

Le
journal
du

CNRS

N° 246-247 JUILLET-AOÛT 2010



Qui étaient vraiment

les Gaulois ?



IN SITU

Entretien avec Xavier Inglebert

Une nouvelle politique pour
les ressources du CNRS



BIODIVERSITÉS

du 20 au 31 octobre 2010
exposition, animations, conférences
dans les jardins du Trocadéro - Paris

www.cnrs.fr/expobiodiversites

ENTRÉE LIBRE



TOUT S'EXPLIQUE

Fabienne Chauvière
à 14h en août

FRANCE INTER LA DIFFÉRENCE
franceinter.com

© Christophe Abramowitz

sommaire

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 Ravaut
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
Kheira Bettayeb
Jean-Philippe Braly
Caroline Dangléant
Denis Delbecq
Sebastián Escalón
Grégory Flechet
Mathieu Grosseau
Samuel Guittou
Mathieu Hautemulle
Román Ikonicoff
Geneviève Mahistre
Xavier Müller
Marion Papanian
Philippe Testard-Vaillant

Secrétaire de rédaction :

Isabelle Grandrieux
Conception graphique :
Céline Hein
Iconographe :
Cecilia Vignuzzi

Couverture :
Cuirasse conservée au Musée d'archéologie nationale de Saint-Germain-en-Laye, L. Hamon/RMN ;
F. Plas/CNRS Photothèque

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.

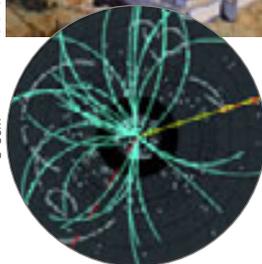


© H. Raguet/CNRS Photothèque

VIE DES LABOS > La nature archive les secrets des hommes, p. 6



© J.-C. Golvin



© Cem

ZOOM >
Un été chargé pour les particules, p. 28



© C. Zannettacci/Musée du quai Branly

IN SITU > Pari gagné pour le musée du quai Branly, p. 36

VIE DES LABOS P. 6

> REPORTAGE

La nature archive les secrets des hommes

> ACTUALITÉS P. 8

Les derniers résultats de la recherche

> MISSION P. 13

Plongées en série dans les abysses

INNOVATION P. 14

Venir se former au CNRS

PAROLE D'EXPERT P. 16

Les dérives de la finance mondiale
Entretien avec André Orléan

JEUNES CHERCHEURS P. 17

Une sociologue au commissariat
Portrait de Geneviève Pruvost

L'ENQUÊTE P. 18

Qui étaient vraiment les Gaulois ?

Un peuple pas si barbare > 19
Comment César a conquis la Gaule > 23
Ce que Rome a vraiment changé > 25

ZOOM P. 28

Un été chargé pour les particules

RENCONTRE AVEC P. 31

Les maths dans la peau
Portrait d'Alessandra Carbone

IN SITU P. 32

Le CNRS mobilise ses ressources
Entretien avec Xavier Inglebert, directeur général délégué aux ressources du CNRS

Pari gagné pour le musée du quai Branly P. 36

GUIDE P. 38

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



UNE ALLIANCE POUR LES SCIENCES HUMAINES

Une cinquième alliance pour la recherche autour des sciences humaines et sociales (SHS) a vu le jour le 22 juin dernier. Les quatre membres fondateurs de cette alliance, baptisée Athena, sont le CNRS, la Conférence des grandes écoles (CGE), la Conférence des présidents d'université (CPU) et l'Institut national des études démographiques (Ined). Athena a pour objectif d'améliorer la coordination entre les acteurs français des SHS et de bâtir une réflexion prospective à long terme pour répondre aux attentes de la société. Président du CNRS, Alain Fuchs présidera cette alliance.

DR



→ L'ÉVÉNEMENT

Un nouveau directeur pour l'Insu

Jean-François Stéphan vient d'être nommé directeur de l'Institut national des sciences de l'univers (Insu) du CNRS. Il remplace Dominique Le Quéau, à la tête de l'Insu depuis 2006. Professeur à l'université de Nice-Sophia Antipolis au sein de l'unité GéoAzur, partie prenante de l'Observatoire de la Côte d'Azur, Jean-François Stéphan est spécialiste de la tectonique et de la géodynamique des chaînes de montagne récentes. Né en 1949, il a débuté sa

carrière scientifique au CNRS en 1977, à Paris, puis à Brest. Devenu directeur de recherche en 1986, il quitte la Bretagne pour la Côte d'Azur et intègre l'Institut de géodynamique, à Nice, dont il devient le directeur de 1989 à 1995, tout en rejoignant l'université. Médaillé de bronze du CNRS en 1985 et lauréat du prix James-Hall, de l'Académie des sciences, Jean-François Stéphan est coauteur d'environ 150 publications, dont près de 60 dans des revues internationales.

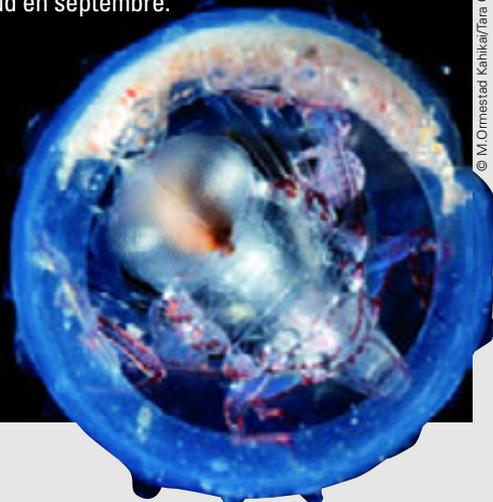
→ LE SUCCÈS SCIENTIFIQUE

Premiers résultats pour Tara Océans

Des virus et des gènes inédits, une nouvelle espèce animale, des détails précieux sur les courants... Les "marins-chercheurs" de la mission Tara Océans ont tout lieu de se réjouir. Après neuf mois passés en mer, ils ont déjà obtenu une belle moisson de résultats. Entamée le 5 septembre 2009, l'expédition Tara Océans a pour objectif l'étude des écosystèmes marins planctoniques. Comme le rappelle Eric Karsenti, chercheur du CNRS au Laboratoire européen de biologie moléculaire (EMBL) et codirecteur de la mission, « *les micro-organismes marins sont très peu étudiés. Or ils sont un marqueur important de l'état des océans et du climat : ils contribuent pour moitié à la production de l'oxygène que nous respirons, ils piègent le dioxyde de carbone, donc participent à la régulation climatique, et ils sont bien sûr la base de la chaîne alimentaire* ». Fruit d'une collaboration entre partenaires privés et publics, Tara Océans s'organise autour du voilier *Tara*, qui va parcourir 150 000 kilomètres en trois ans. Un tour des mers qui a débuté par la côte Atlantique (*Tara* a appareillé à Lorient), la Méditerranée et l'océan Indien. Chaque mois, plus d'une tonne d'échantillons vivants sont envoyés à terre, où une vingtaine de laboratoires prennent le relais des scientifiques à bord. Déjà, de nouvelles espèces de virus bactériens ont été identifiées. Le séquençage massif de l'ADN

des organismes recueillis, effectué au Genoscope, à Évry, a montré que plus de 90 % de leurs gènes n'avaient jamais été rencontrés auparavant. Une nouvelle espèce d'*Amphioxus*, petit animal au corps allongé et transparent, a été découverte. Et, si la biologie marine est à l'honneur, l'océanographie physique n'est pas en reste. Grâce à une flotte de six *gliders* – des planeurs sous-marins – les scientifiques ont pu caractériser avec un niveau de détail jamais atteint un petit tourbillon au sud de Chypre. Une expérience qui, en étant renouvelée au fil du périple, permettra de mieux cerner les structures océaniques qui séparent les écosystèmes marins. Stationné tout l'été au Cap, en Afrique du Sud, pour y subir une révision complète, le navire entamera sa traversée de l'Atlantique sud en septembre.

© M. Ormestad Kahika/Tara Océans



Julia Kempe, une Femme en or

Julia Kempe, 36 ans, informaticienne à l'interface entre la physique et les mathématiques, a reçu le trophée Femme en or 2010 dans la catégorie recherche. Berlinoise d'origine russe, cette spécialiste du calcul quantique conçoit des algorithmes destinés aux ordinateurs quantiques. En 2001, elle devient chargée de recherche au CNRS, au Laboratoire de recherche en informatique (LRI)¹. Depuis 2007, elle était détachée à l'université de Tel Aviv, en Israël.



© Femme en or 2010

Mais, depuis le mois de juin, elle est de retour au LRI. Julia Kempe avait notamment été distinguée en 2006 par le prix Irène-Joliot-Curie de la Jeune Femme scientifique et par la Médaille de bronze du CNRS².

1. Laboratoire CNRS / Université Paris-XI.
2. Lire « Héroïne de comptes quantiques », *Le journal du CNRS*, n° 207, p. 36.

À la base de la chaîne alimentaire et associés à de nombreux processus physico-chimiques, les micro-organismes marins nécessitent une étude approfondie.



© N. Tiger/CNRS Photothèque

Patrice Bourdelais

Directeur de l'Institut des sciences humaines et sociales (INSHS) du CNRS

Le CNRS, acteur majeur de l'archéologie française

Avec ce numéro du *Journal du CNRS*, vous allez changer d'avis sur les Gaulois. Ils n'étaient pas les barbares que trop de livres d'histoire se sont plu à conter ; ils avaient au contraire atteint un haut niveau de civilisation. Ce degré de sophistication n'aurait jamais été révélé sans les fouilles menées en France par les archéologues, en particulier ceux du CNRS. Il est aujourd'hui indéniable que la contribution de l'organisme à l'archéologie française est majeure, du fait non seulement des 300 chercheurs et des 350 ITA engagés dans les 36 unités dont c'est le domaine principal d'action, mais aussi des caractéristiques transversales de la discipline et des techniques qu'elle mobilise.

Preuves de cette transversalité : le Laboratoire du centre de recherche et de restauration des musées de France, spécialisé dans la caractérisation des matériaux, dépend de l'Institut de chimie (INC) du CNRS, et le Laboratoire de mesure du carbone 14, où s'effectuent les datations grâce au spectromètre de masse par l'accélérateur Artemis, relève, lui, de l'Institut national des sciences de l'univers (Insu). Six autres unités, tournées vers le paléoenvironnement et la Préhistoire, travaillent dans le cadre de l'Institut écologie et environnement (Inee). L'Institut des sciences humaines et sociales (INSHS) anime par conséquent les 28 autres unités – de la Préhistoire au Moyen Âge, voire au-delà –, sans compter les Maisons des sciences de l'homme (MSH) très fortement tournées vers l'archéologie.

À ce réseau déjà dense s'ajoutent les 10 Unités mixtes des instituts français à l'étranger (Umifre), en cotutelle avec le ministère des Affaires étrangères et européennes, dans lesquelles l'archéologie est très présente, voire prédominante. Nos équipes quadrillent ainsi le territoire français et sont présentes sur le pourtour du Bassin méditerranéen et sur tous les continents par le biais de

conventions avec l'École française d'Extrême-Orient (EFEO), l'Institut français d'archéologie orientale, l'École française d'Athènes, l'École française de Rome, la Casa de Velázquez... Une présence française s'illustrant par des fouilles et souvent doublée d'une mission de formation auprès des étudiants locaux.

Peu présente à l'université, l'archéologie se fait donc essentiellement dans les UMR et certaines disciplines, comme l'archéologie extra-européenne ou l'archéométrie, ne sont même guère pratiquées qu'au CNRS. Évidemment, l'organisme n'agit pas seul. En France, le multipartenariat est de mise. Le ministère de la Culture et de la Communication assure la cotutelle de certaines UMR et une convention unit le CNRS et l'Institut national de recherches archéologiques préventives (Inrap). Et les collectivités locales et territoriales contribuent parfois au financement de chantiers de fouilles, voire de Maisons de l'archéologie, ainsi qu'à celui des musées.

Sur le plan scientifique, le Comité de l'archéologie, instance consultative adossée à l'INSHS du CNRS, constitué de personnalités compétentes des différents domaines culturels et de représentants des ministères impliqués et du Centre national de la recherche archéologique, s'efforce d'assurer une meilleure fluidité entre les diverses communautés institutionnellement dispersées, de faciliter les collaborations transversales en France et à l'étranger. Il a récemment participé au comité d'organisation du colloque L'Archéologie en mouvement : hommes, objets, espaces et temporalités, qui s'est tenu à la fin du mois de juin au siège du CNRS. Un colloque à succès où a été prise la mesure des mutations récentes de la discipline, des avancées techniques et des risques d'émiettement, et où ont été discutées les grandes directions de recherche à privilégier au cours des années prochaines.

Cet éditorial a été coécrit avec Sophie Archambault de Beaune, directrice adjointe scientifique à l'INSHS.

ARCHÉOZOOLOGIE

La nature archive les secrets des hommes

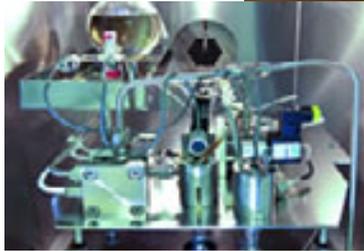
Du 23 au 28 août, Paris accueille le 11^e Congrès mondial d'archéozoologie, soutenu par le CNRS. Très impliqués, les chercheurs du laboratoire Archéozoologie, archéobotanique¹ nous font découvrir leur spécialité, qui reconstitue les relations entre l'homme et son environnement.

L'homme façonne la nature depuis qu'il a troqué son statut de chasseur-cueilleur nomade pour celui d'agriculteur sédentaire, il y a près de 10 000 ans. Comprendre cette métamorphose radicale de mode de vie et

étudier son impact sur la biodiversité sont les deux principales missions de l'archéozoologie des périodes récentes. « *En abordant l'archéologie d'un point de vue biologique, nous nous efforçons de nourrir l'histoire des sociétés humaines et de leurs interactions avec la biodiversité et l'environnement* », précise Jean-Denis Vigne. Directeur de recherche au CNRS, ce paléontologue dirige depuis 2002 le laboratoire Archéozoologie, archéobotanique : sociétés, pratiques et environnements, installé dans un pavillon du Muséum national d'histoire naturelle. Pour commencer la visite, direction l'ostéothèque. Cette vaste salle ornée de crânes de mammifères est un lieu incontournable pour les spécialistes des ossements. La collection comporte plus de 1 200 spécimens de référence. Affairée devant sa paillasse, Stéphanie Bréhard tente justement de faire parler des restes d'animaux provenant du fossé d'une enceinte d'un village du Néolithique² découvert en Charente. « *Sur cette mandibule de putois, les dents sont carbonisées et la mâchoire a été volontairement désarticulée comme en attestent les traces de découpe proches de l'articulation*, constate la jeune archéologue. *Cela indique que l'animal a été préparé avant d'être cuit et probablement consommé.* » De telles observations peuvent sembler anecdotiques. Pourtant, seules l'archéozoologie et l'archéobotanique, son pendant pour le règne végétal, sont capables de fournir des éléments d'information sur le mode de vie très peu documenté des premières civilisations humaines.

FAIRE PARLER LES OSSEMENTS D'ANIMAUX

Certaines de ces découvertes vont même parfois jusqu'à remettre en cause des consensus scientifiques que l'on croyait établis pour des années. En étudiant les dents de chevaux retrouvées parmi les vestiges archéologiques d'un campement du peuple botai



L'analyse des particules d'os par le spectromètre fournit des informations sur le régime alimentaire de leurs propriétaires.



au nord du Kazakhstan, Robin Bendrey a ainsi pu établir que des cavaliers parcouraient les steppes d'Asie centrale dès 3 600 ans avant notre ère, soit un millénaire avant la période habituellement associée aux prémices de la domestication équine : « *L'une des prémolaires retrouvées sur place portait des traces d'usure symétriques*, se souvient le chercheur britannique, en postdoc au laboratoire. *Seul le mors que les cavaliers utilisent pour diriger leur monture pouvait avoir occasionné de telles usures de l'émail de la dent.* »

Ainsi, l'étude de la forme et des altérations des ossements d'animaux en laboratoire, la morphométrie, demeure une part incontournable du travail d'investigation de l'archéozoologie. Toutefois, elle n'est pas la seule, comme le souligne Jean-Denis Vigne : « *Notre participation aux fouilles reste indispensable pour pouvoir appréhender le contexte d'origine et la provenance des matériaux que nous allons ensuite étudier.* » D'autres techniques d'analyse poussées viennent ensuite compléter la panoplie des scientifiques. C'est le cas du spectromètre de masse isotopique. Avec cet appareil qui permet de mesurer les concentrations infinitésimales des isotopes stables d'atomes emprisonnés dans les os ou dans l'émail des dents, il est désormais possible de déterminer les variations saisonnières

La carbonisation partielle (partie sombre) d'une des dents de cette mandibule de putois indique que l'animal a très certainement été cuit avant d'être consommé.



Les prélèvements de poudre d'émail dentaire, ici sur une défense de cochon gaulois du I^{er} siècle av. J.-C., serviront à établir sa composition isotopique en carbone et en oxygène.



© Photos : H. Raguère/CNRS Photothèque



À la différence de l'humérus intact de tortue marine actuelle (en haut), celui d'un individu tué sur la côte est du Nicaragua il y a 2 500 ans présente des traces très nettes de découpe bouchère.

Sur l'île d'Attu, au cœur de l'archipel des Aléoutiennes, dans le Pacifique nord, des chercheurs fouillent une habitation dans un village de chasseurs.

du régime alimentaire des animaux qui ont accompagné les premiers éleveurs du Néolithique.

ÉTUDIER LES MODES ALIMENTAIRES

C'est d'ailleurs à l'aide de cette méthode d'analyse que Marie Balasse et Anne Tresset, archéozoologues spécialistes de l'élevage préhistorique, sont parvenues à démontrer que certains moutons d'Écosse se nourrissaient d'algues il y a plus de 5 000 ans : « Un tel régime alimentaire implique une modification physiologique importante du système digestif de l'animal, commente la première. Avant cette découverte, nous pensions qu'il était apparu bien plus tard dans l'histoire de l'élevage ovin, certains écrits faisant remonter la pratique au haut Moyen Âge³. » Pour bousculer ce dogme, la chercheuse a passé au crible du spectromètre de masse isotopique les échantillons d'émail de dents de moutons retrouvés sur un îlot des Orcades, un archipel localisé tout au nord de l'Écosse. Leur teneur relative en carbone 13, synonyme d'un régime alimentaire d'origine marine lorsqu'elle est très élevée, a pu être mesurée à intervalles réguliers sur une période d'un an et demi correspondant à la croissance complète d'une dent d'ovine. « En superposant ces valeurs avec celles obtenues pour la composition en isotopes stables de l'oxygène qui permet de déterminer la saisonnalité, indique Marie Balasse, nous avons pu montrer qu'un régime alimentaire de type marin apparaissait en hiver lorsque les pâtures ne permettaient plus de subvenir à l'alimentation du troupeau. » Cela ne peut signifier qu'une chose : au cours de la période hivernale, les moutons se nourrissaient d'algues, l'unique aliment végétal d'origine marine disponible sur les rivages de cet îlot isolé.

Reste maintenant à savoir si ces animaux les ont consommées spontanément en période de disette ou si les hommes les y ont incités. « Pour l'heure c'est difficile à dire, avoue la chercheuse, les algues marines ne laissant aucun vestige dans les contextes archéologiques. » Ce qui n'est heureusement pas le cas de tous les représentants du règne végétal, pour le plus grand bonheur des archéobotanistes comme Alexa Dufraisse. Cette biologiste qui a rejoint l'équipe de Jean-Denis Vigne au printemps 2009 s'est spécialisée dans l'identification des charbons de bois provenant de foyers préhistoriques : « La carbonisation n'altérant en rien l'agencement des cellules végétales, il est possible d'identifier l'espèce d'un arbre brûlé il y a des milliers d'années », assure la scientifique.

ÉVALUER L'IMPACT DES ACTIVITÉS HUMAINES

Les choses se compliquent lorsqu'il s'agit de déterminer l'âge ou les conditions de croissance d'un arbre dont la vie s'est achevée en feu de joie. Pour cela, les archéobotanistes ont besoin d'une section complète du tronc, seul moyen de compter de manière exhaustive les anneaux de croissance de l'arbre. Or un tel cas de figure ne se présente jamais avec les fragments de



© Biosphoto/J.-F. Heillo et N. Van Ingen

Tout comme leurs ancêtres des Orcades, les moutons de la race North Ronaldsay se nourrissent d'algues.

charbon de bois. Pour contourner cette difficulté, Alexa Dufraisse souhaite s'inspirer des méthodes de morphométrie mises au point par ses collègues archéozoologues : « En comparant la forme de sections partielles de troncs anciens carbonisés avec celles complètes d'arbres actuels de la même espèce, nous essayons de reconstituer les parties disparues reflétant l'histoire de l'arbre. » Si la technique s'avère concluante, elle devrait permettre d'affiner les connaissances sur l'exploitation sélective des forêts (choix de l'arbre en fonction de l'espèce et de l'âge, distance par rapport au village, gestion de l'espace forestier...) par nos ancêtres du Néolithique.

