire part de leur découverte* », se souvient Jean-François Tournepiche, conservateur chargé de l'archéologie au Musée d'Angoulême. Et, le moins que l'on puisse dire, c'est qu'ils ont eu du flair. Contacté par le musée, Didier Néraudeau, paléontologue au laboratoire Géosciences Rennes<sup>1</sup>, reconnaît une vertèbre de sauropode, un ordre regroupant les dinosaures herbivores géants qui vécut entre le Jurassique moyen (- 170 millions d'années) et le Crétacé supérieur (- 65 millions d'années). L'histoire aurait pu en rester là. Mais, au début de cette année, les ouvriers mettent au jour une dizaine d'ossements, dont la moitié d'un fémur de 1 mètre de long. « *Une telle concentration de vestiges retrouvés dans un périmètre aussi restreint était forcément le signe qu'ils n'avaient pas été charriés sur une longue distance dans les alluvions de la Charente et que d'autres ossements étaient très certainement encore inclus dans leur couche géologique d'origine* », explique le chercheur rennais. Afin d'en avoir le cœur net, Jean-François Tournepiche et Didier Néraudeau décident de pousser plus avant leurs investigations. Avec l'aide des carriers, qui mettent à disposition des scientifiques leur matériel d'excavation, ils réalisent deux sondages de 2 mètres de profondeur dans l'un des bassins inondés. Ils parviennent à atteindre la roche mère, un mélange d'argile et de lignite (une roche sédimentaire composée de restes de plantes fossiles) datant du Crétacé inférieur, période comprise entre - 130 et - 110 millions d'années.

## DES OSSEMENTS INTACTS MIS AU JOUR

Une fois l'eau de la nappe phréatique évacuée par des pompes, c'est un véritable inventaire à la Prévert qui s'offre aux truelles des paléontologues : vertèbres et fémurs de sauropodes, phalanges et dents de dinosaures carnivores, fragments de carapaces de tortues, dents et vertèbres de crocodiles, morceaux de bois pétrifiés, feuilles de conifères fossilisées... Les plus belles pièces retrouvées lors de ces sondages préliminaires sont maintenant entreposées au Musée

d'Angoulême en attendant de pouvoir être présentées au public. Disposées sur l'une des tables du laboratoire de Jean-François Tournepiche, les imposantes vertèbres de dinosaures herbivores découvertes au début de l'année retiennent immédiatement l'attention. D'un diamètre de 40 centimètres, elles donnent toute la mesure de ces placides géants, hauts comme un immeuble de quatre étages. D'un point de vue scientifique, ces fossiles ne sont pourtant pas les plus intéressants, comme le souligne le conservateur : « Étant donné qu'ils ont été enfouis dans les strates géologiques superficielles rabotées peu à peu par les eaux de la Charente, ces vestiges se sont finalement retrouvés dans la couche alluviale, où ils ont été altérés et oxydés, comme en atteste leur couleur rouille caractéristique. »

Or, pour identifier l'animal avec le plus de précisions possible, les paléontologues doivent avoir accès à des ossements restés intacts. Tel ce fémur de dinosaure prédateur que Jean-François Tournepiche extrait avec précaution de son emballage protecteur. À la différence des vertèbres de sauropode, ce fossile de couleur sombre, pourtant âgé d'une centaine de millions d'années, a conservé l'apparence d'un os frais. « C'est la couche sédimentaire d'argile non altérée par l'érosion qui, en préservant les ossements de l'oxydation, a pu assurer à certains d'entre eux un état de conservation remarquable », précise Didier Néraudeau. Confiée à deux spécialistes des dinosaures carnivores, l'analyse de ces os montre qu'ils appartiennent probablement à un dinosaure de type Abélisaurus. De morphologie assez proche du célèbre *Tyrannosaurus rex*, cet animal d'allure plus gracile n'en demeurerait pas moins un redoutable prédateur pour les pacifiques sauropodes.

## UNE FLORE ET UNE FAUNE EXCEPTIONNELLES

Si les fragments de dinosaures géants fascinent, ils ne suffisent pas à déchiffrer un passé aussi lointain que le Crétacé inférieur. Pour réussir à assembler les pièces du puzzle qui constituaient l'écosystème charentais à cette époque, les scientifiques doivent analyser les couches sédimentaires dans leur globalité. L'un des précieux avantages du gisement d'Angeac est d'associer dans un périmètre très restreint une grande richesse de vestiges de flore et de faune de tailles très variées. Des grains de pollens et des écailles de poissons de quelques millimètres à peine côtoient des morceaux entiers de bois pétrifiés et des fossiles de reptiles de dimensions diverses.

Alors, à quoi ressemblait le site il y a des millions d'années ? Les premières analyses microscopiques des échantillons sédimentaires ont montré l'absence totale de micro-organismes typiques des écosystèmes marins du Crétacé. Un constat qui marque le caractère très continental du milieu où se sont déposés les différents restes fossiles. Et qui conduit le paléontologue à l'extrapolation suivante : « Il y a 110 millions d'années de cela, en lieu et place de la carrière, nous aurions sans doute pu contempler un paisible paysage aquatique : un lac, un marais ou un bras mort de rivière. » Pour déterminer ensuite avec exactitude l'ensemble des êtres vivant sur le site à cette époque et qui sont aujourd'hui

fossilisés (la taphocénose), l'étude des "microrestes" inclus dans les sédiments représente l'une des étapes de recherche ultérieures indispensables.

## L'ACCÈS À UNE PÉRIODE ENCORE INÉDITE

Selon Jean-Michel Mazin, du laboratoire Paléoenvironnements et paléobiosphère<sup>2</sup>, de Lyon, qui a étudié ces microfossiles dans le gisement légèrement plus ancien de Cherves, situé plus à l'ouest, « le site d'Angeac est une aubaine, car il s'intercale entre la fin du Jurassique (site de Cherves) et le Crétacé moyen des Charentes (sites de Jarnac ou d'Archingeay), nous offrant ainsi l'opportunité d'accéder à une séquence inédite de l'histoire ». Grâce à l'analyse des microfossiles, se profile l'opportunité de retrouver des dents d'animaux de petite taille, parmi lesquelles figureront peut-être celles des représentants des premiers mammifères terrestres. « Parce qu'on ne retrouve souvent pas plus d'une dizaine de ces dents microscopiques par tonne de sédiments, ce sont un peu les pépites d'or du paléontologue », confie notre homme, un brin amusé. Pour finir de dépeindre l'écosystème dans lequel évoluait ce bestiaire antédiluvien, restait à faire appel aux compétences des paléobotanistes. Parmi eux, Bernard Gomez, membre du même laboratoire lyonnais et spécialiste de l'identification des feuilles fossilisées, a découvert une espèce de conifère jamais décrite dans un gisement français : « Dans le premier échantillon qui m'a été confié, j'ai pu observer une grande quantité de feuilles appartenant à l'espèce *Watsoniocladius*, associées à des organes reproducteurs qui lui appartiennent aussi sans doute. »

Pour le chercheur, c'est le signe que l'environnement en place à cette époque devait s'apparenter à la zone inondable d'un cours d'eau de faible puissance, couverte d'une forêt peuplée principalement, peut-être même exclusivement, de cet arbre encore mal connu.

Déjà riches d'enseignement, les premières découvertes d'Angeac ne sont que les prémices d'un gisement très prometteur. « Les fossiles retrouvés jusqu'à présent sont issus de sondages réalisés sur une surface totale de 4 m<sup>2</sup>, or le site s'étend sur plusieurs centaines, voire milliers, de mètres carrés », s'enthousiasme Jean-François Tournepiche. Prochaine étape de ce voyage dans le temps dès le mois de septembre. Le niveau de la nappe phréatique sera alors suffisamment bas pour permettre aux paléontologues d'explorer les strates fossilifères les pieds au sec. Débutera alors la première véritable campagne de fouille, qui devrait se poursuivre sur plusieurs semaines. Et, avec elle, l'espoir de retrouver bien d'autres fossiles de dinosaures géants.

Grégory Fléchet

1. Unité CNRS / Université Rennes-I.  
2. Unité CNRS / Université Lyon-I.

Dans les mains de Jean-François Tournepiche, conservateur au Musée d'Angoulême, un morceau d'humérus de sauropode qui laisse rêver quant à la taille de son propriétaire.



© Duffour / Anetis.fr



Une fois l'eau évacuée du site d'extraction, les paléontologues ont découvert cette dent de théropode, un grand dinosaure carnivore qui vécut au Crétacé.

## CONTACTS

→ **Didier Néraudeau**

Laboratoire Géosciences Rennes, Rennes  
didier.neraudeau@univ-rennes1.fr

→ **Jean-Michel Mazin**

Laboratoire Paléoenvironnements et paléobiosphère, Lyon  
jean-michel.mazin@univ-lyon1.fr

**BIOMÉCANIQUE****Étudier les forces pour comprendre la forme**

**M**esurer les propriétés physiques d'un tissu vivant, telles que son élasticité, avec une résolution de 10 à 50 micromètres<sup>1</sup> ? C'est désormais possible grâce au "tonomètre à jet d'air à balayage". Cet appareil, mis au point par Vincent Fleury<sup>2</sup>, chargé de recherche au sein du Laboratoire de matière et systèmes complexes<sup>3</sup>, avec des collègues français, allemands, hollandais et ukrainiens, vient de faire l'objet d'une publication dans la revue *Physical Review* : « Le principe, explique le chercheur, est d'injecter de l'air à la surface du tissu à travers une micropipette. Un faisceau laser acheminé via une fibre optique glissée à l'intérieur de ce tube de verre très fin permet de mesurer la "réponse" du tissu en terme de déformation. Nous en déduisons ses

propriétés physiques. » Atout non négligeable : l'appareil peut établir des mesures en un seul point, mais aussi en continu en le faisant glisser sur le tissu.

Ces mesures apportent un éclairage inédit sur la manière dont se développent les organismes vivants. « Un ensemble de travaux, menés depuis une dizaine d'années, montrent que les propriétés physiques d'un tissu vivant jouent un rôle important dans le développement des formes biologiques, explique Vincent Fleury. Mais, si des mouvements et des déformations ont pu être observés au microscope, les moyens techniques manquent pour mesurer finement, in vivo, d'éventuelles variations de pression d'un point à un autre du tissu. De fait, les outils existants sont souvent peu précis ou destructifs. »

Ce nouvel outil a déjà fait ses preuves sur des objets biologiques divers. « Par exemple, nous avons mesuré les propriétés physiques des vaisseaux au cours de la formation du système sanguin, souligne le chercheur. On sait que les veines se développent toujours parallèlement aux artères. Or nos mesures ont permis de confirmer certains modèles préexistants, à savoir que ce phénomène peut s'expliquer par des facteurs purement physiques. En effet, la présence de l'artère durcit le tissu alentour. Si bien que les veines suivent tout simplement ce "manchon". »

L'équipe a également mesuré, sur des embryons de poulet, les propriétés des sites où l'on sait que bourgeonneront les ailes et les pattes. « Lors de travaux antérieurs, détaille Vincent Fleury, j'avais posé l'hypothèse que les cellules y décrivent

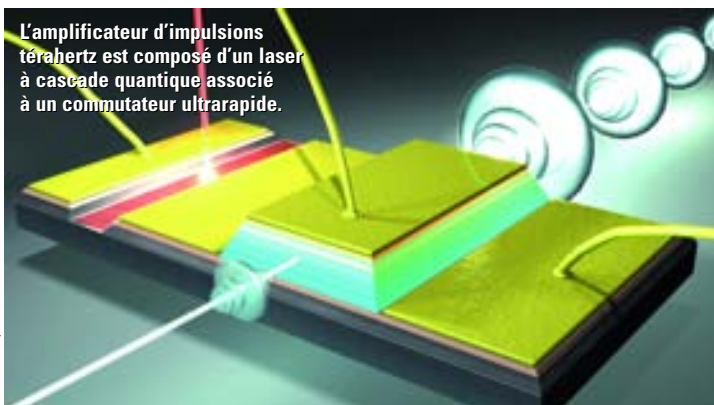
des tourbillons. Nous avons réussi à filmer ces derniers au microscope, mais le tonomètre a permis de montrer que le tissu est effectivement plus dur dans la région en amont du tourbillon, celle qui "pousse", et plus mou dans la région en aval. » La prise en compte du rôle joué par la mécanique dans la genèse des formes du vivant n'en est qu'à ses débuts...

**Marie Lescroart**

1. Un micromètre est égal à un millionième de mètre.
2. Vincent Fleury a publié plusieurs ouvrages, dont *La Chose humaine ou la Physique des origines* (Vuibert, 2009).
3. Laboratoire CNRS / Université Paris-VII.

**CONTACT**

→ **Vincent Fleury**  
Laboratoire de matière et systèmes complexes, Paris  
vincent.fleury@univ-paris-diderot.fr



L'amplificateur d'impulsions térahertz est composé d'un laser à cascade quantique associé à un commutateur ultrarapide.

© D. Darson/EIENS

**PHYSIQUE****Nouvel obstacle franchi pour les ondes térahertz**

**L'**un des verrous qui entravaient le développement des applications des ondes térahertz vient de sauter. Les ondes térahertz ? Si vous avez pris récemment l'avion à l'aéroport de Roissy ou aux États-Unis, vous avez peut-être été traversé, lors du passage aux portiques de sécurité, par ces ondes accusées de voyeurisme, capables de dévoiler des armes plus facilement que les rayons X autant que l'intimité des passagers. Coincées entre les micro-

ondes et le rayonnement infrarouge, les ondes térahertz ont longtemps été les grandes oubliées du spectre électromagnétique. Question d'appareillage : peu de dispositifs étaient capables d'émettre, dans cette gamme de longueurs d'onde, des rayonnements puissants, condition *sine qua non* pour leurs nombreuses applications potentielles. Or un pas important vient d'être franchi : des physiciens du Laboratoire Pierre-Aigrain<sup>1</sup> et du laboratoire Matériaux

et phénomènes quantiques<sup>2</sup>, de l'université Paris-VII, ont conçu le premier amplificateur de rayonnement térahertz<sup>3</sup>.

L'amplificateur est en fait au départ un laser à "cascade quantique" – appelé ainsi parce qu'à l'intérieur les électrons "sautent" d'une couche de semi-conducteur à une autre<sup>4</sup> – que les chercheurs ont modifié astucieusement de façon à pouvoir l'éteindre et le rallumer rapidement. « Nous avons greffé au laser un commutateur qui le branche et le débranche toutes les dizaines de picosecondes », précisent en chœur Jérôme Tignon et Sukhdeep Dhillon, qui ont dirigé les recherches. Avec ce système, le laser se met à amplifier les ondes qui le traversent, elles-mêmes produites par une source de rayonnements térahertz standard. Les chercheurs ont montré que leur dispositif pouvait amplifier la puissance des ondes d'un facteur 400, voire plus.

Les physiciens vont à présent mener des études de recherche fondamentale, jusqu'ici impossibles faute de rayonnements térahertz suffisamment puissants, dans différents domaines, comme la spectroscopie

et la spintronique (la jumelle de l'électronique où les 0 et les 1 ne sont pas codés sur des courants électriques, mais sur des électrons). En raison de plusieurs limitations (en particulier de l'amplificateur qui ne fonctionne aujourd'hui qu'à des températures cryogéniques), ils ignorent si leur création servira aux applications industrielles envisagées des ondes térahertz, comme le contrôle non destructif du contenu d'emballages ou la détection à distance de polluants atmosphériques (et non plus par des capteurs *in situ*). Il n'en reste pas moins qu'avec leur amplificateur un sérieux obstacle au développement des ondes térahertz vient d'être... terrassé.

**Xavier Müller**

1. Laboratoire CNRS / ENS / Universités Paris-VI et -VII / Collège de France.
2. Unité CNRS / Université Paris-VII.
3. Travaux publiés dans la revue *Nature Photonics*.
4. Lire l'enquête « La révolution laser », *Le journal du CNRS*, n° 243, p. 18.

**CONTACTS**

Laboratoire Pierre-Aigrain, Paris  
→ **Jérôme Tignon**  
jerome.tignon@lpa.ens.fr  
→ **Sukhdeep Dhillon**  
sukhdeep.dhillon@lpa.ens.fr





© Mairie de Paris/L. Perreau - Devillers et Associés

## ÉCONOMIE

# Moins de CO<sub>2</sub> pour plus d'emplois en Île-de-France

Des chercheurs ont calculé le nombre d'emplois créés en Île-de-France si la région réduisait ses émissions de dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>) : entre 22 000 et 164 000 selon les scénarios envisagés.

**S**i l'Île-de-France décidait de réduire substantiellement ses émissions de CO<sub>2</sub>, que se passerait-il sur le front de l'emploi ? C'est à cette question que répond une étude réalisée par le Centre international de recherche sur l'environnement et le développement<sup>1</sup>, à la demande d'Europe Écologie, rassemblement politique de plusieurs acteurs de la mouvance écologiste. À l'origine de cette recherche, un constat : « *L'un des principaux obstacles à la mise en place de politiques de réduction des émissions de gaz à effet de serre, c'est l'idée qu'elles peuvent être négatives pour l'emploi* », affirme Philippe Quirion, chercheur au CNRS et auteur de cette étude publiée récemment.

Or les résultats démentent cette idée reçue : selon les divers scénarios pris en compte, la conversion écologique de l'économie de l'Île-de-France pourrait créer entre 22 000 et 164 000 emplois d'ici 2020. Ce sont bien entendu des chiffres nets : les destructions d'emplois dans certains secteurs comme l'énergie ou l'automobile seraient une réalité.

Le secteur du bâtiment et des travaux publics serait le plus bénéficiaire. En effet, c'est dans l'amélioration de l'efficacité énergétique des bâtiments que se situe l'une des clés des économies d'énergie, et donc de la réduction des émissions de CO<sub>2</sub>. Les transports en commun,

on s'en doute, verraient aussi leur demande en main-d'œuvre bondir. Par contre, l'augmentation des emplois dans les énergies renouvelables ne serait pas aussi significative : l'Île-de-France ne jouit pas d'un potentiel mirobolant dans l'éolien, et il est peu probable que le photovoltaïque se développe massivement d'ici 2020 du fait de son coût encore trop élevé.

Le nombre d'emplois créés dépendrait évidemment des objectifs que la région pourrait se fixer : une baisse des émissions de CO<sub>2</sub> de 10 %, de 30 % ou de 40 % ? Le calcul incorpore ensuite deux variables principales. Tout d'abord les prix du gaz et du pétrole. Plus ceux-ci seront élevés, plus les surcoûts liés à une politique de réduction des émissions de CO<sub>2</sub> seront compensés. De plus, tout l'argent non dépensé grâce aux économies de pétrole et de gaz pourrait être investi ailleurs. « *Une politique de réduction des émissions de CO<sub>2</sub> est aussi une bonne assurance contre un choc pétrolier* », affirme le chercheur.

Le niveau d'endettement consenti par les pouvoirs publics est la seconde variable à ne pas négliger. Diminuer les émissions de CO<sub>2</sub> représente bien sûr un investissement très important. Les décideurs devront donc choisir entre deux options : faire payer les ménages "rubiis sur l'ongle" ou autoriser un certain niveau d'endettement public. Dans le premier cas, certains

emplois pourraient ne pas être créés : « *Si les ménages paient le surcoût, ils vont consommer moins et, par conséquent, l'activité de tous les autres secteurs va baisser* », reconnaît Philippe Quirion.

Ainsi, dans l'hypothèse prudente d'une baisse des émissions de CO<sub>2</sub> de 10 %, avec un baril de pétrole à 80 euros et un endettement public nul, 22 000 emplois seraient créés. À l'autre extrême, avec une baisse des émissions de CO<sub>2</sub> de 40 %, un baril de pétrole à 120 euros et un endettement à hauteur de 50 % des investissements, ce sont alors 164 000 emplois qui seraient générés.

L'effet sur l'emploi de ce changement radical de modèle de développement serait donc de toute façon positif. Mais, comme l'explique le chercheur, « *les décisions ne peuvent pas se prendre uniquement sur la base de l'emploi : il faut prendre en compte aussi le coût économique et, bien sûr, l'impact sur l'environnement* ».

**Sebastián Escalón**

<sup>1</sup>. Unité CNRS / EHESS / AgroParisTech / École nationale des ponts et chaussées / Cirad / Météo France.

## CONTACT

→ **Philippe Quirion**

Centre international de recherche sur l'environnement et le développement, Nogent-sur-Marne  
quirion@centre-cired.fr

## PLANÉTOLOGIE

# Les anneaux de Saturne se dévoilent

Après avoir étudié des milliers de clichés pris par la sonde Cassini, des scientifiques viennent de livrer une analyse inédite des anneaux de Saturne. À la clé, de nombreuses révélations sur leurs propriétés ainsi que la découverte de nouvelles lunes.

**C**eci n'est pas un disque vinyle... Cette galette colorée de gris, d'ivoire, de bleu, de rouge et de noir, ce sont les célèbres anneaux de Saturne, vus depuis l'objectif de la sonde spatiale Cassini, toujours en orbite autour de la planète géante. Depuis six ans, l'appareil accumule les images. Et si, à ce jour, seule une infime partie des 100 000 clichés a été analysée, il est possible de dresser un portrait détaillé des anneaux, ce que vient de faire, dans la revue *Science*<sup>1</sup>, une équipe internationale incluant un chercheur du laboratoire Astrophysique, instrumentation et modélisation<sup>2</sup>, Sébastien Charnoz.

Découverts en 1610 par Galilée, puis décrits par Huygens quarante-cinq ans plus tard, les anneaux intriguent les spécialistes qui s'interrogent sur leur origine, leur évolution, leur masse – bien plus importante que celle des anneaux de Jupiter, d'Uranus et de Neptune – et sur l'étonnante pureté des blocs de glace – d'une taille allant du millimètre à la dizaine de mètres – qui les composent. Grâce aux observations des télescopes au sol et des sondes Voyager 1 et 2, on sait que ces anneaux sont divisés en plusieurs zones (A, B,

C...), qu'ils ont des bords abrupts et qu'ils sont extrêmement fins au regard de leur diamètre de 280 000 kilomètres : 10 mètres d'épaisseur, à peine ! « Cette finesse signifie qu'ils sont à un stade avancé de leur évolution », explique Sébastien Charnoz. En effet, dans l'espace, l'aplatissement d'un nuage de particules débute lorsque l'essentiel de son énergie a été dissipé au cours des multitudes de collisions qui se produisent entre ses constituants. »

Ce qui n'empêche pas les anneaux d'être toujours extrêmement dynamiques, comme l'a montré la sonde Cassini. Ainsi, un petit anneau situé en bordure externe, appelé anneau F, change d'aspect en quelques heures à peine. Les données ont révélé qu'il est riche en poussière et qu'en son cœur orbitent une myriade de petites lunes kilométriques, apparemment éphémères : en équilibre instable, la matière subirait tour à tour des phénomènes d'accrétion et de destruction dus aux puissants effets de marées provoqués par Saturne.

Concernant ces effets de marée, les satellites naturels de la planète ne sont pas en reste. Ils entraînent dans les anneaux l'apparition d'ondes

qui leur confèrent leurs structures en microsillons. Cassini en a photographiées de tous types : ondes de densité qui compriment les morceaux de glace à mesure qu'elles avancent, ondes de courbures verticales qui donnent aux anneaux un aspect de tôle ondulée, ou encore petites ondes de Jeans qui leur confèrent une texture granuleuse et cotonneuse. L'étude de la forme de ces ondes a permis non seulement de déduire certaines propriétés des anneaux, comme leur densité – de l'ordre de 400 kg/m<sup>3</sup> pour l'anneau A – ou leur viscosité, mais également de découvrir en leur sein de nouvelles lunes telles que Daphnis, un objet de 8 kilomètres de diamètre environ.