Situées à la croisée de disciplines qui n'étaient pas forcément destinées à coopérer, l'archéobotanique et l'archéozoologie sont aussi totalement en phase avec les préoccupations scientifiques actuelles. « Parce que notre travail consiste à comprendre et à mesurer l'impact des activités humaines sur les espèces animales et végétales, rappelle Jean-Denis Vigne, nous avons acquis une certaine légitimité sur des questions qui touchent à la conservation de la biodiversité. » Et, si la preuve est faite que la néolithisation et son cortège d'espèces domestiques (chèvres, vaches, poules) modifiaient déjà les équilibres écologiques de l'Europe préhistorique, son impact reste sans commune mesure avec les bouleversements provoqués par le basculement de notre espèce dans l'ère industrielle. Selon une étude menée au sein du laboratoire, cette dernière aurait cent fois plus contribué à l'apparition d'espèces invasives en Europe que toute la période du Néolithique.

Grégory Fléchet

→ En savoir plus :

Les Origines de Chypre (2009, 52 min), de Jean Guilaune, réalisé par Marc Azéma et produit par Passé simple et CNRS Images, http://videotheque.cnrs.fr/index.php?urlaction=doc&id_doc=2026

1. Unité CNRS / MNHN.
2. Le Néolithique est apparu à des périodes différentes selon les régions du globe : il y a environ 11 000 ans au Proche-Orient et autour de - 5500 avant J.-C. en Europe.
3. Il s'agit de la première partie de cette époque historique comprise entre 500 et l'an 1000 de notre ère.
4. <http://inpn.mnhn.fr/isb/index.jsp>

CONTACTS

Archéozoologie, archéobotanique : sociétés, pratiques et environnements, Paris

- Marie Balasse, balasse@mnhn.fr
- Robin Bendrey, bendrey@mnhn.fr
- Stéphanie Bréhard, brehard@mnhn.fr
- Alexa Dufraisse, dufraisse@mnhn.fr
- Anne Tresset, atresset@mnhn.fr
- Jean-Denis Vigne, vigne@mnhn.fr

PHYSIQUE

L'opacité n'est plus ce qu'elle était

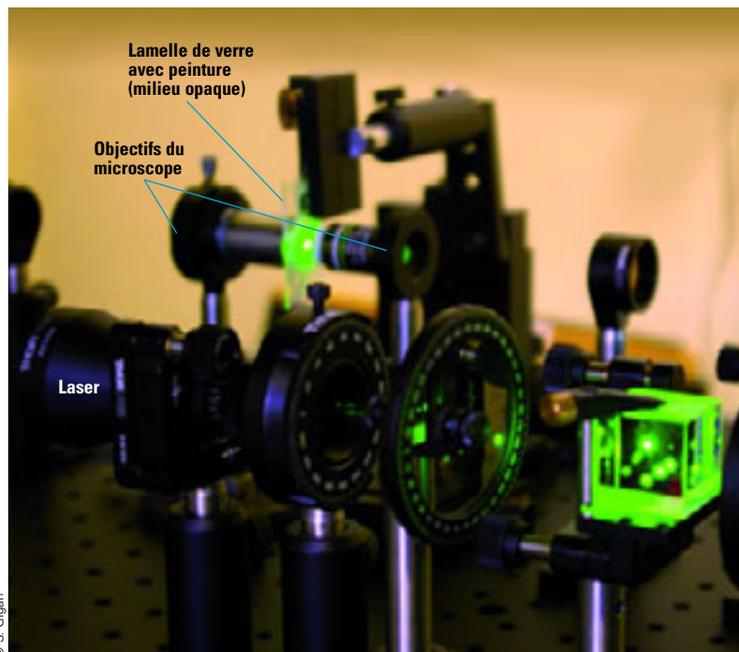
Voir à travers une couche de peinture est désormais possible ! Des chercheurs ont mis au point un dispositif capable de reconstituer une image à partir des ondes diffusées par un milieu opaque. Avec d'étonnantes applications à la clé...

C'est un peu comme si on avait réussi à percer le brouillard écossais, à l'épaisseur légendaire. Pour la première fois, des physiciens ont pu voir à travers un milieu prétendument opaque. Pas du brouillard, mais une couche de peinture suffisamment épaisse pour que toute lumière qui la traverse ne donne normalement qu'un halo lumineux. Grâce à une analyse ingénieuse de cette lumière, Sylvain Gigan et ses collègues de l'Institut Langevin¹ ont rendu cette peinture aussi transparente que du verre et ont pu observer un objet placé de l'autre côté.

Pour comprendre l'avancée de nos chercheurs, il faut d'abord revenir sur l'ambiguïté du mot opaque. Le brouillard, un verre de lait, une feuille de papier sont des matières qualifiées d'opaques. Toutefois, contrairement à un mur de béton, elles laissent passer les rayons lumineux. Mais le phénomène de diffusion de la lumière, qui transforme l'image d'un objet en une vague lueur, empêche de voir à travers. En effet, quand ils traversent le milieu diffusif, les rayons ne vont plus en ligne droite, comme dans l'air ou dans le verre, mais ricochent un peu partout, telles des balles de flipper, avant de ressortir. D'où l'hypothèse émise pour reconstruire l'image d'inverser mathématiquement le processus : en établissant les trajectoires des rayons à l'intérieur du milieu, on devrait pouvoir, à partir de la lueur observée, remonter le temps et déduire l'image de départ.

En fait, cette idée de reconstruire l'image en "débobinant" les rayons lumineux n'est pas nouvelle, mais elle se heurtait jusque-là à une difficulté expérimentale : la mesure de la matrice de transmission. « *La matrice de transmission indique comment se transforme le champ électrique de l'onde lumineuse en traversant le milieu* », explique Sylvain Gigan. Déterminez la matrice de transmission et vous saurez comment se propagent les rayons lumineux. Problème : la mesure de cette matrice, qui s'opère en éclairant le milieu avec un laser, exige d'être exhaustif. Il faut éclairer le milieu avec toutes les variantes de champ électrique possibles – il faut notamment pouvoir changer la "phase" du champ, autrement dit introduire un retard contrôlé sur l'onde lumineuse – et ce pour un grand nombre d'angles d'incidence de la lumière. Jusqu'à présent, personne n'avait pu réaliser de telles mesures, trop complexes.

« *Pour créer les différentes combinaisons possibles du champ électrique, nous avons utilisé un modulateur spatial de lumière*, révèle le chercheur,



c'est-à-dire un ensemble de cristaux liquides d'environ 1 million de pixels qui permet de contrôler, à volonté, la phase d'un laser pixel par pixel. » Le même type de modulateur, mais en plus basique, est employé dans la plupart des vidéoprojecteurs afin de former les images. Pour obtenir la matrice de transmission, Sébastien Popoff, doctorant, a envoyé la lumière issue du modulateur sur le milieu diffusif, une fine couche de peinture blanche déposée sur du verre, tandis que la lumière diffusée était recueillie par une caméra doublée d'un système dit d'interférométrie, nécessaire pour mesurer à la fois l'amplitude du champ électrique diffusé et sa phase. « *Ce sont ces deux dispositifs – modulateur et système d'interférométrie – qui nous ont permis de mesurer la matrice de transmission* », souligne Sylvain Gigan.

Une fois la matrice de transmission en main, reconstruire une image à partir de son halo diffus est un jeu, mathématique, d'enfant. Afin de valider leur montage expérimental, les chercheurs de l'équipe se sont concentrés sur des images ultrasimples composées d'un unique point lumineux. Après reconstruction, les lueurs captées par la caméra de l'autre côté de la peinture ont bien donné l'image originale, à savoir le point lumineux. Les chercheurs sont actuellement en train de tester la méthode de reconstruction sur des images plus complexes et sont confiants dans leur réussite.

Grâce à ce dispositif, on peut voir à travers une lamelle couverte de peinture. Pour l'heure, il permet de reconstituer des images simples, telles que celles d'un ou de deux points lumineux.

SANTÉ

Des pistes contre

La maladie de Crohn est une pathologie chronique très invalidante. Touchant surtout des jeunes adultes de 15 à 40 ans, elle se caractérise par des lésions inflammatoires récurrentes du système gastro-intestinal pouvant évoluer vers un cancer colorectal. À ce jour, il n'existe aucun traitement curatif. Une lueur d'espoir vient toutefois de naître grâce à une importante étude publiée par une équipe internationale incluant des chercheurs du CNRS¹. Celle-ci démontre l'implication d'une molécule active dans le noyau des cellules : le récepteur nucléaire PPAR-gamma (pour Peroxisome Proliferator-Activated Receptor gamma). S'ils

MATHÉMATIQUES

Une sacrée somme pour les nombres premiers

Euclide a prouvé qu'il en existait une infinité voilà déjà 2 300 ans. Pourtant, les nombres premiers occupent toujours les pensées des mathématiciens. La preuve, deux chercheurs de l'Institut de mathématiques de Luminy¹, Christian Mauduit et Joël Rivat, viennent d'élucider un problème concernant la somme des chiffres des nombres premiers. Concrètement, un nombre premier est un nombre qui ne peut pas être divisé autrement que par 1 ou par lui-même sans perdre son caractère entier. C'est le cas de 17 : il ne peut être divisé ni par 2, ni par 3, ni par 4..., ni par 16 sans conduire à un résultat avec des chiffres après la virgule. En 1968, le mathématicien russe Alexandre Gelfond émet une hypothèse, simple en apparence : si l'on additionne les chiffres d'un nombre premier quelconque, on a autant de chances de tomber sur un nombre pair qu'impair. Par exemple, la somme des chiffres du nombre premier 131 vaut 5 (1+3+1), qui est impaire. Celle de 1061, soit 8, est paire.

Ce que Gelfond a entrevu il y a quarante-deux ans, Christian Mauduit et Joël Rivat viennent de le démontrer, après plusieurs années de travail. Ainsi, dans l'ensemble des nombres premiers, il y en a autant dont la somme des chiffres est paire qu'impaire : on parle d'équipartition. En réalité, leur démonstration est plus générale, car elle concerne les nombres

premiers écrits dans n'importe quelle base (binaire, décimale, hexadécimale, etc.). La démonstration de 55 pages publiée dans la revue *Annals of Mathematics*² a autant de valeur que la découverte, pour l'archéologue, de la momie d'un pharaon égyptien, et sa portée se révèle importante. « Par exemple, indique Joël Rivat, la cryptographie, c'est-à-dire la sécurisation des communications numériques, étant fondée sur la théorie des nombres premiers, tout résultat dans ce domaine peut avoir des conséquences en informatique. » Et, au-delà des applications, ce résultat, comme tous ceux produits en mathématiques pures et a, estime Christian Mauduit, « une valeur esthétique qu'apprécient non seulement les mathématiciens mais aussi les amateurs des nombres ».

Román Ikonkoff

1. Unité CNRS / Université Aix-Marseille-II.
2. Christian Mauduit et Joël Rivat, « Sur un problème de Gelfond : la somme des chiffres des nombres premiers », *Annals of Mathematics*, vol. 171, n° 3, mai 2010, pp. 1591-1646.

CONTACTS

Institut de mathématiques de Luminy, Marseille

- Christian Mauduit
mauduit@iml.univ-mrs.fr
- Joël Rivat
rivat@iml.univ-mrs.fr

Encore à l'état de prototype, la technique pourrait servir à améliorer la microscopie des tissus biologiques, exemples types de milieux diffusants. Avec

l'appareil de l'Institut Langevin, on peut, dans l'avenir, espérer voir à l'intérieur d'échantillons de cellules comme en plein jour. « La principale limitation est la vitesse, nuance Sylvain Gigan. Il faut de quelques

secondes à quelques minutes pour récupérer la matrice de transmission, et une toute petite modification du milieu rend cette matrice inutile puisqu'elle ne décrit plus le nouveau système. Or un milieu biologique bouge en quelques millisecondes. » L'équipe étudie actuellement les potentialités offertes par les MEMS, des dispositifs électromécaniques miniatures, en particulier des panneaux de micromiroirs pilotés électriquement, pour concevoir des modulateurs plus rapides. Et, si vous vous demandez si l'on peut envisager de doter les voitures de systèmes de vision antibrouillard conçus à partir de la technique, voici les conclusions de notre chercheur : « Il y a six mois, j'aurais dit que c'était de la science-fiction, mais quand je vois les progrès récents des MEMS, je commence presque à être optimiste. »

Xavier Müller

1. CNRS / ESPCI ParisTech / UPMC (Paris-VI) / Université Paris-VII.

CONTACT

- Sylvain Gigan
Institut Langevin ondes et images, Paris
sylvain.gigan@espci.fr

la maladie de Crohn

aboutissent, ces travaux pourraient mener à un traitement évitant l'inflammation de la partie terminale de l'intestin, le côlon. Et ce dans quelques années seulement.

« Notre étude a mené à trois résultats importants », explique Mathias Chamaillard, chercheur au Centre d'infection et d'immunité de Lille². Tout d'abord, la production d'une protéine permettant de lutter contre divers micro-organismes – la β -défensine DEFBI – se révèle anormalement basse chez les malades au niveau des lésions intestinales. « La baisse de production de cette β -défensine serait responsable d'une prolifération de certains microbes à l'origine de la réaction

Schéma du rôle du récepteur PPAR-gamma dans le traitement de la maladie de Crohn.

inflammatoire nocive », précise Mathias Chamaillard. Ensuite, la fabrication de cette protéine apparaît liée à l'activation d'une autre molécule, le fameux récepteur nucléaire PPAR-gamma. Ainsi, des souris modifiées génétiquement pour ne pas exprimer ce récepteur présentent aussi une faible quantité de β -défensine dans leur côlon.



© M. Chamaillard

de DEFBI. Celle-ci pourrait arriver dans cinq ans, et non dans dix à vingt ans comme c'est courant avec ce type de recherche. Car, par chance, « on trouve déjà sur le marché pharmaceutique des agonistes de synthèse conçus pour stimuler PPAR-gamma et connus pour leurs propriétés anti-inflammatoires », indique le chercheur. Reste maintenant à élaborer un moyen pour délivrer ces agonistes au niveau du côlon des patients.

Khaira Bettayeb

1. *Proceedings of the National Academy of Sciences* du 26 avril 2010.
2. Unité CNRS / Inserm / Institut Pasteur de Lille / Universités Lille-I et -II.

CONTACT

- Mathias Chamaillard
Centre d'infection et d'immunité de Lille
mathias.chamaillard@inserm.fr

ASTRONOMIE

Il était une fois une étoile fugueuse...



© R. Genetier

Au centre de cette nébuleuse en forme de bulle bleue se trouve une étoile Wolf-Rayet, de même type que celle qui est peut-être à l'origine de la formation du système solaire.

de la superbulle de gaz brûlant associée. Dans ce cas, on peut imaginer qu'elle soit venue enrichir en aluminium 26 le nuage de gaz plus froid à partir duquel le Soleil, puis le système planétaire se sont formés ».

Le plus surprenant n'est pas là. En effet, les calculs des trois astrophysiciens indiquent que l'explosion en supernovae d'une étoile Wolf-Rayet en fuite aurait pu être à l'origine de la formation du nouveau système. Comment ? L'onde de choc engendrée par le cataclysme aurait provoqué l'instabilité gravitationnelle du nuage froid, puis son effondrement pour former une nouvelle étoile. « Un tel scénario

Des chercheurs viennent de proposer un nouveau scénario pour la formation du système solaire : sa naissance serait due à l'explosion d'une étoile massive.

Les astrophysiciens le savent grâce à l'analyse des éléments contenus dans les météorites : au moment de sa formation, il y a 4,6 milliards d'années, le système solaire contenait des noyaux radioactifs d'aluminium 26. Or la durée de vie moyenne de cet isotope n'est que de 1,03 million d'années. Preuve qu'il a nécessairement été produit en même temps ou très peu de temps avant la formation de notre étoile. Récemment, Vincent Tatischeff et Jean Duprat, du Centre de spectrométrie nucléaire et de spectrométrie de masse¹, en collaboration avec Nicolas de Séreville, de l'Institut de physique nucléaire d'Orsay², ont précisé les détails, selon eux, de cette synthèse. De façon surprenante, leur scénario implique que notre système planétaire aurait eu une enfance bien singulière. Qui en ferait même une exception dans l'univers.

Pour parvenir à cette conclusion, les trois chercheurs ont commencé par reconsidérer les différentes hypothèses expliquant la présence d'aluminium 26 dans le système solaire primordial. Ainsi, en 2007, ils ont montré que celle d'une synthèse *in situ*, c'est-à-dire par irradiation du gaz et de la poussière du disque protoplanétaire par des particules solaires de haute énergie, ne tenait pas. « Nos calculs montrent que l'énergie disponible

ne permet pas d'expliquer la quantité d'aluminium 26 déduite de l'analyse des météorites », révèle Vincent Tatischeff.

Dans ce cas, une seule solution : celui-ci a été synthétisé à l'extérieur du système solaire, puis incorporé à la nébuleuse primitive. En principe, rien à redire, puisque les spécialistes savent que certaines étoiles très massives libèrent une importante quantité d'aluminium 26 soit lors de leur explosion finale, soit juste avant, lorsqu'elles sont devenues des objets très chauds et lumineux appelés étoiles Wolf-Rayet. À cela près que ces astres "poids lourds" naissent au sein d'amas regroupant des centaines, voire des milliers d'étoiles. Or il règne en leur sein une telle activité qu'ils génèrent de gigantesques bulles de gaz chauffées à 1 million de degrés, appelées superbules, à l'intérieur desquelles nulle nouvelle étoile ne peut se former. La contamination de la nébuleuse protosolaire en noyaux d'aluminium 26 tout juste produits dans des étoiles massives avoisinantes semble donc difficile. Raison pour laquelle Vincent Tatischeff et ses collègues ont proposé une idée originale. Comme l'explique le scientifique, « sous l'effet d'un jeu de billard gravitationnel, il est possible qu'une étoile massive ait été éjectée de son amas d'origine, et donc

est compatible avec l'abondance primordiale en aluminium 26 du système solaire, souligne Vincent Tatischeff. Mais il montre aussi que la présence de cet isotope dans un système planétaire résulte de conditions exceptionnelles. » Et d'ajouter : « Sachant le rôle crucial joué par ce radioélément comme source de chaleur dans la formation des planétésimaux³, il est possible que la composition planétaire du système solaire soit elle aussi exceptionnelle ! » Hypothèse que des travaux en cours sur les autres isotopes à courte durée de vie dans le jeune système solaire viendront peut-être confirmer.

Mathieu Grousseau

1. Laboratoire CNRS / Université Paris-XI.

2. Laboratoire CNRS / Université Paris-XI.

3. Ces petits corps de quelques kilomètres de diamètre sont à l'origine des planètes.

CONTACTS

Centre de spectrométrie nucléaire et de spectrométrie de masse, Orsay

→ **Jean Duprat**
jean.duprat@cnsnm.in2p3.fr

→ **Vincent Tatischeff**
vincent.tatischeff@cnsnm.in2p3.fr

Institut de physique nucléaire d'Orsay

→ **Nicolas de Séreville**
deserevi@ipno.in2p3.fr

CHIMIE

Des électrons pris de vitesse

A l'intérieur d'une molécule, tout n'est pas figé. Lorsqu'elle perd ou gagne un atome par exemple, des réarrangements d'électrons surviennent en un temps record, de l'ordre de la centaine d'attosecondes (une attoseconde vaut 10^{-18} seconde). Vu la rapidité du phénomène, les physiciens n'avaient jamais pu observer ces déplacements intramoléculaires jusqu'à aujourd'hui. En réunissant l'expertise de cinq laboratoires, dont celui de Spectrométrie ionique et moléculaire (Lasim)¹, à Villeurbanne, une équipe européenne est parvenue à prendre de vitesse les électrons et à capturer leur mouvement lors de la dissociation d'une molécule de dihydrogène (H_2).

L'expérience se déroule en trois étapes. D'abord, une onde électro-

magnétique ultrabrève, d'une durée de 300 attosecondes, et énergétique est envoyée sur un gaz de H_2 . En interagissant avec une molécule, les photons associés à l'onde éjectent un électron et déstabilisent la molécule, qui commence à se briser. Après un court délai de quelques centaines d'attosecondes, une seconde impulsion ultrabrève vient "sonder" le réarrangement des électrons à l'intérieur de la molécule. Troisième phase, on reproduit l'expérience pour différents délais sur plusieurs centaines d'attosecondes. On obtient alors un film constitué de la succession d'images des différentes étapes qui mènent à la dissociation complète de la molécule. Simple sur le papier, cette caméra moléculaire a exigé plusieurs années de développement. Obtenir des impulsions

électromagnétiques attosecondes uniques, un détecteur à imagerie ultrasensible et une description théorique complète de l'expérience (1,5 million d'heures de calculs sur ordinateur ont été nécessaires pour cela !) figurent parmi les défis qu'ont dû relever les chercheurs.

L'observation de processus moléculaires à l'échelle de temps du mouvement des électrons est la première application de cette expérience d'imagerie attoseconde. Le contrôle de réactions chimiques en serait une seconde. C'est en effet un autre aspect de l'expérience internationale : la seconde impulsion ne se contente pas de sonder les électrons, elle est aussi capable d'influencer leur mouvement dans la molécule. « Dans une réaction où une molécule se fragmente suivant différentes voies

possibles, commente Franck Lépine, du Lasim, en manipulant les électrons et donc les liaisons chimiques lors de la réaction, comme on le fait dans notre expérience, il serait possible de choisir le chemin de fragmentation emprunté par la molécule. » Et donc d'augmenter le rendement de la réaction en favorisant la création de telle espèce chimique plutôt que de telle autre.

Xavier Müller

1. Unité CNRS / Université Lyon-I.

CONTACT

→ Franck Lépine
Spectrométrie ionique et moléculaire, Villeurbanne
franck.lepine@lasim.univ-lyon1.fr

IMAGERIE MÉDICALE

Un envoyé spécial en direct du foie

Un nouveau marqueur d'imagerie médicale, le Lactal, devrait considérablement améliorer le diagnostic et la prise en charge des troubles hépatiques. « En étant capté par les cellules saines du foie, le Lactal offre une image directe de leur activité », souligne Michel Bessodes, chimiste à l'Unité de pharmacologie chimique et génétique et d'imagerie (UPCGI)¹, qui a participé à sa mise au point². Un véritable progrès puisque, aujourd'hui, les médecins européens évaluent le fonctionnement de l'organe à l'aide d'une batterie de tests sanguins. Or les IRM ou scintigraphies obtenues grâce au Lactal permettraient au chirurgien de connaître la proportion de cellules du foie fonctionnelles et donc de décider si une ablation partielle suffit, si le patient peut attendre une thérapie ou bien si la greffe est nécessaire. Dans ce cas, en visualisant la reprise de l'activité hépatique chez le receveur, le Lactal permettrait au médecin de savoir

précisément quand arrêter les médicaments antirejets, un traitement extrêmement contraignant.

Le principe du Lactal repose sur l'un des rôles essentiels du foie : débarasser l'organisme des éléments toxiques ou des protéines dont il n'a plus besoin. Les cellules du foie – les hépatocytes – possèdent à leur surface des récepteurs capables de se lier à ces protéines. Si les récepteurs fonctionnent, les hépatocytes sont sains. Les scientifiques ont perfectionné une pratique déjà existante en Asie : utiliser une protéine, l'albumine humaine, marquée radioactivement pour visualiser les cellules fonctionnelles par imagerie médicale.

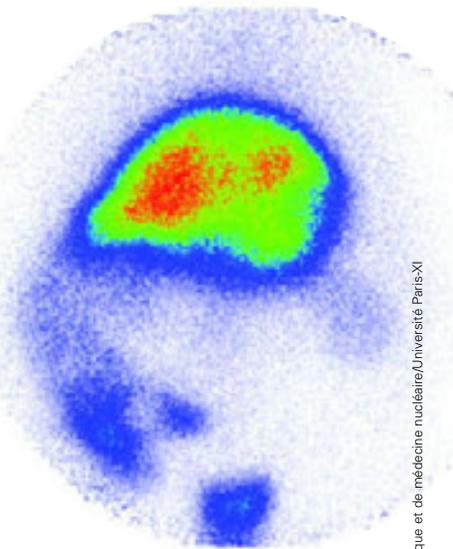
Si la théorie est relativement simple, la mise au point du marqueur, elle, est plus complexe. Et c'est là que les chercheurs de l'UPCGI, en collaboration avec le docteur Philippe Chaumet-Riffaud, de l'hôpital du Kremlin-Bicêtre, ont innové. « Nous avons mis au point une réaction chimique capable de doter l'albumine

de deux fonctionnalités en une seule étape : un ligand qui se lie à l'hépatocyte et un cryptant auquel s'attache la molécule radioactive », explique Nathalie Mignet, de l'UPCGI. La simplicité de cette réaction unique, réalisable à température ambiante et en seulement 45 minutes, rend le procédé robuste pour une fabrication à grande échelle. En outre, les images obtenues grâce au Lactal sont d'excellente qualité puisque, chez le rat, moins de 10 minutes après son injection par voie intraveineuse, 90 % du Lactal s'accumulent dans le foie. Après ces essais précliniques convaincants, l'équipe de scientifiques cherche une société pour continuer les tests et transférer leur technologie en vue d'une commercialisation.

Caroline Dangleant

1. Unité CNRS / Université Paris-V / Inserm / Chimie ParisTech.

2. Ces travaux ont été publiés dans la revue *Bioconjugate Chemistry* en mars 2010.



Comme le montre cette image prise chez le rat, le Lactal s'accumule très rapidement dans le foie (ici, en rouge et en vert).

© P. Chaumet-Riffaud/Service de biophysique et de médecine nucléaire/Université Paris-XI

CONTACTS

Unité de pharmacologie chimique et génétique et d'imagerie, Paris
→ Michel Bessodes
michel.bessodes@parisdescartes.fr
→ Nathalie Mignet
nathalie.mignet@univ-paris5.fr

INGÉNIERIE

Les chercheurs se jettent dans la mêlée

Un simulateur de mêlée de rugby, véritable arme secrète du XV de France, a récemment été mis au point grâce à l'idée d'un directeur de recherche du CNRS. « La mêlée, phase critique qui sert pour la remise en jeu du ballon, réclame énormément de finesse », explique Pierre-Paul Vidal, directeur du Centre d'étude de la sensorimotricité (Cesem)¹. Les poussées des

joueurs face à face, qui peuvent atteindre près de 3 tonnes, doivent en effet s'équilibrer. Sinon, la mêlée tourne ou casse, avec le risque qu'un des joueurs se brise le cou... Pour éviter cela, le joueur doit contracter les bons muscles parmi la trentaine qui contrôlent sa colonne cervicale, et ce en moins de 100 millisecondes. « Encore faut-il percevoir correctement les contraintes extérieures,

ajoute le chercheur, spécialisé en neurosciences. Or, lorsque l'on est immergé dans la mêlée, on se trouve justement privé de la plupart des informations sensorielles pertinentes, qu'elles soient visuelles, vestibulaires ou auditives. »

Avec Didier Retière, entraîneur de l'équipe de France, il a donc eu l'idée de fabriquer un simulateur pour que les joueurs puissent affûter leur savoir-faire. La machine a été conçue par un ingénieur qui souhaite garder l'anonymat, spécialiste des simulateurs de véhicule dans un groupe industriel français. Comme modèle, celui-ci s'est servi d'un simulateur de... tank! Le résultat final est un robot en forme d'hexagone d'environ 1,5 m de large, monté sur six vérins équipés de moteurs électriques, qui exerce une résistance dans toutes les directions où on le sollicite en à peine 1 milliseconde! Les efforts et les contraintes observés lors d'une vraie mêlée y ont été programmés après une modélisation effectuée par Didier Retière et Julien Piscione.

Ce dernier, responsable du pôle scientifique de la Fédération française de rugby, est aujourd'hui plus que convaincu du résultat. Infiniment plus réaliste que les jougs classiques, chars inertes que l'on pousse dans une seule direction, le simulateur réagit « comme une vraie mêlée » aux dires des joueurs de l'équipe de France, qui le plébiscitent. Et il permet d'introduire, en les dosant, les fameuses instabilités si périlleuses en situation réelle. Mieux encore : on pourra à l'avenir y programmer les caractéristiques d'une équipe adverse – posture des joueurs, morphologie, etc. – et simuler un match avant le match... La prochaine Coupe du monde aura lieu en Nouvelle-Zélande en septembre 2011. Les All Blacks n'ont qu'à bien se tenir!

Charline Zeitoun

1. Unité CNRS / Université Paris-V.



Les rugbymen français testent leur nouveau joug, un simulateur conçu pour la Fédération de rugby pour l'entraînement de la mêlée.

ENVIRONNEMENT

En route vers une voiture plus propre

Crisis environnementale et climatique obligent, si nous voulons continuer à rouler, pas d'autre solution que de limiter les émissions polluantes de nos moteurs à explosion. Plus facile à dire qu'à faire. Car, si leur principe est connu depuis le XIX^e siècle, le détail des centaines, voire des milliers, de réactions chimiques qui s'y produisent entre l'injection du combustible et le rejet des échappements est encore loin d'être une évidence pour les chimistes. Cependant, Frédérique Battin-Leclerc et son équipe, du Laboratoire réactions et génie des procédés du CNRS, à Nancy, ont franchi récemment une étape décisive dans cette direction¹. Un résultat qui vient d'être publié dans la prestigieuse revue *Angewandte Chemie*.

Plus précisément, les scientifiques ont identifié l'une des espèces chimiques clés à la source de l'auto-inflammation d'un carburant. De fait, les moteurs actuellement les plus prometteurs pour limiter la pollution, dits HCCI (*Homogeneous Charge Compression Ignition*), fonctionnent par compression d'un mélange homogène de carburant et d'oxygène qui s'enflamme spontanément. Or, comme l'explique Frédérique Battin-Leclerc, « pour concevoir au mieux ces moteurs, il faut connaître précisément à quel moment de la chaîne de réactions chimiques se produit le processus d'auto-inflammation ».

À dire vrai, les chimistes soupçonnaient depuis longtemps une famille d'hydrocarbures, les cétohydroperoxydes, d'en être à l'origine. Au

point d'en faire l'un des socles de leur description théorique de la combustion des hydrocarbures. Pour le prouver expérimentalement, les chimistes ont injecté en continu du butane et de l'oxygène dans un réacteur afin de reproduire les conditions qui, dans un moteur, précèdent tout juste la réaction d'auto-inflammation. « Toute la difficulté était alors de recueillir les espèces chimiques en présence, puis de les analyser, précise la scientifique. Ce que nous avons pu faire grâce à un appareillage de notre fabrication couplé avec des moyens d'analyse chimique de nos collègues chinois. »

Résultat des courses : l'intuition des théoriciens était la bonne. Si l'observation n'est donc pas une révolution conceptuelle, elle n'en demeure pas moins capitale pour

l'avenir de ce type de moteur. « C'est très rassurant quant à la validité des modèles théoriques que nous utilisons, se félicite la chimiste. Sans compter que ces expériences vont permettre d'affiner les paramètres d'entrée de ces modèles afin de les rendre encore plus réalistes. » De quoi aider à accorder, en pratique, liberté de mouvement et respect de l'environnement.

Mathieu Grousson

1. Ces travaux ont été menés dans le cadre d'un projet financé par le Conseil européen de la recherche, en collaboration avec une équipe chinoise de l'Université de science et technologie de Chine, à Hefei.

CONTACT

→ Pierre-Paul Vidal
Centre d'étude
de la sensorimotricité, Paris
pierre-paul.vidal@parisdescartes.fr

CONTACT

→ Frédérique Battin-Leclerc
Laboratoire réactions et génie
des procédés, Nancy
frederique.battin-leclerc@ensic.inpl-nancy.fr



© Ifremer/Nautille/Campagne Mescal 2010

OCÉANOGRAPHIE

Plongées en série dans les abysses

Durant les beaux jours, deux campagnes d'étude en mer explorent les fonds marins à la découverte des écosystèmes qui y fleurissent.

Les abysses n'avaient jamais vu un tel déferlement de chercheurs ! Deux missions internationales successives, dans le Pacifique est puis dans le golfe de Californie, baptisées Mescal (Milieux extrêmes : stratégies de colonisation et d'adaptation en environnement hydrothermal) et BIG (Biodiversité et interactions à Guaymas)¹ et auxquelles participent plusieurs laboratoires du CNRS, explorent les mystérieux écosystèmes du fond des océans. La première mission, Mescal, pilotée par le CNRS et l'UPMC (Paris-VI), s'est achevée le 30 mai après quarante jours passés à 250 milles nautiques des côtes mexicaines. À bord de l'*Atalante*, le navire de recherche de l'Ifremer, une quarantaine de chercheurs français, américains et autrichiens se sont penchés sur la faune habitant à 2 500 mètres de profondeur autour des sources hydrothermales de la dorsale océanique. Là, de l'eau se réchauffe dans la croûte terrestre en approchant du magma et rejaillit jusqu'à 400 °C de température. Mescal était constituée de deux volets. Le premier s'intéressait à un organisme emblématique de ces sources : *Alvinella pompejana*. Ce ver est un modèle de résistance aux environnements extrêmes : protégé par un tube de protéines, il s'épanouit à des températures supérieures à 100 °C dans une eau saturée en sulfures et dépourvue d'oxygène. L'un des objectifs de la mission était d'étudier ses mécanismes d'adaptation. Mais un autre aspect intéressait aussi les chercheurs : « *Alvinella*

est une espèce pionnière qui modifie les conditions thermiques et chimiques de son habitat, ce qui permet à d'autres espèces animales de le coloniser à leur tour », explique Nadine Le Bris, directrice du Laboratoire d'écogéochimie des environnements benthiques² et coordinatrice du premier volet de Mescal. Pour étudier cet organisme, les chercheurs ont procédé à diverses expériences *in situ* et dans des aquariums sous pression. Le second volet de Mescal était dirigé par François Lallier, du laboratoire Adaptation et diversité en milieu marin de Roscoff³. L'objectif était de mieux comprendre la relation symbiotique entre les bactéries qui puisent leur énergie de l'oxydation des sulfures qui se dégagent des sources hydrothermales et certains invertébrés comme le ver *Riftia pachyptila* et les bivalves *Bathymodiolus thermophilus* et *Calyptogena magnifica*. Ces animaux offrent aux micro-organismes un milieu stable et confortable où vivre et, en retour, ils s'en nourrissent. Cependant, bien des questions restent ouvertes à propos des symbioses qui ont permis à la vie de s'installer dans ces abysses. Par exemple, on ne connaît pas bien les mécanismes permettant aux organismes hôtes de contrôler les populations de bactéries qu'ils abritent. L'un des buts de Mescal était d'utiliser certains outils de la biologie moléculaire pour connaître en profondeur le fonctionnement de ces écosystèmes. Les chercheurs de Mescal à peine débarqués, ce sont les trente équipiers de la mission BIG qui ont pris place à bord de l'*Atalante* pour se diriger vers le bassin de Guaymas, dans le golfe de Californie, où ils vont rester jusqu'au 10 juillet. Cette zone possède aussi des sources hydrothermales. Mais tout près, on y trouve des sources froides : sous la pression des sédiments, des fluides riches en hydrocarbures légers comme le méthane s'extraient du fond de la mer. Ces composés chimiques, à l'instar des sulfures des sources chaudes, sont la source d'énergie des micro-organismes permettant l'éclosion de riches écosystèmes. « L'un des objectifs de la mission est de comparer les écosystèmes des sources hydrothermales et des sources froides », détaille Anne Godfroy, chercheuse au Laboratoire de microbiologie des environnements extrêmes⁴ et chef de la mission. Il y a beaucoup d'espèces proches dans ces deux milieux. Il y a aussi des similitudes de fonction : par exemple, dans les deux écosystèmes, on retrouve cette symbiose entre invertébrés et bactéries. Nous voulons mieux comprendre comment micro-organismes et animaux interagissent. » Vingt-neuf plongées du sous-marin *Nautille* sont en cours afin de réaliser des prélèvements d'organismes, des analyses chimiques *in situ* et des carottages dans les sédiments. Après ces deux missions qui auront permis de recueillir une infinité de données scientifiques, ce monde de silence devrait enfin parler un peu plus clairement aux chercheurs !

Au cœur des sites hydrothermaux explorés par la mission Mescal se niche *Riftia pachyptila*, un ver qui sert de refuge à toutes sortes de bactéries.

À l'aide de seringues en titane, les équipes de la mission BIG prélèvent des fluides hydrothermaux dans le golfe de Californie.



© Ifremer/Nautille/Campagne BIG 2010

Sebastián Escalón

1. La liste complète des partenaires des missions Mescal et BIG est disponible sur le site du groupement de recherche Ecchis (Biologie des écosystèmes chimiosynthétiques profonds), dont font partie les deux campagnes : www.sb-roscoff.fr/Ecchis/
2. Laboratoire CNRS / UPMC (Paris-VI).
3. Unité CNRS / UPMC (Paris-VI).
4. Unité CNRS / Ifremer / Université de Brest.

CONTACTS

- **Anne Godfroy**
Laboratoire de microbiologie des environnements extrêmes, Plouzane
anne.godfroy@ifremer.fr
- **François Lallier**
Adaptation et diversité en milieu marin, Roscoff
lallier@sb-roscoff.fr
- **Nadine Le Bris**
Laboratoire d'écogéochimie des environnements benthiques, Banyuls-sur-Mer
lebris@obs-banyuls.fr

TRANSFERT DE COMPÉTENCES

Venir se former au CNRS

Chaque année, CNRS Formation Entreprises propose des stages très variés à près de 1 000 ingénieurs et techniciens supérieurs. Son directeur, Michel Charles, nous fait découvrir ce service particulièrement apprécié des entreprises.

Que viennent chercher les sociétés auprès de CNRS Formation Entreprises ?

Michel Charles : La recherche menée au CNRS nécessite la maîtrise de savoir-faire particuliers, de techniques de pointe et de technologies émergentes, parfois développées par les laboratoires eux-mêmes. Autant de compétences fort utiles que souhaitent acquérir certaines entreprises pour leurs propres activités. C'est pourquoi nos formations s'adressent principalement aux ingénieurs

et aux techniciens supérieurs du secteur privé. Compte tenu de la très grande variété des activités menées au CNRS, les sociétés dans lesquelles ceux-ci évoluent couvrent des secteurs très divers : pharmacie, automobile, nutrition animale, environnement, cosmétique, agroalimentaire, énergie... La taille de ces sociétés varie également de la start-up de quelques salariés au grand groupe industriel en passant par la PME high-tech. Mais les stagiaires viennent aussi de collectivités territoriales, d'agences scientifiques, d'universités, des douanes, de la police scientifique, de la Direction générale de l'armement, d'organismes de recherche... et du CNRS bien sûr ! Source d'échanges fructueux, cette mixité est également gage de qualité et un formidable outil de communication pour la recherche publique.

Quels domaines couvrez-vous ?

M. C. : Les sujets abordés sont extrêmement nombreux et variés. En 2010, notre catalogue regroupe en effet 140 formations différentes, réparties en seize grandes thématiques. Impossible donc de les citer toutes, mais quelques exemples permettent de se faire une idée de la diversité de notre offre. Cela va des techniques utilisées au Synchrotron Soleil aux nanotechnologies appliquées à l'électronique en passant par le bien-être des animaux de laboratoire, la pratique du Web 2.0, la numérisation en trois dimensions, l'intelligence économique ou bien encore la photographie par cerf-volant et ballon captif. Certaines sessions regroupent des publics très différents. Consacrée aux moulages et dispensée dans un laboratoire de paléontologie, l'une d'entre elles a déjà rassemblé un conservateur de musée, un constructeur d'appareils ménagers... et un fabricant de santons !

Comment se déroulent les stages ?

M. C. : Chacun d'entre eux est piloté par un responsable scientifique, avec l'accord du directeur de l'unité de recherche ou de service¹ dispensant la formation. Celui-ci pilote le stage et s'entoure d'autres spécialistes. Les stages se déroulent la plupart du temps en mode inter-entreprises, c'est-à-dire avec des salariés d'employeurs différents accueillis dans une de ces unités. Pour des questions de coût, de confidentialité et de sécurité, ils peuvent également

CNRS FORMATION ENTREPRISES EN CHIFFRES

Existe depuis 1972 sous sa forme actuelle / 140 formations différentes proposées en 2010 / 300 formateurs et 70 laboratoires d'une trentaine de villes mobilisés en 2010 / Près de 1 000 stagiaires par an / Une dizaine de places par session en moyenne / Durée des stages : de 3 à 5 jours en moyenne / Chiffre d'affaires en 2009 : 600 000 euros / Environ 200 sociétés clientes, avec 50 % de renouvellement par an / 40 d'entre elles ont envoyé des stagiaires sur au moins cinq des sept dernières années, procurant ainsi 80 % des recettes.

être dispensés au sein même d'une société qui en fait la demande. Dans certains cas, le contenu des stages peut être adapté *via* une déclinaison à la carte. En général, plus de 50 % du temps est consacré à la pratique. C'est l'une de nos spécificités, nos clients recherchant aussi à acquérir des savoir-faire "sur la paillasse". Enfin, CNRS Formation Entreprises fournit aux laboratoires une aide juridique, logistique, pédagogique et assure la gestion financière des formations.

Quelles sont les dernières nouveautés ?