L'observation attentive de ces astres s'est avérée, elle aussi, riche en enseignements. En effet, des lunes comme Daphnis sont capables de creuser un sillon dans les anneaux. Si les plus grosses d'entre elles (plus de 5 kilomètres de diamètre) créent un chenal libre de débris sur tout le long de leur orbite autour de Saturne, celles de taille moyenne (de 500 mètres à 1 kilomètre) se contentent d'y laisser une petite trace en forme d'hélice. « Ce qui est sans doute l'une des grandes découvertes de Cassini, estime Sébastien Charnoz. Ces ouvertures en forme d'hélice ou ces sillons vides sur la trajectoire des lunes sont la réplique quasi exacte, à petite échelle, de processus qui furent à l'œuvre dans le disque protoplanétaire au moment de la formation des planètes du système solaire et de leurs migrations, voici 4,56 milliards d'années. »

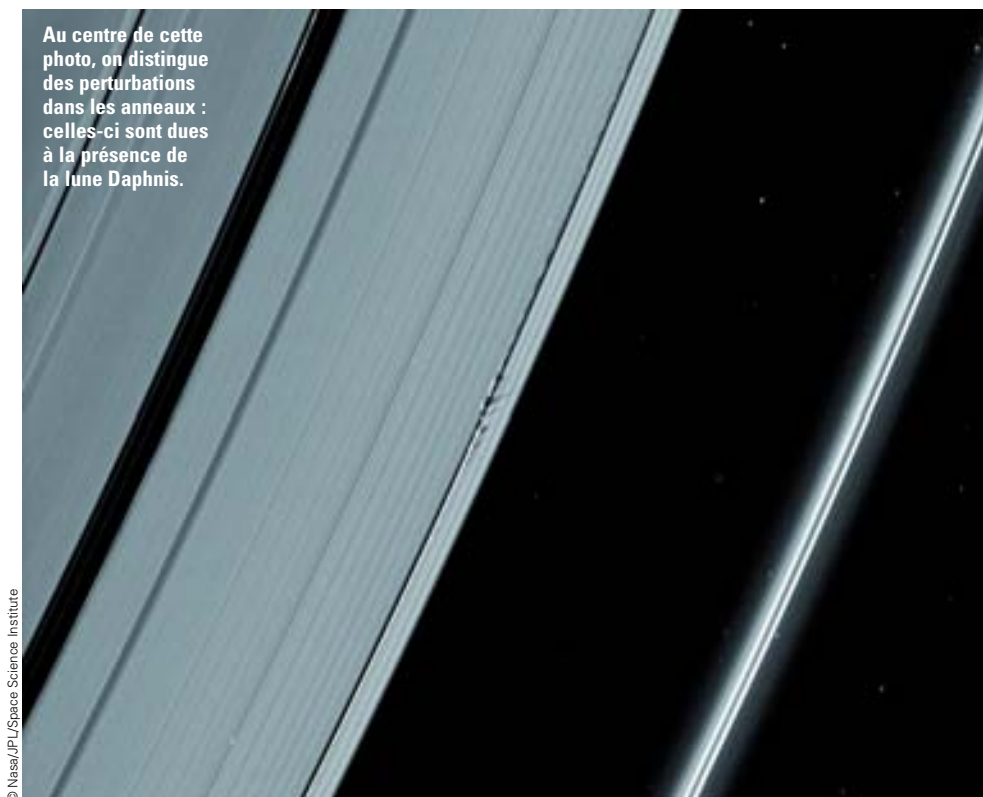
Malgré ses succès, un mystère échappe encore à Cassini : celui de l'origine des anneaux. Leur apparence suggère un âge d'environ 100 millions d'années. Le hic, c'est qu'à cette époque le bombardement météoritique à l'origine des autres anneaux du système solaire avait cessé depuis longtemps. Alors d'où vient la glace des anneaux de Saturne ? Comment se sont-ils formés ? Cassini a encore un peu de temps pour répondre à ces questions : la mission devrait se prolonger jusqu'en 2017.

Vahé Ter Minassian

1. *Science*, 19 mars 2010.

2. Unité CNRS / Université Paris-VII / CEA.

Au centre de cette photo, on distingue des perturbations dans les anneaux : celles-ci sont dues à la présence de la lune Daphnis.



© Nasa/JPL/Space Science Institute

## CONTACT

→ Sébastien Charnoz

Unité Astrophysique, instrumentation et modélisation, Gif-sur-Yvette  
sebastien.charnoz@cea.fr

## PALÉOÉCOLOGIE

## L'unique steppe française avoue enfin son âge

Une mer de plantes herbacées qui s'étend à perte de vue et où des moutons paissent en toute tranquillité : voilà à quoi ressemble la plaine de la Crau, située en Provence, considérée comme l'unique steppe d'Europe occidentale. Pour la première fois, une étude réalisée par des chercheurs de l'Institut méditerranéen d'écologie et de paléoécologie (Imep)<sup>1</sup> apporte des éléments qui démontrent que celle-ci n'est pas de formation récente : elle serait vieille d'au moins 6 000 ans.

D'une superficie d'environ 10 000 hectares, la steppe de la Crau constitue un patrimoine naturel sans équivalent. On y trouve jusqu'à 70 espèces de plantes à fleurs par mètre carré et elle abrite un grand nombre d'espèces endémiques. Elle représente aussi un patrimoine culturel hors du commun car, depuis le Néolithique, les bergers transhumants viennent y faire paître leurs troupeaux.

La controverse sur la formation de la steppe dure depuis les temps d'Aristote, qui en voyait l'origine dans un tremblement de terre. Avant les travaux de nos chercheurs, deux hypothèses s'opposaient : « D'un côté, celle qui soutenait que la steppe existait depuis la fin de la période glaciaire, survenue il y a environ 10 000 ans et, de l'autre, celle qui

© B. Talon/IMEP/CNRS Photothèque



affirmait qu'elle était le résultat du défrichement d'une grande forêt existant à l'époque néolithique », explique Thierry Dutoit, chercheur à l'Imep. D'après cette seconde hypothèse, la steppe n'aurait que deux ou trois millénaires.

Pour connaître l'âge de la steppe, il fallait donc trouver des vestiges d'anciennes formations végétales. Pas facile sur une plaine au sol extrêmement mince, constamment battue par le mistral et piétinée par les troupeaux. Mais les chercheurs ont eu une idée brillante : chercher sous les fondations des bergeries de l'époque romaine. « En déplaçant ces fondations, nous avons récolté des charbons de bois qui permettent

Pour connaître l'âge de la steppe, les chercheurs ont récolté des vestiges sous les fondations d'une bergerie romaine (à droite) tels que des charbons de bois (ci-dessous, vue en coupe).



© M. Reuche/IUT Avignon/CNRS Photothèque

d'identifier les différentes espèces végétales et de les dater », indique Thierry Dutoit. Environ 500 morceaux de charbon ont été récoltés.

Résultat de cette étude publiée dans la revue *The Holocene* du mois de février dernier : onze taxons (familles ou genres) d'espèces végétales ont été identifiés, la plupart appartenant à des plantes herbacées comme le thym ou la lavande, ou encore à des espèces de garrigue. Par contre, depuis la fin du Néolithique, aucune trace avérée de chênes verts, espèce caractéristique des forêts méditerranéennes. « Cette étude prouve qu'il s'agit bien d'un écosystème très âgé. Nous sommes devant au moins 6 000 ans d'interactions

entre le climat méditerranéen, les sols, la végétation et la pratique millénaire du pâturage ovin, commente le chercheur. Cela explique le nombre d'espèces sur la steppe et leurs multiples adaptations à des conditions extrêmement contraignantes. »

Sebastián Escalón

1. Institut CNRS / Universités Aix-Marseille-I et -III / Université d'Avignon / IRD. Brigitte Talon et Frédéric Henry ont également participé à cette étude.

## CONTACT

→ Thierry Dutoit

Institut méditerranéen d'écologie et de paléoécologie, Avignon  
thierry.dutoit@univ-avignon.fr

## BRÈVES

## Un piège olfactif

Vivant dans des milieux pauvres en nutriments en Asie du Sud-Est, la plante carnivore *Nepenthes rafflesia* a développé un stratagème ingénieux pour se nourrir et se développer : elle mime des odeurs de fleurs pour attirer et piéger les insectes dans ses feuilles en forme d'urne. Cette découverte, née des travaux menés par des chercheurs du laboratoire Botanique et bioinformatique de l'architecture des plantes<sup>1</sup> et de l'université du Brunei sur l'île de Bornéo, qui viennent de paraître dans *Journal of Ecology*, pourrait inspirer les programmes de lutte contre les insectes ravageurs de cultures ou les vecteurs de maladies tels que les moustiques.

1. Unité CNRS / Inra / Cirad / Université Montpellier-II / IRD.

> [www2.cnrs.fr/presse/communiqu/1865.htm](http://www2.cnrs.fr/presse/communiqu/1865.htm)

## Les maladies neurodégénératives ont un point commun

Les protéines impliquées dans les maladies neurodégénératives comme Parkinson, Alzheimer ou encore le syndrome de Huntington ont une structure commune : telle est la découverte du biochimiste Andrey Kajava, du Centre de recherche de biochimie macromoléculaire<sup>1</sup>, et de deux chercheurs américains du National Institute of Health. Ces pathologies sont caractérisées par la présence de dépôts insolubles de protéines dans les tissus, souvent dus à un changement de conformation d'une protéine inoffensive au départ, et qui entraînent progressivement des lésions irréversibles sur le cerveau. La découverte de ce point commun pourrait notamment permettre d'améliorer le diagnostic du risque de développer une de ces maladies.

1. Unité CNRS / Universités Montpellier-I et -II.

> [www2.cnrs.fr/presse/communiqu/1869.htm](http://www2.cnrs.fr/presse/communiqu/1869.htm)

## ASTRONOMIE

## De la poussière de comètes découverte en Antarctique

C'est une toute nouvelle famille de micrométéorites qui a été découverte par des chercheurs du Centre de spectrométrie nucléaire et de spectrométrie de masse (CSNSM)<sup>1</sup> dans la neige de l'Antarctique, près de la station scientifique Concordia. Grâce à des conditions favorables (vent soufflant du pôle vers les côtes, altitude de 3 200 mètres), l'endroit est une véritable salle blanche naturelle, conservant intact tout ce qui tombe du ciel. Soutenue par l'Institut polaire français Paul-Émile-Victor, l'équipe y exhume

depuis dix ans des micrométéorites, témoins des premiers instants du système solaire. Cette nouvelle espèce, décrite début mai dans la revue *Science*, pourrait être la première provenant d'une comète.

La quantité de matière trouvée est faible : à peine six micrométéorites, toutes de la taille de grains de poussière domestique (0,1 mm). Les 4 mètres de profondeur où elles ont été trouvées situent leur atterrissage au pôle Sud dans les années 1960. Malgré leur petite dimension, elles ont pu être fragmentées et leurs

morceaux distribués à trois laboratoires<sup>2</sup> à des fins d'analyses diverses. Ce qui a permis de révéler la composition isotopique de l'hydrogène des particules, signature de leur origine extraterrestre.

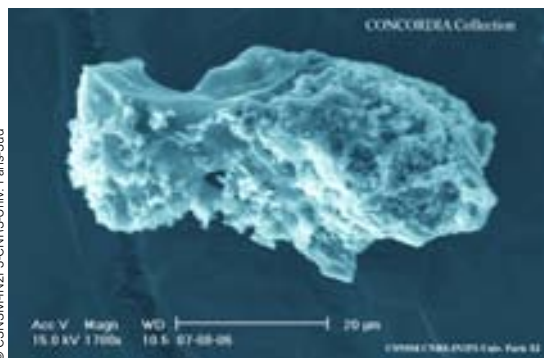
À l'arrivée, les résultats des analyses ont stupéfait les chercheurs : au milieu des assemblages des minéraux habituels des météorites (formés à base d'oxygène, de magnésium, de silicium...), les particules contiennent une forte proportion de carbone sous forme organique. Plus de la moitié de la masse de chaque grain est ainsi formée de matière carbonée, une proportion encore inédite dans le paysage des micrométéorites.

D'où viennent ces grains ? Plusieurs indices attribuent leur paternité aux comètes dont la Terre traverse le sillage. Notamment la composition des minéraux, qui est proche de celle des fragments de poussières de la comète Wild 2, rapportés en 2004 par la sonde Stardust, de la Nasa. Or « les comètes se sont formées dans les

régions froides du disque de gaz qui a donné naissance aux planètes, il y a 4,5 milliards d'années », souligne Jean Duprat, qui a dirigé les recherches au CSNSM. Les régions froides étaient suffisamment éloignées du centre du disque pour permettre la condensation de glaces (d'eau, de monoxyde de carbone, etc.), constituants majoritaires des comètes. Les chercheurs viennent ainsi peut-être de trouver les premières archives sur Terre de ces zones reculées dans le temps et l'espace.

Xavier Müller

1. Unité CNRS / Université Paris-XI.  
2. Le service national Nanosims du Laboratoire de minéralogie et cosmochimie (Laboratoire CNRS / Muséum national d'histoire naturelle), l'Unité matériaux et transformations (Unité CNRS / Université de Lille-I / ENS Chimie Lille) et le Laboratoire de géologie de l'École normale supérieure (Laboratoire CNRS / ENS Paris).



Cette micrométéorite d'un nouveau genre, vue ici au microscope électronique à balayage, a été retrouvée près de la station Concordia.

© CSNSM-IN2P3-CNRS-Univ. Paris-Sud

## CONTACT

→ Jean Duprat

Centre de spectrométrie nucléaire et de spectrométrie de masse (CSNSM)  
jean.duprat@csnsm.in2p3.fr

## PALÉONTOLOGIE

## Deux australopithèques bien proches de nous

En 2008, au hasard d'une promenade, le paléontologue américain Lee Berger découvre dans une grotte située à 40 kilomètres de Johannesburg, en Afrique du Sud, les squelettes de deux petits êtres d'environ 1,30 m chacun. Il ne le sait pas encore, mais sa découverte va bientôt faire le tour du monde. En effet, tous deux appartiennent à une espèce d'australopithèques jamais décrite auparavant. Il s'agit d'une femelle adulte et d'un enfant d'une dizaine d'années, qui vécurent il y a 1,9 million d'années, et qui seraient morts en même temps après être tombés dans la grotte où ils ont été retrouvés. La revue *Science* du 9 avril dernier publie la découverte de cette nouvelle espèce d'hominidés, baptisée *Australopithecus sediba*, ainsi

que les résultats des premières analyses des fossiles. Celles-ci ont été réalisées par une équipe internationale dont fait partie Geoffrey King, chercheur à l'Institut de physique du globe de Paris<sup>1</sup>.

Ces fossiles pourraient représenter une avancée importante pour comprendre l'évolution des hominidés. « Les squelettes ont été retrouvés dans des conditions de conservation extraordinaires. Ils ont été recouverts de sédiments très fins et ne présentent pas les traces d'érosion que l'on retrouve dans la plupart des fossiles retrouvés dans la vallée du rift, en Éthiopie. Ils sont tellement bien conservés que l'on peut même observer les points d'insertion du muscle à l'os ! », affirme Geoffrey King. Mais ce n'est pas tout. « Ces fossiles ont un peu moins de 2 millions

d'années, et c'est à cette époque que sont apparus les premiers hominidés du genre Homo. Or justement, Sediba, tout en restant un australopithèque, présente de nombreux caractères proches d'espèces comme Homo erectus », ajoute le chercheur. D'après les premières analyses des squelettes, ces australopithèques devaient être de bons grimpeurs, mais ils étaient aussi capables de se déplacer et même de courir comme des humains. Seraient-ils donc une sorte de chaînon manquant entre les australopithèques et le genre Homo auquel nous appartenons ? Pour certains spécialistes, parmi lesquels leur découvreur, Lee Berger, cette nouvelle espèce est effectivement un sérieux candidat au titre de plus proche ancêtre des Homo.

Geoffrey King reste néanmoins prudent et pense que les très vives controverses sur les ancêtres du genre Homo ne se résoudront pas grâce à cette découverte. « Je pense que la découverte de Sediba va activer le débat plutôt que de le clore, admet-il. De plus, il y a de très nombreux endroits en Afrique du Sud qui n'ont pas du tout été explorés et où l'on pourrait découvrir bien des espèces intermédiaires entre les premiers Homo et leurs ancêtres. »

Sébastien Escalón

1. Unité CNRS / IPGP / Universités Paris-VI et -VII / Université de la Réunion.

## CONTACT

→ Geoffrey King

Institut de physique du globe de Paris  
king@ipgp.jussieu.fr

## ARCHÉOLOGIE

# Une forteresse de légende dans le Gévaudan

Au-dessus des gorges du Tarn, s'élevait au début du Moyen Âge un richissime palais fortifié. Une équipe d'archéologues lance une nouvelle campagne de fouilles sur ce site qui, déjà, remet en cause bien des théories sur cette période tourmentée.

**N**ous voici au sommet d'un pic qui surplombe le village de la Malène et les gorges du Tarn, en Lozère. Là, sur un éperon rocheux, s'élevait à l'époque mérovingienne une luxueuse forteresse. Une vingtaine d'archéologues et d'étudiants vont fouiller le site de la fin juin à la fin juillet. Trois cents mètres de dénivelé quotidiens sur un chemin étroit et escarpé les attendent. Sur certains passages, ils devront même s'encorder. Mais qui oserait se plaindre de cet exercice ? Fouiller ce site est un vrai rêve d'archéologue ! Découverte tout juste en 2008, la forteresse de la Malène devrait en effet tordre le cou à bien des idées reçues sur le haut Moyen Âge, période comprise entre le <sup>v</sup><sup>e</sup> siècle et le <sup>x</sup><sup>e</sup> siècle. Elle permettra aussi de voir sous un jour nouveau cette époque mouvementée où les premiers rois francs, descendants de Clovis, avançaient sur les territoires alors occupés par les Wisigoths. La découverte de ce site s'est faite grâce à un programme initié en 1998 par Laurent Schneider et son équipe du Laboratoire d'archéologie médiévale méditerranéenne<sup>1</sup>. Celui-ci s'intéressait aux constructions haut perchées du haut Moyen Âge dans le Midi de la France. Les chercheurs ont ainsi voulu expertiser ce site vertigineux où des ruines presque oubliées étaient attribuées tantôt à l'Antiquité et tantôt au Moyen Âge. Mais un fait particulier les a conduits spécialement vers ce lieu : il semblait correspondre à la forteresse mentionnée dans un manuscrit médiéval décrivant les miracles de saint Hilaire, l'un des premiers évêques du Gévaudan, qui vécut au <sup>v</sup><sup>e</sup> siècle.

« Ces textes exaltent le rôle joué par Hilaire de Gévaudan dans le processus de christianisation de la région en retraçant ses luttes contre le démon et les pratiques païennes », explique Laurent Schneider. Mais ils montrent aussi les relations ambiguës qu'il entretenait avec les Francs. « Hilaire dut



© N. Clément

se réfugier avec son peuple dans la forteresse de Melena pour se protéger de leurs armées et négocia, semble-t-il, directement avec le roi pour éviter que le lieu ne soit pillé et brûlé. Ce succès diplomatique passa dès lors pour un miracle. »

Très vite, les archéologues se sont aperçus que les ruines surplombant le village de la Malène étaient bien contemporaines de la légende. Et, depuis que les fouilles ont commencé, les surprises s'accumulent. Construite à la fin du <sup>v</sup><sup>e</sup> siècle ou au début du <sup>vi</sup><sup>e</sup> siècle, puis habitée pendant quelque deux cents ans, la forteresse faisait ostentation d'un luxe tout à fait surprenant pour l'époque. « Pour expliquer l'édification durant le haut Moyen Âge de villes et de forteresses haut perchées, on parlait de populations effrayées par les invasions barbares se réfugiant dans des abris de montagne dans des conditions assez misérables, rappelle le chercheur. Or c'est tout le contraire de ce qu'on voit ici. » En effet, ce palais présentait des colonnades d'étage, de grands bâtiments en pierre et mortier couverts de tuiles, une tour de 5 mètres de haut et, pour couronner le tout, de véritables thermes, peut-être les derniers bains à la romaine construits en Gaule. Pour les alimenter, une citerne pouvant contenir 190 mètres cubes d'eau avait été bâtie ! Ces thermes sont sans doute le fruit d'un caprice d'un riche aristocrate qui voulait vivre comme un Romain en plein Moyen Âge. « On a souvent pensé que le savoir-faire des constructeurs romains s'était perdu dans le haut Moyen Âge. Mais ces bâtiments sont l'œuvre d'un architecte très habile et cultivé. Nous ne sommes pas devant une construction



© L. Schneider

Ces ruines sont celles d'une forteresse très luxueuse qui possédait notamment des thermes (ci-dessus). À gauche, les vestiges du portail de l'aile résidentielle.

créée à la hâte. L'édification de la forteresse de la Malène est plutôt liée à une nouvelle façon d'habiter, d'occuper l'espace et de mettre en scène la magnificence du pouvoir », avance Laurent Schneider.

Ce site devrait permettre aussi d'en savoir un peu plus sur les relations mouvementées entre les Francs et les Wisigoths qui occupaient l'ancienne Septimanie, soit l'actuel Languedoc-Roussillon. En effet, la forteresse était placée à la frontière des deux royaumes et a sans doute servi comme poste de douane. De plus, la découverte de six amphores à vin provenant de Gaza et de Tunisie prouve qu'un commerce florissant sur de longues distances s'exerçait encore en ce début de Moyen Âge, contrairement à l'idée que l'on se faisait d'une organisation sociale refermée sur elle-même.

Malgré les efforts que vont déployer les archéologues cet été, à la fin du chantier, ce palais fortifié sera bien loin d'avoir livré tous ses secrets. « Pour l'instant, nous n'avons fait des fouilles profondes que sur 200 ou 300 m<sup>2</sup> sur les 10 000 m<sup>2</sup> que compte le site, conclut Laurent Schneider. On pourrait fouiller pendant une décennie entière ! »

Sebastián Escalón

1. Laboratoire CNRS / Université Aix-Marseille I.



© F. Reboux

Ce manuscrit qui raconte la vie de saint Hilaire a guidé les archéologues : un passage mentionne la forteresse.

## CONTACT

→ Laurent Schneider

Laboratoire d'archéologie médiévale méditerranéenne, Aix-en-Provence  
lauschne@club-internet.fr

## BIOTECHNOLOGIE

# Les mille vertus des microalgues

Fondée par quatre partenaires, dont le directeur du Laboratoire de recherche en génie des procédés-environnement-agroalimentaire (Gepea)<sup>1</sup>, AlgoSource Technologies est une start-up de conseil dans la production de microalgues. Jean Jenck, son président, présente cette bioressource d'avenir.

**Créée en 2008, AlgoSource Technologies ne vend pas un produit mais un savoir-faire. De quoi s'agit-il ?**

**Jean Jenck :** Nous sommes une entreprise d'ingénierie et de conseil pour la production et la valorisation industrielle des microalgues aquatiques. Comme les autres végétaux chlorophylliens, ces algues microscopiques sont capables de photosynthèse : elles consomment du dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>) et rejettent de l'oxygène tout en produisant de la biomasse, qui peut être utilisée comme source de protéines, d'huiles, d'ingrédients chimiques, etc. Bref, elles transforment le CO<sub>2</sub>, indésirable, en matières utiles grâce à la lumière. L'intérêt de ces algues, du point de vue environnemental, est que leur production par hectare pourrait être trente fois supérieure à celle des végétaux classiques ! Et ce, sans compétition pour les terres arables et l'eau douce. Mais la production varie beaucoup selon les conditions de culture. AlgoSource Technologies propose donc une solution adaptée à chaque client.

**Pouvez-vous nous donner un exemple ?**

**J. J. :** D'abord, nous identifions les conditions de température, d'ensoleillement, de salinité, etc. Puis, en fonction du type de microalgues à faire pousser et, surtout, de ce que l'on veut en tirer comme produits (des lipides, des sucres, des protéines, des pigments...), nous définissons le meilleur réacteur : grand bassin ouvert ou sous serre, tubes fermés, etc. Par exemple, la culture en tubes est plus sûre, car moins sujette à contamination, mais elle coûte plus cher. Comme les cultures absorbent aussi nitrates, phosphates, chaleur, etc., des sociétés qui en émettent peuvent nous demander une solution écologique et rentable économiquement pour les éliminer. Notre rôle clé est aussi de les mettre en contact avec des producteurs qui souhaitent vendre des microalgues ou des matières qui en sont extraites.



**On peut donc considérer les recherches scientifiques dans ce domaine comme un élément essentiel de votre expertise ?**

**J. J. :** Oui. D'ailleurs, Jack Legrand, directeur du Gepea, est l'un des quatre partenaires de la société. Les recherches visent en particulier à optimiser les photobioréacteurs – où poussent les microalgues – en fonction de la lumière disponible, du taux de CO<sub>2</sub>, de la forme du bassin... Il faut savoir que les photons ne pénètrent dans l'eau qu'en surface. Et que, moins il y a d'eau à filtrer, plus la récolte est facile. L'une des pistes d'optimisation consiste donc à n'utiliser qu'un fin film d'eau. On le fait ruisseler sur un plan incliné pour que l'eau circule sans qu'il ait sédimentation. Ce projet fait partie du programme ANR Biosolis. Quatre brevets au moins devraient être déposés par le Gepea et les laboratoires partenaires<sup>2</sup>.

**Comment est née l'idée de créer AlgoSource ?**

**J. J. :** Après plus de trente ans dans l'industrie chimique, j'ai créé une microentreprise de conseil en technologie et je suis également devenu directeur de recherche associé au Gepea. Séduit par leurs travaux du fait de leur potentiel écologique, j'ai eu envie de les industrialiser. J'ai donc réfléchi avec Jack Legrand à un transfert technologique. Et nous nous sommes alliés à Alpha Biotech,

créée dans la région par Bertrand Lépine dès 1993. Cette société, spécialisée dans la culture des microalgues et dans la vente d'extraits, est le plus ancien acteur industriel du secteur en France.

**Où en est le développement de votre start-up ?**

**J. J. :** Nous espérons un chiffre d'affaires d'environ 300 000 euros pour 2010. Nous avons un premier salarié, chercheur en génie biologique, qui travaille notamment sur l'apport protéique des microalgues chez les animaux. Un leader mondial de l'alimentation animal est d'ailleurs notre client. Nous avons aussi participé à l'enregistrement des microalgues dans la liste recommandée pour l'alimentation animale en Europe par l'EABA (European Algae Biomass Association), qui nous a élus membre directeur. C'est une vraie reconnaissance.

**Quels sont vos projets ?**

**J. J. :** Nous attendons différentes innovations, principalement sur la récolte des microalgues. J'aimerais surtout développer les recherches sur le raffinage afin de mettre à profit toutes les matières que l'on peut tirer de la biomasse récoltée. Pour ce qui est d'AlgoSource elle-même, nous allons élargir notre activité à la production de biomasse algale et au négoce.

**Propos recueillis par Charline Zeitoun**

Jean Jenck, président d'AlgoSource Technologies. Les longs tubes de verre sont des réacteurs où poussent les fameuses microalgues.



© O. Lépine/Alpha Biotech

1. Laboratoire CNRS / Université de Nantes / École des mines de Nantes / École nationale vétérinaire, agroalimentaire et de l'alimentation Nantes-Atlantique.
2. Laboratoire procédés, matériaux et énergie solaire (UPR CNRS, Perpignan), Laboratoire de génie chimique et biochimique (Clermont-Ferrand), Enki Innovation (Sainte-Foy) et cotraitant Saint-Gobain.