M. C. : En 2010, près de trente nouveaux stages sont proposés : utilisation de Blue Gene, l'un des plus puissants supercalculateurs du monde, imagerie du cerveau humain, matériaux polymères, radioprotection, enjeu des nanomatériaux pour la santé, élevage et transgénèse de poissons modèles, transplantation de cellules embryonnaires dans le cerveau de souris... Grâce à ce catalogue vivant et diversifié, à la qualité de son contenu axé sur la pratique, à la mixité du public accueilli et à notre réactivité, CNRS Formation Entreprises est devenu un organisme extrêmement apprécié au fil des ans. En outre, hormis les salaires de ses trois agents, cette unité de service du CNRS ne coûte pas un centime d'euro public, et 80 % des revenus sont reversés aux laboratoires. Pour découvrir le catalogue des formations 2011, rendez-vous dès le 14 juillet sur notre site Web.

Propos recueillis par Jean-Philippe Braly

→ En ligne : <http://cnrsformation.cnrs-gif.fr/>

1. Ces unités doivent avoir le CNRS parmi leurs tutelles.



© C. Frétilly/CNRS Photothèque

CONTACT

→ Michel Charles
CNRS Formation Entreprises, Gif-sur-Yvette
michel.charles@cf.cnrs-gif.fr

TRAITEMENT DU LANGAGE

Vos courriels décryptés en temps réel

Questions, réclamations, opinions... Chaque jour, certaines entreprises sont confrontées à des milliers de messages de leurs clients, rédigés en langage courant et qui leur parviennent via les courriels, les SMS, les formulaires Web, les réseaux sociaux en ligne... Grâce au logiciel Feedback Analytics, de la start-up française Viavoo, elles peuvent désormais en analyser le contenu en temps réel ! Une prouesse rendue possible grâce à une collaboration étroite avec le laboratoire Lexiques, dictionnaires, informatique¹ (LDI). « Pour développer ce logiciel unique en son genre, Viavoo a embauché plusieurs diplômés du master pro TILDE², qui forme des linguistes informaticiens aux méthodes innovantes de traitement automatique du langage mises au point par le LDI », explique Salah Mejri, directeur du laboratoire.

Commercialisé depuis le début de l'année, Feedback Analytics est doté d'outils d'analyse sémantique et syntaxique très pointus, d'algorithmes avancés d'intelligence artificielle et

d'un moteur de traitement automatique du langage naturel. Orthographe et syntaxe approximatives, expressions populaires, mots à plusieurs significations ? Selon ses concepteurs, le logiciel "comprend" le sens de la plupart des messages, reconstitue les éléments implicites, une intention d'achat par exemple, et extrait les informations pertinentes en une fraction de seconde : produit ou service concerné, motif

d'insatisfaction, sentiment exprimé, date et lieu, étape dans la commande, point de vente, mention d'un concurrent... « Feedback Analytics trie instantanément les informations récoltées, dresse des statistiques et détecte tout phénomène atypique ou anormal, précise Thierry Desforges, président fondateur de Viavoo. À l'écran, une visualisation claire et centralisée des remontées clients permet à l'entreprise de réagir vite et bien, quel que soit le

canal d'origine des messages. Elle lui permet également de mettre un point particulier sous surveillance et de suivre sa réputation en temps réel. »

Destiné aux sociétés privées ou publiques ayant accès à un large public, le logiciel est déjà disponible en français, anglais, allemand, espagnol, italien, portugais, néerlandais et grec. Dans les prochains mois, Viavoo et le LDI devraient initier de nouvelles collaborations, notamment en ce qui concerne la compréhension automatique des textes.

Jean-Philippe Braly

→ En ligne : www.viavoo.com

1. Laboratoire CNRS / Université Paris-XIII / Université de Cergy-Pontoise.
2. Traitement informatique et linguistique des documents écrits. Master conçu par le LDI et dispensé à l'université Paris-XIII.



La start-up Viavoo propose aux sociétés l'analyse automatique des messages envoyés par leurs clients via le Net ou par SMS.

CONTACTS

→ **Thierry Desforges**

Viavoo, Boulogne-Billancourt
thierry.desforges@viavoo.com

→ **Salah Mejri**

Lexiques, dictionnaires, informatique,
 Villetaneuse
smejri@ldi.univ-paris13.fr

RECYCLAGE

Innoveox fait la peau aux déchets industriels

La technologie développée par Innoveox aurait sans doute plu aux alchimistes : un procédé capable de transformer n'importe quel déchet toxique liquide en eau pure et en composants recyclables, le tout sans polluer et en produisant de l'énergie. Destinée principalement aux déchets industriels liquides (huiles et solvants usagés, pesticides, déchets pétroliers, etc.), cette technologie est issue de travaux réalisés depuis les années 1990 à l'Institut de chimie de la matière condensée de Bordeaux¹ par François Cansell, aujourd'hui directeur de l'Institut polytechnique de Bordeaux.

Le procédé repose sur la réaction dite d'oxydation hydrothermale supercritique, une sorte de combustion

froide de la matière organique. À leur entrée dans l'unité de traitement, les déchets liquides sont chauffés à 250 °C et pressurisés à 221 bars, soit près de 220 fois la pression atmosphérique. Puis, ils sont soumis à trois injections d'oxygène qui vont entraîner progressivement la destruction des molécules par corrosion et entretenir la combustion qui dégage alors de la chaleur jusqu'à 550 °C. De telles conditions de température et de pression amènent les différents composants du liquide à leur état supercritique. Pour simplifier, cet état permet à l'oxygène de se dissoudre instantanément dans le liquide, où il peut alors corroder les différentes molécules. En une minute et avec une efficacité de 99,99 %, il ressort du système de l'eau, du

dioxyde de carbone (CO₂), des métaux et des minéraux oxydés sous leur forme la plus pure. Tous ces composants n'étant pas mélangés, ils peuvent même être recyclés. Un beau progrès écologique puisque les déchets toxiques industriels sont habituellement incinérés ou enfouis. « Ce procédé permet de transformer des produits dangereux comme les explosifs », s'étonne encore Jean-Christophe Lépine, président d'Innoveox. Le secret de la société repose sur les trois injections d'oxygène, un procédé breveté par le CNRS, qui permettent d'entretenir la combustion et de chauffer progressivement le système jusqu'à 550 °C. Sans cela, il faut des quantités d'énergie folles pour réaliser cette réaction d'oxydation hydrothermale supercritique.

Les coûts de traitement proposés par Innoveox sont donc tout à fait compétitifs. Pour ne rien gâcher, les appareils seront placés directement sur le site industriel, évitant le coût financier et environnemental de l'acheminement des déchets. Après deux ans d'existence, Innoveox s'apprête à installer ses premières unités de traitement. Avec ses airs de transmutation miraculeuse, le marché des déchets industriels dangereux ne devrait guère lui résister.

Caroline Dangleant

→ En ligne : www.innoveox.com

1. Unité CNRS.

CONTACT

→ **Jean-Christophe Lépine**

Innoveox, Paris
jclepine@innoveox.com



D'après © Centre Cournot

André Orléan, directeur de recherche CNRS au sein de l'unité Paris-Jourdan Sciences économiques¹ et membre du Conseil scientifique de l'Autorité des marchés financiers (AMF)

« *L'erreur a été de transposer la loi de l'offre et de la demande aux marchés financiers.* »

Les dérives de la finance mondiale

Alors que la Grèce fait face à une dette nationale qui la menace de faillite, la crise économique mondiale semble plus que jamais d'actualité. Rappelons qu'elle avait démarré aux États-Unis en 2007 à cause de prêts hypothécaires sur l'immobilier, les fameux subprimes. En quoi cette crise est-elle différente des précédentes ?

André Orléan : Les crises financières sont d'ordinaire localisées alors que la crise actuelle a touché l'ensemble des pays et des secteurs. C'est une conséquence directe de la mondialisation financière. Les titres immobiliers états-uniens se retrouvent dans le portefeuille de toutes les grandes institutions financières du monde. Celles-ci ont donc été affectées quand les prix de l'immobilier se sont mis à baisser. Il y a aussi une raison structurelle : le système financier est de plus en plus intégré. Cela signifie que ses différents acteurs, en premier lieu les banques, sont présents dans tous les secteurs : l'immobilier, les prêts à court terme, à long terme, les prêts aux entreprises, etc. Très homogènes, ces acteurs ont à peu près tous fait les mêmes choix et acheté les mêmes produits (actions, obligations, etc.). Or, comme l'a montré Darwin, l'absence de diversité rend une espèce très vulnérable face à une même menace. Les cinq banques d'investissement états-uniennes ont ainsi toutes disparu, par faillite, rachat ou reconversion. Cette homogénéisation est une conséquence directe de la concurrence financière dans un monde dérégulé : en l'absence de contraintes spécifiques, chaque

banque imite ses concurrents pour ne pas être distancée dans la course au profit.

Pourquoi le système financier était-il moins intégré auparavant ?

A. O. : Avant les années 1980, le système financier était beaucoup plus segmenté et contrôlé. Pour partie, c'était une conséquence de la crise de 1929 qui avait montré la dangerosité du laisser-faire. Aux États-Unis, par exemple, les banques d'affaires étaient séparées des banques de dépôt, en vertu du *Glass-Steagall Act* (1933), afin d'éviter de propager les crises des premières aux secondes. Et en Europe, en France notamment, il existait un fort cloisonnement : il y avait les banques agricoles, les banques immobilières, etc. Par ailleurs, divers taux d'intérêt étaient directement administrés par la puissance publique. Ce cadre réglementaire a progressivement été démantelé à partir du début des années 1980 au profit d'une politique libérale. Celle-ci était fondée sur les vertus supposées de la concurrence que l'on pensait stabilisante pour le système financier. Je pense que cette analyse est erronée.

Pourquoi le libéralisme des marchés financiers serait-il une erreur ?

A. O. : Selon les idées libérales, la concurrence permet l'autorégulation des marchés. Quand le prix d'un bien augmente, spontanément, sa demande diminue, ce qui a pour effet de freiner l'augmentation du prix et de le

ramener à sa valeur d'équilibre. C'est ce qu'on nomme la loi de l'offre et de la demande. Elle marche très bien pour les biens ordinaires. Si une pomme devient trop chère, vous achèterez une orange. C'est dans votre intérêt. Pas besoin d'intervention de l'État, le système s'autorégule. L'erreur a été de transposer cette analyse aux marchés financiers. Le problème est que, dans leur cas, une augmentation du prix des titres peut produire une augmentation de la demande ! Cela peut en effet attirer de nouveaux acheteurs qui font la supposition que le prix va continuer à croître et que cela leur apporterait d'importants profits en cas de revente. On note bien ici la différence avec les biens ordinaires achetés pour être consommés et non en vue d'une revente. En définitive, ce processus spéculatif peut conduire à des prix très hauts, ce qu'on appelle une bulle, ou inversement à des prix très bas, ce qu'on nomme un krach.

Cet automne, les banques qui ont survécu à la crise se sont rassemblées pour former des établissements encore plus grands. N'est-ce pas pire encore ?

A. O. : Tout à fait. Ces banques sont dites *Too big to fail*, trop grosses pour faire faillite, car cette faillite emporterait toute l'économie avec elle. Cela signifie qu'aucun État ne peut se permettre de les laisser sombrer en cas de crise et donc on les renfloue. En revanche, lorsqu'elles font des profits, elles les conservent. Cette situation est inacceptable, car elle pousse ces institutions à prendre de gros risques pour gonfler leurs profits, sachant qu'en cas de crise le contribuable viendra à leur rescousse. Il y a là une anomalie monumentale reconnue par tous les économistes. Les débats autour de la régulation financière tentent de trouver une réponse à ce phénomène *via* l'augmentation des fonds propres des banques qui permettrait une meilleure résistance aux chocs. Il me semble que le démantèlement pur et simple de ces conglomérats géants mériterait d'être considéré avec plus de faveur.

Propos recueillis par Charline Zeitoun

1. Unité CNRS / EHESS Paris / ENS Paris / ENPCP / Inra.

CONTACT

→ **André Orléan**

Paris-Jourdan Sciences économiques, Paris
orlean@pse.ens.fr

Geneviève Pruvost

Une sociologue au commissariat

En général, la sociologie s'intéresse plus aux victimes ou aux délinquants qu'à l'institution policière elle-même. » Qu'à cela ne tienne. Geneviève Pruvost, sociologue du CNRS au Centre de recherches sociologiques sur le droit et les institutions pénales (Cesdip)¹ de Saint-Quentin-en-Yvelines, a, elle, justement décidé, dès 1999, de travailler sur les femmes policières. Issue d'une famille d'enseignants (« à part un cousin germain qui fut brièvement gardien de la paix »!), la médaillée de bronze 2009 du CNRS se prédestinait pourtant au métier de professeur de littérature. Qu'elle exerce effectivement durant un an, après avoir intégré l'École normale supérieure et décroché l'agrégation de lettres modernes en 1995. Sauf qu'ensuite elle part aux États-Unis, où elle découvre la sociologie en l'enseignant dans ses cours d'« études culturelles² » à l'université de Duke, en Caroline du Nord. « Je me suis retrouvée à enseigner à la fois Bourdieu, Hugo, Ponge et Foucault, c'était passionnant », se souvient notre chercheuse. C'est aussi là qu'elle lit Judith Butler, pionnière du queer³ « pas du tout connue en France il y a douze ans ». De retour, la spécialiste de littérature française du XVIII^e siècle change son fusil d'épaule : « On m'a refusé les allocations de thèse alors que j'étais première de mon DEA,

du coup, j'ai quitté les lettres pour la sociologie. » Geneviève Pruvost, qui, aux États-Unis, a pris conscience qu'elle était « femme et blanche », envisage à ce moment de se consacrer aux manifestations féministes des années 1970. « Mais ma directrice de thèse au Centre d'étude des mouvements sociaux de l'EHESS, Rose-Marie Lagrave, m'en a dissuadée, confie-t-elle. Travailler sur le féminisme, un sujet plutôt mal vu à l'époque, aurait pu compromettre ma carrière. » Pourquoi la police alors ? « Je souhaitais aussi étudier la fonction publique, et les policiers ne sont pas des fonctionnaires comme les autres : ils cumulent des pouvoirs de coercition physique et juridique extraordinaires et n'ont pas le droit de grève. » La future sociologue a surtout envie de prendre en compte le genre, c'est-à-dire à la fois la situation des femmes dans l'institution et leurs relations avec les hommes. D'autant

« La féminisation de la police a permis aux femmes d'accéder à la violence légale via l'habilitation, toujours strictement contrôlée, à utiliser des armes. »

que, souligne-t-elle, « la féminisation de la police est atypique : dans l'histoire, elle a permis aux femmes d'accéder à la violence légale via l'habilitation, toujours strictement contrôlée, à utiliser des armes ». Autre élément singulier de la profession : si les femmes y sont victimes de discrimination, surtout dans le recrutement par le biais des barèmes sportifs, elles sont proportionnellement davantage représentées aux postes les plus élevés. Et elles sont à peu près 16 % à tous les grades. Geneviève Pruvost, 37 ans, a mis sept ans pour finir sa thèse : « Il fallait rassembler des données historiques et mener une enquête statistique que nous continuons d'exploiter. » Elle a, dans le même temps, été lauréate du Premier Prix de l'EHESS en 2006, publié deux ouvrages⁴ tout en enseignant la sociologie du genre à l'université d'Évry, une activité qu'elle entend

poursuivre « pour ne pas rester dans la tour d'ivoire du chercheur ». Dès la fin de sa thèse, elle a rejoint l'équipe pluridisciplinaire du Cesdip, sans perdre une seconde. Car le temps est une denrée précieuse pour cette jeune femme qui ne s'arrête jamais, et

qui nous a donné rendez-vous dans le train qui la conduit à son laboratoire. « Je file préparer un colloque sur la violence illégale des femmes : terrorisme, infanticide... », annonce-t-elle justement alors que nous arrivons en gare.

Stéphanie Arc

1. Unité CNRS / Ministère de la Justice / Université de Versailles-Saint-Quentin-en-Yvelines.
2. Courant de recherche qui traite de phénomènes culturels en se référant à la littérature, la sociologie, l'anthropologie culturelle, la philosophie, la médiologie, les arts...
3. La théorie queer, dans la lignée du féminisme et des mouvements lesbiens, gays, bisexuels et transsexuels, critique en particulier les identités sexuelle et de genre.
4. *Profession : policier. Sexe : féminin*, Éditions de la Maison des sciences de l'homme, 2007 ; *De la « sergote » à la femme flic. Une autre histoire de l'institution policière (1935-2005)*, La Découverte, 2008.



© G. Bridier/CNRS Photothèque

CONTACT

→ Geneviève Pruvost
Cesdip, Saint-Quentin-en-Yvelines
gpruvost@free.fr

Qui étaient vraiment **LES GAULOIS ?**

Les Gaulois, des barbares mal dégrossis ? Cette image d'Épinal, colportée dès les premiers temps de la conquête de la Gaule par Rome, au 1^{er} siècle av. J.-C., a largement été relayée pendant des millénaires. Au point que nombre d'entre nous considèrent encore les Gaulois comme un peuple de primitifs auquel les Romains auraient apporté les bienfaits de la civilisation. Or, pour les historiens et les archéologues, cette image a clairement fait long feu. Agriculture, artisanat, commerce, art... Les preuves que les Gaulois avaient atteint un haut degré de civilisation bien avant la conquête se multiplient. Alors qui étaient-ils vraiment ? Comment vivaient-ils ? Comment ont-ils été soumis par Rome et quelles ont été les conséquences de cette invasion ? Cet été, *Le journal du CNRS* fouille le passé de la Gaule.

Dossier réalisé par Philippe Testard-Vaillant



Reconstitution d'une armée de guerriers gaulois lémovices par la troupe Les Gaulois d'Esse.

UN PEUPLE PAS SI BARBARE > 19

COMMENT CÉSAR A CONQUIS LA GAULE > 23

CE QUE ROME A VRAIMENT CHANGÉ > 25



© M. Monéil

UNE FAUSSE IMAGE DE LA GAULE

Parler de “la” Gaule, en fait, prête déjà à discussion. Au 1^{er} siècle avant notre ère, à la veille de la conquête par Jules César, l’espace géographique très vaste englobant la France, la Belgique, le Luxembourg, une partie de l’Allemagne

et des Pays-Bas actuels est occupé par une mosaïque d’une centaine de peuples, de fédérations, d’associations et de petites collectivités, dont la taille, l’organisation politique et les relations avec Rome sont extrêmement diverses (lire l’encadré pp. 20-21). Dans la *Guerre des Gaules*, César simplifie à l’extrême cette situation par une formule célèbre : « *L’ensemble de la Gaule est divisé en trois parties.* » Dans cet espace qu’il

borne arbitrairement, les Celtes occuperaient un territoire allant de la Garonne à la Seine et du Rhin inférieur à l’océan Atlantique, les Belges se trouveraient au nord de la Seine et les Aquitains, entre les Pyrénées et la Garonne.

Après avoir longtemps accepté l’image de cette Gaule idéalisée par César, historiens et archéologues sont aujourd’hui plus sensibles à la variété des situations. De fait, chaque peuple-État, avide d’indépendance, dispose de son propre gouvernement et de sa propre armée. « *Il s’agit, la plupart du temps, de démocraties représentatives, dans lesquelles les lois et la désignation d’un magistrat civil et d’un stratège chargé des affaires de la guerre sont dévolues à deux assemblées : un sénat réservé à la noblesse et une assemblée civique, probablement héritière des rassemblements de guerriers des époques antérieures* », détaille Jean-Louis Brunaux, du laboratoire Archéologies d’Orient et d’Occident et textes anciens².

Un peuple pas si barbare

Pour des millions de Français, “nos ancêtres les Gaulois” ont le profil du débonnaire Astérix, du livreur de menhirs Obélix et de leurs compagnons un peu frustes. Sauf que, par Toutatis !, ces personnages hilarants, non plus que les barbares aux coutumes sanglantes que se sont souvent plu à dépeindre les textes anciens, n’ont pas grand-chose à voir avec ce que le monde de la recherche sait aujourd’hui des “vrais” Gaulois. « *Depuis deux décennies*, explique Pierre Ouzoulias, du laboratoire Archéologies et sciences de l’Antiquité¹, *archéologues et historiens s’emploient à montrer que l’opposition radicale entre des Romains civilisés et des Gaulois primitifs, martelée par le XVIII^e siècle (Voltaire, dans l’Encyclopédie, considère les Gaulois comme « la honte de la nature »), le Second Empire puis la Troisième République, est totalement caduque* », même si cet a priori

négligé colonise toujours certains manuels scolaires. La Gaule d’avant César « *n’était pas un territoire sauvage à l’écart de toute civilisation, mais un monde qui avait connu certains des processus évolutifs responsables, quelques siècles plus tôt, de l’émergence de la civilisation gréco-romaine* », renchérit Christian Goudineau, titulaire de la chaire d’antiquités nationales au Collège de France pendant vingt-cinq ans et combattant infatigable de cette rénovation historique. Occupation dense et valorisation des campagnes, structures et fonctions des agglomérations, haut niveau technique de l’artisanat, qualité des productions artistiques, importance de la religion, commerce intensif avec Rome... Les découvertes archéologiques de ces dernières années, auxquelles s’ajoutent les études menées en laboratoire (ostéologie, anthropologie...), ont renouvelé en profondeur la connaissance de la Gaule.