#### CONTACT

→ **Jean Jenck**  
AlgoSource Technologies, Saint-Nazaire  
jean.jenck@algosource.com

## VOXALEAD

# Les vidéos ont enfin leur moteur de recherche

**R**etrouver une vidéo en tapant les mots qui y sont prononcés, c'est ce que propose pour la première fois aux internautes la société française Exalead avec son nouveau moteur de recherche baptisé Voxalead<sup>1</sup>. Sans équivalent, ce service s'appuie sur des technologies de traitement de la parole développées entre autres par des chercheurs du CNRS. Celles-ci permettent de retranscrire sous forme de texte tous les mots prononcés dans une vidéo. L'internaute peut ainsi dénicher très rapidement l'information qui l'intéresse en tapant simplement un mot ou une expression. Il est alors envoyé directement au passage de la vidéo durant lequel le mot en question est prononcé. Pour l'instant, Voxalead indexe uniquement les vidéos provenant de chaînes d'information, et ce, en six langues : le français, l'anglais, le chinois, l'arabe, l'espagnol et le russe. Dans quelques années, d'autres sources d'information et d'autres langues devraient être disponibles.

Si quelques tentatives ont déjà eu lieu sur la Toile pour offrir ce type de service, Voxalead, soutenu par le programme de recherche et d'innovation Quaero<sup>2</sup>, est le premier moteur à atteindre une telle finesse de recherche et à proposer autant de langues aux internautes. « Cette technologie est le résultat de plus de vingt années de recherche sur la reconnaissance de la parole », confie Jean-Luc Gauvain, chercheur au Laboratoire d'informatique pour la mécanique et les sciences de l'ingénieur (Limsi)<sup>3</sup>, à Orsay. C'est dans ce laboratoire qu'ont été développées les techniques utilisées aujourd'hui par Exalead. « À partir du dictionnaire complet d'une langue, de la façon dont chaque phonème se prononce suivant sa place dans un mot et dont les mots s'organisent pour former une phrase, nous

construisons un modèle statistique qui permet d'identifier dans une phrase prononcée la séquence de mots la plus probable, commente le chercheur. Chaque langue a sa difficulté, par exemple la prononciation pour l'anglais, la syntaxe pour le français. Il faut donc prendre en compte ces spécificités dans nos modèles. »

La méthode est particulièrement efficace quand l'élocution de la personne est claire. Le commentaire du présentateur d'un journal télévisé, la voix off d'un reportage ou encore le discours d'un homme politique<sup>4</sup> sont ainsi retranscrits avec très peu d'erreurs. Par contre, dès que le langage devient spontané (micro-trottoirs, débats en direct...), la technique se fait moins précise. Les chercheurs du Limsi travaillent actuellement à améliorer cet aspect-là, en affinant un peu plus encore leur modèle. À terme, Voxalead devrait ainsi être capable de retranscrire tous types de vidéos. « Après les informations, il sera bientôt possible de proposer aux internautes une recherche sur les podcasts et les cours en ligne », note Jean-Luc Gauvain. Et pourquoi pas, un jour, sur les millions de vidéos postées sur YouTube et Dailymotion.

**Julien Bourdet**

1. <http://voxaleadnews.labs.exalead.com/>
2. Lire « Quaero... et je trouve », *Le journal du CNRS*, n° 197, juin 2006, p. 14.
3. Laboratoire CNRS / Universités Paris-VI et -XI.
4. Le site Web de l'Élysée utilise Voxalead depuis le 29 mars dernier pour indexer tous les discours du président de la République.



Grâce au site Voxalead, les internautes peuvent effectuer des recherches par mots clés dans des vidéos fournies par des chaînes d'information.

#### CONTACT

→ **Jean-Luc Gauvain**  
Laboratoire d'informatique pour la mécanique et les sciences de l'ingénieur, Orsay  
gauvain@limsi.fr

## BRÈVE

# Albatros prend son envol

Le 7 mai 2010, à Bordeaux, un nouveau groupement d'intérêt scientifique (GIS), nommé Albatros (Alliance Bordeaux universités and Thales on research on avionics), a vu le jour. Il réunit des équipes du groupe Thales (Thales Systèmes aéroportés et Thales Avionics), l'université Bordeaux-I Sciences et technologies, l'université Bordeaux-II Victor-Segalen, l'Institut polytechnique de Bordeaux, le centre de Bordeaux Arts et métiers Paris Tech, le CNRS et l'Inria. Ces partenaires travailleront de concert sur plusieurs thématiques scientifiques du domaine de l'aéronautique, comme les matériaux, les interactions hommes-système, les architectures de calcul et des logiciels embarqués ou encore la sûreté de fonctionnement des systèmes embarqués.



**Cécile Reynaud**, spécialiste de la musique romantique, chercheuse à l'Institut de recherche sur le patrimoine musical en France<sup>1</sup> et conservatrice au département de la musique de la BNF

## Chopin, un héritage très présent

**Le 21 juin aura lieu la Fête de la musique. L'occasion de parler d'un compositeur à l'honneur en 2010, Frédéric Chopin, dont on célèbre le bicentenaire de la naissance avec une multitude d'événements en France et en Pologne. Parmi ceux-ci, l'exposition Chopin à Paris. L'atelier du compositeur<sup>2</sup>, à la Cité de la musique, dont vous êtes l'une des commissaires<sup>3</sup>. Selon vous, l'influence de ce virtuose du piano est-elle toujours aussi grande aujourd'hui ?**

**Cécile Reynaud :** Indéniablement, car il demeure l'un des compositeurs de musique romantique les plus adulés et les plus écoutés au monde. Il est aussi l'un des plus joués, aussi bien par les apprentis pianistes qui abordent certaines de ses *Valses* par exemple, que par les grands instrumentistes qui livrent leur interprétation des *Ballades*, des *Nocturnes*, des *Préludes*, etc. S'il a influencé en leur temps Debussy, Ravel et Rachmaninov, il inspire toujours les compositeurs actuels, tel Hugues Dufourt, qui lui a consacré une pièce pour piano<sup>4</sup>.

« C'est au lendemain de la mort du compositeur que le mythe va prendre naissance. »

**Comment le mythe Chopin est-il né ?**

**C.R. :** Il ne faut pas croire que Chopin, de son vivant, fut une vedette internationale. D'abord, il ne vécut pas assez longtemps pour connaître une telle notoriété. Ensuite, il a donné très peu de concerts publics au cours de sa vie : moins de vingt à Paris et seulement quelques-uns en Pologne, en Allemagne et en Angleterre. Son tempérament le portait vers l'intime :

il n'appréciait guère de se produire dans de grandes salles. Néanmoins, il fascinait ceux qui le connaissaient : ses amis, ses pairs (Berlioz, Schumann), comme ses élèves. C'est au lendemain de sa mort que le mythe va prendre naissance. L'inscription de Chopin dans le mouvement romantique, sa disparition prématurée (à 39 ans), ses amours avec George Sand y sont pour beaucoup. L'édition de ses œuvres et leur diffusion à travers l'Europe y contribuent aussi en favorisant la découverte de son génie.

**Pour monter l'exposition, vous avez étudié les partitions manuscrites de Chopin dont la BNF possède la deuxième collection au monde après celle du Musée Chopin de Varsovie. Que révèlent-elles sur son écriture ?**

**C.R. :** Que si l'inspiration venait avec une miraculeuse facilité à cet improvisateur d'exception, l'étape de l'écriture était une épreuve. Des descriptions de George Sand en témoignent (*Histoire de ma vie*), et les versions des partitions à différents stades de leur composition l'attestent également : entre l'esquisse première et l'édition finale, Chopin ne cessait de raturer, de corriger.

Son processus de composition avait donc deux phases : l'une au piano, lorsque l'inspiration jaillissait sous ses doigts, l'autre à la table de travail, quand il la transcrivait avec difficulté. Sur les épreuves corrigées ou sur les manuscrits préparés pour l'édition, dont la BNF conserve de précieux exemplaires, Chopin a aussi noté doigtés, nuances ou indications de pédale, marques de tout premier intérêt pour les musicologues

et les interprètes. Par ailleurs, comme il a offert nombre de ses manuscrits à ses amis et à ses élèves, cela nous permet de mieux connaître le cercle social qu'il fréquentait : celui de la haute société parisienne.

**Quel est l'apport du compositeur polonais à l'histoire de la musique ?**

**C.R. :** Sans doute ce langage musical singulier, lié tout d'abord à son talent

pour l'improvisation. Si ses œuvres, telles les *Valses* ou les *Études*, ont une forme parfaitement maîtrisée, elles laissent place à l'inattendu dans l'enchaînement des tonalités ou dans le développement assez libre des motifs mélodiques. Enfin, sa musique mêle des influences très disparates dont témoigne la forme des compositions : inspiration polonaise, influence du bel canto italien, mais aussi de l'esprit classique car Chopin était un fervent admirateur de Bach et de Mozart.

**Encore aujourd'hui, Chopin est un sujet de recherche pour plusieurs scientifiques. Quelles sont les pistes explorées actuellement ?**

**C.R. :** Jean-Jacques Eigeldinger, spécialiste du compositeur, a notamment travaillé sur l'histoire de l'interprétation de ses œuvres et, tout récemment, sur les rapports amicaux entre Camille Pleyel, le célèbre fabricant de piano, et Chopin, qui jouait sur ses instruments<sup>5</sup>. Les musicologues John Rink et Christophe Grabowski viennent par ailleurs de publier le catalogue annoté de ses premières éditions, un travail fondamental, car il permet de mieux connaître encore le processus créateur chez Chopin.

**Propos recueillis par Stéphanie Arc**

1. Unité CNRS / Ministère de la Culture et de la Communication / Bibliothèque nationale de France.
2. Jusqu'au 6 juin. Voir *Le journal du CNRS*, n° 244, p. 41.
3. Avec Jean-Jacques Eigeldinger et Thierry Maniguet.
4. L'influence de Chopin se fait même sentir dans la pop et dans le rap : le *Prélude n° 4* a été repris par Gainsbourg (*Jane B.*) et "samplé" par NTM (*That's my People*).
5. *Chopin et Pleyel*, Fayard, 2010.

### CONTACT

→ **Cécile Reynaud**

Institut de recherche sur le patrimoine musical en France, Paris  
cecile.reynaud@bnf.fr



# Gérald Da Costa

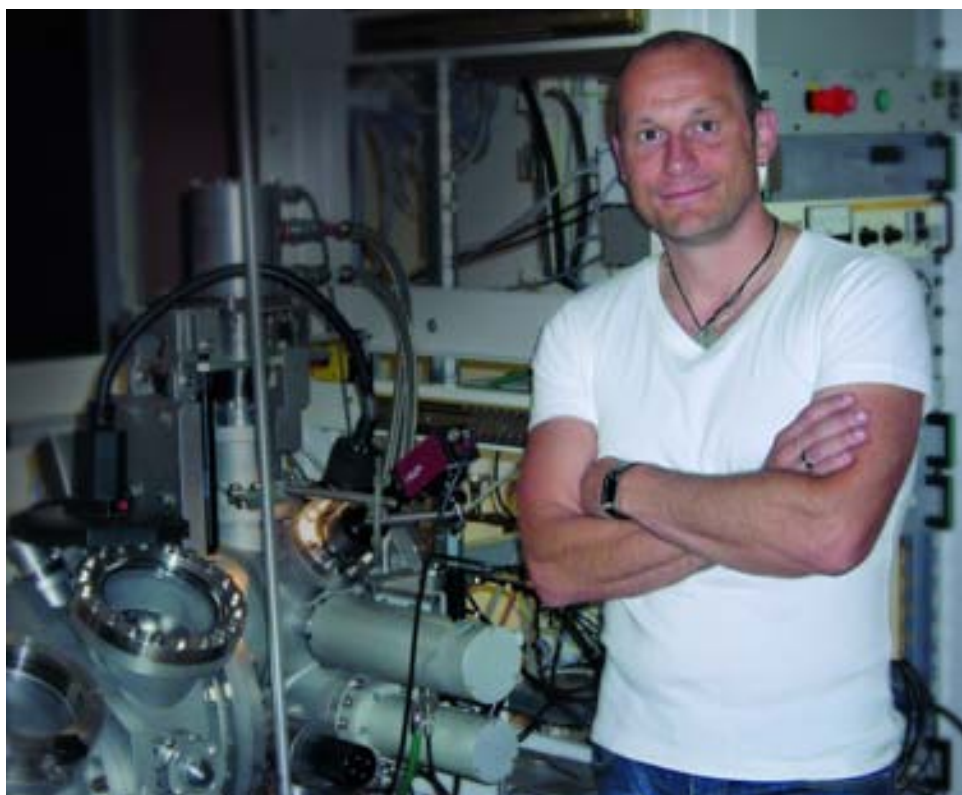
Ingénieur de recherche

## Sondeur d'atomes

**M**oderste et discret. À 35 ans, Gérald Da Costa recevait le Cristal 2009 du CNRS, équivalent pour les personnels ingénieurs, techniciens et administratifs des médailles décernées aux chercheurs. L'ingénieur de recherche, pilier du Groupe de physique des matériaux<sup>1</sup> (GPM), est responsable de la valorisation d'une sonde qui a révolutionné l'étude des matériaux : elle permet de visualiser n'importe quel échantillon atome par atome et en trois dimensions. Une machine de 1 à 2 millions d'euros, commercialisée aujourd'hui dans plusieurs laboratoires, au Japon, en Allemagne, en Suède et en Belgique. Humble, il fait la moue quand on évoque l'excellence de son travail et de son parcours atypique.

Enfant de la « *génération informatique des premiers ordinateurs domestiques* », il rêve très tôt d'électronique. Fuyant les voies dites royales des filières générales, il passe un bac d'électronique et démarre un BTS sans tambour ni trompette. Manque d'ambition d'un élève issu d'un milieu modeste ? « *Je tenais surtout à l'aspect pratique des études spécialisées* », répond-il. Devant ses résultats scolaires qui frôlent la perfection, sa professeur de physique l'incite à poursuivre. Il entre à l'université de Rouen et décroche un DESS d'informatique industrielle. Le GPM se trouve juste à l'étage au-dessus...

Providentielle, une offre d'emploi d'ingénieur de valorisation en CDD au GPM « *tombe un jour du deuxième au premier étage* », où il finit son année. « *Ce fut donc mon stage de fin d'études...* », raconte-t-il. Sa mission : assurer vers Cameca, une société spécialisée dans la fabrication d'instruments de mesure, le transfert technologique de la fameuse sonde atomique, alors quasi unique au monde. Très vite, il faut réaliser des plans de construction, améliorer le logiciel qui traite les données et, surtout, adapter la fabrication pour rendre le tout commercialisable. Six mois plus tard, on l'envoie au Japon pour honorer la première commande. Il n'a que 22 ans.



© A. Bestel/CNRS Photothèque

“ Je suis un enfant de la génération informatique des premiers ordinateurs domestiques. ”

Depuis, l'ingénieur a rendu la machine beaucoup plus performante. Devant le savant assemblage de tubes et de hublots où règne l'ultravide, il revient sur son fonctionnement et son intérêt. « *La matière est un empilement d'atomes* », explique-t-il. Si on la regarde au microscope, l'image présente deux inconvénients : *primo*, elle est en deux dimensions, *secundo*, elle ne donne pas la nature chimique de chaque atome. Cuivre ? Fer ? Zinc ? L'information est pourtant capitale au regard du comportement d'un matériau. « *Avec notre sonde, l'échantillon est soumis à un champ électrique intense, ses atomes sont arrachés un par un et projetés sur un détecteur* », poursuit-il. La trajectoire des atomes et leur position sur le détecteur permettent de retrouver les coordonnées d'origine de chacun. Tandis que leur masse est calculée à partir de la vitesse d'arrivée sur le détecteur, selon une loi classique de conservation de l'énergie. Comme un élément chimique se caractérise justement par la masse de ses atomes, il n'y a plus qu'à tous les identifier. Enfin, grâce à un logiciel graphique, on reconstruit une image 3D indiquant la position et la nature de chaque atome.

Après quatre ans de bons et loyaux services en CDD, et fort de ses réussites, Gérald Da Costa passe et réussit le concours d'entrée du CNRS en 2000. Mais, loin de se reposer sur ses lauriers, il améliore encore la sonde grâce à un laser femtoseconde<sup>2</sup>. Contrairement à un simple champ électrique, ce laser peut arracher n'importe quel atome, pas seulement ceux qui conduisent

l'électricité. Du coup, la sonde peut scruter tous les matériaux, conducteurs ou non. Rails de chemin de fer, semi-conducteurs, matériaux utilisés en aéronautique, etc., elle traque tous les défauts et l'usure coupable. « *Les transistors sont de plus en plus petits*, souligne-t-il, *mais il faut bien continuer à vérifier leur processus de fabrication...* » Il cite ensuite les vis des cœurs de réacteurs nucléaires, dont il faut surveiller la bonne tenue face aux radiations : « *Une concentration d'atomes de cuivre à certains endroits pourrait changer le comportement du matériau* », commente l'ingénieur, qui collabore avec EDF à ce sujet. En définitive, l'aventure est une très belle réussite pour Gérald Da Costa. Un brevet international sur la sonde a été déposé par Cameca en 2007. Et deux ou trois autres, dont l'ingénieur est cotitulaire, sont « *dans les tuyaux* »... De quoi révétil à présent ? Tout simplement que la sonde atomique devienne, à l'image du microscope, un véritable « classique des labos ».

Charline Zeitoun

1. Unité CNRS / Université de Rouen / Insa Rouen.  
2. Une femtoseconde =  $10^{-15}$  seconde, durée de chaque impulsion du laser.

→ Retrouvez les Talents du CNRS sur [www.cnrs.fr/fr/recherche/prix.htm](http://www.cnrs.fr/fr/recherche/prix.htm)

### CONTACT

→ Gérald Da Costa  
Groupe de physique des matériaux,  
Saint-Étienne du Rouvray  
gerald.dacosta@univ-rouen.fr

NEUROSCIENCES, ÉCOLOGIE, ASTRONOMIE, ...

# Rien n'arrête les mathématiciens

C'est l'effervescence chez les mathématiciens ! Les 8 et 9 juin, l'important congrès annuel de l'Institut de mathématiques Clay se tient à Paris. Et, quelques semaines plus tard, du 19 au 27 août, en Inde, le Congrès international des mathématiciens distinguera, comme tous les quatre ans, les lauréats de la médaille Fields, plus importante récompense en la matière. Deux événements et deux occasions de redécouvrir l'immense influence des maths. Car, si elles permettent depuis longtemps de résoudre les énigmes de la physique, elles sont aussi précieuses pour étudier la biodiversité, modéliser les épidémies, mieux comprendre le cerveau ou encore dévoiler les arcanes de notre planète. Ce mois-ci, *Le journal du CNRS* mène l'enquête sur une discipline qui a vraiment le vent en poupe.



- UNE DISCIPLINE À VOCATION UNIVERSELLE > 19
- LA BIODIVERSITÉ EN ÉQUATIONS > 20
- DES FORMULES CONTRE LES ÉPIDÉMIES > 22
- LA PHYSIQUE ACCRO AUX MATHS > 23
- DES THÉORÈMES PLEIN LES NEURONES > 24
- LES MATHS À L'ÉCOUTE DE LA TERRE > 26



# Une discipline à vocation universelle

**C**omment vont les maths ? « Elles ne se sont jamais aussi bien portées », répond sans ciller Cédric Villani, directeur de l'Institut Henri-Poincaré<sup>1</sup>, à Paris, qui vient tout juste de se voir remettre le prestigieux prix Fermat<sup>2</sup>. C'est bien simple, à l'ère du tout technologique, il n'est plus une activité humaine qui n'ait besoin de compter, structurer, prévoir ou optimiser des données de plus en plus nombreuses et de plus en plus complexes. Au point que, pour Amy Dahan, historienne des sciences au Centre Alexandre-Koyré<sup>3</sup>, à Paris, « aujourd'hui, le terrain de jeu des mathématiques est devenu le monde dans sa totalité ».

Cette santé insolente, les mathématiques la doivent d'abord à elles-mêmes et à ceux qui les pratiquent. Le nombre de mathématiciens est ainsi passé de quelques centaines à plusieurs dizaines de milliers en moins d'un siècle. Et cette communauté, habituée depuis toujours à collaborer en petits groupes flexibles et délocalisés, est parfaitement à son aise dans un monde globalisé où l'information circule en un clic. Sur le fond, la période est faste. Elle se caractérise par « l'émergence, avec une intensité et une rapidité inégalées, de liens nouveaux entre domaines mathématiques différents », précise Jean-Pierre Bourguignon, directeur de l'Institut des hautes études scientifiques, à Bures-sur-Yvette, et président du Comité d'éthique du CNRS (Comets). Non pas que le découpage traditionnel de la discipline (géométrie, topologie, algèbre, analyse, probabilités...) soit d'un coup devenu obsolète, mais « comme en musique, l'apprentissage des formes classiques permet

désormais de les dépasser », explique Cédric Villani. C'est ainsi, grâce à l'apport inattendu de la géométrie, qu'a été résolu, en 2003, par le russe Grigoriy Perelman, un pur problème de topologie : la démonstration de la conjecture de Poincaré, énoncée un siècle plus tôt. Celle-ci faisait partie des sept problèmes dits du millénaire, pour la résolution desquels 1 million de dollars est offert par l'Institut de mathématiques Clay, aux États-Unis. Les 8 et 9 juin, le colloque de cet institut, organisé cette année par l'Institut Henri-Poincaré, à Paris, sera d'ailleurs l'occasion de célébrer cette réussite.

## DES INTERACTIONS CONTINUES

À cette porosité interne aux mathématiques font écho les interactions de cette discipline avec les autres sciences. En premier lieu la >

Chaque année, le Salon de la culture et des jeux mathématiques, auquel participe le CNRS, prouve l'intérêt du public pour la discipline.



Illustration : Julien Chazal, Céline Hein pour Le journal du CNRS

© CNRS Photothèque

> physique, qui les stimule depuis plusieurs siècles en même temps qu'elle en recueille les fruits. Encore aujourd'hui, pour Cédric Villani, « les attentes les plus vives concernent des secteurs où les mathématiques se frottent aux autres disciplines ». Le scientifique en veut pour preuve le domaine des équations aux dérivées partielles, dans lequel des avancées importantes pourraient avoir des répercussions aussi bien en mécanique des fluides que pour les sciences du climat.

De là à envisager que l'apport des mathématiques puisse devenir un recours universel, il n'y a qu'un pas. D'autant que de nombreuses disciplines scientifiques (biologie, économie, sociologie, théorie de la décision...) font de plus en plus couramment usage de techniques et de concepts mathématiques sophistiqués. Pour Jean-Pierre Bourguignon, « du fait de leur caractère abstrait, les mathématiques ont une vocation universelle. Attention, pour autant, rien de ce qui est extérieur aux mathématiques ne peut se réduire à elles ». Michel Morange, du Centre Cavailles de l'École normale supérieure<sup>4</sup>, à Paris, abonde dans le même sens : « Je me méfie des simplifications du genre "les maths sont l'avenir de la biologie". Je suis convaincu que, dans plusieurs domaines, elles vont apporter beaucoup. Mais l'idée d'une mainmise des mathématiques sur les autres sciences est naïve. »

### UNE MATIÈRE REINE EN FRANCE

Ce qui ne les empêche pas d'avoir véritablement le vent en poupe. Au point de faire des adeptes au-delà des cercles de spécialistes. C'est en tout cas le sentiment de Séverine Leidwanger, de l'Institut de mathématiques de Jussieu<sup>5</sup>, à Paris, et coorganisatrice d'événements dans le cadre de la Fête de la science : « Il y a deux ans, le temps était exécrable. Pourtant, nous avons compté de nombreux participants à notre rallye de mathématiques. De même, nous organisons des conférences de vulgarisation qui attirent un public large. Y compris des personnes qui gardaient un mauvais souvenir des maths au lycée et qui découvrent tout à coup qu'elles peuvent y comprendre quelque chose ! » De quoi susciter des vocations chez les plus jeunes ? S'appuyant sur une tradition qui place les maths au centre de la formation de ses élites, la France reste encore aujourd'hui une terre de prédilection pour la discipline. Un chiffre en atteste : sur les 48 lauréats de l'histoire de la médaille Fields – la plus prestigieuse récompense de la discipline, remise tous les quatre ans –, douze sont issus de laboratoires français. La prochaine attribution lors du Congrès international des mathématiciens, qui aura lieu en Inde à la fin du mois d'août, verra peut-être confirmer cette tendance.

Jean-Pierre Bourguignon s'inquiète néanmoins pour l'avenir : « Les carrières de chercheurs ne sont

pas assez attractives en général. On observe une érosion des effectifs des étudiants en mathématiques. Si cette tendance persiste une dizaine d'années, cela peut devenir dramatique pour l'avenir de la discipline. » De son côté, Cédric Villani joue, lui, la carte de l'optimisme : « Les problèmes sont identifiés. Je reste persuadé que nous trouverons les solutions. Il faut transmettre l'idée que les mathématiques n'ont rien d'une vieille science carrée et poussiéreuse. Au contraire, elles sont aujourd'hui en pleine effervescence et demandent avant tout... de l'imagination. »

**Mathieu Grousseau**

1. Unité CNRS / Université Paris-VI.
2. D'un montant de 20 000 euros attribués par la région Midi-Pyrénées, ce prix est décerné tous les deux ans par l'Institut de mathématiques de Toulouse.
3. Unité CNRS / EHESS Paris / MNHN / Cité des sciences et de l'industrie.
4. Unité CNRS / ENS Paris / Inserm.
5. CNRS / Universités Paris-VI et -VII.