➤ Si la Gaule apparaît donc comme très divisée, la multitude de peuples qui la composent ont un point commun : qu'il s'agisse de l'agriculture, de l'urbanisme, du commerce ou encore de l'art, ils partagent un savoir-faire beaucoup plus avancé que ce que l'on pourrait se figurer. Revue de détail, agrémentée des dernières découvertes archéologiques.

L'AGRICULTURE

L'essor de l'archéologie de terrain permet de rejeter la vision archi-désuète de Gaulois chassant le sanglier dans des forêts profondes. Les massifs forestiers des Gaules sont sans doute moins vastes que ceux de la France de 2010. Depuis au moins le III^e siècle av. J.-C., les campagnes sont exploitées par un réseau dense de petites fermes et de grandes exploitations. Loin d'être archaïque, l'agriculture est l'activité économique numéro un et se caractérise par une maîtrise élevée de la culture des céréales (millet, orge, épeautre, blé...) et de l'élevage (bovidés, porcs, moutons, volailles...). Son bon niveau technique tient notamment à l'invention ou au perfectionnement d'outils agricoles (faux pour le foin, haches et serpes pour le bois...), les Gaulois excellant dans le domaine de l'extraction et de la transformation des minerais.

L'ARTISANAT

Hommes du métal, les Gaulois possèdent grâce à leur maîtrise de la sidérurgie une incontestable supériorité dans le domaine de l'armement et de la charronnerie (roues et caisses des voitures). À Bibracte, sur le mont Beuvray, à la limite entre les départements de la Nièvre et de la Saône-et-Loire, « un quartier d'artisans du métal est en cours de fouilles et nous permet de mieux comprendre l'organisation de ces ateliers », indique Jean-Paul Guillemet, du laboratoire Archéologie, terres, histoire, sociétés³. Les Gaulois sont aussi de remarquables charpentiers, menuisiers, layetiers (fabricants de coffres) et boisseliers (assembleurs de seaux et de baquets). Sous les mains de leurs potiers naissent toutes sortes de vaisselles. L'artisanat semble encore vivace dans des domaines touchant au travail des peaux et des fourrures (tannage, bourrellerie, cordonnerie...) et à celui des fibres, des écorces et des laines (corderie, tissage, vannerie...). « Les Gaulois ne savent pas souffler le verre, constate Jean-Paul Guillemet. Ils le travaillent pâteux pour façonner des parures, des bracelets et des perles. Et ils utilisent toutes les parties de l'os pour produire des dés à jouer, des boutons, des pendentifs, des décors de coffre, des manches d'outils... »

Ensemble de bijoux gaulois en verre datant du II^e ou du I^{er} siècle av. J.-C.



© H. Levandowski/RMN



Reconstitution d'une ferme gauloise de la fin de l'âge du fer (environ 800 à 50 av. J.-C.).

© A. Maillier/Bibracte



Cette calotte en bronze du IV^e ou du III^e siècle av. J.-C. a été mise au jour dans une rivière à Amfreville-sous-les-Monts (Eure).

© J. Schormans/RMN

LE COMMERCE VINICOLE

Les Gaulois sont de bons vivants qui raffolent des festins où le vin coule à flots, même si leurs boissons traditionnelles restent la bière et l'hydromel. Ce sont les marins commerçants grecs phocéens, qui fondent Marseille en 600 av. J.-C., qui leur ont fait découvrir ce nectar. Ces colons importent et redistribuent parcimonieusement des vins grecs et étrusques, mais ils cultivent aussi sur leur territoire un vignoble, d'abord pour leur consommation personnelle puis, dès le milieu du VI^e siècle av. J.-C. environ, pour la vente aux peuplades voisines. Les multiples pépins de raisins découverts dans le sous-sol de la place Jules-Verne, témoignent de ces plantations originelles. Le vin de Marseille s'empare du marché gaulois de la seconde moitié du VI^e siècle au IV^e siècle av. J.-C. À la fin du III^e siècle, au II^e et au I^{er} siècle av. J.-C., le monopole grec s'effrite tandis que « la côte tyrrhénienne se couvre de vignobles, explique Fanette Laubenheimer, du laboratoire

Archéologies et sciences de l'Antiquité. Pour répondre à la demande gauloise, la péninsule italienne se met à produire une quantité phénoménale de vin et à construire des bateaux énormes pouvant transporter jusqu'à 10 000 amphores ! » Des millions d'hectolitres de vin latin inondent la Gaule. « L'archéologie a identifié deux principaux axes de distribution, poursuit la chercheuse. Le premier, l'axe Aude-Garonne, dessert depuis Narbonne les territoires des Volques (l'actuel Languedoc) et des Rutènes (Aveyron, Tarn, nord de l'Hérault). Le second alimente la Gaule centrale et la Gaule du Nord par les vallées du Rhône et de la Saône. Et il semble que ce soit presque exclusivement des vins rouges et ordinaires que les Romains – qui, eux, préfèrent les blancs – exportent vers la Gaule. » Ainsi, le chargement de l'épave découverte au large du petit port de la Madrague de Giens, dans le Var, à la fin des années 1960, contenait du vin rouge provenant de la région de Rome.

L'ALIMENTATION

Quant aux métiers de bouche, l'étude des ossements d'animaux trouvés récemment à Titelberg, au Luxembourg, par l'archéozoologue Patrice Méniel, du laboratoire Archéologie, terres, histoire, sociétés, a mis en évidence des lieux d'abattage assimilables à des boucheries. On trouve par conséquent en Gaule la quasi-totalité des corps des métiers de bouche, qui subsisteront jusqu'à l'ère industrielle. Enfin, les populations côtières pratiquent la navigation et la pêche en haute mer. Des fouilles conduites au centre de l'île d'Ouessant, en Bretagne, par Jean-Paul Le Bihan, directeur du Centre de recherche archéologique du Finistère, avec le concours de plusieurs chercheurs du CNRS, ont permis de mettre au jour les restes de divers poissons (lieux jaunes, daurades, bars, morues...).

ROME ET LA GAULE :

Keltoi, les "Celts", c'est ainsi qu'Hérodote, l'historien grec du V^e siècle av. J.-C., désigne des populations qu'il place entre le sud de la péninsule Ibérique et le Danube. Il est le premier à utiliser ce mot pour distinguer ces peuples dans la grande masse des Barbares qui vivent au-delà de son "monde civilisé" (chez les Grecs puis les Romains, le qualificatif "Barbares" s'applique à tous les peuples étrangers). C'est un peu plus tôt, autour de l'an mil av. J.-C., que les archéologues commencent à percevoir les formes de différenciation culturelle qui pourraient être à l'origine de l'individualisation des populations celtes. Entre le VIII^e et le V^e siècle av. J.-C. environ, ces traits culturels s'affirment et permettent d'identifier



Reconstruction de la porte du Rebut, l'accès à la ville de Bibracte, entourée de remparts.



Pièces gauloises : un potin des Rèmes (à gauche) et une statère en or des Parisii.

LES MONNAIES GAULOISES

L'expansion des villes, du commerce et de l'artisanat stimule évidemment la monétarisation des sociétés gauloises. Les Celtes, recrutés comme mercenaires par de nombreuses cités gréco-romaines à la suite de leur expansion vers le sud à la fin du IV^e siècle av. J.-C., ont introduit la monnaie dans leur monde lors de leur retour au bercail. « *Les premières monnaies gauloises, qui datent probablement du III^e siècle avant notre ère, étaient donc pour l'essentiel des monnaies imitant le statère d'or de Philippe II de Macédoine ou les drachmes d'argent des comptoirs grecs qui bordent la Méditerranée : Marseille, Emporion (Empúries) et Rhodé (Roses), en Catalogne, raconte Katherine Gruel, directrice adjointe du laboratoire Archéologies d'Orient et d'Occident et textes anciens. Ces pièces avaient trop de valeur pour être d'un usage courant et servaient vraisemblablement à effectuer des achats de prestige, comme la première armure ou le premier cheval d'un fils, à payer une dot...* » Au II^e siècle av. J.-C., les pouvoirs émetteurs se multiplient.

Pour lever des taxes, chaque cité gauloise de quelque importance individualise sa monnaie, dont la circulation ne s'effectue que dans sa zone d'émission. Parallèlement, les potins (des pièces coulées dans un alliage de cuivre, d'étain et de plomb), dont l'introduction est liée au développement de l'artisanat urbain, préfigurent les monnaies fiduciaires (des monnaies de faible valeur fondées sur la confiance). Vers - 150, les liens économiques s'intensifient entre la Gaule du Centre et du Centre-Est et le monde romain. « *Pour faciliter les échanges, précise Katherine Gruel, les Éduens, les Séquanes et les Lingons frappent des pièces d'argent imitées du denier romain et fondent une vaste fédération monétaire dont les limites s'étendent jusqu'aux peuples helvètes et jusqu'au Rhin (la fameuse zone du denier gaulois). D'autres unions monétaires voient le jour, notamment dans le Centre-Ouest, et montrent que l'usage de la monnaie est bien plus présent dans l'économie gauloise des I^{er} et II^{es} siècles avant notre ère qu'on ne le supposait jusqu'à présent.* »

LES PREMIÈRES CITÉS

Le caractère foncièrement rural de ces populations ne fait pas obstacle à l'éclosion et au développement des premières cités, les *oppida*, qui « *semblent apparaître tardivement en Gaule, au milieu du I^{er} siècle avant notre ère, encore que les fouilles montrent que certains d'entre eux ont été édifiés sur l'emplacement d'habitats plus anciens, comme à Bourges* », assure Jean-Paul Guillaumet. Il existe, pour chaque peuple gaulois, un *oppidum* principal susceptible d'héberger plusieurs milliers d'âmes. Établi en général au centre d'un réseau de routes terrestres ou fluviales, l'*oppidum* ne sert pas uniquement de refuge aux populations alentours en cas de danger, comme on l'a longtemps écrit. C'est aussi un lieu qui accueille des activités commerciales, artisanales, religieuses et civiques. Bibracte est l'un des représentants les mieux connus de ces *oppida*. Chef-lieu des Éduens, il se compose d'une vaste enceinte protégeant près de 200 hectares. À l'intérieur s'y trouvent des habitats en bois, de rares maisons en pierre construites à la romaine et même des édifices publics.



MILLE ANS DE REBONDISSEMENTS

la civilisation de Hallstatt, une période de développement économique dont semble profiter une classe de grands aristocrates contrôlant de petites principautés. Vers le début du V^e siècle av. J.-C., les territoires occupés par les Celtes sont ébranlés par des mouvements de populations importants, qui finissent par toucher aussi leurs voisins méditerranéens. Cette expansion se déploie vers le sud-est de la Gaule et donne naissance à une civilisation originale celto-ligure, puis traverse les Alpes, au début du IV^e siècle av. J.-C., pour se répandre dans tout le nord de l'Italie, contrôlé par les Étrusques. Les Gaulois poussent jusqu'à Rome et envahissent la ville vers - 390. Cet épisode marque les mentalités et fournit à la rhétorique romaine le thème de l'irréductible Barbare gaulois. Cependant,

les Gaulois d'Italie vont finir par être soumis à la fin du III^e siècle av. J.-C. Les Romains envahissent le sud de la Gaule entre - 125 et - 118. L'incorporation dans la galaxie romaine de cette Gaule transalpine, ainsi nommée pour la distinguer de la Gaule cisalpine (le nord de l'Italie), conquise plus tôt, répond à des raisons essentiellement stratégiques. « *Les Romains avaient besoin de disposer d'une voie terrestre entre l'Italie et l'Espagne, qu'ils avaient annexée, et ils ont doté ce nouveau territoire de la première route à la romaine construite hors d'Italie, des Alpes aux Pyrénées (la Voie domitienne), confirme Michel Py, du laboratoire Archéologie des sociétés méditerranéennes¹. Un siècle (à partir de - 125) leur a toutefois été nécessaire pour soumettre les "indigènes" de cette région*

de la Gaule. Au moins dix révoltes sont attestées par les textes de l'époque. » Nombre de peuples gaulois plus au nord entretiennent des relations diplomatiques et commerciales avec Rome. Meilleur exemple, l'accord passé au I^{er} siècle av. J.-C. entre les Éduens, qui occupent la plus grande partie de l'actuelle Bourgogne, le Morvan et débordent sur les régions limitrophes, et les Romains.

1. Unité CNRS / Université Montpellier-III / Ministère de la Culture et de la Communication / Inrap.

Contact : Michel Py
michel-py@orange.fr

La Voie domitienne, marquée par le passage des chariots, près de l'ancien *oppidum* gaulois Ambrussum.



LA PRODUCTION ARTISTIQUE

Les Gaulois comptent dans leurs rangs des artistes de haut vol dont les productions ne nous sont accessibles que par des monnaies, des parures (bracelets, torques, fibules, sortes de broches servant à tenir ensemble deux pans d'un vêtement), des armes ornées, des vases... « La qualité de ces petits objets nous incite à penser que des constructions beaucoup plus grandes, avec pour support le bois, telles les statues retrouvées à Fellbach-Schmidlen, au Bade-Wurtemberg, et qui représentent des animaux tenus par un personnage dont il ne reste que la main sur la croupe d'une sorte de bouquetin, présentaient une décoration aussi riche, affirme Germaine Leman, du laboratoire Histoire, archéologie, littérature des mondes anciens-Institut de papyrologie et d'égyptologie de Lille⁴. La plupart de ces œuvres ont malheureusement disparu, le bois ne se conservant que dans des conditions exceptionnelles. »

L'art gaulois courtise l'abstraction. Les représentations de l'homme et des dieux, systématiques chez les Grecs et chez les Romains, pour qui l'art consiste à imiter la nature, sont rarissimes, et celles des paysages et des constructions humaines, inexistantes. Les figures les plus courantes sont celles d'êtres fantastiques, les fragments de corps (œil, bec, patte...) ou les corps déformés (visages aplatis montrant leur face et leur profil), sans oublier une multitude de compositions géométriques d'une complexité inouïe. L'art gaulois connaît son plein épanouissement entre les v^e et iii^e siècles av. J.-C., avant de tomber dans un réalisme sans grande originalité.

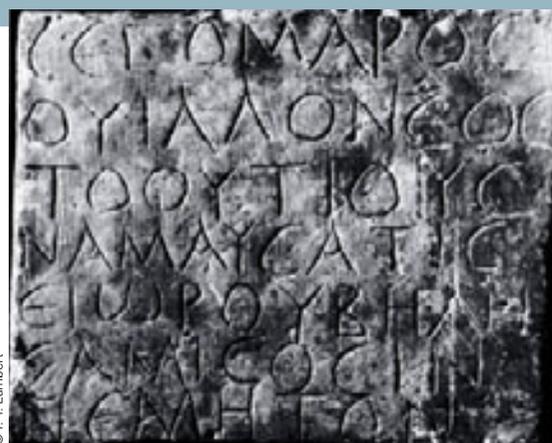


© E. Lessing/akg-images

Cette sculpture de deux têtes jointes par l'arrière du crâne (300 av. J.-C.) a été découverte à Roquepertuse, dans les Bouches-du-Rhône.

© P.Y. Lambert

Pour écrire, les Gaulois utilisaient souvent les alphabets étrangers, comme sur ce bloc de pierre portant une inscription gallo-grecque.



Ce tableau peint vers 1900 par Henri-Paul Motte figure la cueillette du gui, rite célèbre pratiqué par les druides.



LES CROYANCES RELIGIEUSES

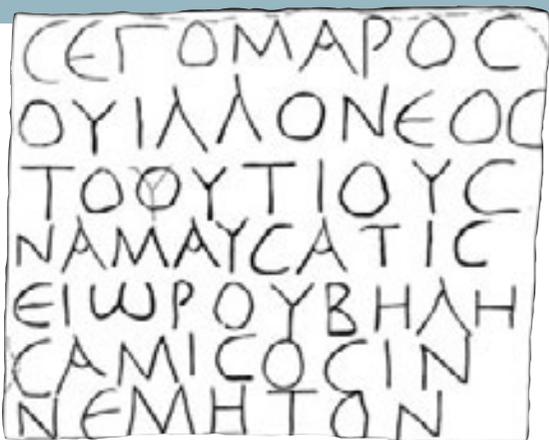
Si religieux qu'ils rient des dieux romains figurés comme des êtres humains, les Gaulois vénèrent moult divinités, tels Taranis, maître du ciel, et Teutatès, dieu de la guerre. D'autres sont plus spécifiques : Cernunnos, dieu de la fécondité à cornes de cerf, Épona, protectrice des chevaux, Lugus, gardien du feu... Existe-t-il un seul et même panthéon pour toute la Gaule ? Chaque peuple peut avoir ses divinités propres, même si certaines figures sont récurrentes. La mort ? Un passage vers le monde d'en haut ou, pour ceux qui ne peuvent y accéder, une descente sous la terre avant que l'âme ne se réincarne et revive. Quant à la pratique du sacrifice humain, leitmotiv des textes antiques visant à rabaisser les Gaulois, les vestiges archéologiques venant l'étayer sont extrêmement rares. « Sans doute a-t-elle existé avant le v^e siècle av. J.-C., mais à très petite échelle, confie Jean-Louis Brunaux. Et elle a disparu au profit de sacrifices d'animaux domestiques (taureaux, vaches, bœufs, moutons, porcs...), comme le montrent, par exemple, les ossements exhumés en grande quantité dans le sanctuaire de Gournay-sur-Aronde, dans l'Oise. » Les druides forment une partie de

l'élite gauloise. Tout à la fois savants versés dans l'observation des astres à des fins divinatoires, l'étude des mathématiques et de la géométrie, la pharmacopée... philosophes, théologiens et accessoirement juges, ces prêtres transmettent leur savoir par tradition orale aux enfants des familles nobles. Le druidisme règne sur la Gaule entre les v^e et ii^e siècles avant notre ère, avant de décliner pour disparaître complètement au tournant de l'ère chrétienne.



G. Blois/PMN

Statuette en bronze d'un dieu guerrier gaulois, découverte à Saint-Maur, dans l'Oise.



LA LANGUE

Au fait, quel idiome parlent ces gaillards ? Les linguistes manquent d'informations sur ce rameau du celtique continental. Seuls quelques brefs textes de nature économique ou religieuse et quelques imprécations magiques ont franchi les siècles, mais aucune littérature proprement dite, épique ou mythologique. Les Gaulois écrivent très peu et, quand ils le font, recourent aux alphabets des peuples avec lesquels ils sont en contact : les Étrusques d'abord, en Italie du Nord, puis les colons grecs de Marseille, les Romains enfin. « Il est nécessaire d'étudier le gaulois par comparaison avec les langues apparentées : gallois, breton et vieil irlandais, précise Pierre-Yves Lambert, du laboratoire Archéologies d'Orient et d'Occident et textes anciens. Par exemple, pour reconstituer le lexique gaulois, nous avons peu de noms communs, mais beaucoup de noms propres, dont le sens étymologique ne peut apparaître que par la méthode comparative. » Tout laisse à penser que les différents peuples gaulois parlent des dialectes très proches les uns des autres. « Après la conquête césarienne, une période de bilinguisme semble avoir duré plusieurs siècles en Gaule, continue le linguiste. La tuile de Châteaubleau, fabriquée entre la fin du I^{er} siècle de notre ère et le début du III^e siècle et découverte en Seine-et-Marne en 1997, porte sur l'une de ses faces une inscription de onze lignes qui atteste de la survivance tardive de cette langue dans la société gallo-romaine. » Le gaulois ne subsiste plus dans le français actuel que par quelques tournures syntaxiques comme "C'est que...", des toponymes tels que Verdun et deux cents mots tout au plus, parmi lesquels alouette, ardoise, auvent, blaieau, bouleau, bruyère, caillou, char, chemin, charpente et chiendent.

1. Unité CNRS / Universités Paris-I et -X / Ministère de la Culture et de la Communication.
2. Unité CNRS / ENS Paris.
3. Unité CNRS / Université de Bourgogne / Ministère de la Culture et de la Communication.
4. Unité CNRS / Université Lille-III / Ministère de la Culture et de la Communication / Inrap.

CONTACTS

- **Jean-Louis Brunaux**
jean-louis.brunaux@wanadoo.fr
- **Christian Goudineau**
christian.goudineau@college-de-france.fr
- **Katherine Gruel**, katherine.gruel@ens.fr
- **Jean-Paul Guillaumet**
jean-paul@guillaumet.fr
- **Pierre-Yves Lambert**
lambert.pierre-yves@wanadoo.fr
- **Fanette Laubenheimer**
fanette.laubenheimer@mae.u-paris10.fr
- **Germaine Leman**
germaine.leman@univ-lille3.fr
- **Pierre Ouzoulias**
pierre.ouzoulias@mae.u-paris10.fr

Comment César a conquis la Gaule

- 58 : L'EXODE HELVÈTE MET LE FEU AUX POUDRES

En mars 58 avant notre ère, les Helvètes, un peuple gaulois installé sur le plateau suisse, aux frontières nord de la Gaule transalpine, quittent leurs terres pour entreprendre une migration qui doit les conduire, à les en croire, sur le territoire des Santons (l'actuelle Saintonge, en Charente). Les causes de ce grand déménagement ne sont pas connues, mais la route qu'ils choisissent les oblige à traverser la Gaule transalpine. Or, depuis quelques mois, ce territoire, avec celui de la Gaule cisalpine, est placé sous l'autorité de Caius Julius Caesar, qui en est le proconsul. Celui-ci appartient à l'une des plus illustres familles romaines et revendique la déesse Vénus parmi ses ancêtres. « C'est un ambitieux désireux d'exercer un pouvoir important à Rome et il doit pour cela remporter des victoires militaires, déclare Yann Le Bohec, membre du laboratoire Orient et Méditerranée, textes-archéologie-histoire¹. Cet homme extrêmement intelligent, doublé d'un excellent stratège, capable d'organiser des mouvements de troupes avec une rapidité confondante, a l'intention d'attaquer n'importe quel ennemi car, comme tous les Romains, il recherche avant tout, dans la guerre, à récolter du butin. L'exode des Helvètes lui fournit un prétexte tout trouvé pour faire la guerre, accroître sa richesse et en tirer un prestige extraordinaire. » Exploitant la défiance atavique de Rome envers les Gaulois, César interdit aux Helvètes de pénétrer sur le sol de la Gaule transalpine. Contraints de passer plus au nord, ils se dirigent vers le territoire des Éduens. Ces derniers, se sentant menacés, demandent l'assistance de César au nom des traités qui les lient au peuple romain. Celui-ci se porte aussitôt à la rencontre des Helvètes et les écrase près de Bibracte. Sans attendre, il poursuit sa campagne en s'attaquant au chef germain Arioviste, qui s'est installé chez le peuple voisin des Séquanes. Le mécanisme de la guerre des Gaules est enclenché... ■



Statue de Jules César (100-44 av. J.-C.), représenté en *imperator*, avec sa cuirasse et son *paludamentum* (manteau).

Casques, boucliers, épées, lances... Les guerriers gaulois étaient bien armés.



© J. Schormans/RMN

© L. Ricciardi/Leemage

> DE -57 À -53 : L'AVANCÉE VERS LE NORD

En -57, César provoque les peuples qui vivent au nord de la Seine et de la Marne, les "Belges", et les défait les uns après les autres. En -56, le voilà qui lance, entre autres, une guerre terrestre et maritime contre les Vénètes du Morbihan,

qui sont vaincus sur mer. Tout cela avec l'aide d'autres Gaulois. Pendant six ans, de -58 à -52, « l'essentiel des grands peuples gaulois (Éduens, Rèmes, Séquanes...), moyennant l'octroi de récompenses en nature, de promotions, de droits civiques... » se sont joints à César pour soumettre les régions encore assez indépendantes du Nord et de l'Ouest, explique Michel Reddé, Médaille d'argent du CNRS en 2007 et membre du laboratoire Histoire et anthropologie des mondes antiques².

En -55, -54 et -53, le Romain mène des raids en Germanie (l'Allemagne actuelle), traverse la Manche et s'enfonça au-delà de

la Tamise. Tactiquement parlant, indique Yann Le Bohec « les Gaulois se battent en phalange, c'est-à-dire épaulé contre épaulé, pour offrir à l'ennemi une ligne continue, alors que les Romains ont adopté depuis longtemps la tactique en cohorte, qui confère plus de souplesse. La légion – environ 5 000 hommes – est divisée en dix cohortes réparties sur trois lignes, séparées les unes des autres. Les soldats de chaque cohorte sont répartis, eux aussi, sur trois lignes : ceux qui combattent dans les deux premières lignes se relaient dès que la fatigue se fait sentir, ceux qui se trouvent à l'arrière servent d'ultime recours. » Les Gaulois ne sont pas armés de manière plus rudimentaire que les Romains. Il y a par contre moins d'homogénéité dans leur armement, chacun s'équipant selon sa fortune. Et les Gaulois n'ont jamais vu, assure César, des engins de siège comme les catapultes, qui propulsent des boulets de plusieurs dizaines de kilos jusqu'à 300 mètres, ou les scorpions, qui projettent des flèches avec une force et une précision redoutables. ■

Reconstitution d'une légion romaine par la troupe Légion VIII Augusta.



© Y. Karvian/Légion VIII Augusta

-52 : LA CAPITULATION GAULOISE À ALÉSIA

Cette année-là, coup de tonnerre. De nombreux chefs gaulois fomentent une insurrection, dont le signal est donné par les Carnutes, qui massacrèrent des négociants romains à Orléans. Menée par Vercingétorix, lequel a pris le pouvoir chez les Arvernes, cette rébellion transforme en une véritable guerre des Gaules des campagnes militaires qui, jusqu'alors, avaient opposé des Romains et des Gaulois à d'autres Gaulois. Comment expliquer ce revirement de situation ? « Après des années d'entente fondées sur des succès relativement rapides, l'effort de guerre des grands chefs gaulois, qui

supposait de fournir du ravitaillement et des chevaux, de couvrir des opérations de répression, dont les bénéfices escomptés vont s'avérer plus faibles que prévu, a fini par désespérer les meilleures volontés, répond Michel Reddé. Même les Éduens, fidèles parmi les fidèles, ont fait défection. En -52, les partis proromains dans les sénats qui gouvernaient les territoires gaulois ont cédé la place à leurs adversaires, opposés à la domination de Rome. »

Quelques mois suffirent toutefois à César, qui peut compter sur 40 000 à 50 000 hommes parfaitement entraînés, auxquels s'ajoutent les

auxiliaires (notamment des cavaliers) ainsi que de nombreux accompagnateurs (valets, esclaves et palefreniers), pour obtenir la capitulation des troupes gauloises à Alésia. « Vercingétorix dispose sans doute de forces supérieures en nombre, mais elles sont mal commandées et ne constituent pas un corps homogène », dit Michel Reddé. Combien de morts gaulois après sept ans de guerre ? « Toute estimation est une fantaisie », tranche le chercheur. Néanmoins, le nombre de prisonniers, militaires ou civils, vendus plus tard comme esclaves, est considérable. Ainsi, César affirme qu'il a distribué, après la bataille d'Alésia, un prisonnier gaulois à chacun de ses soldats, à titre de butin.

Que le vainqueur des Gaules ait mis ce conflit à profit pour s'enrichir tombe sous le sens. Par ailleurs, dans l'imaginaire romain, traverser le Rhin (qui est un dieu, comme tous les fleuves), puis la Manche (le domaine de Neptune), représente un exploit fabuleux. César est le premier de tous les "civilisés" à avoir traversé l'"Océan", à être allé jusqu'aux limites du monde, sous la protection de Vénus. « Il est devenu mythique, à la façon d'Alexandre le Grand », résume Yann Le Bohec. La romanisation de sa conquête peut commencer. ■

Cette statue de Vercingétorix surplombe le musée-Parc d'Alésia. Il n'existe cependant aucune statue antique qui représente le guerrier gaulois.



© T. Clarté/Balade Photo/Sem Alésia

1. Unité CNRS / Universités Paris-I et -IV / EPHE / Musée du Louvre.

2. Unité CNRS / Universités Paris-I et -VII / EPHE / EHESS.

CONTACTS

→ Michel Reddé
redde.michel@yahoo.fr

→ Yann Le Bohec
yann.le_bohec@paris-sorbonne.fr



Aquarelle peinte par Jean-Claude Golvin, chercheur à l'Institut de recherche sur l'Antiquité et le Moyen Âge, représentant la cité d'Arles au IV^e siècle apr. J.-C.

© J.-C. Golvin

Ce que Rome a vraiment changé

Si les premières décennies de la domination romaine sont passablement agitées et marquées par l'intervention musclée des légions, la Gaule va finir par tomber tout entière dans la marmite de la latinité. Ce processus d'acculturation ou de romanisation tient à l'habileté politique de ses nouveaux maîtres qui, pragmatiques, font payer un tribut à un grand nombre de cités mais ne fondent aucune colonie, hormis chez les Helvètes et en Narbonnaise, le nouveau nom de la Transalpine, et ne remettent pas en cause les cadres territoriaux. « *Les populations qui se sentent éduennes, carnutes ou coriosolites ne sont pas mélangées avec leurs voisins* », explique Christian Goudineau, ancien titulaire de la chaire d'antiquités nationales au Collège de France, et de ce fait éprouvent moins l'impression d'être colonisées. « *De plus, ajoute ce dernier, Rome confie l'administration du pays aux chefs gaulois qui lui sont restés fidèles – ceux qui se sont soulevés contre l'Empire ayant été exterminés et leurs biens confisqués – et s'attire leurs bonnes grâces en leur accordant la citoyenneté romaine, devenir citoyen romain signifiant, entre autres, ne pas payer d'impôts, avoir le droit de faire du grand commerce, de se déplacer librement dans l'Empire...* » On peut supposer que le reste de la population devait se contenter de droits réduits, même si aucun texte latin ne fait référence aux Gaulois de plus humble condition et que leurs droits avant la conquête romaine restent inconnus.

Une mécanique colonisatrice que Christian Goudineau qualifie de « *perverse et impeccable, séduisante et insidieuse* », puisque Rome obtient des édiles gaulois qu'ils se fassent « *les représentants volontaires et enthousiastes de sa politique* ». Rome instaure ainsi en Gaule un pouvoir que nul ou presque ne conteste, « *tous ceux qui le peuvent n'aspirent qu'à en détenir une parcelle* », qui confère des droits et des signes extérieurs de richesse propres à faire rêver tous ceux qui en sont exclus. En adhérant à la *pax romana*, les Gaulois n'ont-ils pas, parfois, le sentiment de vendre leur âme au diable ? « *Ce pouvoir reste lointain, répond notre chercheur. Et, en l'espace de quelques années, toute l'aristocratie gauloise va parler latin, ne plus faire construire que des monuments à la romaine, tandis que toutes les tombes vont se couvrir d'inscriptions latines...* »

LA MULTIPLICATION DES VILLES

S'appuyer sur les villes – créées parfois *ex nihilo*, comme Autun chez les Éduens – constitue l'autre pilier de la romanisation de la Gaule. Les territoires des anciens peuples-États, maillés par un réseau routier que le conquérant s'emploie à étendre, sont nantis chacun d'un chef-lieu de cité, une ville principale qui fait office de centre politique, administratif, religieux et économique et qui accueille toute la panoplie de monuments à la romaine : des lieux d'assemblée, des temples, des marchés, des installations de spectacle et de plaisir (amphithéâtres,

arènes, thermes...), sans oublier les œuvres du génie civil (ponts, aqueducs...). « *L'urbanisme gallo-romain connaîtra son apogée entre le dernier quart du I^{er} siècle et le milieu du II^e siècle, selon les régions*, note Jean-Luc Fiches, du laboratoire Archéologie des sociétés méditerranéennes. *Les villes sont en théorie autonomes, sauf pour la politique étrangère, la monnaie et les impôts. Le génie de Rome va être, outre le fait d'obliger les notables gaulois à posséder une maison en ville, de mettre les cités en concurrence. Chacune,*

pour traduire son allégeance à Rome, va chercher à se parer des plus beaux monuments et des équipements les plus modernes. Dans les dernières décennies du I^{er} siècle, par exemple, Arles se dote d'un amphithéâtre qui imite le modèle du Colisée. Sa voisine, Nîmes, réplique aussitôt en construisant un ouvrage du même type et de la même capacité. »

UN ARTISANAT RENOUVELÉ

Peu inspirés par la pierre et plus habitués jusqu'ici à dresser des édifices à l'ossature en bois et en terre et à la toiture en chaume, en roseau ou en bois, les Gaulois découvrent de nouvelles techniques de maçonnerie, comme le mortier de chaux, un mélange pâteux permettant de lier des pierres de toutes formes et de les appareiller en des murs de grande hauteur pouvant recevoir de lourdes toitures en tuile. « *Les techniques de construction que les Gaulois s'approprient sont adaptées aux ouvrages de grandes dimensions qu'impose l'urbanisme romain et leur servent notamment à élever des voûtes très hautes et de très grande portée, comme celles que l'on trouve dans les thermes publics*, précise Dominique Tardy, de l'Institut de recherche sur l'architecture antique¹. *Dans le domaine du décor architectural, à partir d'un répertoire importé par le conquérant, >*

Cette bouteille en verre de forme hexagonale a été fabriquée par les Gallo-Romains entre les I^{er} et II^e siècles de notre ère.



© Musée de Picardie/Graudon/Bridgeman Art

➤ *les ateliers de Gaule vont élaborer des compositions originales qu'ils déclinent sur les diverses composantes des élévations : moulures, frises, chapiteaux, corniches... »* Toujours dans le bâtiment, des échafaudages, des machines de levage et d'autres pour découper en plaque blocs de marbre et autres pierres dures font leur apparition sur les chantiers.

Les artisans adoptent l'art de la mosaïque, venu de Rome. Dans les métiers du bois et de la manufacture des métaux, de nouveaux outils (scies, rabots, arrache-clous...) et pièces de quincaillerie (crochets pour plafonds suspendus, agrafes en T pour le maintien des tuyaux de chauffage des thermes...) modifient les habitudes professionnelles et les produits fabriqués. « *La technique du verre soufflé se développe dans des ateliers à Lyon, Amiens, Saintes, Argenton..., puis dans toute la Gaule, donnant récipients, urnes, bouteilles et flacons, raconte Jean-Paul Guillaumet, du laboratoire Archéologie, terres, histoire, sociétés. Et l'artisanat de la céramique subit une véritable révolution. Des grandes officines, destinées surtout au produit le plus recherché, la sigillée (de la vaisselle de table reconnaissable à sa couleur rouge et à ses décorations faites à l'aide de poinçons), se créent en Narbonnaise puis dans la Gaule du Centre et du Nord-Est. Gérées par de riches propriétaires comme de véritables usines, ces fabriques sortent en grand nombre des produits stéréotypés destinés à inonder le marché de l'Empire. Des vases sigillés gallo-romains sont connus jusque dans le sous-continent indien.* »

LA CULTURE DU VIN S'INTENSIFIE

Après la conquête césarienne, les plantations de vignes se multiplient en Gaule. Arles, Nîmes, Orange, Fréjus et Béziers se peuplent de pampres. Les crus locaux s'arrachent à Rome. Un triomphe, synonyme d'un commerce intensif qu'illustre l'industrie florissante de la poterie. Plus d'une cinquantaine d'ateliers fabriquent des amphores en Narbonnaise dans la seconde

Les fouilles à Sallèles-d'Aude, situé sur le territoire de l'antique Narbonnaise, ont révélé la présence d'un village de potiers avec des dépotoirs d'amphores gauloises.



© Photos : F. Laubenheimer/CNRS Photoréseau

moitié du 1^{er} siècle avant notre ère. « *L'archéologie la plus récente reflète l'image d'une province de Narbonnaise couverte de vignes durant tout le Haut Empire (du règne d'Auguste au début du III^e siècle), confirme Jean-Pierre Brun, directeur du Centre Jean-Bérard, à Naples². Il semble qu'à cette période le vin soit le moteur principal du développement agricole de la province. Il paraît vraisemblable que la majorité des exploitations consacrent une part variable de leur surface agricole à cette culture génératrice de profits, car portée par une hausse de la demande provoquée par l'augmentation de la population, surtout urbaine, et par la mise en place de réseaux de distribution efficaces.* » À l'apogée de la production, au 11^e siècle, la



vigne en Gaule conquise est omniprésente : en Bourgogne, en Aquitaine, en Normandie, dans le Val de Loire, la vallée du Rhône, la région parisienne, puis la Moselle. Le breuvage s'exporte jusqu'en Inde. L'olivier, pour des raisons climatiques, reste cantonné à la côte méditerranéenne, surtout à l'est du Rhône.

UNE SOCIÉTÉ QUI RESTE RURALE

Somme toute, la société gallo-romaine demeure essentiellement rurale. Loin d'être archaïque, comme le pensent toujours de nombreux auteurs, « *l'agriculture gallo-romaine est capable d'une grande productivité et, surtout, elle fait preuve d'une capacité d'innovation importante dans les*

domaines des produits cultivés

(nouvelles variétés de blé, acclimatation de plantes méditerranéennes), de l'élevage (augmentation de la taille du cheptel et amélioration de celui-ci avec des races plus robustes), des outils nouveaux (mise au point de la charrue) et des techniques agraires améliorées (rotation des cultures et engrais verts) », assure Pierre Ouzoulias, du laboratoire Archéologies et sciences de l'Antiquité.

L'apport des Romains à la mise en valeur des campagnes gauloises ? Historiens

Ce bateau sculpté date de 220 apr. J.-C. Il a été découvert à Neumagen, un antique village de Gaule belge où était produite une grande quantité de vin.



et archéologues ont longtemps soutenu que la forme la plus connue de l'habitat rural romain, la *villa* – une grosse exploitation agricole pouvant faire plusieurs dizaines d'hectares, employant une main-d'œuvre importante et disposant d'installations de confort : thermes, chauffage par le sol, jardins intérieurs... –, aurait été le vecteur de cette révolution technique et culturelle. Or la *villa*, aux mains de grands propriétaires terriens qui monopolisent par ailleurs le pouvoir dans les villes, n'a jamais été « le mode de production agricole majoritaire dans la Gaule romaine, remarque Pierre Ouzoulias. Les fouilles révèlent que, même dans les terroirs où elles sont bien représentées, comme les grandes plaines picardes, les villae ne constituent jamais plus d'un tiers des établissements agricoles. Les campagnes sont surtout exploitées par des petites fermes, peu différentes de celles de la période précédente, et par des paysans qui vivent dans des agglomérations ou des petites villes. L'incorporation de la Gaule dans l'Empire romain a toutefois donné un tour décisif à l'évolution de ses campagnes en introduisant de nouvelles méthodes de gestion de la production, en favorisant l'accès pour les grands propriétaires à des marchés de consommateurs beaucoup plus importants et en offrant des infrastructures de transport plus efficaces », sans oublier l'essor démographique des villes, qui a stimulé en retour la demande de produits agricoles.

UNE ACCULTURATION EN DOUCEUR

Même si la majorité des Gaulois n'a sans doute qu'une vague conscience des changements qui s'opèrent, leurs manières de vivre au quotidien évoluent peu à peu. Les Romains introduisent une autre culture de la table que celle du bouilli et du rôti. Ils apportent tout à la fois l'art du mijotage, de la friture et toutes sortes d'ingrédients : l'huile d'olive, les piments, les

POUR EN SAVOIR PLUS

À LIRE

> **Regard sur la Gaule**, Christian Goudineau, Actes Sud, coll. « Babel / Essais, documents », 2007.

> **Alésia. L'archéologie face à l'imaginaire**, Michel Reddé, Éditions Errance, coll. « Hauts lieux de l'histoire », 2003.

> **La France gallo-romaine**, Martial Monteil et Laurence Tranoy, La Découverte, coll. « Archéologies de la France », 2008.

> **Voyage en Gaule romaine. Celtes et Gallo-Romains en Moselle et en Sarre**, Gérard Coulon et Jean-Claude Golvin, Éditions Errance, 2006.

> **Nos ancêtres les Gaulois**, Jean-Louis Brunaux, Seuil, coll. « L'univers historique », 2008.

> **Comment les Gaulois devinrent romaines**, Pierre Ouzoulias et Laurence Tranoy (dir.), La Découverte, 2010.

À VOIR

> **Sur les traces des Celtes** (2003, 52 min), réalisé par Marc Jampolsky, produit par Gédéon programmes, Arte France, CNRS Images Média http://videotheque.cnrs.fr/index.php?urlaction=doc&id_doc=1162

> **Une saison à Lattara** (1999, 36 min), réalisé par François

Tisseyre et Michel Py, produit par CNRS AV. http://videotheque.cnrs.fr/index.php?urlaction=doc&id_doc=871

> **L'Histoire en pièces : les Gaulois** (1997, 24 min), réalisé par Daniel Cavillon et Katherine Gruel, produit par CNRS AV. http://videotheque.cnrs.fr/index.php?urlaction=doc&id_doc=824

Contact : Véronique Goret (Ventes), CNRS Images – Vidéotheque – Tél. : 01 45 07 59 69 – videotheque.vente@cnrs-belleuve.fr

plantes aromatiques, les épices orientales, les sauces et les condiments. Rien que de très logique derrière cet hégémonisme culinaire, car que cherche l'aristocrate gaulois ? À manger comme on mange à Rome... *Idem* dans le domaine des nourritures spirituelles : les œuvres littéraires et musicales composées par des Gaulois se conforment aux genres latins et grecs.