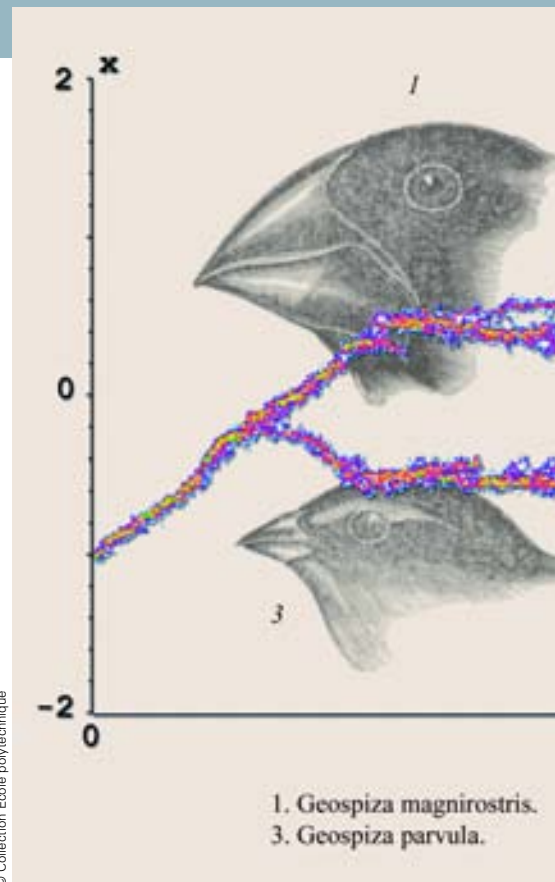
### CONTACTS

- Jean-Pierre Bourguignon, jpb@ihes.fr
- Amy Dahan, dahan@damesme.cnrs.fr
- Séverine Leidwanger, leidwang@math.jussieu.fr
- Michel Morange, morange@biologie.ens.fr
- Cédric Villani, cedric.villani@ihp.jussieu.fr



Les maths peuvent aider les écologues à calculer combien de faons il y a dans une forêt.

© E. Isselée/Photo12



© Collection École polytechnique

1. *Geospiza magnirostris*.
3. *Geospiza parvula*.

## La biodiversité

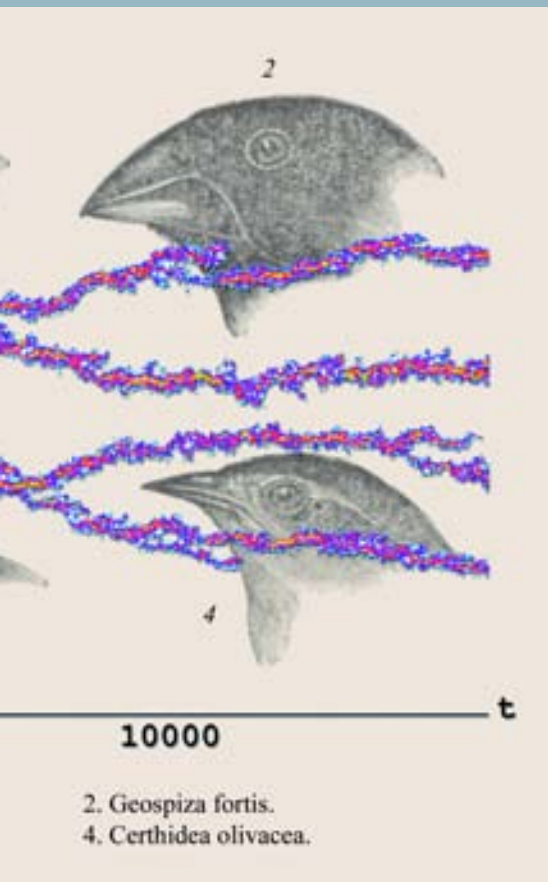
# À

l'heure où la biodiversité s'érode dangereusement, les écologues disposent aujourd'hui d'un allié de poids : les mathématiques.

Théorie des probabilités et des

processus aléatoires en tête, elles sont en effet parvenues à intégrer dans des modèles la plupart des processus aux fondements de l'évolution. De quoi aider à quantifier la richesse biologique de notre planète et son évolution et, qui sait, à trouver des solutions pour la protéger.

En commençant par s'interroger sur la notion même de biodiversité. De fait, intuitivement, plus le nombre des espèces augmente, plus elle est importante. Mais Vincent Bansaye, du Centre de mathématiques appliquées de l'École polytechnique (CMAP)<sup>1</sup>, nuance : « Quelle est la contribution à la diversité biologique d'une part de deux espèces de fourmis, d'autre part d'une espèce de fourmis et d'une autre de hérissons ? » Cette question n'a l'air de rien, mais elle est en réalité redoutable. Comme de savoir si la biodiversité est plus mise à mal par la disparition de deux espèces de mammifères emblématiques, ou bien par celle d'un coléoptère inconnu, mais jouant un rôle important dans un écosystème. Autant d'interrogations auxquelles des mathématiques complexes peuvent aider à apporter des réponses en introduisant des outils précis dans une science traditionnellement empirique.



Les mathématiques du hasard sont utilisées pour modéliser les processus évolutifs, comme l'apparition d'espèces de pinsons différant par la taille de leur bec.

Autre cas pratique, la mise au point d'instruments mathématiques pour connaître l'effectif d'une population à partir d'informations incomplètes. Une problématique que Vincent Bansaye résume de la manière suivante : « Lors d'une promenade en forêt, je peux voir un premier chevreuil, puis un second une vingtaine de minutes plus tard à 1 kilomètre de distance. Quelle information pertinente puis-je déduire de ces données sur la population totale ? » Les travaux en cours pourraient avoir, on le comprend, un impact sur le recensement d'espèces difficiles à observer. De même, des travaux menés par le chercheur et son collègue Amaury Lambert<sup>3</sup>, au département de biologie de l'École normale supérieure, à Paris, sur l'influence de la fragmentation de l'habitat sur l'évolution des populations permettront peut-être de mettre en œuvre de mesures de sauvegarde dans un contexte où les territoires disponibles pour les espèces sauvages se réduisent.

Comme le précisait récemment Denis Couvet, directeur de l'unité Conservation des espèces, restauration et suivi des populations<sup>4</sup>, à la rédaction des *Échos*<sup>5</sup>,

« on ne peut pas réduire la biodiversité à de simples équations. Mais les modèles mathématiques permettent une approche dépassionnée et objective des écosystèmes ». Et Sylvie Méléard de conclure : « Il serait présomptueux d'affirmer que les mathématiques vont révolutionner l'étude de la biodiversité. Mais elles offrent assurément un nouvel angle d'étude. »

Mathieu Grousson

1. CNRS / École polytechnique.
2. Collaboration avec Régis Ferrière, au laboratoire Écologie et évolution de l'École normale supérieure, à Paris, et Nicolas Champagnat, à l'Inria, à Sophia-Antipolis.
3. Du Laboratoire de probabilités et modèles aléatoires (CNRS / Universités Paris-VI et -VII).
4. Unité CNRS / MNHN.
5. Les *Échos*, 2 février 2010.

L'étude statistique de génomes permet de prévoir les sites chimiquement actifs d'une protéine. De quoi faire avancer la recherche sur les maladies génétiques.

## LES MATHS S'INVITENT DANS LA GÉNÉTIQUE

Les maths pourraient avoir un rôle clé dans la compréhension des maladies génétiques neuromusculaires. Directrice de l'unité Génomique des micro-organismes<sup>1</sup>, à Paris, impliquée depuis 2006 dans le programme international de Lutte contre la dystrophie musculaire, Alessandra Carbone mène une enquête sur les protéines associées à ces pathologies. Comme l'explique la récente lauréate du prix Irène-Joliot-Curie de la femme scientifique de l'année, « on connaît en partie les gènes impliqués dans ces affections, mais pas le rôle précis des protéines pour lesquelles ils codent, à l'origine des dysfonctionnements ». Pour élucider ce problème, elle s'est lancée dans un programme titanesque : préciser, grâce à des modélisations sur ordinateur, la manière dont interagissent entre elles environ 2 000 protéines présentes chez l'homme.

Or deux protéines prises au hasard peuvent se positionner l'une par rapport à l'autre de 100 000 à 500 000 manières différentes. Même en bénéficiant du réseau des centaines de milliers d'ordinateurs de la World Community Grid, vérifier ces combinaisons prendrait des siècles ! Ainsi, pas d'autre solution que de "deviner" à l'avance quels sont les sites actifs (ceux ayant une fonction biologique) sur chaque protéine, afin de limiter le nombre de configurations à tester. Comment ? Les biologistes savent que si les protéines sont différentes chez chaque espèce, elles possèdent des sites actifs semblables

correspondant à des résidus d'ADN communs à toutes les espèces. En passant à la moulinette de la théorie de

l'information et des probabilités

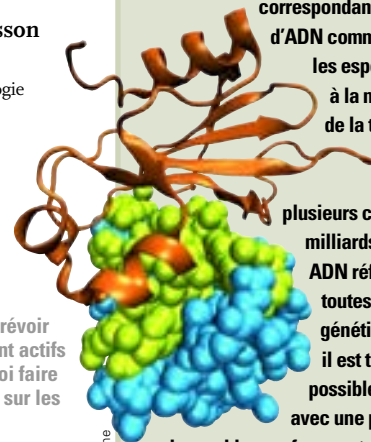
plusieurs centaines de milliards de séquences ADN référencées dans toutes les banques génétiques du monde, il est théoriquement possible d'identifier, avec une probabilité

raisonnable, ces fragments codant pour un morceau "intéressant" de protéine. « Grâce à ce travail préparatoire, nous devrions avoir terminé nos calculs d'ici mai 2011 », prévoit Alessandra Carbone.

Mathieu Grousson

1. Unité CNRS / Université Paris-VI.

Contact : Alessandra Carbone  
alessandra.carbone@lip6.fr



© A. Carbone

### CONTACTS

- Vincent Bansaye  
vincent.bansaye@polytechnique.edu
- Denis Couvet, couvet@mnhn.fr
- Amaury Lambert, amaury.lambert@upmc.fr
- Sylvie Méléard  
cmap@cmaphx.polytechnique.fr

# en équations

Ainsi, Sylvie Méléard, elle aussi du CMAP, a récemment développé un modèle capable de décrire des processus qui conduisent à l'apparition de nouvelles espèces<sup>2</sup>. « Pour ce faire, nous avons intégré des phénomènes très divers, allant des mutations génétiques survenant au niveau de la reproduction d'un individu jusqu'à l'influence de l'environnement sur une population, détaille la mathématicienne. Et, grâce à la démonstration rigoureuse de théorèmes, nous sommes parvenus à expliciter les conditions conduisant à des paliers évolutifs ou bien à l'apparition d'espèces nouvelles. »

### MIEUX RECENSER LES ESPÈCES

Plus concrète encore, la question confiée récemment par Sylvie Méléard, également porteuse de la chaire Modélisation mathématique et biodiversité (Muséum national d'histoire naturelle, Veolia Environnement et École polytechnique), à l'un de ses étudiants en thèse : à partir de quel seuil une espèce est-elle condamnée à disparaître ? Comme l'indique la scientifique, « les modèles classiques échouent à répondre à cette question, car ils ne sont pas adaptés aux populations de faible effectif. Mais, en tenant compte de la variabilité génétique des individus dans un petit groupe, nous sommes en train de comprendre comment l'apparition de mutations qui n'auraient pas eu d'effets dans un groupe important peuvent à l'inverse accélérer la disparition d'une population réduite ».

# > Des formules contre les épidémies

**P**ourquoi la diphtérie et la poliomyélite ne sont-elles plus que des mauvais souvenirs en France ? Qu'est-ce qui permet d'espérer qu'à un niveau mondial le paludisme et la tuberculose peuvent être éradiqués ? Les politiques de santé publique et les actions menées par les organismes d'aide sanitaire, bien sûr. Mais pas seulement : aussi large soit-elle, une campagne de vaccination n'empêchera jamais quelques malades de passer entre les mailles du filet. En fait, l'allié invisible des campagnes de vaccination est un résultat mathématique qui apparaît dans tous les modèles de propagation d'infections contagieuses : pour se diffuser, toute épidémie a besoin localement d'un nombre minimal de malades ; en dessous de ce seuil, la maladie finit par s'éteindre d'elle-même, comme un feu qui s'éteuffe, privé d'air.

En épidémiologie – cet exemple l'illustre –, les mathématiques cernent les mécanismes de contagion. Pourquoi certaines épidémies sont-elles cycliques ? Pourquoi la grippe A s'est-elle transformée en pandémie en se propageant dans le monde comme un feu de paille ? Sans les mathématiques, nous n'aurions pas de réponses à ces questions. En 2008, une équipe internationale impliquant le Laboratoire de physique théorique d'Orsay<sup>1</sup> avait montré, modèle mathématique à l'appui, que le réseau international des transports aériens expliquait, dans ses grandes lignes, les cartes des épidémies mondiales. Sans les mathématiques nous échapperait également l'origine d'épidémies dues à des maladies non transmissibles comme le cancer. Les statistiques sont reines dans ce domaine. « *Le cancer du poumon est l'exemple type de cancer qui a été*

*détecté de façon statistique* », décrit Jacques Istas, professeur au Laboratoire Jean-Kuntzmann<sup>2</sup>, à Grenoble, et auteur d'un livre sur la modélisation mathématique dans les sciences du vivant. « *Dans les années 1930, des médecins allemands ont observé un lien entre le cancer des poumons et la consommation de tabac, même s'ils ne comprenaient pas pourquoi* », ajoute ce spécialiste du mouvement brownien, un modèle mathématique façon couteau suisse, capable de décrire l'ostéoporose comme le trafic Internet et la propagation d'une épidémie. La maladie de Creutzfeld-Jacob et le diabète appartiennent à l'immense groupe d'infections non contagieuses qui ont été décelées *via* des études statistiques avant que les causes profondes n'émergent des éprouvettes des biologistes.

## DES STATISTIQUES DE HAUT VOL

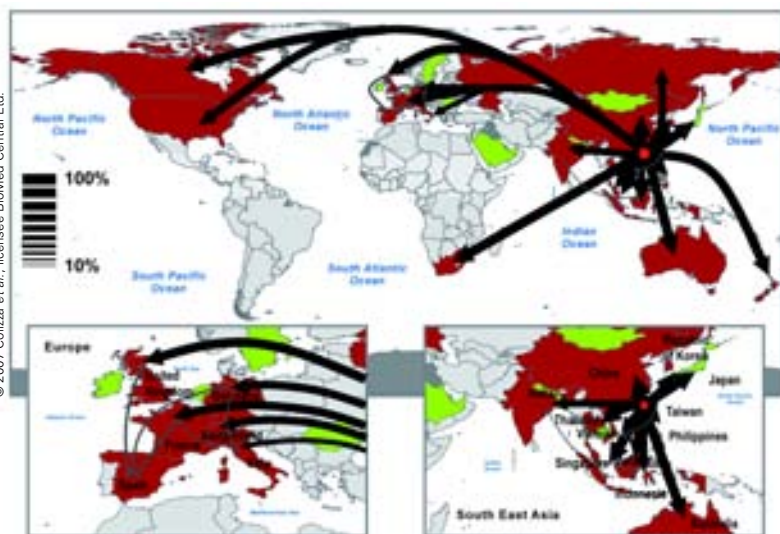
L'usage routinier des statistiques ne signifie pas toutefois que celles-ci se sont émancipées de leur tutelle mathématique. Et heureusement, car « *les statistiques sont une source inépuisable de pièges* », met en garde Bernard Prum, du laboratoire Statistique et génome<sup>3</sup>, expert en génétique des maladies épidémiques. Imaginons que vous soupçonniez être atteint d'une maladie mortelle qui touche une personne sur 10 000. Vous passez un test qui, comme n'importe quel test, possède une marge d'erreur et n'est précis qu'à 99 %. Le test se révèle positif. Quelle chance avez-vous de posséder la maladie ? Votre réponse probable : 99 %. Tout faux. En fait, la réponse (construite) est moins de 1 % (*se reporter à un manuel de statistique pour le détail des calculs*). L'analyse de données épidémiologiques est pavée de chausse-trapes de ce genre...

Pis, la complexité des analyses statistiques est démultipliée depuis qu'on est capable d'aller chercher à l'intérieur du génome les facteurs aggravants des maladies. Il faut en effet savoir que les maladies monogéniques (dont les symptômes ne sont dus qu'à la mutation d'un seul gène) sont l'exception. La plupart des maladies, les cancers en particulier, sont l'expression de dizaines de gènes qu'il faut rechercher parmi les 30 000 du génome des patients.

## DÉMÊLER LE VRAI DU FAUX

« *Quand on tient compte de l'expression génétique, on arrive facilement à plusieurs dizaines de milliers de paramètres à considérer*, souligne Philippe Besse, de l'Institut de mathématiques de Toulouse<sup>4</sup> et spécialiste de statistique appliquée à la biologie. *La difficulté dans ces cas-là est qu'on arrive toujours à trouver des liens statistiques entre les symptômes et des gènes prétendument responsables de la maladie, sans toujours savoir si ces liens sont pertinents ou non.* » D'où le développement ces dernières années d'algorithmes issus du domaine de l'intelligence artificielle capables de distinguer les liaisons significatives des liens trompeurs. Nommés *boosting* ou *bagging*, ces algorithmes « *permettent d'obtenir des modèles avec de meilleures qualités prédictives* », continue le chercheur, qui développe quant à lui des outils mathématiques pour aider les biologistes à comprendre le rôle dans les cellules de gènes et de protéines spécifiques. Les outils mathématiques développés par Philippe Besse et ses collègues ont, par exemple, permis d'étudier l'influence sur l'organisme du bisphénol A, ce composé chimique qui entre dans la composition notamment des biberons et qui est soupçonné de toxicité. Ces recherches ont ainsi montré que le bisphénol A perturbait le système hormonal de souris soumises à de faibles doses de ce composé. Dans l'ensemble, les mathématiciens travaillant en biologie s'accordent pour dire que les sciences de la vie vont jouer au XXI<sup>e</sup> siècle le rôle de muse pour les mathématiques, comme la physique l'a été au siècle dernier.

Xavier Müller



Le modèle mis au point à Orsay s'appuie sur le trafic aérien pour prévoir la propagation d'une épidémie, ici celle du Sras en 2002-2003. L'épaisseur d'un trait indique la probabilité du chemin associé.

1. Laboratoire CNRS / Université Paris-XI.
2. Laboratoire CNRS / Universités Grenoble-I et -II / Institut polytechnique de Grenoble.
3. Unité CNRS / Université d'Évry.
4. Unité CNRS / Universités Toulouse-I et -III / Insa Toulouse.

## CONTACTS

- **Philippe Besse**, philippe.besse@insa-toulouse.fr
- **Jacques Istas**, jacques.istas@imag.fr
- **Bernard Prum**, bprum@genopole.cnrs.fr



© O. Morige / Myop

# La physique accro aux maths

**L**a nature est un livre écrit en langage mathématique. » La phrase est de Galilée. Et, depuis le XVII<sup>e</sup> siècle, nombres et abstractions sont devenus inséparables de la physique. La raison de ce goût immodéré des physiciens pour les mathématiques ? Leur « déraisonnable efficacité », répondait Eugene Wigner, Prix Nobel de physique en 1963. Celle de faire émerger unité et lois fondamentales, là où l'observation brute ne renvoie qu'au désordre et à l'irrégularité des phénomènes. Pour le comprendre, rien de tel qu'un exemple concret que des chercheurs du CNRS remettent actuellement à la une de l'actualité. Au milieu des années 1970, le célèbre physicien anglais Stephen Hawking montre que les trous noirs, des objets du cosmos censés avaler jusqu'au moindre grain de lumière entrant dans leur sphère d'attraction, émettent en réalité une

faible radiation. Joie des théoriciens, cette prédiction est l'une des seules à marier sur le papier relativité générale (la théorie einsteinienne de la gravitation) et mécanique quantique (reine de l'infiniment petit). Désespoir des expérimentateurs : l'intensité de la radiation Hawking est si faible qu'aucun appareil de mesure ne pourra jamais la mettre en évidence.

## DÉTECTER LA RADIATION HAWKING

C'était sans compter sur les mathématiques. En effet, en 1981, Bill Unruh, à l'université de Colombie britannique, prouve que les "ingrédients" de la radiation Hawking ne sont pas propres à la physique des trous noirs. Plus précisément, en remplaçant sur le papier la gravitation par l'écoulement d'un liquide, et les ondes lumineuses, par des vaguelettes à la surface de l'eau, on obtient la même physique. « Ici, les mathématiques ont

Représentation d'un trou noir, un astre si dense que tout ce qui tombe à l'intérieur, même la lumière, y reste prisonnier à jamais.



© M. Kulyk/SPL/Cosmos

permis de montrer quantitativement l'équivalence de deux phénomènes d'apparence très différents, en ce sens qu'ils sont régis exactement par les mêmes équations », explique Germain Rousseaux, du Laboratoire Jean-Alexandre-Dieudonné<sup>1</sup>, à Nice. Au point que ce physicien a entrepris récemment de détecter la radiation Hawking dans le bassin à houle de l'entreprise Acric, à Nice, spécialisée en génie côtier ! Une expérience dans laquelle la radiation Hawking devrait prendre la forme de vaguelettes émises en une zone du bassin où une vague voit sa propagation arrêtée net par un courant de sens contraire.

## UNE LUNETTE DE GROSSISSEMENT

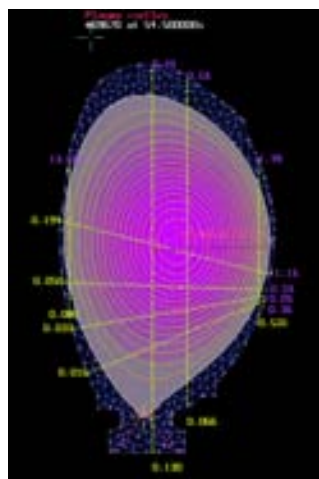
Mais les mathématiques auront ici un autre rôle : celui d'aider à démêler les données des expériences en cours. « Pour ce faire, nous avons introduit dans notre description les outils mathématiques des systèmes dynamiques, traditionnellement utilisés pour étudier l'évolution temporelle de systèmes comme les planètes du système solaire, indique Germain Rousseaux. Cet emploi dérivé illustre simplement que plus on introduit de mathématiques complexes pour étudier un phénomène, plus on révèle de détails. Les maths sont comme une lunette de grossissement pour la physique. »

Dans certains cas, elles sont même le seul et unique moyen d'accéder à un phénomène. Comme ceux qui se produiront dans le futur réacteur expérimental thermonucléaire international (Iter), actuellement en construction à Cadarache. Un prototype destiné à vérifier la faisabilité de la fusion nucléaire comme nouvelle source d'énergie. De fait, dans pareil réacteur, un gaz ionisé contenu par un puissant champ magnétique est porté à une température de quelque 100 millions de degrés ! Soit une fournaise à laquelle aucun capteur ne serait en mesure de résister.

Seule solution, récolter des mesures indirectes effectuées sur la surface du plasma avant de les incorporer dans un modèle mathématique permettant de calculer numériquement ce qui se passe à l'intérieur. Comme l'explique Jacques Blum, lui aussi du Laboratoire Jean-Alexandre-Dieudonné, « pour cela, il était nécessaire de >



© Univ. Nice-Sophia Antipolis/EFDA/JET/CEA/CNRS Photothèque



© J. Blum, C. Boulibe et B. Faugeras

Prédécesseur d'Iter, le réacteur JET, à Culham, en Grande-Bretagne, permet d'étudier la fusion thermonucléaire (à gauche). Dans la chambre de combustion, circule un plasma (en rose) dont les caractéristiques complètes sont calculées grâce au logiciel Equinox (à droite) à partir de mesures expérimentales.

> développer une approximation de l'équation à résoudre. Le rôle du mathématicien est ici de vérifier dans quelle mesure celle-ci reste valable pour étudier le problème initial. Par ailleurs, avec Iter, on veut connaître les paramètres internes du plasma en temps réel pour un contrôle en continu de l'expérience. Ce qui passe par le développement de nouveaux algorithmes rapides et fiables ».

## INVENTER EN PERMANENCE

Certes, les équations qui régissent le phénomène à étudier sont connues depuis longtemps grâce à l'hydrodynamique. Mais de nouvelles techniques mathématiques sont à inventer perpétuellement, afin de résoudre ces équations complexes dans des conditions pratiques. « Cela demande le développement

d'une véritable ingénierie mathématique, confirme Pierre Degond, de l'Institut de mathématiques de Toulouse<sup>2</sup>, lui aussi impliqué dans le programme Iter, afin notamment de gérer d'épineux problèmes d'interaction entre différentes échelles spatiales, depuis celle de quelques atomes jusqu'au plasma tout entier. » Aujourd'hui, les philosophes des sciences sont loin de s'être mis d'accord sur la portée définitive de la phrase prononcée par Galilée. Une chose est néanmoins certaine, sans mathématiques, la physique n'existerait tout simplement pas !

**Mathieu Grousseau**

1. Laboratoire CNRS / Université Nice-Sophia Antipolis.
2. Unité CNRS / Universités Toulouse-I et -III / Insa Toulouse.

## CONTACTS

- Jacques Blum, jblum@math.unice.fr
- Pierre Degond, pierre.degond@math.univ-toulouse.fr
- Germain Rousseaux, rousseaux@unice.fr

# Des théorèmes

Les biologistes le savent : pour percer un jour tous les arcanes du fonctionnement du cerveau, l'apport des mathématiques est indispensable. Car cet organe est un parangon de complexité. « Outre le fait que le cerveau possède environ 100 milliards de neurones de différents types, décrit Pascal Chossat, mathématicien au Laboratoire Jean-Alexandre-Dieudonné<sup>1</sup>, à l'université Nice-Sophia Antipolis, ceux-ci sont très connectés les uns aux autres : un neurone est branché en moyenne à 10 000 autres neurones. Ils forment des circuits dont la structure est très variable et dont les connexions elles-mêmes évoluent au cours du temps. Enfin, les aspects dynamiques sont essentiels : par exemple, les signaux électriques qui permettent aux neurones de communiquer entre eux peuvent se renforcer ou interférer. »

Les biologistes, aidés des mathématiciens, travaillent d'arrache-pied pour décrypter cette complexité. « L'activité de recherche en mathématiques pour le cerveau est en plein boom », confirme Pascal Chossat, qui appartient à un groupe de chercheurs placés sous la houlette d'Olivier Faugeras, du Laboratoire d'informatique de l'École normale supérieure<sup>2</sup>, qui tente de décrypter le circuit de la vision par une approche mathématique. Il faut dire que celui-ci reflète à merveille la structure en étages du cerveau : les influx nerveux issus des yeux sont dispatchés en fonction de leur provenance sur la rétine en diverses régions du cortex visuel, elles-mêmes subdivisées en zones spécialisées dans une tâche donnée, comme détecter une couleur ou une forme.

## LA BONNE TRAJECTOIRE POUR LA FUSÉE ARIANE

Les équations utilisées pour le lancement d'une fusée sont connues... depuis le XVII<sup>e</sup> siècle. Ce qui n'empêche pas l'industrie spatiale d'être consommatrice de mathématiques de pointe. En témoigne la collaboration entre le Laboratoire de mathématiques, applications et physique mathématique<sup>1</sup> à Orléans, l'université d'Orléans et EADS Astrium aux Mureaux. « Le logiciel utilisé pour calculer la trajectoire

La trajectoire d'une fusée (ici Ariane 5) est déterminée par des logiciels sophistiqués.

optimale d'une fusée Ariane nécessite de calculer des centaines de trajectoires avant de sélectionner la meilleure. Il est de ce fait extrêmement gourmand en temps de calcul », explique Emmanuel Trélat, qui collabore sur ce problème avec Thomas Haberkorn. Ce qui peut être la cause du report d'un lancement de plusieurs jours lorsque les conditions du tir, par exemple atmosphériques, changent au dernier moment. Afin de s'adapter en temps réel aux aléas d'un vol, le mathématicien développe un nouveau logiciel capable d'effectuer

un pré-tri des trajectoires possibles, avant de calculer intégralement les paramètres de la solution retenue. « Le principe de la méthode date des années 1950, indique le scientifique. Mais il demande beaucoup de savoir-faire pour une mise en œuvre dans des situations précises. » Mise sur orbite prévue de ce super-logiciel : fin 2011.

**Mathieu Grousseau**

1. CNRS / Université d'Orléans.

Contacts : Thomas Haberkorn  
thomas.haberkorn@univ-orleans.fr  
Emmanuel Trélat  
emmanuel.trelat@univ-orleans.fr



# plein les neurones

Spécialiste de la théorie des bifurcations, discipline qui vise à décrire les changements soudains de comportement d'un système, Pascal Chossat tente d'appliquer ses connaissances aux hallucinations visuelles dont sont victimes les sujets sous l'emprise de certaines drogues (LSD...) ainsi que certains schizophrènes. « *L'idée est de comprendre comment une image apparaît spontanément dans le cortex visuel* », commente le chercheur. En travaillant sur le sujet, il a découvert que certains aspects du fonctionnement du cortex visuel pouvaient être représentés par des fonctions définies dans un espace hyperbolique, un type d'espace étrange où deux lignes parallèles à une troisième peuvent se couper. « *C'est la première fois que ce type d'objet apparaît en biologie* », se réjouit le mathématicien.

## UNE AIDE À L'IMAGERIE MÉDICALE

Si les liens avec la neurobiologie se renforcent aujourd'hui, c'est en partie grâce aux techniques d'imagerie qui permettent de voir les neurones "penser". Des techniques qui sont sous perfusion des mathématiques appliquées. Et ce, dès que le patient a placé son crâne dans l'appareil d'imagerie : pour pouvoir déduire à partir des trajectoires des particules émises par son cerveau (des photons pour l'électroencéphalogramme ou pour l'imagerie par résonance

## DE LA COMPLEXITÉ DANS NOS VEINES

**Le temps de lire cette phrase, votre moelle osseuse aura produit plusieurs millions de cellules sanguines. C'est le phénomène d'hématopoïèse, une machinerie stakhanoviste doublée d'une complexité inouïe, qui met en jeu des milliers d'acteurs : gènes, protéines, hormones... D'où la difficulté pour les biologistes de comprendre les dérèglements de l'hématopoïèse, qui donnent lieu notamment à des leucémies ou à des anémies chroniques (insuffisance de globules rouges). Pour les aider à y voir plus clair, Vitaly Volpert, mathématicien à l'Institut Camille-Jordan<sup>1</sup>, à Villeurbanne, et ses collègues développent des modèles combinant deux approches mathématiques : les cellules de la moelle osseuse sont représentées comme de petites sphères au milieu de la matrice extracellulaire, considérée, elle, comme un milieu continu où les molécules peuvent diffuser et influencer les cellules. Ainsi, ils ont déjà montré que de multiples dysfonctionnements, qui peuvent en outre être très différents d'un individu à un autre, naissent d'un même déséquilibre de ce système complexe, ce qui expliquerait la difficulté rencontrée parfois par les médecins pour poser un diagnostic précis. « Nous sommes dans la phase de compréhension de ce qu'il se passe, souligne Vitaly Volpert. À long terme, nous espérons que le modèle aidera à soigner les maladies et à élaborer un traitement personnalisé pour chaque patient. »**

Xavier Müller

1. Unité CNRS / Université Lyon-1 / École centrale de Lyon / Insa Lyon.

Contact : Vitaly Volpert, volpert@math.univ-lyon1.fr

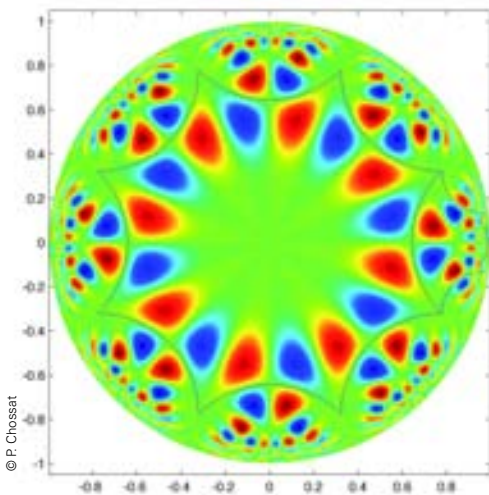
magnétique [IRM], des protons pour la tomographie par émission de positons...) les zones d'émission de ces particules, une opération mathématique d'inversion est nécessaire. Les sismologues localisent la source d'un séisme à partir des ondes sismiques avec le même genre d'outils mathématiques.

L'analyse des images exige elle aussi des mathématiques. Car, aussi nettes soient-elles, les images obtenues par les IRM et les magnéto-encéphalographies sont muettes. La tache blanche apparue sur l'IRM est-elle une tumeur bénigne ou maligne ? Impossible à dire à partir des seules images. « *Le problème, c'est que l'IRM ne donne aucune indication sur des paramètres physiques tels que la dureté ou la conduction électrique, deux paramètres qui peuvent révéler des tumeurs* », analyse Habib Ammari, du Département de mathématiques et applications de l'École normale supérieure<sup>3</sup>, qui développe des modélisations mathématiques et numériques de nouveaux systèmes d'imagerie médicale. Le même problème concerne en fait un grand ensemble de méthodes d'imagerie. Pour épauler les médecins dans leur diagnostic,

des modèles mathématiques de la réponse des tissus cérébraux aux méthodes d'imagerie ont donc été développés. Ils les aident à prédire l'aspect que prennent sur les images les zones pathologiques. Une autre solution se profile pour améliorer les diagnostics : le mariage de techniques d'imagerie. Avec les équipes de Mathias Fink et de Claude Boccara, physiciens à l'Institut Langevin<sup>4</sup>, à Paris, Habib Ammari et son groupe ont ainsi élaboré de nouvelles méthodes d'imagerie mêlant l'emploi d'ondes sonores (comme en échographie) et électromagnétiques. Appliquées au cancer du sein, elles possèdent une excellente spécificité. Autrement dit, elles ne donnent presque jamais de faux positifs, tout en fournissant des images d'une netteté incomparable. Dans le futur, des combinaisons similaires de techniques multi-ondes pourraient révolutionner l'imagerie médicale. La reconstruction des images étant d'une profonde complexité, les mathématiciens seront partie prenante de cette révolution.

Xavier Müller

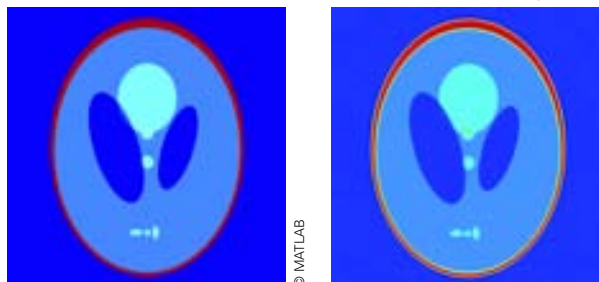
1. Laboratoire CNRS / Université Nice-Sophia Antipolis.
2. Laboratoire CNRS / ENS Paris / Inria.
3. Unité CNRS / ENS Paris.
4. Unité CNRS / ESPCI ParisTech / Universités Paris-VI et -VII.



© P. Chossat

Ci-dessus, représentation mathématique d'un type d'activité cérébrale pouvant apparaître spontanément et provoquer une hallucination.

Simulation numérique d'une technique d'imagerie médicale photoacoustique (image originelle et image reconstruite grâce à la simulation).



© MATLAB

© Équipe Imagerie médicale et électromagnétisme, CMAP

## CONTACTS

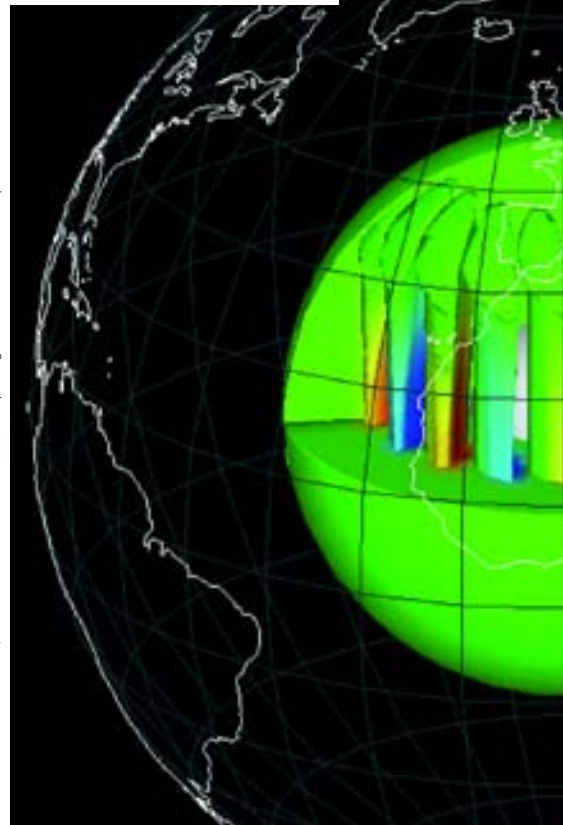
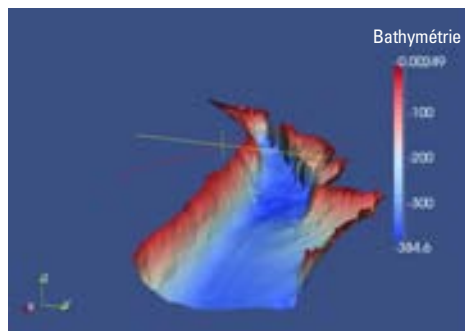
- **Habib Ammari**, habib.ammari@polytechnique.edu
- **Claude Boccara**, claude.boccara@espci.fr
- **Pascal Chossat**, chossat@unice.fr
- **Olivier Faugeras**, olivier.faugeras@ens.fr
- **Mathias Fink**, mathias.fink@espci.fr

# > Les maths à l'écoute de la Terre

Trois recherches, trois exemples où les mathématiques nous aident à mieux comprendre notre planète. La première est une question de survie pour les populations du Pacifique et de l'océan Indien, régulièrement endeuillées par les tsunamis. Comment les vagues mortelles naissent-elles et se propagent-elles dans l'océan ? Peut-on anticiper les inondations qu'elles causent ? Plusieurs groupes de prévention des vagues géantes dans le monde disposent de modèles numériques d'hydrodynamique pour y répondre. Problème : ces modèles se perdent dans les calculs et deviennent muets face à des situations atypiques, comme des lignes de côtes trop déchiquetées ou un fond sous-marin trop accidenté. Le modèle numérique Volna, développé depuis 2008 par Denys Dutykh et ses collaborateurs du Laboratoire de mathématiques<sup>1</sup> de l'université de Savoie, ne souffre pas de ce défaut. Son secret ? « Notre modèle utilise les dernières avancées du calcul numérique qui restaient inutilisées dans ce domaine », explique le chercheur. Autre avantage, ce modèle reproduit correctement les tsunamis qui se propagent alors que le fond sous-marin est toujours actif, comme celui de Sumatra en 2004, causé par un séisme qui avait duré 10 minutes.

Les séismes ne sont pas les seules catastrophes naturelles à générer des tsunamis. L'équipe a étudié le cas des glissements de terrain sous-marins qui se produisent dans le fleuve Saint-Laurent, au Québec. Ces glissements soulèvent des hautes vagues qui déferlent ensuite sur les rivages, inondant les maisons. Avec leur savoir-faire, les chercheurs sont parvenus à produire des cartes d'inondation des zones concernées.

Carte du lit de la rivière Saint-Laurent, au Canada, utilisée par Denys Dutykh lors de l'étude des risques d'inondations liées à des glissements de terrain fluviaux.



## ENTRETIEN AVEC MARIA. J. ESTEBAN, PRÉSIDENTE DE LA SMAI

**Avec ses 1300 adhérents, la Société de mathématiques appliquées et industrielles (SMIA) cherche à encourager le développement des maths appliquées. Sa présidente, Maria J. Esteban, directrice de recherche au CNRS<sup>1</sup>, nous en dit plus sur les enjeux et les actions menées avec les entreprises.**

### Quelle est l'importance des mathématiques dans les entreprises françaises ?

**Maria J. Esteban** : Les mathématiques jouent un rôle fondamental dans de très nombreux processus industriels, même si leur présence est souvent invisible. Dans le passé, les grandes entreprises avaient des groupes importants de mathématiciens identifiés comme tels dans leurs équipes R&D.

Ce n'est plus le cas ces dernières années : il y a toujours des mathématiciens, mais en plus petit nombre, et ils jouent trop souvent un rôle d'ingénieurs ou de managers. On a aperçu récemment un changement, car certaines grandes entreprises ont compris que, si elles veulent créer de l'innovation, elles ont besoin de modélisation, d'algorithmes robustes et efficaces et de calculs rapides, c'est-à-dire de mathématiques et de mathématiciens.

### Pouvez-vous donner des exemples du travail d'un mathématicien dans l'industrie ?

**M. J. E.** : D'une manière générale, un mathématicien peut aider à modéliser un problème industriel que l'on veut résoudre. Il peut également adapter des algorithmes existants à des situations nouvelles pour l'entreprise

et garantir que les résultats obtenus seront de vraies solutions, et non des résultats qui n'auront que peu à voir avec le problème étudié. En outre, un mathématicien s'assurera que les simulations numériques sont performantes.

### Quelles actions mène la SMAI pour développer les mathématiques dans l'industrie ?

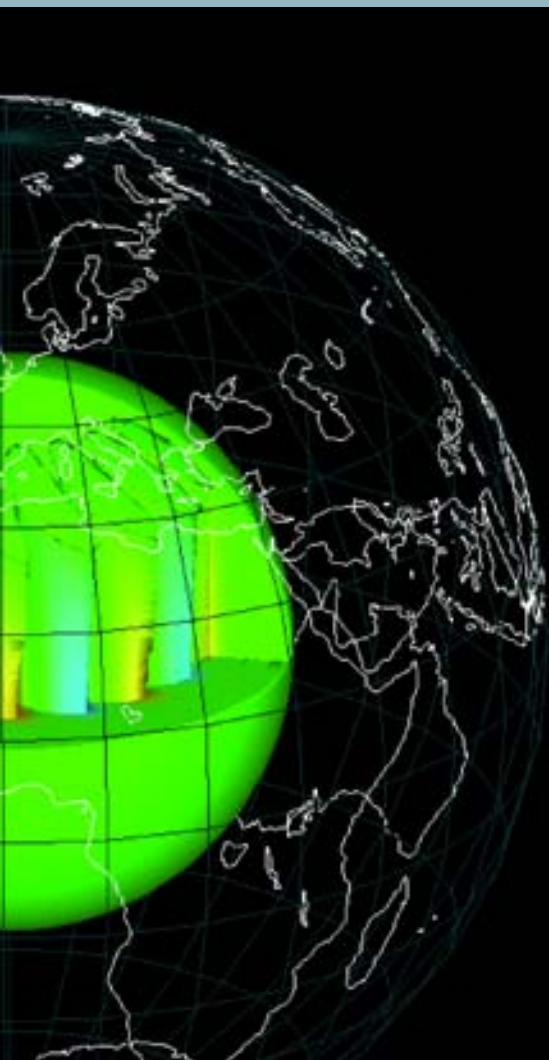
**M. J. E.** : La SMAI organise régulièrement des journées maths-industrie autour d'un thème précis, par exemple sur l'agroalimentaire, l'acoustique, l'industrie pharmaceutique, la sécurité informatique, le risque, les géosciences... Des industriels y présentent leurs problèmes et leurs besoins. Nous avons ainsi accueilli des représentants d'Areva, d'EADS, d'EDF, de Sagem,

de France Télécom, etc. La SMAI organise aussi chaque été le Cemracs, une sorte d'école d'été originale qui fait interagir pendant six semaines des chercheurs et des industriels. Nous sommes par ailleurs en train de finir la préparation d'un livre blanc sur la valorisation du doctorat de mathématiques appliquées dans l'industrie française. Il y a en effet un grand besoin de docteurs dans les entreprises, mais celles-ci paient mal ces derniers, qui ont pourtant un bac + 8, et pensent prioritairement à engager des ingénieurs.

**Propos recueillis par Xavier Müller**

1. Centre de recherches en mathématiques de la décision (Unité CNRS / Université Paris-Dauphine).

**Contact : Maria J. Esteban**  
smai-president@emath.fr  
<http://smai.emath.fr/>



Représentation schématique des mouvements de convection thermique qui siègent à l'intérieur du noyau fluide terrestre.

dévolu aux physiciens du groupe, chargés d'identifier les phénomènes prépondérants à une échelle donnée. « *Le rôle des mathématiciens est ensuite de rendre les algorithmes compatibles avec les simplifications opérées par les physiciens* », poursuit le chercheur. Afin peut-être, un jour, de corriger les politiques d'aménagement dans un souci de préserver les cultures et les populations des ravages de l'eau.

### DES SIMPLIFICATIONS DÉLICATES

Il n'est pas toujours possible de dénuder un système physique jusqu'à l'extrême. C'est le cas pour les mouvements de convection au cœur de la Terre, qui produisent, par effet dynamo, le champ magnétique terrestre. L'origine de ce champ et certaines de ses propriétés – il se retourne en moyenne tous les 100 000 ans – sont encore inexplicables. « *Nous avons une série de théorèmes mathématiques qui montrent qu'en simplifiant trop les modèles de dynamo terrestre on ne pourra pas apporter de réponses à ces énigmes* », assène Emmanuel Dormy<sup>1</sup>, du département de physique de l'École normale supérieure.

Commun à plusieurs laboratoires, le groupe de recherche auquel il appartient étudie des phénomènes (la circulation océanique ou atmosphérique, la dynamo terrestre...) qui mettent en scène des déplacements de matière à différentes échelles, mais qui s'influencent mutuellement (les courants marins, les vents...). Les chercheurs tentent d'identifier au milieu de tous les processus en jeu ceux qui peuvent être simplifiés sans pour autant perdre leur richesse. À défaut de pouvoir s'attaquer au problème de la dynamo dans sa globalité, cette équipe s'est ainsi focalisée sur le frottement subi par les mouvements de convection au contact de la paroi externe du noyau terrestre, 3 000 kilomètres sous nos pieds. Ce faisant, ils ont établi le résultat contre-intuitif que le frottement était moindre sur cette surface rugueuse que si la même surface avait été lisse. C'est en accumulant ce genre de résultats que l'on décryptera la dynamo. « *Celui qui se perd dans les détails ne trouve pas la vérité* », a dit un jour un écrivain. Celui-là n'était pas mathématicien.

Xavier Müller

1. Laboratoire CNRS / Université de Savoie.
2. Laboratoire CNRS / Université Grenoble-1 / Institut polytechnique de Grenoble / IRD.
3. Directeur de recherche CNRS dans le groupe MAG (ENS / Institut de physique du globe de Paris).

L'eau peut aussi dévaster l'intérieur des continents. Même si les conséquences sont moins dramatiques, le ruissellement de l'eau de pluie sur les champs est un fléau pour les cultivateurs et les populations : il peut transporter vers l'aval jusqu'à plusieurs dizaines de tonnes de terre par an et par hectare, entraînant une baisse notable des rendements agricoles ou générant des inondations et des coulées boueuses. Les mesures antiérosion prises depuis plusieurs années en France (plantation d'un couvert végétal les mois sans cultures afin que le sol ne se retrouve à nu, reconstitution du bocage...) sont-elles optimales ? Le projet Méthode, composé d'hydrologues, de mathématiciens et de chercheurs en agronomie et en informatique, tente d'y répondre en développant des modèles numériques inédits de ruissellement.

### DE PRÉCIEUX ALGORITHMES

« *La difficulté de simuler l'écoulement d'eau sur une parcelle provient du fait que la lame d'eau est d'épaisseur comparable (quelques centimètres) avec celle des aspérités du sol* », indique Cédric Legout, du Laboratoire d'étude des transferts en hydrologie et environnement<sup>2</sup>, à Grenoble. La présence de turbulences à petite échelle, la division de l'écoulement en flaques et la submersion des sillons du sol rendent difficile la prédiction des débits en sortie de parcelle. D'où le rôle de simplification

## POUR EN SAVOIR PLUS

### EN LIGNE

Le site Images des mathématiques <http://images.math.cnrs.fr/>

### À LIRE

> *Mathématiques pour le plaisir : un inventaire de curiosités*, Jean-Paul Delahaye, Belin, coll. « Bibliothèque scientifique », 2010.

> *De grands défis mathématiques : d'Euclide à Condorcet*, sous la direction d'Evelyne Barbin, Vuibert, 2010.

> *La Géométrie ou le Monde des formes*, Benoît Rittaud, Éditions Le Pommier, 2009.

### À VOIR

> Les vidéos des conférences et tables rondes du colloque Maths à venir, qui s'est tenu les 1<sup>er</sup> et 2 décembre 2009, à Paris, sont en ligne sur [www.maths-a-venir.org/2009/](http://www.maths-a-venir.org/2009/)

> Un dossier consacré aux mathématiques et regroupant plus d'une trentaine de films est accessible sur le catalogue de la vidéothèque du CNRS : <http://videothèque.cnrs.fr/>

Huit de ces films peuvent être visionnés en ligne gratuitement. Parmi eux :

> *Mathématiques et physique quantique* (2007, 27 min), réalisé par Didier Deleskiewicz, produit par CNRS Images.

> *Si Dieu ne joue pas aux dés... saute-t-il à la corde ?* (2005, 15 min), réalisé par Gilles Sevastos, produit par CNRS Images et CSI.

> *Alain Connes* (2004, 15 min), réalisé par Jean-François Dars et Anne Papillault, produit par CNRS Images.

> *L'Empire des nombres* (2001, 53 min), réalisé par Philippe Truffault, produit par CNRS Images, Arte France, Trans Europe Film et Gallimard.

> *Henri Cartan et le séminaire Bourbaki de mars 1989* (2004, 6 min), réalisé par Jean-François Dars et Anne Papillault, produit par CNRS Images.