Les Gallo-Romains fréquentent des milliers de petits temples disséminés dans la campagne et quelques sanctuaires monumentaux, comme à Barzan (Charente-Maritime), à Allonnes (Sarthe) et à Ribemont-sur-Ancre (Somme). « Ces immenses complexes religieux construits à la fin du 1^{er} ou au début du 1^{er} siècle de notre ère, soit à l'intérieur ou à proximité de chefs-lieux de cité, soit à plu-

sieurs kilomètres, peut-être dans des agglomérations secondaires, sont installés sur des sanctuaires gaulois. Ils comprennent une grande cour avec un temple et de longs portiques sur les côtés, commente Véronique Brouquier-Reddé, du laboratoire Archéologies d'Orient et d'Occident et sciences des textes. On y honore des divinités romaines, évidemment, mais les autorités ne font pas obstacle à la vénération de tel ou tel dieu gaulois. »

Dans tous les domaines, insensiblement mais irrémédiablement, une civilisation originale est née. La conquête de la Gaule apparaît comme l'une des mieux menées de l'histoire de la colonisation romaine. Une acculturation d'autant plus réussie que les sociétés gauloises étaient proches, dans leur développement, du monde latin. Toutes ces populations, dans leurs cités respectives, ont eu le sentiment d'appartenir à la même entité politique et d'en partager l'essentiel des valeurs. Au 5^e siècle, Burgondes, Vandales, Alamans, Wisigoths et autres Barbares précipiteront la chute d'un Empire romain fatigué et celle de la société gallo-romaine. La population de la Gaule devra cette fois accueillir et intégrer des peuples venus d'horizons divers.

1. Unité CNRS / Université Aix-Marseille-I / Université Lyon-II / Université de Pau.
2. Unité CNRS / École française de Rome.



Reconstitution en 3D du sanctuaire de Mars Mullo (Sarthe) réalisée par le laboratoire Archéologies d'Orient et d'Occident et sciences des textes.

CONTACTS

- **Véronique Brouquier-Reddé** vredde@ens.fr
- **Jean-Pierre Brun**, berard@unina.it
- **Jean-Luc Fiches** jean-luc.fiches@wanadoo.fr
- **Dominique Tardy**, dtardy@wanadoo.fr

1

PHYSIQUE

Un été chargé pour les particules

© D. Charafriadou/Cern

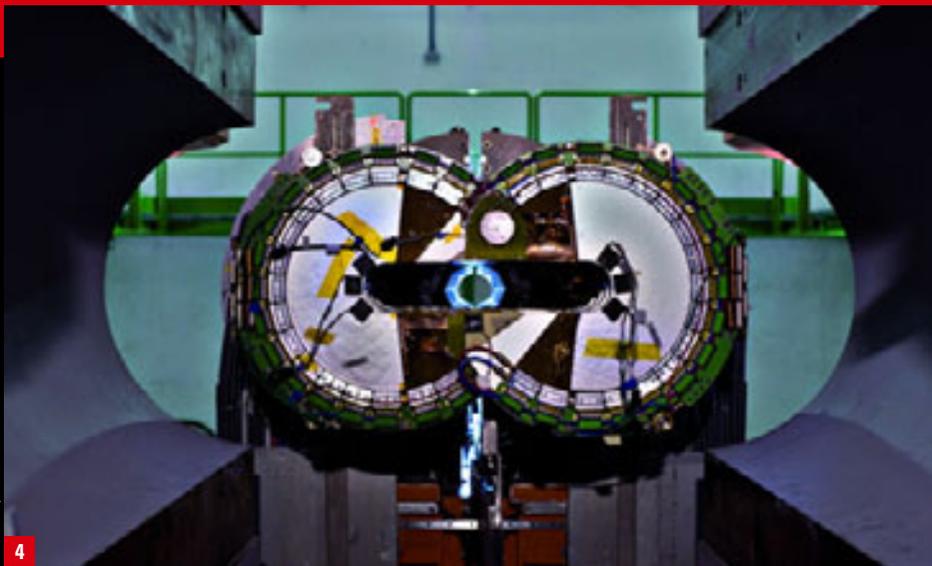
© J.-L. Bazile/Esa/Thales

2

3

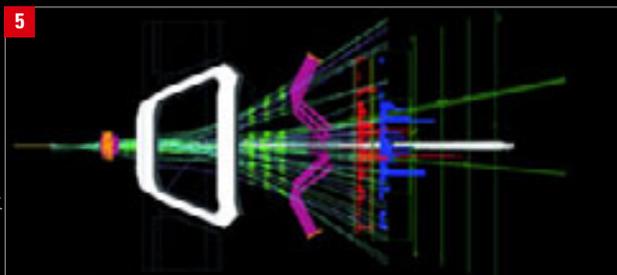
©ESA LFI/HFI consorcia

L'été s'annonce chaud pour les spécialistes de la physique des particules. Fin juillet, à Paris, la grand-messe mondiale de la discipline fera le point sur les grandes expériences en cours dans le domaine des hautes énergies, avec en invité d'honneur le LHC. Mais le satellite Planck et les projets Opera et Edelweiss, dans lesquels le CNRS est également impliqué, vont aussi faire parler d'eux.



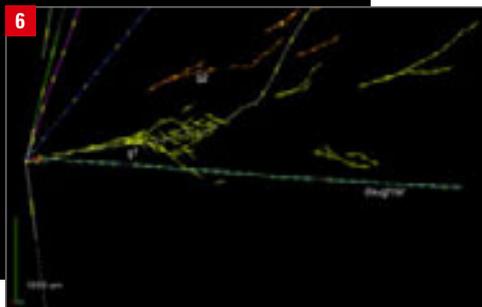
© M. Bries/Cern

4



© B. Pietrzyk/Cern

5



© Collaboration Opera

6

Fin juillet, s'il vous arrivait de vous interroger à voix haute sur le Big Bang, ne vous attendez pas à une intervention érudite d'un voisin de plage. Les physiciens des particules seront tous partis pour leur migration bisannuelle vers l'ICHEP (International Conference on High Energy Physics), dont la version 2010 se tiendra au Palais des congrès de Paris, du 22 au 28 juillet. Rendez-vous incontournable de la physique des hautes énergies, l'ICHEP réunit 900 participants du monde entier, dont 400 orateurs. Cela fait vingt-huit ans que la France n'avait pas accueilli la prestigieuse conférence, « à laquelle traditionnellement les physiciens travaillant sur les grandes expériences réservent la primauté de leurs résultats », souligne Guy Wormser, organisateur de l'événement et directeur de recherche au CNRS. On devrait notamment en savoir un peu plus sur les mesures du satellite Planck, mis en orbite en mai 2009 pour mesurer précisément le fond diffus cosmologique, relique du Big Bang, ainsi que sur l'expérimentation franco-italienne Opera, qui étudie l'oscillation des neutrinos¹. Mais la star incontestable de l'ICHEP sera bien sûr le LHC, l'accélérateur de particules du Cern, qui a redémarré en novembre 2009².

Événement à l'intérieur de l'événement, la première "apparition publique" du LHC bénéficiera de conférences dédiées à chacune de ses quatre expériences : Atlas, CMS, LHCb et Alice. Même si l'accélérateur des accélérateurs fonctionne depuis mars dernier à une énergie jamais atteinte avant lui (7 téra-électrons-volts), il ne faut pas s'attendre encore à des annonces spectaculaires, sauf surprise de dernière minute. « On est en phase de montée en puissance », révèle Yves Sirois, responsable de CMS pour l'IN2P3 du CNRS. Comprendre par-là que les physiciens

augmentent de jour en jour le nombre de protons qui s'entrechoquent dans l'anneau du LHC, puis comparent les particules produites avec celles observées, dans les mêmes conditions mais seulement au bout de longs mois de labeur, par la génération précédente d'accélérateurs. « Nous avons déjà détecté des événements de production de bosons Z et W, les véhicules de l'interaction faible », s'enthousiasme le chercheur qui détaillera ces données à l'ICHEP. Les trois autres équipes du LHC profiteront elles aussi du congrès pour annoncer que leurs bébés respectifs se portent à merveille et ont vu leurs premières particules. La présentation de l'équipe d'Atlas, le détecteur titanique de 20 000 m³, sera égayée par l'annonce d'une petite surprise : lors de l'étude des premières collisions dites inélastiques, dans lesquelles une partie de l'énergie cinétique des protons est transférée en énergie interne, les caractéristiques de certaines particules produites se sont légèrement écartées des prévisions théoriques.

Ces premiers résultats sonnent l'envol du LHC. Aujourd'hui, le nombre quotidien de collisions entre protons produisant des événements intéressants est de quelques dizaines par jour. Il devrait passer à 100 000 d'ici à la fin de l'année. Or plus le nombre de collisions sera important, plus les chances d'apercevoir les événements rares que traque le LHC, comme le boson de Higgs ou les particules supersymétriques, augmenteront. Le LHC risque donc de vivre une fin d'année haute en couleur, >

1 Le 30 mars, les protons du LHC s'entrechoquaient à une énergie jamais atteinte de 7 TeV. Les jets colorés de particules montrent l'événement tel qu'il a été vu par le détecteur Alice.

2 et **3** Le satellite Planck cartographie avec une précision inégalée le rayonnement fossile (l'écharpe en fausse couleur qui traverse la carte du ciel) émis peu de temps après le Big Bang.

4 Vue du détecteur CMS, l'une des quatre expériences du LHC. CMS traque les particules supersymétriques et le boson de Higgs.

5 L'événement du 30 mars vu par le détecteur LHCb. L'expérience cherche à observer la violation de la symétrie entre matière et antimatière.

6 L'image provient de l'expérience Opera, située au laboratoire souterrain du Gran Sasso de l'Institut national de physique nucléaire italien. La gerbe jaune est la première observation, quasi certaine, de la transformation d'un neutrino. Celui-ci avait été envoyé à 730 kilomètres de là, en Suisse,



7

par les accélérateurs du Cern. De type muon lors de son émission, le neutrino s'est transformé en type tau lors de son voyage.

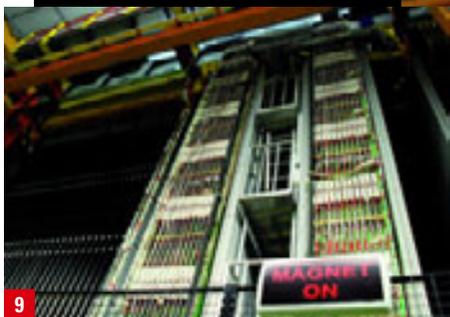
7 Le centre de contrôle du détecteur LHCb, le 30 mars.

© M. Struik/Cern



© M. Brice/CERN

8

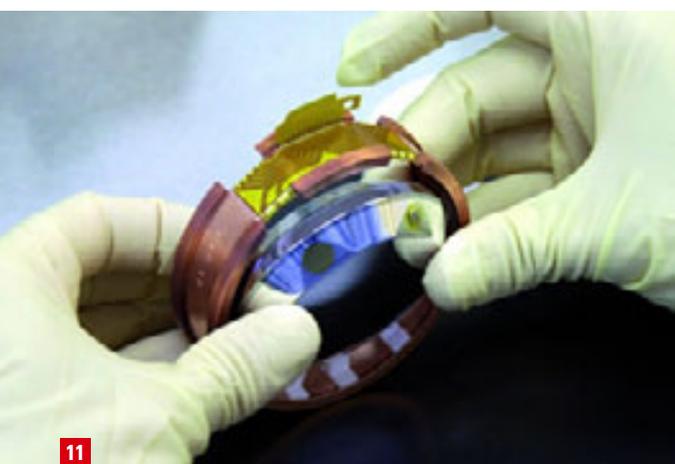


© Collaboration OPERA

9

8 Le centre informatique de LHCb.

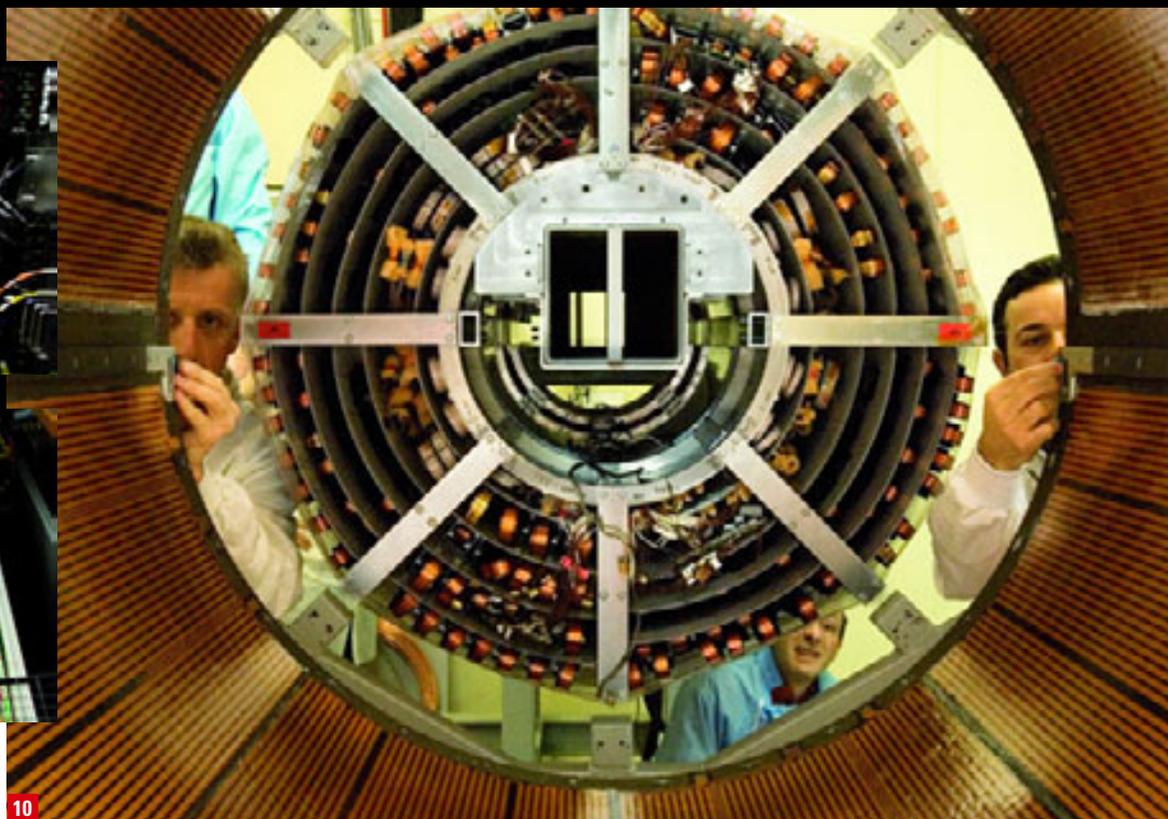
9 Le détecteur d'Opera est constitué d'environ 150 000 unités, appelées briques, chacune d'entre elles équivalant à un appareil photo sophistiqué. Ainsi, les chercheurs peuvent détecter tous les détails des événements neutrinos par une mesure précise des particules élémentaires produites par l'interaction du neutrino avec la brique.



11

10 Les physiciens de l'expérience Atlas, à l'entrée de leur détecteur de 20 000 m³.

11 L'expérience Edelweiss piste les particules de matière noire grâce à dix détecteurs de germanium de 320 grammes.



10

> d'autant qu'à cette période débutera véritablement Alice, une expérience un peu à part qui étudie non seulement les embrassades de protons, mais aussi celles d'ions lourds de plomb. « En ce qui nous concerne, la nouvelle physique commencera à la fin de l'année », s'impatiente Yves Schutz, qui dirige Alice pour le CNRS.

L'Ichep fera aussi la part belle à une autre expérimentation scientifique internationale de physique des hautes énergies : le projet Edelweiss.

Niché au cœur du mont Fréjus, au sein du Laboratoire souterrain de Modane³, Edelweiss scrute les particules cosmiques à la recherche d'hypothétiques composantes de la matière noire. Le congrès sera l'occasion pour ses responsables de lancer la mise en chantier de la troisième version de l'expérience. Dans la version actuelle, « nous avons bien observé quelques événements ces derniers mois, à savoir détecté les particules recherchées, mais en analysant finement nos résultats, nous nous sommes rendu compte que les signaux enregistrés pouvaient provenir d'un bruit de fond résiduel, dû en particulier à des neutrons à l'origine encore mal comprise », explique Stefanos Marnieros, du Centre de spectrométrie nucléaire et de spectrométrie de masse⁴, à Orsay, un des laboratoires impliqués dans l'aventure. La nouvelle itération de l'expérience verra sa sensibilité décuplée, permettant aux chercheurs de s'extraire pour de bon du bruit de fond. Bref,

pour cette expérience également, l'Ichep devrait marquer un tournant. À noter que les organisateurs du congrès n'ont pas oublié le grand public (lire *Guide* p. 42). Des animations auront lieu dans le cadre de l'opération Paris Plages. Une soirée ouverte à tous aura lieu le 27 juillet à 19 h 30 au cinéma le Grand Rex, à Paris, où des chercheurs initieront les auditeurs aux mystères de l'univers.

Xavier Müller

→ En savoir plus sur le LHC : <http://lhc-france.fr>

1. Lire le communiqué de presse du 31 mai 2010 sur l'expérience Opera : www2.cnr.fr/presse/communiqu/1897.htm
2. Lire « LHC, naissance d'un géant », *Le journal du CNRS*, n° 222-223, pp. 6-10, www2.cnr.fr/presse/journal/3975.htm
3. Laboratoire CNRS / CEA. Lire « La caverne aux particules », *Le journal du CNRS*, n° 239, pp. 6-7, www2.cnr.fr/journal/4611.htm
4. Unité CNRS / Université Paris-XI.

CONTACTS

→ Élie Aslanides

Centre de physique des particules de Marseille
aslanides@cppm.in2p3.fr

→ Daniel Fournier

Laboratoire de l'accélérateur linéaire, Orsay
fournier@lal.in2p3.fr

→ Stefanos Marnieros

Centre de spectrométrie nucléaire et de spectrométrie de masse, Orsay
stefanos.marnieros@cnsnm.in2p3.fr

→ Yves Schutz

CERN, schutz@in2p3.fr

→ Yves Sirois

Laboratoire Leprince-Ringuet, Palaiseau
yves.sirois@in2p3.fr

→ Guy Wormser

Laboratoire de l'accélérateur linéaire, Orsay
wormser@lal.in2p3.fr

Alessandra Carbone

Prix Irène-Joliot-Curie 2010

Les maths dans la peau

C'est très beau », commente Alessandra Carbone en évoquant les liens surprenants entre mathématiques, informatique et biologie sur lesquels elle se concentre depuis plus de dix ans. La mathématicienne de 47 ans, directrice de l'unité Génomique des micro-organismes¹, à Paris, est une vraie passionnée. À croire que des algorithmes lui coulent dans les veines. En ce moment, elle fait travailler sa matière grise pour caractériser mathématiquement l'information génétique codée dans les protéines. Distinguée Femme scientifique de l'année par le jury du prix Irène-Joliot-Curie 2010, la chercheuse italienne, souriante et volubile, a toujours eu la bougeotte. Soit de nouvelles problématiques. Besoin de nouveaux environnements. Elle a définitivement choisi Paris, à la fin des années 1990, après avoir souvent changé de continent.

Son âme de globe-trotter se manifeste dès son adolescence. « Forte en maths », les équations sur lesquelles s'échinent ses camarades lui sont « comme immédiates ». Alors, pour sortir de son univers ronronnant, elle part finir le lycée là où travaille son père, en Angola. « La situation politique y était assez tendue... », se souvient-elle. Son esprit aventureux un peu rassasié, elle rentre en Italie et enchaîne les diplômes jusqu'à un master en informatique et une thèse en logique mathématique. Mais, sur sa terre natale, il n'y a hélas « que peu de place pour la recherche ». Pour poursuivre, il lui faut partir. « J'ai atterri en pleine 42^e Rue, à New York, où j'ai achevé un doctorat de mathématiques à la City University », raconte-t-elle. Cet environnement « très stimulant intellectuellement » la retient quatre ans et demi, mais les différences de culture lui pèsent. Direction Paris pour un post-doctorat en 1993. Elle n'en bougera plus, en dehors d'une parenthèse d'un an à Vienne. À cette époque, un vent nouveau a commencé à souffler sur sa discipline. Mathématiciens, timidement, et surtout informaticiens ont pris la mesure de ce qu'ils pourraient apporter à la biologie et à ses milliards de données à traiter. Ces « questions complexes et

nouvelles » aiguissent son appétit. Elle apprend sur le tas, « au contact de collègues biologistes », se plongeant dans « un monde de connaissances ardu car totalement inconnu ».

À partir des années 2000, la chercheuse qui vient d'être détachée à l'Institut des hautes études scientifiques veut clairement mettre ses algorithmes au service de la biologie. Quand l'université Pierre-et-Marie-Curie la sollicite en 2003 pour monter une équipe à l'interface entre ces deux disciplines en plus de ses activités de professeur au département d'informatique, elle n'hésite pas. Et, en 2008, elle fonde puis prend la direction de son unité actuelle. « C'était l'occasion de créer un contexte interdisciplinaire stimulant. C'est important pour les étudiants et les futurs chercheurs », insiste-t-elle. Aujourd'hui, les programmes de son équipe tournent sur des dizaines de milliers d'ordinateurs d'internautes volontaires pour offrir du temps de calcul dans le cadre d'un projet international de lutte contre la dystrophie musculaire². Le but ? Mieux connaître les protéines impliquées dans cette maladie en testant les millions ou les milliards d'interactions possibles entre 2 200 protéines humaines.