Contact : Véronique Goret (Ventes), CNRS Images – Vidéothèque  
Tél. : 01 45 07 59 69 –  
[videothèque.vente@cnrs-belleuve.fr](mailto:videothèque.vente@cnrs-belleuve.fr)

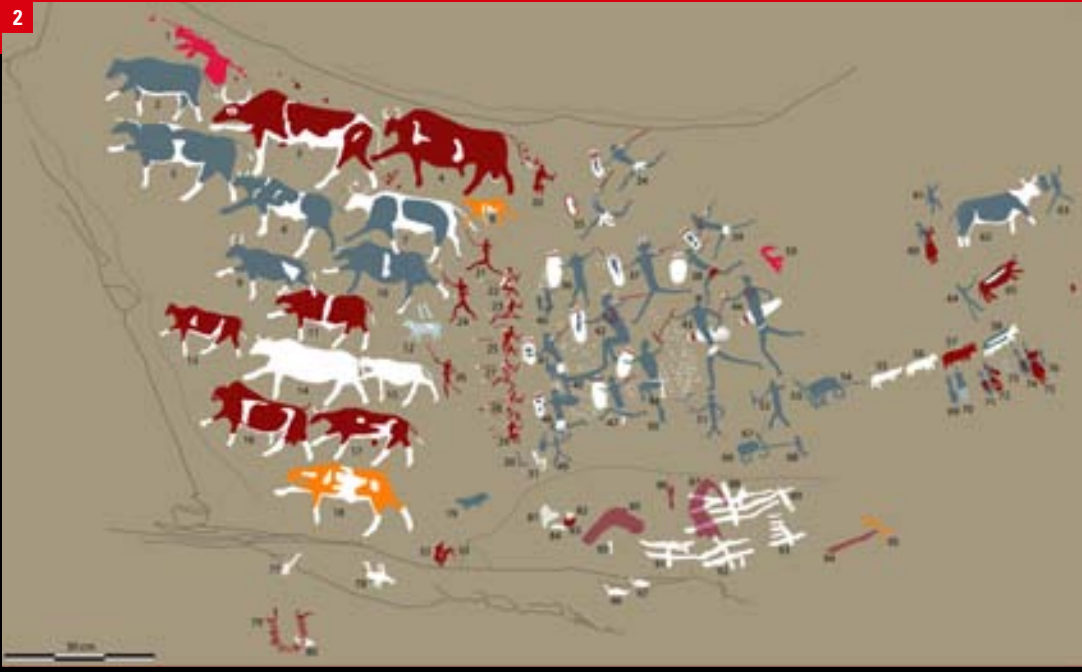
### CONTACTS

- Emmanuel Dormy  
[dormy@ipgp.jussieu.fr](mailto:dormy@ipgp.jussieu.fr)
- Denys Dutykh  
[denys.dutykh@univ-savoie.fr](mailto:denys.dutykh@univ-savoie.fr)
- Cédric Legout  
[cedric.legout@ujf-grenoble.fr](mailto:cedric.legout@ujf-grenoble.fr)

ART. RUPESTRE

L'homme qui réinterprétait  
les mythes

# Jean-Loïc Le Quellec



© Photos et dessins : J.-L. Le Quellec/CNRS Photothèque

**1** Jean-Loïc Le Quellec vient du milieu amateur. Toute sa vie, il a arpenté les déserts d'Afrique à la recherche de peintures rupestres. Aujourd'hui, il est directeur de recherche au CNRS.

**2** Reconstitution de la célèbre peinture *Vol de vaches*. Les travaux du chercheur mettent à mal la version officielle : ce ne sont pas les Bushmen (en rouge) qui ont pillé les Bantous (en gris), mais l'inverse !

**3** Située dans une grotte sud-africaine, la peinture a été détériorée par son découvreur, qui en a prélevé des pans entiers.



**4** Extrait d'un carnet de voyage de Jean-Loïc Le Quellec. Au fil de ses pérégrinations, ce dernier a découvert des centaines de sites et des milliers de peintures.

**5** Quoique spécialiste d'art rupestre, l'homme se passionne aussi pour l'ethnologie et la mythologie. Il considère qu'un bon scientifique ne doit pas se cantonner à sa discipline.

Il a commencé par mener ses recherches en amateur, avant de devenir un spécialiste incontournable de l'art rupestre africain. Désormais directeur de recherche au CNRS, Jean-Loïc Le Quellec s'est penché sur deux peintures mythiques, dont il a fait une interprétation beaucoup moins ethnocentriste que certains de ses pairs. Rencontre avec un électron libre de la préhistoire.

**D**e tous les spécialistes d'art rupestre en France, c'est sans doute l'un des plus originaux. Jean-Loïc Le Quellec, 59 ans, yeux bleus doux, barbe grise fournie et chapeau d'explorateur, est Monsieur Art rupestre en Afrique. Il y a découvert un nombre incalculable de sites. Aujourd'hui directeur de recherche au CNRS au Centre d'études des mondes africains<sup>1</sup>, il n'occupe pourtant son poste depuis cinq ans. Jusqu'alors, c'est en amateur qu'il menait ses travaux. Toute sa vie durant, il a multiplié les emplois – de soudeur, d'éducateur ou d'expert privé en préhistoire – dans un seul but : financer ses campagnes de prospection de sites en Afrique. Cette année, cet autodidacte signe deux ouvrages dans lesquels il propose de jeter un œil neuf sur

deux célèbres peintures sud-africaines. Des fresques qui, interprétées par des Européens à l'époque des colonies, ont largement servi à justifier la présence des Blancs sur le territoire des Noirs. La première s'intitule *Vol de vaches*. Probablement réalisée vers 1820, elle fut découverte quelques années plus tard dans la grotte sud-africaine Christol Cave. C'est une scène de combat : à gauche, des petits hommes rouges accompagnés de vaches, à droite, des hommes noirs de grande stature, armés de lances et de boucliers. Depuis plus d'un siècle et demi, la plupart des commentateurs n'y voient qu'une seule chose : la vengeance des agriculteurs bantous (en noir) envers les Bushmen chasseurs-cueilleurs (en rouge) qui viennent de leur voler du bétail. « À l'époque, les Bushmen sont considérés >



© L. Villaret



**6** Bushman en train d'observer l'une des peintures rupestres sud-africaines qui ont été étudiées par le célèbre abbé Breuil, surnommé le Pape de la préhistoire.

**7** Vue actuelle de la grotte de Namibie dans laquelle se trouve la Dame blanche (personnage central de la peinture dont les jambes sont blanchâtres). Elle fut découverte par hasard en 1918.

**8** Peinture mythique de La Dame blanche. L'abbé Breuil y a vu un indice de l'existence d'une antique civilisation blanche en Afrique australe. Pour Jean-Loïc Le Quellec, cette interprétation s'inscrit dans la droite lignée des récits de races perdues, tels ceux de *L'Atlantide* ou des *Mines du roi Salomon*.

> comme des sauvageons incapables d'évoluer, des sortes de fossiles vivants de la préhistoire, pour qui les bêtes des agriculteurs ne sont que des proies comme les autres, raconte Jean-Loïc Le Quellec. Cette réputation, qui leur a valu d'être massacrés par les Afrikaners, est renforcée par la peinture de Christol Cave. » Tout comme la démonstration qui pointe en filigrane : puisque ce sont les Bushmen, ces moins que rien, ces pillards, qui occupaient le territoire sud-africain à l'origine et puisque les Noirs bantous ne sont arrivés d'Afrique subsaharienne que bien plus tard, les Blancs ont toute légitimité à investir ces terres australes. « Pourtant, quand on porte à cette peinture le regard frais du profane, en dehors de tout contexte politique et social, poursuit le chercheur, on s'aperçoit que les rôles sont inversés : ce sont les Noirs bantous qui fondent sur les Bushmen pour leur voler du bétail, pas l'inverse ! Ce qui n'est pas étonnant : contrairement à ce qu'on a longtemps pensé, les Bushmen ont été tantôt chasseurs, tantôt éleveurs au cours de leur histoire. » Sa thèse novatrice, Jean-Loïc Le Quellec l'a étayée grâce à la photographie. Avec des capteurs de 32 millions de pixels et des logiciels performants, il a relevé des détails inédits, notamment des bâtons de berger dans les mains des Bushmen. « C'est quand même étrange que les vilains pillards portent des bâtons de berger et les pauvres victimes, des lances et des boucliers, vous ne trouvez pas ? », remarque-t-il avec malice.

### AU COMMENCEMENT ÉTAIT LA LIBYE

Autre grotte, autre peinture, autre révision. Dans son livre *La Dame blanche et l'Atlantide*, Jean-Loïc Le Quellec décortique le mythe de la Dame blanche. En 1918, dans la région du Brandberg, en Namibie, l'explorateur Maak découvre par hasard un panneau représentant un grand personnage blanchâtre. À la fin des années 1940, l'abbé Breuil, alors considéré comme le pape de la préhistoire, se prend de passion pour cette figure dans laquelle il voit une femme au nez aquilin d'origine égyptienne ou crétoise. Pendant plusieurs décennies, cette Dame blanche va nourrir le fantasme de l'existence d'une ancienne civilisation blanche

antérieure à celle des Noirs sur le continent africain. Plusieurs voix se sont élevées pour réfuter, voire condamner, la thèse de Breuil. Et aujourd'hui, la plupart des préhistoriens s'accordent pour dire que cette prétendue Dame blanche n'est pas une dame – le personnage possède un pénis ! – et que le blanc de sa silhouette, probablement symbolique, n'a rien à voir avec la couleur de sa peau. Mais Jean-Loïc Le Quellec va plus loin : « Selon moi, l'interprétation de Breuil, supposée scientifique, est en fait un roman qui s'inscrit dans la droite lignée des récits de races perdues, très en vogue au XIX<sup>e</sup> siècle, tels Les Mines du roi Salomon ou L'Atlantide. Ils étaient fondés sur l'idée d'une civilisation blanche très avancée perdue au cœur de l'Afrique et redécouverte par des explorateurs. Une idée que les promoteurs de l'apartheid ont évidemment utilisée à l'envi. »

Pour réviser de tels mythes, construits par les grandes figures de l'art rupestre comme l'abbé Breuil, il fallait un brin d'insolence. Et une grande érudition. Le savoir, Jean-Loïc Le Quellec l'a acquis malgré quelques obstacles. « Quand j'étais enfant, tous les livres de la maison étaient mis sous clé. Alors je lisais en cachette, ce qui inquiétait beaucoup ma mère », se souvient-il avec amusement. À force de lectures interdites, il passe son bac et devient instituteur. Puis c'est le service militaire ; il choisit la coopération ; on lui impose la Libye. C'est là-bas que l'Afrique, la préhistoire et l'art rupestre vont entrer dans sa peau. Pendant quatre ans, de 1976 à 1980, il habite dans une oasis perdue en plein désert. Comme il est curieux, il sillonne la région et visite de nombreux sites de peintures. À l'époque, il n'y connaît rien. Très vite, il comprend que ses observations sont précieuses tant la zone qu'il arpente est difficile d'accès. À Paris, les grands pontes de la préhistoire, Henri-Jean Hugot et le général Huard en tête, lui conseillent de faire un inventaire méthodique des peintures. Pris de passion pour son sujet, il s'exécute. Pendant plusieurs années, il quadrille le désert, étudie minutieusement chaque peinture qu'il croise. Puis, sous la pression de ses pairs, il se décide à utiliser le trésor récolté et passe une thèse. Avec comme

## POUR EN SAVOIR PLUS

### À LIRE

> *La Dame blanche et l'Atlantide*.

*Enquête sur un mythe archéologique*, Jean-Loïc Le Quellec, Éditions Errance, coll. « Pierres tatouées », 2010, 288 p.

> *Vols de vaches à Christol Cave*.

*Histoire critique d'une image rupestre d'Afrique du Sud*,

Jean-Loïc Le Quellec, François-Xavier Fauvelle-Aymar et François Bon, Publications de la Sorbonne, coll. « Locus Solus », 2009, 175 p.

> *Des Martiens au Sahara*.

*Chroniques d'archéologie romantique*, Jean-Loïc Le Quellec, Actes Sud / Errance, 2009, 320 p.



8

président du jury Théodore Monod lui-même. « J'avoue que j'en suis assez fier », dit-il avec toute l'humilité qui le caractérise.

### TRENTE-CINQ ANS DE PÉRÉGRINATIONS

Nous sommes alors en 1992. Il n'y a pas de poste immédiatement disponible au CNRS. Jean-Loïc Le Quellec continue donc sa route en solitaire. Dès que ses vacances et ses finances le lui permettent, il retourne au Sahara auprès des nomades et des peintures. En trente-cinq ans de pérégrinations, à « bricoler dans [son] coin », il va mettre au jour tant de nouveaux sites qu'il a cessé de les compter. Quand on lui demande quelle est sa trouvaille la plus marquante, il choisit sans hésiter : « C'était au milieu des années 1980. Avec un petit groupe d'amateurs, nous arpentions le plateau du Messak, dans le Sud libyen, une région qui n'avait encore jamais été cartographiée. Dans les oueds, nous avons découvert des centaines de sites regroupant plusieurs dizaines de milliers de peintures, c'était incroyable ! »

Au fil de ses explorations, il publie dans des revues scientifiques de référence. Toujours sans attaches. De cette vie d'affranchi, il garde un souvenir doux-amer : « Je me suis senti assez seul, surtout quand les pros me faisaient sentir que je n'étais qu'un amateur. Mais c'est une école extraordinaire. Sans moyens, on apprend à se débrouiller et à tout faire

soi-même : les photos, les cartes, le moindre petit bricolage. » Cette indépendance lui permet aussi de « papillonner » d'une discipline à l'autre, au gré de ses envies, de l'art rupestre à la préhistoire en passant par la mythologie et l'ethnologie. « Je crois que ce pluralisme est essentiel si l'on veut prendre du recul et replacer des découvertes dans leur contexte », confie-t-il. À la fois humble, érudit, indépendant et pluridisciplinaire, Jean-Loïc Le Quellec a sans contester l'étoffe d'un grand chercheur. Même si, dans la profession, il débute encore...

Émilie Badin

I. Unité CNRS / Université Paris-I / EPHE Paris / Université Aix-Marseille-I.



10



9

9 Relevé très approximatif de de *La Dame blanche* par l'abbé Breuil. Désormais, la plupart des spécialistes s'accordent pour penser qu'il s'agit d'un personnage masculin, puisqu'il apparaît que celui-ci possède un pénis. Quant à sa couleur blanche, elle est symbolique et ne représente aucunement une couleur de peau.

10 Chercheur indépendant pendant trente-cinq ans, Jean-Loïc Le Quellec a dû apprendre à faire tout lui-même : prendre des photos, établir un relevé des peintures ou encore dresser une cartographie des lieux.

### CONTACT

Centre d'études des mondes africains, Paris

→ Jean-Loïc Le Quellec

jllq@rupestre.on-rev.com

→ <http://aars.fr>

→ <http://rupestre.on-rev.com>



## STRATÉGIE

# Une nouvelle

Quelques mois après avoir été nommé à la présidence de l'organisme, Alain Fuchs commente ses premières décisions dans l'entretien qu'il a accordé au *Journal du CNRS*. Il dessine les contours de sa politique scientifique et propose une nouvelle alliance avec les universités.

**Alain Fuchs, vous avez été nommé président du CNRS fin janvier. Comment avez-vous vécu vos premiers mois à la tête de l'organisme ?**

À cent à l'heure et avec beaucoup de passion ! J'ai été accueilli de façon très sympathique et très professionnelle par les personnes qui travaillent au quotidien auprès de moi. J'ai également été très satisfait de remarquer la grande qualité des directions administratives du siège.

**Peu de temps après votre nomination, vous avez déclaré devoir inventer, dans le cadre de la réforme du CNRS, un nouveau mode de fonctionnement. Aujourd'hui, alors que les deux directeurs généraux ont été nommés, comment allez-vous piloter le CNRS ?**

Je tiens à préciser que ce nouveau mode de fonctionnement concerne uniquement la direction centrale. Il faut être modeste et réaliste : l'essentiel du fonctionnement du CNRS se passe dans les laboratoires et ceux-ci n'ont pas attendu la nouvelle direction pour continuer à faire de la bonne recherche. S'agissant du siège, le nouveau mode de fonctionnement était induit par le décret organique<sup>1</sup> qui actait d'un président exécutif et de directeurs généraux délégués pour diriger notre organisme. J'ai choisi deux directeurs délégués, Joël Bertrand à la science et Xavier Inglebert aux ressources. Ils sont mes adjoints avec des compétences différentes et bien ciblées. Ils ont chacun des délégations propres dans la direction du siège. Le directeur général délégué à la science (DGD-S) est en charge de la coordination des dix instituts, de l'interdisciplinarité et des partenariats territoriaux, nationaux et internationaux avec les universités, les grandes écoles et les entreprises.



# donne pour le CNRS

Le directeur général délégué aux ressources (DGD-R) prolonge l'action dirigeante dans ses domaines de compétences, et assure les missions de soutien et d'appui au service de la recherche. Le nouveau mode de fonctionnement est très simple : il consiste à rapprocher les dix instituts et leurs directeurs<sup>2</sup> du directoire. Nous réorganisons un peu les directions et services rattachés respectivement à la DGD-S et à la DGD-R, mais ce sont bien le directoire et les directeurs d'institut qui sont au cœur du nouveau fonctionnement : c'est là que les décisions politiques se prennent.

## Les dix directeurs d'institut sont-ils définitivement choisis à ce jour ?

Oui, l'équipe est stabilisée et les directeurs d'institut qui l'étaient par intérim sont confirmés, à l'exception du prochain directeur de l'Institut national des sciences de l'univers (Insu), dont le recrutement est en cours. Ils vont désormais travailler étroitement avec nous et surtout ensemble. Il n'y a en effet qu'un seul CNRS et pas dix !

## Vous venez d'annoncer la suppression de la direction des partenariats. Pourquoi ?

C'est l'évolution du contexte actuel du monde de l'enseignement supérieur et de la recherche qui veut cela. Désormais, l'enjeu important est la montée en puissance de l'autonomie des universités. Le CNRS doit prendre en compte cette évolution et travailler de façon plus étroite et plus stratégique, aujourd'hui avec les universités et demain avec les grands pôles universitaires qui seront créés. Pour ce faire, il est nécessaire de revoir notre mode de relations avec le tissu universitaire. Il s'agit de remettre la science au cœur des discussions, des négociations et des conventions et de faire en sorte que les universités aient comme interlocuteurs nos directeurs d'institut plutôt qu'une direction qui s'interpose entre les instituts et les universités. Les compétences de l'ancienne direction des partenariats seront redéployées dans des services d'appui à la contractualisation, à la négociation et à la mise en place des conventions avec les universités d'une part et avec les collectivités territoriales d'autre part.

## Dans ce nouveau cadre, quelle politique des partenariats allez-vous mettre en place ?

Pour ce qui concerne les partenariats avec les universités et les relations industrielles, la réflexion est la même : on constate que le contexte de l'enseignement supérieur est en train d'évoluer, et je place ma réflexion dans le cadre de l'anticipation de la construction de nouveaux grands

sites universitaires en France. Travailler avec des universités isolément, nous savons le faire. Nous allons désormais apprendre à travailler avec de grands sites universitaires, où plusieurs universités seront alliées à une ou plusieurs écoles d'ingénieurs pour créer ce qui sera l'université française du XXI<sup>e</sup> siècle. Cette dernière sera pluri ou omni-disciplinaire, visible internationalement, de taille raisonnable, susceptible d'attirer les meilleurs étudiants, capable de faire de la bonne recherche et disposant de moyens de valorisation de la recherche. Le Grand emprunt<sup>3</sup> va favoriser la création de ces grands sites. C'est une nouvelle donne.

## Cette nouvelle donne va-t-elle se traduire par des changements dans la politique industrielle ?

Nous lançons une réflexion qui conduira à un repositionnement de la structure en charge des relations avec l'industrie. Nous devons trouver le bon équilibre entre la valorisation qui doit continuer à se faire au niveau national et celle qui peut se faire au niveau local. Mais il n'est pas question pour le CNRS de se désengager de la valorisation de la recherche. Le CNRS est aujourd'hui l'un des premiers dépositaires de brevets en Europe. Il y a eu ces dernières années un travail considérable accompli pour dynamiser les relations industrielles et pour accompagner le changement de mentalités des chercheurs dans ce domaine. Nous poursuivons les efforts dans ce secteur, par exemple en nous rapprochant des pôles de compétitivité.

## Les universités sont à présent bien engagées dans la voie de l'autonomie. Parallèlement, elles sont en train de s'allier pour créer de futurs grands pôles universitaires ? Y avait-il urgence à une telle réforme ?

C'est un fait que personne ne conteste, la France a aujourd'hui besoin de sites pluridisciplinaires d'enseignement supérieur de très haut niveau. Ils doivent s'adosser à une recherche de très grande qualité et à des dispositifs de valorisation.

Ce n'est pas un modèle idéologique, c'est un modèle reconnu partout dans le monde et qui fonctionne bien. On ne fait pas de la recherche sans attirer les meilleurs étudiants qui deviendront nos futurs chercheurs ! Et la mondialisation de l'enseignement supérieur est une réalité : les étudiants choisiront les meilleures universités pour y étudier. L'attractivité de la France est potentiellement très bonne : elle est considérée comme un grand pays scientifique et technologique dans le monde entier. Le problème est qu'aujourd'hui notre offre de formation n'est pas compréhensible : 90 universités et 120 écoles chez nous, quand on a en face Cambridge, Harvard ou les deux écoles polytechniques suisses, par exemple. Il faut proposer une offre de formation universitaire beaucoup plus visible et lisible. L'Allemagne ne fait pas autrement avec son programme Initiative d'excellence.

## Quel sera le rôle du CNRS dans l'émergence des grands pôles universitaire autonomes ?

Il faut replacer cette question dans l'histoire des relations du CNRS avec les universités. Nous sommes leur allié depuis longtemps, depuis l'existence même des unités mixtes, qui représentent aujourd'hui 94 % de nos laboratoires. Cette alliance se traduit par un travail en commun effectué par nos personnels respectifs, chercheurs, enseignants-chercheurs, Biatoss et ITA<sup>4</sup>. Elle est une réalité. Mais, avec l'évolution des universités, nous devons réfléchir à une nouvelle alliance. Il faut en renouveler les termes et préciser le rôle de chacun. Cela étant dit, il n'y a pas d'hésitation à avoir : les grands sites universitaires sont une nécessité et ils ne se feront pas sans nous. Le CNRS, qui est un grand organisme de recherche, très connu dans le monde entier, avec une réputation d'excellence, a une responsabilité dans ce mouvement. L'immobilisme et le repli sur soi ne sont pas une option. Il ne s'agira pas de diluer le CNRS dans les universités, mais de contribuer à créer les sites dans lesquels on sera présent. >

*« L'essentiel du fonctionnement du CNRS se passe dans les laboratoires et ceux-ci n'ont pas attendu la nouvelle direction pour continuer à faire de la bonne recherche. »*

### > Par quoi va se traduire cette nouvelle alliance entre la recherche et l'enseignement supérieur ?

Par un partenariat renforcé dans lequel le CNRS et les universités vont être de véritables copilotés scientifiques des UMR. Le vice-président recherche de la Conférence des présidents d'université (CPU) l'a dit : il faut inventer une nouvelle mixité entre le CNRS et les universités. Le rôle du CNRS sera de contribuer à la mise en place de politiques scientifiques pour de futurs grands sites universitaires. C'est la grande nouveauté. Au lieu d'avoir une politique nationale imposée de Paris, nous allons mettre en place des politiques scientifiques de site partagées, conçues dans le respect de chaque partenaire, en tenant compte du potentiel scientifique et du tissu industriel local. Par-delà, le CNRS reste un organisme national et, de fait, il continuera à assurer la cohérence scientifique nationale sur un certain nombre de thématiques avec des outils qui lui sont propres, comme les réseaux de plateformes technologiques et les réseaux d'observatoires.

*« Nous allons mettre en place des politiques scientifiques de site partagées, en tenant compte du potentiel scientifique local. »*

### Comment allez-vous mettre en place cette politique scientifique partagée ?

Comme je l'ai dit, c'est la science qui doit se placer au cœur de la nouvelle alliance entre le CNRS et les universités. Voilà pourquoi nous mettons en place des directeurs scientifiques référents (DSR), qui vont aller porter la parole scientifique de l'organisme au cœur des négociations. Ce sont les directeurs des dix instituts du CNRS qui endosseront ce rôle. Leur objectif sera de représenter l'ensemble des disciplines du CNRS au moment où se mettra en place la négociation finale entre l'organisme et les universités sur la politique scientifique des grands sites universitaires sélectionnés. Le DSR ne sera pas localisé sur place et sera secondé sur le plan local par un délégué régional. Le CNRS aura donc deux représentants qui travailleront en binôme pour chaque site universitaire.

Le travail se fera en trois étapes : chaque directeur d'institut du CNRS travaillera d'abord sur chaque site universitaire dans sa discipline (il effectuera sur le terrain un état des lieux de sa discipline afin de préparer le travail de négocia-

tion). Cet inventaire sera transmis au DSR, qui aura le panorama complet des recherches conduites par le CNRS sur le site. Parlant au nom du CNRS et de ses dix instituts, il sera en situation de négocier avec ses partenaires (universités, grandes écoles...) la politique scientifique à conduire sur le site. Ce travail de négociation consistera à identifier les forces du CNRS sur le site et les faire converger avec celles de ses partenaires. Au final, une politique scientifique partagée du site sera proposée par le CNRS et ses partenaires. La position et la vision nationales du CNRS seront très utiles pour structurer cette politique sur le plan local.

### Comment les DSR vont-ils être désignés ?

Nous examinons tour à tour chacune des vagues successives de contractualisation et désignons les DSR en fonction des intérêts et des compétences de chacun. Une première liste a été établie (*lire encadré page 35*). Elle pourra être réajustée en fonction des résultats des appels d'offres du Grand emprunt.

### Parallèlement à votre politique de partenariat, vous mettez en place la Délégation globale de gestion financière (DGGF) pour les laboratoires. Pouvez-vous nous en dire plus ?

Soyons clair : la DGGF n'est qu'un outil accordé à l'hébergeur d'une unité mixte de recherche pour en faciliter sa gestion. Il n'y a pas de perte d'influence scientifique ni de désengagement de la part du CNRS lorsqu'une DGGF est accordée à l'université en tant qu'hébergeur. La règle est simple : qui héberge, gère. Elle est raisonnable à condition que l'on se soit bien mis d'accord en amont avec les partenaires sur les services que l'on souhaite apporter aux laboratoires. Le tout doit permettre d'aller dans le sens d'une simplification de gestion et d'une amélioration de la qualité des services que l'on donne collectivement aux laboratoires en conservant le meilleur de chacun des partenaires. La DGGF est actuellement en phase d'expérimentation avec les universités, notamment dans onze laboratoires avec l'université Pierre-et-Marie-Curie (Paris-VI). Je prendrai le temps qu'il faudra pour déployer la DGGF sans créer de bouleversement ni de dysfonctionne-

ment et surtout sans brusquer les personnels. Il y a, sur ce point, un accord complet avec la CPU.

### Comment voyez-vous le rôle du CNRS dans les Alliances pour la recherche (Aviesan, Allenvi, Ancre, Allistene) créées récemment ?

À l'origine des Alliances pour la recherche, il y a la stratégie nationale de la recherche et de l'innovation (SNRI). On y traite de problèmes de société : les questions d'énergie, d'environnement, de santé, du numérique. Il est normal que les organismes et les établissements d'enseignement supérieur se mobilisent et se concertent sur ces questions. Les citoyens ne comprendraient pas que le CNRS ne se préoccupe pas des ressources énergétiques du XXI<sup>e</sup> siècle ou de la question du climat, par exemple.

En abordant ces sujets, qui sont des thématiques complexes et pluridisciplinaires, on peut identifier des recouvrements entre organismes ou opérateurs. Par exemple, les questions qui touchent aux ressources énergétiques sont abordées chez nous, mais aussi au CEA, à l'IFP et ailleurs. Cela ne veut pas dire que l'on fait la même chose, cela veut dire que l'on fait des choses complémentaires. C'est pourquoi, sur ces questions-là, qui sont des enjeux de société, il est normal d'utiliser les ressources de tous les acteurs de la recherche. Ce constat fait, nous avons signé des conventions de partenariat entre opérateurs, sans créer de structures supplémentaires. Les alliances sont fonctionnelles : l'essentiel du travail consiste à organiser des groupes de réflexion. Ils conduisent à proposer des programmes de recherche souvent très appliqués, susceptibles d'être menés par les équipes des différents organismes. Ce travail est soumis à l'Agence nationale de la recherche (ANR), qui les prend en compte dans ses programmes thématiques (par opposition aux programmes blancs). Bien évidemment, les alliances ne concernent pas toute la recherche, par exemple celle faite en amont par bon nombre d'équipes du CNRS, notamment dans les sciences de la vie.

Les alliances sont positives pour le CNRS : il faut y aller sans arrière-pensées. Les chercheurs seront contents de constater que le travail fait par les opérateurs de recherche au sein des alliances se traduit par des programmes thématiques de l'ANR qui leur sont bien adaptés. Enfin, je tiens à dire que nous travaillons tous pour le même objectif qui est de faire avancer le pays. Il faut arrêter de jouer au Championnat de France du meilleur opérateur de recherche et tous s'unir pour jouer la Coupe du monde.

### Quelle politique scientifique envisagez-vous pour le CNRS ?

Avoir une politique scientifique de site partagée avec les universités n'empêche nullement de mener une réflexion pour l'établissement et

d'avoir des priorités. Le CNRS n'ayant plus pour vocation de décider pour tout le monde, il peut continuer à décider pour lui-même, évaluer ses points forts et ses points faibles, repérer les thématiques de pointe sur lesquelles il peut miser et démultiplier ses efforts sur certains aspects. Cela dit, il n'appartient pas à la direction du CNRS de dicter les thèmes de recherche aux chercheurs. C'est élémentaire, mais il faut toujours le rappeler. En revanche, on s'attache à ce que les chercheurs fassent la meilleure recherche possible. Mon rôle est de les placer dans des conditions de travail qui vont leur permettre de s'épanouir et de faire jouer à fond leur imagination, de prendre des risques et de développer de nouvelles thématiques interdisciplinaires. Toute bonne recherche est utile. Décider de faire plus de recherche appliquée ou plus de recherche fondamentale n'a

aucun sens. Nous devons faire de la bonne recherche, qui bénéficiera des financements tant des programmes blancs de l'ANR que des programmes thématiques très ciblés.

Une fois que l'on dit cela, la politique scientifique que nous pouvons avoir rue Michel-Ange se place à un niveau un peu "macroscopique". Ainsi, nous sommes tous très attachés au fait que le CNRS couvre un très large spectre disciplinaire. Cela doit se traduire par un soutien particulier à des instituts nés récemment, comme l'Institut des sciences informatiques et de leurs interactions (INS2I), mais aussi par une vraie considération des sciences humaines et sociales qui ont trop souvent servi de « variable d'ajustement ». Le maintien et le renforcement de la continuité disciplinaire impliquent également de mettre en place des dispositifs réellement efficaces pour favoriser l'interdisciplinarité sur le terrain. Nous y travaillons.

« Les Alliances pour la recherche sont positives pour le CNRS : il faut y aller sans arrière-pensées. »



© C. Lebedinsky/CNRS Photothèque

**Il reste encore beaucoup de sujets sur lesquels vous ne vous êtes pas exprimé : l'international, l'éthique, la science et la société, la parité... Nous y reviendrons. Pour conclure, quels messages souhaitez-vous apporter aux personnels du CNRS ?**

Ce sont les personnels du CNRS qui font sa richesse. Les chercheurs sont de très haut niveau et les personnels d'accompagnement très qualifiés et très bien formés. Je l'ai constaté au cours de ma carrière scientifique : les personnels du CNRS jouissent d'un grand prestige au niveau international et d'une forte reconnaissance de la part du grand public. À chaque enquête de notoriété, le CNRS est toujours très bien perçu. Évidemment, tout cela ne doit pas occulter une réflexion importante que nous devons mener sur l'attractivité des carrières scientifiques pour maintenir la qualité de nos personnels. Cela reste pour moi un souci permanent, mais rien ne

doit empêcher dès aujourd'hui les personnels du CNRS de s'engager avec confiance dans les nouveaux défis que le pays doit relever afin de mieux promouvoir la qualité de sa recherche et de son enseignement supérieur. Le CNRS se doit d'être un acteur majeur du nouveau système qui se met en place, et il a besoin pour cela de la mobilisation de tous ses agents.

**Propos recueillis par Fabrice Impériali**

1. Le nouveau décret organique du CNRS a été publié au *Journal officiel* le 1<sup>er</sup> novembre 2009 pour rendre opérationnel le contrat d'objectifs 2009-2013 du CNRS signé avec l'État.
2. Institut de chimie (INC) : Gilberte Chambaud.  
Institut écologie et environnement (INEE) : Françoise Gaill.  
Institut de physique (INP) : Bertrand Girard.  
Institut national de physique nucléaire et de physique des particules (IN2P3) : Jacques Martino.  
Institut des sciences biologiques (INSB) : Patrick Netter.  
Institut des sciences humaines et sociales (INSHS) : Patrice Bourdelais.  
Institut des sciences informatiques et de leurs interactions (INS2I) : Philippe Baptiste.  
Institut des sciences de l'ingénierie et des systèmes (INSIS) : Pierre Guillon.  
Institut des sciences mathématiques et de leurs interactions (INSMI) : Guy Métivier.  
Institut national des sciences de l'Univers (INSU) : Dominique Le Quéau.
3. Le comité interministériel du Grand emprunt a validé les dix premières conventions avec les opérateurs pour un montant de 6,85 milliards d'euros. Quatre concernent la recherche.
4. Biatoss : bibliothécaires, ingénieurs, administratifs, techniciens, ouvriers, de service et de santé. ITA : ingénieurs, techniciens et personnels administratifs.

## LES PREMIERS DIRECTEURS SCIENTIFIQUES RÉFÉRENTS

On connaît déjà les directeurs scientifiques référents (DSR) du CNRS pour certains grands sites universitaires. À ce jour, Alain Fuchs a ainsi proposé à Bertrand Girard, directeur de l'Institut de physique, d'être DSR pour le site Paris-Saclay, à Pierre Guillon, directeur de l'Institut des sciences de l'ingénierie et des systèmes, d'être DSR pour le site Bordeaux, à Françoise Gaill, directrice de l'Institut écologie et environnement, d'être DSR pour Montpellier, à Gilberte Chambaud, directrice de l'Institut de chimie, d'être DSR pour Lyon, à Patrick Netter, directeur de l'Institut des sciences biologiques, d'être DSR pour Strasbourg, à Guy Métivier, directeur de l'Institut des sciences mathématiques et de leurs interactions, d'être DSR pour Toulouse, et à Michel Spiro, président du comité des Très grands équipements, d'être DSR pour Grenoble.

COLLOQUE

# Quelle archéologie pour demain ?



Crânes d'un homme de Florès (à gauche) et d'un homme moderne (à droite, image de synthèse). L'histoire des hominidés est un des plus grands chantiers de l'archéologie.

De nombreuses fouilles sont effectuées à l'étranger, comme ici sur un îlot rocheux du détroit de Magellan, au Chili, en janvier 2010.



Acteur central de l'archéologie française avec plus de 300 chercheurs, le CNRS organise à Paris, du 23 au 25 juin, un grand colloque sur les mutations de la discipline. Décryptage avec Sophie Archambault de Beaune, directrice adjointe scientifique à l'Institut des sciences humaines et sociales (INSHS).

**Ces dernières décennies, le métier d'archéologue s'est profondément modifié. Toujours plus technique, plus pointu, plus précis... On est loin de l'image du chercheur de trésors du début du xx<sup>e</sup> siècle.**

**Sophie Archambault de Beaune :** L'archéologie cherche et cherchera toujours non pas des trésors, mais à reconstituer le passé de l'homme, à comprendre ses modes de vie, comment il s'est accommodé de son environnement, comment les sociétés ont évolué... Comme le disait André Leroi-Gourhan, médaille d'or du CNRS en 1973 : « *L'homme du futur est incompréhensible si l'on n'a pas compris l'homme du passé* ». Aujourd'hui, cette discipline a évolué et s'est dotée de nouvelles méthodes d'investigation. De nouvelles technologies permettent de répondre à des questions qu'un archéologue de la première moitié du xx<sup>e</sup> siècle n'aurait jamais espéré résoudre. C'est le cas pour l'étude d'Ötzi. Cet individu retrouvé dans les Alpes italo-suisse et vieux d'environ 5 300 ans a fait l'objet d'analyses poussées qui ont permis de déterminer son âge, les maux dont il souffrait, la composition de son dernier repas...

**Des profondeurs marines jusqu'à des déserts hostiles, des lieux de plus en plus reculés font désormais l'objet de recherches. Quelles zones reste-t-il encore à explorer ?**

**S. A. B. :** Tout d'abord, les terrains qui ne sont accessibles aux archéologues qu'après plusieurs

heures de piste. Par exemple, le cône sud de l'Amérique latine est encore peu exploré. Bordé, côté Pacifique, d'archipels peuplés par des populations nomades se déplaçant en canot, il est très difficile d'accès. Autre problématique, celle des territoires immenses. Ainsi, la Patagonie argentine, grande comme six ou sept fois la France, a fait l'objet de très peu de recherches proportionnellement à son étendue. Il reste également beaucoup à faire dans le domaine sous-marin, à cause du manque d'archéologues formés à cette discipline, mais aussi en raison du très grand nombre d'épaves et de vestiges littoraux immergés. Autant de lieux et de peuples qui méritent d'être étudiés. Précisons toutefois qu'il existe de nombreux sites dans lesquels on préserve une partie des couches afin de les laisser aux générations futures, qui disposeront de moyens techniques insoupçonnés pour les étudier.

**Abondance de sites, de vestiges, de données... Quels sont les risques pour la discipline ?**

**S. A. B. :** La diversité culturelle, aujourd'hui comme hier, est infinie, et il est donc vraisemblable que, malgré l'accroissement de la quantité de vestiges découverts, il y aura toujours des zones d'ombre dans le passé de l'humanité. Le risque majeur est surtout qu'il n'y ait plus assez d'archéologues pour les analyser ! De plus, nous assistons à une explosion du nombre de spécialités. Ce phénomène est nécessaire : la diversification de la

recherche et l'élargissement des champs d'intérêt imposent des compétences particulières. Pour ne citer qu'un exemple, l'archéozoologie cherche à reconstituer l'histoire des relations naturelles et culturelles entre l'homme et l'animal. Mais le danger serait d'aboutir à une vision parcellaire de la réalité du passé, car personne n'est en mesure de dominer toutes ces disciplines en même temps. Aussi, les archéologues travaillent-ils davantage en équipe et développent-ils des programmes de recherche pluridisciplinaires.

**Selon vous, quelles sont les principales lacunes à combler dans les prochaines années ?**

**S. A. B. :** Quels que soient l'époque et le lieu étudié, on s'aperçoit que notre connaissance reste fragmentaire en raison soit du manque de vestiges, soit d'intérêt, comme pour l'archéologie médiévale qui a longtemps privilégié l'étude de l'architecture urbaine au détriment du domaine rural. Autre cas : l'occupation de certains territoires est bien établie à certaines époques et très peu à d'autres. On connaît bien les périodes classiques de l'histoire de l'Égypte ou de la Grèce, assez mal leur préhistoire. De même, les vestiges concernant les premiers hominidés sont très parsemés dans le temps, et de grandes séquences chronologiques restent encore inconnues. Dans de nombreuses régions du monde, les données archéologiques commencent seulement à être assez abondantes pour permettre

de comprendre les relations entre les différents peuples ainsi que leurs déplacements. Une chose est sûre, cela passe par un large recours aux analyses physico-chimiques des matériaux. Le Centre de recherche et de restauration des musées de France<sup>2</sup>, par exemple, a analysé la composition de bijoux mérovingiens découverts dans le sous-sol de la basilique de Saint-Denis. Les résultats ont prouvé que les grenats provenaient d'Inde et de Ceylan (Sri Lanka).



Les sites industriels commencent à être étudiés par les archéologues, telle cette soierie construite vers 1860 en Isère.

© A. Schrambach

### Les champs d'investigation sont donc encore très nombreux...

**S. A. B. :** En effet, des thèmes peu étudiés ne demandent qu'à être développés. Ainsi, l'étude des rites funéraires est en pleine expansion. Depuis peu, l'archéologie touche aussi au passé très récent, avec la fouille de charniers vieux de quelques années, de ruines industrielles ou d'épaves de navires. Par ailleurs, beaucoup de sujets sont encore débattus : le peuplement de l'Ancien Monde par les premiers hommes modernes, la disparition de l'homme de Neandertal, la ou les dates d'arrivée des hommes sur le continent américain... pour ne citer qu'une infime partie de tous les problèmes du passé qui restent encore à élucider.

### Quels sont les enjeux majeurs pour les prochaines années, voire les prochaines décennies ?

**S. A. B. :** Il s'agit tout d'abord de rééquilibrer le nombre d'archéologues spécialistes et généralistes : la discipline manque cruellement d'archéologues généralistes, avec une vaste culture historique, capables de faire la synthèse des données. Ensuite, il est essentiel que les fouilles en France ne se limitent pas à des motivations scientifiques dictées par les hasards des aménagements du territoire. Rappelons que, depuis la légitimation de l'archéologie préventive en 2001, les archéologues sont susceptibles d'intervenir avant le début de chantiers pour sauver de la destruction des vestiges contenus dans le sous-

sol<sup>3</sup>. Enfin, la présence de nombreux archéologues français à l'étranger joue un rôle diplomatique indéniable. Ce qui est plutôt positif, car l'archéologie apparaît ainsi comme une discipline "utile". Toutefois, il est impératif de préserver des niches scientifiques qui ne seraient pas forcément rentables ou utiles, mais qui permettent tout simplement de repousser les frontières de la connaissance de notre passé. L'engagement du CNRS dans le domaine de l'archéologie n'en est que plus important.

Propos recueillis par **Géraldine Véron**

1. *Les Racines du monde. Entretiens avec Claude-Henri Rocquet, André Leroi-Gourhan*, Belfond, 1982.
2. Unité CNRS / Ministère de la Culture et de la Communication.
3. Lire « Sous les chantiers, l'histoire », *Le journal du CNRS*, n° 242, pp. 32-33.

#### → En savoir plus :

Les informations sur le colloque L'Archéologie en mouvement : hommes, objets et temporalités sont disponibles sur le site [www.cnrs.fr/inshs/recherche/archeo-en-mouvement.htm](http://www.cnrs.fr/inshs/recherche/archeo-en-mouvement.htm)

À noter : le colloque sera retransmis en direct sur le site <http://webcast.in2p3.fr/2010/archeomouv>

#### CONTACT

→ **Sophie Archambault de Beaune**

Institut des sciences humaines et sociales, Paris  
sophie.de-beaune@cnrs-dir.fr

## ANNIVERSAIRE

# Anciens et amis du CNRS : vingt ans de rayonnement

Le 2 juin, au siège du CNRS, à Paris, l'ambiance était à la fête. L'Association des anciens et des amis du CNRS y a célébré ses 20 ans, sous l'égide du président du CNRS, Alain Fuchs. L'occasion de rappeler les origines et les activités de l'association. C'est le 23 avril 1990 que François Kourilsky, à la tête du CNRS de 1988 à 1994, et Charles Gabriel, directeur du personnel et véritable mémoire vivante de l'établissement, signent l'acte de naissance de l'Association des anciens et des amis du CNRS, baptisée Rayonnement du CNRS. Ses objectifs ? Maintenir le contact « entre toutes les personnes, chercheurs, ingénieurs, techniciens et administratifs à la retraite ou encore actifs, qui ont mené tout ou partie de leur carrière au CNRS, et de fait contribué à la

visibilité de la recherche scientifique en France et à l'étranger », explique son président, Edmond Lisle.

En deux décennies d'existence, l'association, forte de près de 2 000 adhérents, a évolué sur plusieurs fronts. Pêle-mêle, on peut citer sa revue qui, au fil des ans, s'est étoffée pour devenir un outil d'information scientifique auprès d'un très large public français et étranger<sup>1</sup>, la création d'un site Internet<sup>2</sup>, avec l'amorce d'une version anglophone ou encore l'implantation de réseaux à l'étranger, Chine et Brésil en tête.

À quoi s'ajoutent les actions sur le terrain. « *Le CNRS a une vraie pertinence pour répondre aux questionnements du grand public sur les nanotechnologies, les cellules souches ou le génie génétique* », estime Edmond Lisle. Forts de leurs compétences et

de leur disponibilité, les bénévoles, issus de tous les domaines de recherche, proposent des conférences publiques ainsi que des visites et des ateliers scolaires, dans le cadre de l'Action pédagogique d'éveil à la science. Leur point fort est d'apporter aux côtés des enseignants leur propre expérience de chercheurs. Reste une grande mission : élargir le rayonnement du CNRS au-delà de nos frontières. Encore faut-il mobiliser les chercheurs étrangers qui, durant ces vingt-cinq dernières années, sont venus en France, puis sont repartis chez eux. Plusieurs centaines d'entre eux ont déjà été contactés via les bureaux du CNRS à l'étranger et, surtout, les voyages que l'association organise. Les résultats les plus encourageants viennent de Chine, où le dynamisme de la

recherche promet de belles collaborations. « *Nous avons pu reprendre contact avec une centaine de chercheurs, dont une partie occupent aujourd'hui des postes clés dans leur pays* », indique Edmond Lisle. D'ailleurs, certains d'entre eux pourraient prochainement intégrer un programme franco-chinois lancé avec un laboratoire des sciences de l'environnement. Après vingt ans d'existence, le dynamisme de l'association n'a pas faibli.

**Patricia Chairopoulos**

1. Précisons que l'adhésion à l'association permet de recevoir *Le journal du CNRS*.
2. [www.rayonnementducnrs.com](http://www.rayonnementducnrs.com), [www.anciens-amis-cnrs.com](http://www.anciens-amis-cnrs.com)

#### CONTACT

→ **Claudius Martray**  
Association des anciens et des amis du CNRS, Paris  
amis-cnrs@cnrs-dir.fr

# 3 questions à...

## Jean Costentin

### Café, thé, chocolat

#### Les bienfaits pour le cerveau et pour le corps

Pr Jean Costentin et Pr Pierre Delaveau, Odile Jacob, mai 2010, 270 p. – 23,90 €.

Jean Costentin et Pierre Delaveau sont membres de l'Académie de médecine et de l'Académie de pharmacie. Jean Costentin est, par ailleurs, professeur de pharmacologie à la faculté de médecine et de pharmacie de Rouen et directeur de l'unité de neurobiologie clinique du CHU Charles-Nicolas.

**Les plantes à caféine – café, thé, cola, guarana, maté – font, sous diverses formes, l'objet d'une importante consommation : il se boit chaque année en France 30 milliards de tasses de café, beaucoup de thé et de colas divers. Cet engouement est-il dû à la caféine ?**

Oui, indiscutablement, mais pas exclusivement. La caféine est abondante dans le café, dans le thé où elle est parfois appelée théine, dans les colas (Coca-Cola, Pepsi...), dans le Red Bull, etc. Mais le végétal fabrique aussi, aux côtés de la caféine, deux autres substances très apparentées : la théophylline (dans le thé) et la théobromine (dans le cacao), étymologiquement "nourri-

ture des dieux". Il est une troisième substance très voisine, la paraxanthine, que le végétal ne sait pas produire, mais que le foie des mammifères, dont celui de l'homme, élabore à partir de la caféine. C'est un phénomène heureux chez ceux d'entre nous qui fabriquent cette substance à haute dose, car elle est anxiolytique, alors que la caféine, elle, est anxiogène. Ceux qui ne "supportent pas" le café sont en fait des individus qui ont une faible aptitude à fabriquer cette paraxanthine à partir de la caféine. Ils se rabattent alors volontiers sur le thé, pourtant non dépourvu de caféine, mais dont les effets anxiogènes se trouvent réduits par la présence d'une autre substance,

la théanine. Toutes ces substances (hormis la théanine), réunies sous le vocable de méthylxanthines, s'opposent à des degrés divers aux effets sédatifs et hypnotiques de l'adénosine, une autre substance présente dans l'organisme.

**Les effets de nos boissons favorites se résument-ils à ceux de leurs méthylxanthines ?**

Non, parce que d'autres substances accompagnent ces méthylxanthines et développent des effets variés, parfois même contradictoires. La résultante dépend de leurs proportions relatives, en relation avec les variétés végétales, le climat, le terrain, le moment de la récolte, le traitement ultérieur (séchage, torréfaction...). J'aime dire : « *Végétal varie, bien fou qui s'y fie !* » Parmi les comparaisons des méthylxanthines, citons les polyphénols, qui protègent des "espèces réactives de l'oxygène", cet oxygène indispensable à la vie, mais qui la consume, nous oxyde et nous fait "rouiller". Évoquons aussi les diterpènes présents dans l'"huile" de café, qui irisent la surface du café préparé à la turque ou à la scandinave et qui ont pour effet malencontreux d'accroître la teneur du sang en cholestérol.



**Outre les aspects historiques et botaniques, ainsi que les aspects biologiques et pharmacologiques, vous traitez des relations de ces boissons avec les pathologies humaines. Est-ce pour le meilleur ou pour le pire ?**

Ces boissons développent une addiction manifeste, mais sans grave inconvénient, avec souvent beaucoup d'avantages. Ce qui nous a incités à commettre l'oxymore "bonnes drogues", car, dans nombre de pathologies, leurs effets bénéfiques l'emportent de très loin sur leurs effets délétères. Il en est ainsi notamment pour l'asthme, la maladie de Parkinson et la maladie d'Alzheimer. Leur rapport bénéfice/risque, paramètre cher aux pharmacologues, s'avère fréquemment très favorable. M'inspirant d'Alphonse Allais, permettez-moi de conclure que le café respecte le sommeil de ceux qui s'abstiennent d'en boire... Pourtant, réduire avec lui la durée du sommeil, n'est-ce pas prolonger le temps de vivre pleinement, intensément ?

Propos recueillis par A. L.



## La Modernité en question

### Deux siècles d'invention musicale 1781-1972

François Decarsin, L'Harmattan, coll. « Arts et sciences de l'art », avril 2010 – 18 €.

Entre 1781 (année où Kant publie sa *Critique de la raison pure* et Haydn compose ses *Six quatuors, op. 33*) et 1972 (année de la démolition du dernier immeuble américain construit par le Bauhaus), s'écoulent deux siècles de transformations. Lauréat du Coup de cœur de l'Académie Charles-Cros pour son livre *La Musique, architecture du temps*, l'auteur

confronte la grande trajectoire historique de Haydn à Schönberg (relayée par Liszt, Wagner et Mahler) à une modernité décentrée où s'affirment des individualités fortes, au-delà de toute causalité historique directe (Schubert, Berlioz, Debussy, Stravinsky, Boulez, Stockhausen). La méthode privilégiée ici reste la constante référence à différentes œuvres précises de ces créateurs et leur mise en regard avec les commentaires qu'elles ont suscités (Adorno, Deleuze, Hegel, Nietzsche, Schopenhauer...). Un ouvrage de référence.

## Les Monuments sont habités

Daniel Fabre et Anna Iuso (dir.), illustrations d'Élisabeth Mazauric, Éditions de la Maison des sciences de l'homme, coll. « Ethnologie de la France », cahier 24, avril 2010, 335 p. – 23 €.

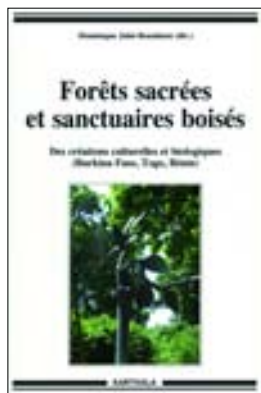
Se fondant sur une quinzaine d'études de cas (Glacière du Palais des papes d'Avignon, bibliothèque François-Mitterrand, habitations troglodytes de Matera...), ce livre étudie les relations « étranges » existant entre le monument et les populations qui vivent autour de lui ou le visitent. L'apparition d'un nouveau champ d'investigation, celui des « émotions patrimoniales », où se développe, davantage que l'histoire du monument, celle de son existence sociale. Un ouvrage original, illustré de dessins réalisés à partir de photographies, de plans, de cartes postales et de gravures.

## Forêts sacrées et sanctuaires boisés

### Des créations culturelles et biologiques (Burkina Faso, Togo, Bénin)

Dominique Juhé-Beaulaton (dir.), Karthala, coll. « Hommes et sociétés », avril 2010, 380 p. – 25 €.

Historiens, botanistes, anthropologues signent ici un sérieux avertissement contre la mise en péril des « forêts sacrées » des savanes d'Afrique de l'Ouest. Ces îlots de végétation naturelle ont été jusqu'ici préservés pour des raisons religieuses et identitaires, car ils s'inscrivent dans l'histoire des sociétés concernées dont ils participent à la vie de chaque jour. Cet ouvrage remarquable apporte des éléments de réponses à deux grandes questions : que représentent ces forêts sacrées pour leurs habitants et leurs systèmes sociaux ? Ces territoires peuvent-ils être encore considérés comme des conservatoires de la biodiversité ?



## Contes

### Thomas-Simon Gueullette

Vol. I : *Les Soirées bretonnes. Les Mille et Un Quarts d'heure, contes tartares.*  
Vol. II : *Les Aventures merveilleuses du mandarin Fum-Hoam, contes chinois. Les Sultanes de Guzarate, ou les Songes des hommes éveillés, contes mogols.*  
Vol. III : *Les Mille et Une Heures, contes péruviens.* Édition critique établie sous la direction de Jean-François Perrin, Honoré Champion, coll. « Sources classiques », n° 94, 2010, 2 389 p. – 370 €.

Vers 1785 furent publiés, sous le titre *Cabinet des fées* et en une forme encyclopédique, tous les contes féeriques. Après Perrault, Crébillon, Fénelon..., les éditions Honoré Champion proposent ici, sous l'intitulé *Bibliothèque des génies et des fées*, l'intégralité des contes de Thomas-Simon Gueullette (Paris 1683-Charenton 1766), personnalité singulière du monde des lettres du XVIII<sup>e</sup> siècle, dramaturge, juriste, bibliophile et grand orientaliste. La plupart de ces contes étaient restés inédits depuis le *Cabinet des fées*. Très attendue par les spécialistes et les amateurs du conte oriental à la française, cette édition met en évidence l'originalité de Gueullette, dont on a pu dire qu'il y avait, dans la littérature romantique, un "moment Gueullette". Une rareté.

## L'Océan planétaire

Michèle Fieux, illustrations de Chantal Andrié, préface de Jean-François Minster, Les Presses de l'Ensta, coll. « Les cours », avril 2010, 421 p. – 70 €.



Sans équivalent en français, particulièrement fouillé et agrémenté de nombreuses illustrations en couleurs, ce livre répond à de nombreuses questions en constituant à la fois un document d'initiation aux propriétés

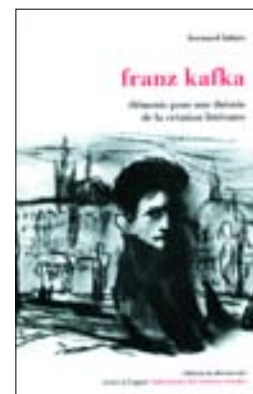
physiques de l'océan et un ouvrage d'océanographie régionale de référence. À travers une approche tout aussi précise que globale et après un bref historique, il explique la spécificité de chaque bassin océanique ainsi que son interaction et son rôle dans le fonctionnement de l'océan planétaire. L'auteur parvient également à insuffler à son objet d'étude – l'océan et ses mers marginales – la grâce poétique qui atteint tout homme qui contemple les flots.

## Franz Kafka

### Éléments pour une théorie de la création littéraire

Bernard Lahire, Éditions La Découverte, coll. « Textes à l'appui / Laboratoire des sciences sociales », avril 2010, 633 p. – 27 €.

Revendiquant le franchissement des frontières disciplinaires que privilégient certains historiens de l'art, le sociologue Bernard Lahire tente de dégager les « structures d'expérience » de Kafka (reconstruction de ses différentes socialisations : familiale, scolaire, professionnelle, religieuse, sentimentale...) telles qu'elles sont transposées dans son œuvre. Cette biographie "sociologique" n'a rien de commun avec une biographie anecdotisante, car il s'agit ici de mettre en relation les structures biographiques avec les structures textuelles, ce qui permet d'esquisser une théorie de la création littéraire transférable à d'autres écrivains.

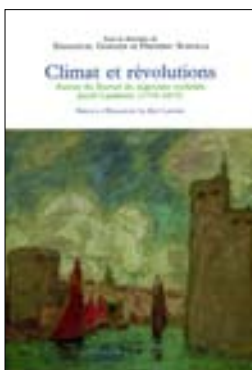


## Les Chemins de la mémoire

Francis Eustache et Béatrice Desgranges, préface d'Endel Tulving, Éditions Le Pommier, coll. « Essais et documents », juin 2010, 528 p. – 29 €.

Présenté par un des plus grands spécialistes actuels de la mémoire, Endel Tulving, cet ouvrage propose la première synthèse des connaissances actuelles, dans le champ de la neuropsychologie et des neurosciences cognitives, sur la mémoire humaine et ses troubles (syndrome amnésique, amnésie psychogène et maladies neurodégénératives, dont l'Alzheimer). L'objectif est de faire connaître ces maladies, mais aussi de permettre de comprendre la structure et le fonctionnement de la mémoire tout au long de la vie, chez l'enfant comme chez la personne âgée. S'appuyant sur les apports de l'imagerie cérébrale – qui permettent par exemple aujourd'hui de visualiser

*in vivo* les différentes étapes de la formation d'un souvenir –, cet ouvrage fondamental met en évidence une nouvelle théorie, *mnésis*, qui met en synergie les différentes composantes de la mémoire. L'ouvrage est complété par un cahier couleurs d'œuvres de patients et d'artistes.



## Climat et révolutions. Autour du *Journal* du négociant rochelais Jacob Lambertz (1733-1813)

Emmanuel Garnier et Frédéric Surville (dir.), préface d'Emmanuel Le Roy Ladurie, *Le Croît vif*, avril 2010, 576 p. – 35 €.

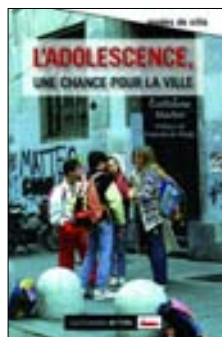
D'origine allemande, protestant et négociant en grains et en cognac, Jacob Lambertz (1733-1813) fait partie des personnalités de la ville de La Rochelle et, en parfait honnête homme des Lumières, il a une passion : la météorologie. Prenant appui sur son *Journal* dans lequel sont consignées sur un ton plaisant les variations du temps et celles du prix du cognac, quinze historiens font revivre La Rochelle à une période marquée par de multiples changements – dont la Révolution – et inscrivent dans une

perspective historique les mutations actuelles de notre société, particulièrement celles liées au changement climatique. Un angle atypique pour aborder un thème récurrent.

## Trois marins pour un pôle

Paul Tréguer, Éditions Quæ, avril 2010, 145 p. – 26 €.

En 1900, on ignorait encore si les pôles étaient sur terre ou en pleine mer... En 1959, un traité international faisait de l'Antarctique le « continent de la paix et de la science » sans appartenance à aucun pays. Un océanographe revisite ici trois expéditions de véritables marins, Roald Amundsen, Robert Falcon Scott et Nobu Shirase. De ces fameuses expéditions, certains ne revinrent jamais. Le récit, toujours passionnant, de ces trois odyssees est un hommage à l'immensité des exploits de ces hommes eu égard aux moyens rudimentaires dont ils disposaient pour affronter tempêtes, icebergs et glaces antarctiques. Des dessins originaux et de nouveaux documents photographiques viennent appuyer le propos.



## L'Adolescence, une chance pour la ville

Guillaume Macher, préface de François de Singly, *Les Carnets de l'info*, coll. « Modes de ville », mars 2010, 264 p. – 17 €.

À rebours de l'abondante littérature consacrée à l'adolescence, cet ouvrage propose un regard optimiste en considérant cette dernière pour ce

qu'elle est d'abord : une période d'expérimentation de l'autonomie et de découvertes. Il s'adresse aux décideurs publics et aux acteurs locaux, car « mieux appréhender l'adolescence peut permettre, à coup sûr, de mieux comprendre les nouvelles modalités de l'« être ensemble » et, ainsi, de repenser nos villes ». S'appuyant sur les résultats d'une démarche prospective auprès d'adolescents du Val-de-Marne, il analyse leurs pratiques culturelles, leurs relations amicales et familiales, leur gestion du temps, leur apprentissage de la mobilité et dresse une cartographie urbaine où l'on devine l'esquisse possible d'une ville de demain.

## Sociologie 2010, n° 1, vol. I

PUF, avril 2010, 175 p. – 20 €.

Dirigée par Serge Paugam, cette nouvelle revue, dont voici le premier numéro, est résolument « une revue de sociologie ouverte, qui ne se revendique d'aucune école théorique ou méthodologique ». Diffusée en version papier, elle est aussi disponible en ligne via des portails de revues ([www.revues.org](http://www.revues.org) et [www.cairn.info/](http://www.cairn.info/)).

### SOCIÉTÉ, DROIT ET RELIGION, N° 1

Thierry Rambaud (dir.), CNRS Éditions, avril 2010, 220 p. – 25 €.

### TÉLÉVISION, N° 1. Télévision et réalité

François Jost (dir.), CNRS Éditions, mars 2010, 208 p. – 25 €.

Cette revue est la première revue francophone consacrée à la télévision. Le sujet du dossier de ce numéro : le concept de réalité, tel qu'employé aujourd'hui dans la télé-réalité par certaines chaînes qui, loin de se contenter d'être une fenêtre sur le monde, prétendent modifier celui-ci « pour le rendre plus perceptible » au téléspectateur.

## AUTRES PARUTIONS

### LES 100 MOTS DE LA SOCIOLOGIE

Serge Paugam (dir.), PUF, coll. « Que sais-je ? », avril 2010, 128 p. – 9 €.

### LES MAINS DANS LES ÉTOILES.

Dictionnaire encyclopédique d'astronomie pour la langue des signes française (LSF)

Dominique Proust (dir.), Daniel Abbou, Nasro Chab, Yves Delaporte, Carole Marion et Blandine Proust, Burillier, avril 2010, 360 p. + atlas – 29,95 €.

### LA VALEUR DE LA VIE

Marie Gaille, Les Belles Lettres, coll. « Médecine et sciences humaines », avril 2010, 184 p. – 21 €.

### FRAGMENTS D'IDENTITÉ FRANÇAISE

Jean Viard, avec des interventions de Jacques Le Goff et de Marc Pottier, L'Aube, coll. « Monde en cours-Essais », avril 2010, 240 p. – 21 €.

### HISTOIRE DE L'IDENTIFICATION DES PERSONNES

Ilsen About et Vincent Denis, La Découverte, coll. « Repères », n° 553, avril 2010, 128 p. – 9,50 €.

### MATIÈRE ET MATÉRIAUX.

De quoi est fait le monde ?

Étienne Guyon (dir.), Alice Pedregosa et Béatrice Salviat, Belin, coll. « Pour la science », avril 2010, 336 p. – 27,50 €.

### OBJETS D'AFFECTION.

Une ethnologie de l'intime

Véronique Dassié, Éditions de CTHS, coll. « Le regard de l'ethnologue », n° 22, avril 2010, 368 p. – 28 €.

### LES NOUVELLES ADOLESCENTES

Michel Fize, Armand Colin, coll. « 25 Questions décisives », avril 2010, 160 p. – 12,90 €.

### LA FIN DU COURAGE.

La reconquête d'une vertu démocratique

Cynthia Fleury, Fayard, coll. « Essais », mars 2010, 208 p. – 14 €.

### NAISSANCE DES DIVINITÉS, NAISSANCE DE L'AGRICULTURE

Jacques Cauvin, CNRS Éditions, mars 2010, 310 p. – 10 €.

### L'ASSASSIN DES ÉCHECS ET AUTRES FICTIONS MATHÉMATIQUES

Benoît Rittaut, Éditions Le Pommier, coll. « Poche », juin 2010, 256 p. – 8 €.

Retrouvez les publications de CNRS Éditions sur le site : [www.cnrseditions.fr](http://www.cnrseditions.fr)



# EXPOSITIONS

Rubrique réalisée par Marion Papanian

## Qumrân. Le secret des manuscrits de la mer Morte

Jusqu'au 11 juillet 2010, Bibliothèque nationale de France, Paris (XIII<sup>e</sup>).

Tél. : 01 53 79 49 49 – [www.bnf.fr](http://www.bnf.fr)

Il y a un peu plus de soixante ans, sept rouleaux de cuir rédigés en hébreu étaient découverts par deux Bédouins dans une grotte de Qumrân, en Cisjordanie. Le site fut alors rapidement envahi par des Bédouins, archéologues, déchiffreurs de textes et explorateurs à la recherche d'autres trésors historiques. Ainsi, entre 1947 et 1956, plus de 900 manuscrits rédigés en hébreu, en araméen et en grec, vieux de 2 000 ans, furent retrouvés dans les onze grottes bordant la mer Morte. Il s'agit des plus anciens témoins de textes ayant donné naissance à la Bible. Mais quelle est l'origine de ces manuscrits ? Pourquoi étaient-ils présents dans ces grottes ? À qui appartenaient-ils ? L'exposition qui présente plus de 130 pièces (fragments de manuscrits et objets archéologiques), issues des collections de la BNF, du Musée d'Israël de Jérusalem, du Louvre et du musée Bible et Terre sainte, restitue les contextes historique, géopolitique et scientifique de la découverte et revient sur les enjeux scientifiques actuels d'un demi-siècle de recherches auxquelles ont participé des chercheurs du CNRS. À noter la participation de deux d'entre eux, Katell Berthelot et Émile Puech, à l'ouvrage édité pour l'occasion par la BNF.



Fac-similé du rouleau d'Isaïe. Composé de 17 feuilles de parchemin, le Livre d'Isaïe mesure environ 7 mètres de long.

## ET AUSSI

### MYTHIQUE PRÉHISTOIRE

Jusqu'au 31 janvier 2011, Musée départemental de préhistoire de Solutré (71). Tél. : 03 85 35 85 24 – [www.musees-bourgogne.org](http://www.musees-bourgogne.org)

Je suis à moitié nu, très poilu, avec de longs cheveux et j'ai une massue comme arme... Qui suis-je ? Un cliché de l'homme préhistorique auquel s'attaque cette exposition. Maquettes, tableaux, objets archéologiques, affiches, sculptures et films permettent de démontrer les idées reçues sur l'homme préhistorique et de comprendre l'apparition de ce mythe.

### BIODIVERSITÉ :

#### HOMMAGE À UNE LIMACE DISPARUE

Jusqu'au 2 janvier 2011, Muséum-Aquarium de Nancy (54). Tél. : 03 83 32 99 97 – [www.man2.uhp-nancy.fr](http://www.man2.uhp-nancy.fr)

C'est une réalité, la limace *Arion simrothi* a récemment disparu ! Et ce, dans l'indifférence générale. Cette exposition lui rend hommage, ainsi qu'à toutes les espèces en danger qui ne figurent pas parmi les stars de la biodiversité tels l'ours blanc, le panda, l'éléphant, le thon rouge... À visionner sur le parcours, un extrait du film *Des chercheurs, des insectes et des plantes*, de Marcel Dalaise, produit par CNRS Images.



© Agence Tandem



© S. Guiraud/Association Jabiru Prod

## Guetteurs d'avenir, peuples d'Amazonie

Jusqu'au 1<sup>er</sup> août 2010, Muséum d'histoire naturelle de Grenoble (38). Tél. : 04 76 44 05 35 – [www.museum-grenoble.fr](http://www.museum-grenoble.fr)

En Amérique du Sud, le bassin amazonien, vaste de 7 millions de km<sup>2</sup>, est un lieu où cohabitent hommes, animaux et végétaux. Cette exposition s'intéresse en particulier à trois peuples – les Karajas, les Kayapos et les Zo'és –, à leurs pratiques culturelles, sociales et éducatives et à leurs relations avec leur environnement. Sur 300 m<sup>2</sup>, découvrez leur univers, ainsi que, plus généralement, l'art du corps (peintures, tatouages, perforations...) et de la plume des Indiens d'Amazonie. Films, conférences et ateliers accompagnent l'exposition, qui s'inscrit dans le cadre de l'Année internationale de la biodiversité. Une occasion de rappeler les dangers pesant sur celle de la forêt amazonienne.

## Désirs d'éternité, rituels pour l'au-delà

Jusqu'au 14 novembre 2010, Musée gallo-romain, Saint-Romain-en-Gal (69).

Tél. : 04 74 53 74 01 – [www.museedesconfluences.fr](http://www.museedesconfluences.fr)

Une nécropole caucasienne de l'âge de fer, un vase représentant le dieu égyptien Douamoutef ou encore un bouddha de Thaïlande... Les objets présentés dans cette exposition illustrent les rituels funéraires et les croyances associées à la mort de différents peuples (Égyptiens, Chinois, Aborigènes, Kanaks, etc.) depuis l'Antiquité jusqu'à nos jours. Comment chaque civilisation compose-t-elle avec la mort ? Comment notre rapport à la mort évolue-t-il aujourd'hui ? Des questions auxquelles tente de répondre cette exposition hors les murs mise en place par le Musée des confluences.

## Extraterrestres. Êtes-vous prêt à la rencontre ?

Exposition permanente, Cité de l'espace, Toulouse (31). Tél. : 0 820 377 223 – [www.cite-espace.com](http://www.cite-espace.com)

Le 1<sup>er</sup> avril dernier, une soucoupe volante était découverte dans le parc de la Cité de l'espace. Dans un décor inspiré de la bande dessinée, le scénario invite le visiteur à se préparer à la rencontre avec les extraterrestres. Du centre de la Terre au vaisseau spatial en passant par une base secrète, partez à la découverte de la vie dans les milieux extrêmes, des exoplanètes et des nouvelles formes de vie intelligente. Ces trois nouvelles zones d'exposition sont également accompagnées de la projection sur un écran géant de *Hubble 3D*, ainsi que du film de planétarium *Sommes-nous seuls dans l'univers ?* et d'événements ponctuels tout au long de l'année.



© IMAX

## EN LIGNE

### Bertillon et la police d'identification

[www.criminocorpus.cnrs.fr/bertillon/entree.html](http://www.criminocorpus.cnrs.fr/bertillon/entree.html)

Figure emblématique de la police scientifique, Alphonse Bertillon (1853-1914) est considéré comme le fondateur de l'anthropométrie criminelle, de la photographie signalétique et de la criminalistique, des méthodes policières d'identification. Le site Internet Criminocorpus, du CNRS, un portail sur l'histoire de la justice, des crimes et des peines, met en ligne une exposition virtuelle, richement illustrée et documentée, consacrée à l'histoire de la police d'identification à travers l'œuvre de ce personnage.



## CONFÉRENCE

### Récents découvertes dans la capitale de la Numidie, Lambèse (Algérie)

Lundi 7 juin 2010 à 12 h 30, Auditorium du musée du Louvre, Paris (1<sup>er</sup>). Tél. : 01 40 20 55 55 – [www.louvre.fr](http://www.louvre.fr)

Conférence d'Amina-Aïcha Malek, chercheuse CNRS au laboratoire d'Archéologies d'Orient et d'Occident et textes anciens (Aoroc).

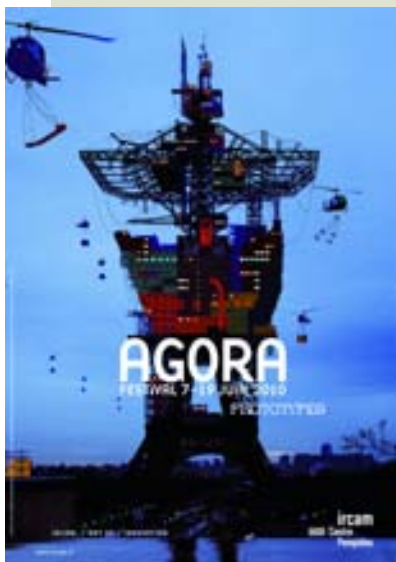
## L'ÉVÉNEMENT

### Festival Agora

Du 7 au 19 juin 2010, Paris (75).

Tél. : 01 44 78 48 16 – <http://agora.ircam.fr/>

Le prototype est à l'honneur pour cette treizième édition du festival Agora mise en place par l'Ircam. Spécialisé dans les domaines acoustiques et musicaux, cet institut possède un laboratoire de recherche commun avec le CNRS, organisme partenaire du festival. À travers la programmation de concerts, de films et de spectacles, le public assistera à la rencontre entre l'invention artistique et l'imaginaire scientifique. Le système *Wave Field Synthesis* (WFS ou synthèse de front d'ondes), qui équipe l'espace de projection de l'Ircam et permet la synthèse d'hologrammes sonores, témoigne bien de ce concept. *L'Ombre double*, la dernière création de la chorégraphe Odile Duboc, une artiste reconnue dans le milieu de la danse française et décédée très récemment, sera également présentée lors du festival.



## FILM

### Peintures San en lumière

Film de Luc Ronat, produit par CNRS Images (2010, 32 min).  
Conseillers scientifiques du CNRS : Philippe Colomban, Cécile Paris et Jean-Loïc Le Quellec. Prix : 20 € pour un usage privé, 45 € pour un usage institutionnel. Tél. : 01 45 07 59 69 – [videothèque.vente@cnrs-bellevue.fr](mailto:videothèque.vente@cnrs-bellevue.fr)

© L. Ronat, S. Kayler/CNRS Photothèque



Les San, peuple d'Afrique du Sud aujourd'hui disparu, ont laissé derrière eux des milliers de peintures et de gravures qui témoignent de la richesse du patrimoine d'art rupestre africain. Des scientifiques français et sud-africains ont analysé, *in situ*, les pigments de ces peintures à l'aide d'un spectromètre Raman.

Cette technique d'analyse, qui ne détériore pas l'œuvre, devrait permettre de recueillir des informations sur la création et la symbolique des sujets peints.

## TÉLÉVISION

### Les Premiers Européens

Diffusion le samedi 5 juin à 16 h 45 et à 17 h 30 sur Arte (2 x 43 min).

À visionner pendant une semaine sur <http://plus7.arte.tv>

Un documentaire en deux parties, réalisé par Alex Clévenot.

Produit par Arte GEIE, INA, CNRS Images, Inrap et Images Plus.

Quelle est l'histoire des espèces humaines qui ont peuplé le continent européen ? Comment ont-elles façonné les différentes sociétés européennes d'aujourd'hui ? Voyagez à travers les grandes étapes culturelles, économiques, politiques, religieuses, artistiques et techniques qui ont fondé l'identité des peuples européens en Grèce, en Finlande, au Portugal, en Espagne, en Europe centrale, en Pologne et dans les îles Britanniques. Grâce aux dernières recherches scientifiques et à un scénario original, plongez dans le destin de l'homme de Neandertal et de l'*Homo sapiens*, entre – 1,8 million d'années à – 20 000 ans. Puis, de – 20 000 à – 2 500 ans, découvrez comment les évolutions et les mutations ont transformé un monde de chasseurs-cueilleurs en un monde de sédentaires.



© INA, ARTE, CNRS Images, INRAP

## PODCASTS

### Un monde vivant. Histoires de biodiversité

Réalisation de Sophie Bensadoun. Direction scientifique de Franck Courchamp, du laboratoire Écologie, systématique et évolution (Unité CNRS/ Université Paris-XI). Produit par CNRS Images.  
[www.cnrs.fr/biodiversite2010/](http://www.cnrs.fr/biodiversite2010/)

Six chercheurs issus de différentes disciplines – paléontologie, économie, écologie, biologie de la conservation, philosophie et ethnologie – se relaieront à partir du mois de juin dans une collection de podcasts vidéo (19 x 3 min environ) pour nous parler de la biodiversité, de sa valeur ou encore de l'extinction et de la conservation des espèces. Ces films courts tournés en pleine nature et illustrés d'archives seront mis en ligne sur le site du CNRS.


# ÉTONNANTES IMAGES

## Trompe-l'œil

Horreur! Un monstrueux serpent bedonnant à cause du copieux repas qu'il n'a pas encore digéré! Mais non... Il s'agit simplement d'un morceau de l'aile d'un papillon *Epiphora albida* croisé par les chercheurs du laboratoire Évolution, génomes et spéciation, du CNRS, en mission en Ouganda.

La remarquable parure de cet insecte d'une dizaine de centimètres évoque en effet la silhouette d'un serpent, de la tache noire faisant croire à un œil jusqu'aux détails suggérant des écailles ventrales. Ces signaux visuels de mimétisme sont souvent utilisés par les animaux, ainsi que par les plantes, afin d'effrayer ou de troubler un éventuel prédateur. Celui-ci se trouve alors complètement déconcerté lorsqu'il fait face, comme ici, à des yeux disposés de façon très offensive, et à une proie qui semble renverser les rôles... et devenir prédateur. **C. Z.**





En 2010

Le **CNRS** recrute  
**500 ingénieurs, techniciens**  
et **personnels administratifs (f/h)**,  
du BEP au doctorat.

Le **CNRS**  
recrute aussi dans le cadre  
de sa **campagne handicap**  
**annuelle**

Clôture des inscriptions  
16 juillet 2010

**cnrs**

www.cnrs.fr

Pour vous inscrire : [www.cnrs.fr](http://www.cnrs.fr)

Début des inscriptions : 3 juin 2010

Clôture des inscriptions : 9 juillet 2010 à 17 h