Recherche de séquences de microARN³, statistiques sur les gènes susceptibles de muter en lien avec le cancer, etc., l'informatique a de quoi faire. « Ce qui est beau, dans cette approche, c'est que nous pouvons analyser d'un point de vue purement mathématique des génomes d'organismes pour en déduire

leur mode de vie, leur métabolisme », s'enthousiasme Alessandra Carbone. À son actif déjà, un algorithme qui permet de caractériser biologiquement un organisme à partir d'une analyse purement statistique des codons⁴ : pour une bactérie, il peut s'agir de sa température de prolifération par exemple. « La plupart des micro-organismes ne peuvent pas être étudiés en laboratoire, rappelle-t-elle, nous offrons donc aux généticiens une façon toute nouvelle d'étudier un immense réservoir de vie encore inconnu. C'est de la métagénomique. »

Pas de doute, la Femme scientifique de l'année est heureuse. Quant à cette distinction, justement, la chercheuse, impliquée dans de nombreuses actions qui soutiennent les femmes en sciences, ne peut que s'en réjouir. « Je la reçois comme un encouragement pour les femmes à embrasser des carrières en mathématiques, en informatique et en physique, disciplines qui restent encore trop souvent le territoire de ces messieurs... », conclut-elle.

Charline Zeitoun

1. Unité CNRS / UPMC (Paris-VI).

2. Lire « Les maths s'invitent dans la génétique », *Le journal du CNRS*, n° 245, p. 21.

3. L'ARN est une copie inversée de l'ADN.

4. Triplets de nucléotides (A, C, U ou G) de l'ARN messager.

CONTACT

→ Alessandra Carbone

Génomique des micro-organismes, Paris
alessandra.carbone@lip6.fr



© S. Godfrey/CNRS Photographie

STRATÉGIE

Le CNRS mobilise ses ressources

À partir du 5 juillet 2010, la Direction générale déléguée aux ressources (DGD-R) du CNRS se réorganise. Xavier Inglebert, son directeur, nous explique les fondements et les objectifs de cette évolution.



Avant toute chose, pouvez-vous rappeler ce qu'est la Direction générale déléguée aux ressources ? Quelles sont ses missions ?

Xavier Inglebert : Comme son nom l'indique, la DGD-R s'occupe des ressources du CNRS, tant humaines que financières. Elle découle directement de la réforme de la gouvernance de l'établissement, fondée par le décret organique du 29 octobre 2009. Désormais, le directoire du CNRS est formé du président et de deux directeurs généraux délégués, l'un à la science et l'autre aux ressources. Comme l'efficacité recherchée pour le CNRS passe nécessairement par le croisement des logiques scientifiques et gestionnaires, la DGD-R se met au service de la science. Tel est d'ailleurs son premier rôle : le soutien à la science, qui rejoint une fonction traditionnelle de secrétariat général. Mais la DGD-R est amenée à jouer deux autres rôles, tout aussi importants, qui se comprennent à la lumière du décret du 29 octobre. D'abord, comme la DGD-R est partie prenante du directoire du CNRS, elle assiste directement le président et prolonge son action dirigeante dans son domaine de compétence administrative et financière. Par exemple, elle peut aider à prendre les décisions en matière de ressources humaines afin d'anticiper les départs en retraite, ou encore préparer les arbitrages sur la gestion du parc immobilier. Ensuite, en créant les dix instituts, le décret a affirmé le CNRS en tant que réseau. La DGD-R, en relation étroite avec la Direction générale déléguée à la science (DGD-S), contribue à l'animation et à la dynamique de ce réseau, et plus particulièrement en ce qui concerne son domaine de compétence : elle élabore un langage commun de gestion des ressources et fluidifie le dialogue de gestion.

Pourquoi était-il nécessaire de créer cette nouvelle direction ?

X. I. : La DGD-R est nécessaire à plus d'un titre. Elle répond directement aux nouvelles orientations stratégiques du CNRS, exprimées tant dans le contrat d'objectifs 2009-2013 que dans la lettre de mission de la ministre de la Recherche au président du CNRS, Alain Fuchs. Ces nouvelles

« Dans un contexte de mutation, il vaut mieux être actif qu'attentiste et s'appuyer sur les femmes et les hommes du CNRS. »



© Photos : F. Plas/CNRS Photothèque

orientations nécessitent une modernisation de la gestion des ressources, en particulier humaines. Dans un contexte de mutation, il vaut mieux être actif qu'attentiste et s'appuyer sur les femmes et les hommes du CNRS. Voilà pourquoi il s'agit d'une direction déléguée aux ressources et non aux moyens : les premières se mobilisent alors que les seconds se gèrent. Encore faut-il, pour les mobiliser, en déterminer le niveau par avance, ce qui nécessite de renforcer nos capacités d'anticipation. Par ailleurs, il convenait de mettre fin à une certaine tendance à l'atomisation des structures et des processus, qui ne permet plus une coordination optimale de toutes les actions menées et qui ne répond pas aux besoins de l'établissement en tant que réseau. À titre d'exemple, l'allocation des ressources était divisée entre quatre services ! Il fallait donc réorganiser les chaînes hiérarchiques selon les compétences pour les rendre plus claires, ainsi qu'identifier avec précision les processus, notamment ceux concernant les comptes et l'information financière, le dialogue de gestion ainsi que la coordination avec les délégations régionales, les instituts et les laboratoires, en lien étroit avec la DGD-S.

Quels changements dans la structure administrative du CNRS la DGD-R apporte-t-elle ?

X. I. : Désormais, la DGD-R compte cinq directions et une structure transversale (*lire l'encadré ci-contre*). La Direction des comptes et de l'information financière (DCIF) et la Direction de la stratégie financière, de l'immobilier et de la modernisation de la gestion (DSFIM) sont créées à partir de la Direction des finances, de l'Agence comptable, de l'unité Ipam (Indicateurs, programmation, allocation des moyens) et du Bureau du pilotage et de la coordination (BPC). D'autres services sont également restructurés. On peut citer la Délégation à l'achat et à l'innovation qui, rattachée à la DSFIM, est chargée des marchés publics et de la mise en place de dispositifs innovants de gestion, dont certains sont déjà bien connus, comme la carte achat. Ou

encore la Délégation aux cadres supérieurs, rattachée à la Direction des ressources humaines (DRH), qui aura pour tâche de repérer, former et gérer les cadres et futurs cadres supérieurs du CNRS. Autre changement, la Direction des affaires juridiques intègre désormais le service chargé des élections ; ce dernier voit son périmètre d'action étendu à l'organisation des conseils d'administration. Enfin, l'unité réseau du CNRS (Urec) est rattachée à la Direction des systèmes d'information (DSI).

À propos des systèmes d'information, vous inaugurez une nouvelle manière de piloter les projets informatiques...

X. I. : En effet. Aujourd'hui, les compétences informatiques sont trop dispersées. Il est décisif pour le CNRS de renforcer la fonction "système d'information" et de clarifier la conduite des projets qui lui sont relatifs. Ainsi, pour chaque projet, il y aura un et un seul responsable de maîtrise d'ouvrage dans la direction concernée, un responsable de la maîtrise d'œuvre à la DSI et un chef de projet, qui opérera leur rapprochement et garantira le respect du calendrier. Dans le même temps, le secrétariat du Comité d'évaluation et de coordination de l'évolution des systèmes d'information (Cesi) est rapproché de la DGD-R.

Comment cette nouvelle organisation a-t-elle été mise en place ?

X. I. : Nous avons d'abord travaillé avec tous les directeurs fonctionnels à partir de ce qui existait déjà. Car il faut bien dire que ce n'est pas un profond bouleversement : il s'agit de déplacer les périmètres d'action et de réorganiser certains processus afin d'accroître leur efficacité. Une fois ces nouveaux périmètres définis, nous avons réuni les cadres de la DGD-R le 18 mai dernier pour un séminaire afin de les associer pleinement à cette nouvelle organisation et d'identifier les éventuelles difficultés que nous aurions à rencontrer. Finalement, très peu d'agents connaîtront des changements dans leur activité. J'ai reçu

LA STRUCTURE DE LA DGD-R

La DGD-R s'organise autour de cinq directions et d'une structure transversale :

→ **La Direction des comptes et de l'information financière (DCIF), dirigée par Bernard Adans, est chargée de la qualité des comptes.** Elle doit aussi développer ce qu'on appelle le contrôle interne en comptabilité publique. En revanche, elle ne prend aucune décision sur l'allocation des ressources.

→ **La Direction de la stratégie financière, de l'immobilier et de la modernisation de la gestion (DSFIM)¹ se charge de traduire en mobilisation des ressources – humaines et financières – la politique scientifique du CNRS.** Y sont rattachés les très grands équipements (TGE) et les très grandes infrastructures de recherche (TGIR), la valorisation sous ses seuls aspects budgétaires, ainsi que la nouvelle délégation à l'achat et à l'innovation.

→ **La Direction des ressources humaines (DRH), dirigée par Christine d'Argouges, gère le personnel du CNRS.** Elle intègre la nouvelle délégation aux cadres supérieurs, dirigée par Vincent Mignotte.

→ **La Direction des affaires juridiques (DAJ), dirigée par Danièle Dauvignac, défend les intérêts du CNRS.**

→ **La Direction des systèmes d'information (DSI), dirigée par Jean-Marc Voltini, définit et met en œuvre les systèmes d'information nécessaires à l'activité du CNRS.**

La Mission transversale de pilotage et de relations avec les délégations régionales et les instituts (MPRI), placée sous la responsabilité de Joëlle Raguideau et composée d'une dizaine de personnes, pilote et assure la coordination des chantiers menés par la DGD-R entre les directions qui la constituent, les 19 délégations régionales, la DGD-S et les instituts.

F. D.

1. À l'heure où ces lignes sont écrites, le directeur de la DSFIM n'a pas encore été désigné.

ceux-là personnellement pour en discuter avec eux. Cette nouvelle organisation s'appuie sur une logique de travail d'équipe, de partage. Elle marque la fin d'un cycle de réajustements entamé avec la signature du décret du 29 octobre. Dès le 5 juillet 2010, nous serons à pied d'œuvre pour les grands chantiers qui nous attendent afin d'affirmer le CNRS comme figure de proue des évolutions de la recherche française.

Propos recueillis par Fabrice Demarthon

CONTACT

→ **Xavier Inglebert**

Direction générale déléguée aux ressources, Paris
xavier.inglebert@cnrs-dir.fr

INSTRUMENTATION

Un nouvel espion au cœur de la matière

Le 9 avril dernier, en Italie, le coup d'envoi a été donné pour le démonstrateur Agata, un spectromètre particulièrement sophistiqué. Pour les physiciens, cet instrument à la pointe de la technologie promet d'importantes découvertes sur la structure de la matière.

Les physiciens ont tout lieu de se réjouir. Un nouvel instrument va renforcer l'arsenal scientifique capable d'espionner l'intimité de la matière. Le 9 avril dernier, en Italie, au Laboratoire national de Legnaro, a été inauguré le démonstrateur Agata (pour *Advanced Gamma Tracking Array*, équipement avancé de suivi du parcours des rayonnements gamma), un spectromètre à rayons gamma de haut vol. Il est le fruit de sept années de travail et d'une coopération européenne associant treize pays, dont six principaux bailleurs (Allemagne, Italie, France, Grande-Bretagne, Suède et Turquie). Côté français, ce sont le CNRS, via l'IN2P3, et le CEA qui sont chargés du dossier. Une centaine de chercheurs et d'ingénieurs de 43 laboratoires européens sont impliqués dans la fabrication du spectromètre et plus de 350 chercheurs, dans son exploitation. Grâce à Agata, les scientifiques pourront mesurer l'énergie des photons gamma émis lors de réactions nucléaires, notamment au cours des réactions qui se produisent quand on bombarde de la matière avec des faisceaux d'ions, comme au Grand accélérateur national d'ions lourds de Caen (Ganil)¹. Ces tirs nourris permettent d'étudier la structure interne des noyaux ou de fabriquer des noyaux exotiques, qui n'existent pas dans la nature tellement ils sont instables. La chance des scientifiques : ces réactions produisent des photons gamma, dont les caractéristiques

Treize pays sont impliqués dans le lancement du spectromètre Agata, résultat de sept années de travail.

peuvent révéler la structure des noyaux mis en jeu. D'où la nécessité de disposer d'instruments dotés des plus hauts pouvoirs de résolution et de précision comme Agata.

« Pour détecter les rayons gamma, nous utilisons un matériau sensible dont les atomes vont interagir avec les photons, induisant un courant électrique qui

permet de mesurer les énergies mises en jeu, explique Faïçal Azaiez, directeur de recherche à l'Institut de physique nucléaire d'Orsay² et membre du comité européen de pilotage d'Agata. Le démonstrateur repose sur un matériau de détection unique, des cristaux de germanium ultrapurifiés. Grâce à Agata, nous pourrions localiser chaque photon dans

les trois dimensions de l'espace avec une résolution de quelques millimètres. Cela nous donnera une précision inégalée sur la mesure de leur énergie. » Car un photon né des réactions nucléaires dans la cible subit une série de ricochets dans les différents éléments du détecteur. Jusqu'à présent, le germanium, très onéreux, était associé à d'autres matériaux qui ne permettaient pas de suivre correctement ces rebonds, ce qui nuisait à la précision des mesures.

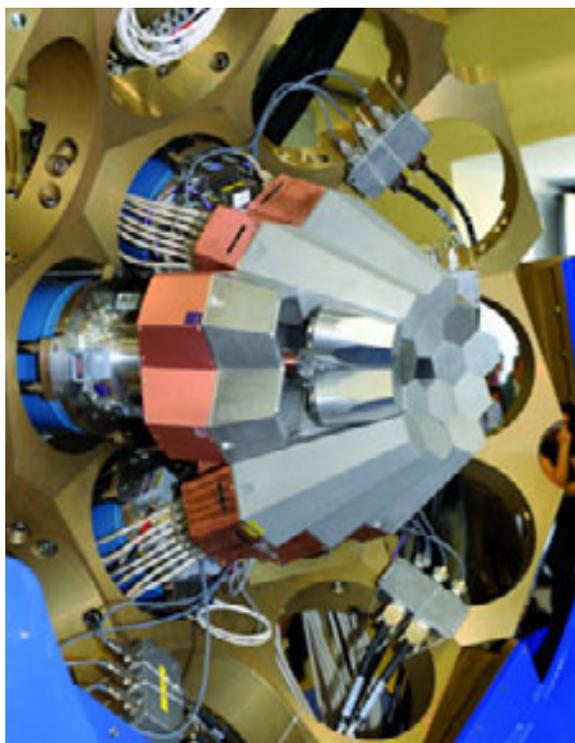
En l'état, le démonstrateur Agata n'est que le premier élément d'un instrument qui sera assemblé, brique par brique, d'ici 2016. Mais il est déjà adossé à un solide programme de recherche, qui le conduira en Allemagne, au GSI de Darmstadt, en 2011 et en 2012, puis en France, au Ganil, en 2013 et en 2014. Il comporte quinze détecteurs, arrangés en cinq groupes de trois. Une fois achevé, avec 180 détecteurs, l'instrument final Agata aura la forme d'une sphère qui traquera sans échappatoire possible, ou presque, tout le rayonnement

gamma émis pendant les expériences. « Les financements ont été trouvés pour le premier quart de la sphère de détection, en principe à partir de 2014, précise Faïçal Azaiez. Des discussions sont en cours pour la suite. » Au total, Agata devrait coûter 45 millions d'euros. Et permettre une moisson de découvertes retentissantes.

Denis Delbecq

1. Unité CNRS / CEA.

2. Unité CNRS / Université Paris-XI.



© INFN

BRÈVE

Le CNRS ouvre un bureau à Rio

Le 16 juin dernier, le neuvième bureau du CNRS à l'étranger a été inauguré à Rio de Janeiro, en présence notamment d'Yves Saint-Geours, ambassadeur de France au Brésil, et de Joël Bertrand, directeur général délégué à la science du CNRS. Il faut dire que le Brésil est le premier partenaire de l'organisme en Amérique latine. Ces dernières semaines ont été marquées par d'autres accords internationaux importants. Tout d'abord, deux nouveaux LIA (Laboratoire international associé) impliquant le CNRS viennent d'être créés : le LIA franco-chinois Mécanique, matériaux, contrôle et science de l'information et le LIA franco-argentin Développement de vecteurs neurotropes pour l'étude de la neuroplasticité et de la mémoire. Autre bonne nouvelle, l'Unité mixte internationale entre le Georgia Institute of Technology et le CNRS¹ vient d'être renouvelée jusqu'en 2013, après quatre ans d'une collaboration déjà fructueuse.

1. Avec l'université de Besançon, Supélec, l'Ensam et l'université de Metz.

CONTACTS

→ **Faïçal Azaiez**

Institut de physique nucléaire d'Orsay
azaiez@ipno.in2p3.fr

→ **Gilbert Duchene**

Institut pluridisciplinaire Hubert-Curien
(Université Strasbourg-I)
gilbert.duchene@ires.in2p3.fr

ANNIVERSAIRE

Pari gagné pour le musée du quai Branly

Le 23 juin 2006 était inauguré le musée du quai Branly, à Paris. Quatre ans plus tard, son président, Stéphane Martin, qui vient d'être renommé pour cinq ans, dresse un premier bilan de l'établissement et offre un aperçu de son avenir.

Pouvez-vous nous décrire les grands fondements et les objectifs du musée du quai Branly ?

Stéphane Martin : Notre musée a pour ambition de faire découvrir au public les arts d'Afrique, d'Océanie, d'Asie et des Amériques. Il s'agit d'un établissement culturel totalement novateur, à la fois musée, centre d'enseignement et de recherche et espace à vivre pour le public, avec notamment un salon de lecture en libre accès, une médiathèque, un théâtre... Il marque une vraie rupture avec l'image désuète des musées d'ethnologie. Traditionnellement, ces derniers reposent sur l'émerveillement devant les objets inconnus. Or cet émerveillement ne suffit plus dans notre société contemporaine. Le quai Branly propose donc une double muséographie : l'une, permanente, centrée sur l'histoire des collections, et l'autre, temporaire, avec une dizaine d'expositions par an. La place importante laissée aux expositions temporaires – la moitié du musée – est primordiale dans notre démarche. Aujourd'hui, il ne peut y avoir de discours absolu sur les cultures. Cela n'a plus de sens de montrer le mode de vie des Indiens navajos comme s'il était immuable. Les sujets des expositions temporaires sont élaborés par l'équipe du musée, des chercheurs extérieurs ou par des institutions internationales. Ce qui nous permet d'ouvrir nos portes à des commissaires venant de tous horizons : anthropologues français et étrangers, historiens, historiens de l'art, artistes, figures bien connues du grand public, tel le footballeur Lilian Thuram, qui sera commissaire de l'exposition Exhibitions présentée en 2012.

Le succès est-il au rendez-vous ?

S. M. : C'est certain. Nous accueillons chaque année 1,5 million de visiteurs alors que nous en attendions 800 000. Cette fréquentation est stable et, fait assez unique pour un établissement de cette envergure, il n'y a pratiquement pas eu de baisse après l'effet d'ouverture en juin 2006. D'autant que nos visiteurs sont fidèles. Près de 40 % d'entre eux viennent au moins pour la deuxième fois. Ils utilisent le musée un peu à la manière d'une maison de la culture grâce à notre



© C. Zannetacci/Musée du quai Branly

programmation diversifiée : expositions, concerts, spectacles, conférences, ateliers... Un musée d'ethnologie traditionnel, sorte de cathédrale dédiée à la discipline, n'est pas un lieu où l'on revient souvent : une fois que vous avez vu la collection, vous attendez peut-être des années pour y retourner. Au musée du quai Branly, la fréquentation se révèle plus quotidienne, plus "sociale". Car notre musée s'inscrit dans ce que j'appelle la filiation Beaubourg. L'influence d'un établissement comme le

Centre Georges-Pompidou a été très forte sur la fonction sociale du musée en France. On ne peut pas concevoir un grand musée aujourd'hui sans qu'il y ait une conjonction et une fraternisation des arts visuels et du spectacle vivant. Au quai Branly, il se passe toujours quelque chose. Pour le prix d'une entrée, vous pouvez visiter les expositions, assister à une table ronde sur la bande dessinée africaine, à une conférence de l'université populaire, écouter un spectacle musical...

Le Centre Georges-Pompidou a aussi inauguré la connexion directe entre le musée et la recherche. Le quai Branly suit-il aussi cette voie ?

S. M. : Tout à fait. Chercheurs et étudiants sont présents de manière permanente au sein de notre institution. Il y a d'abord ceux qui viennent étudier la collection. Durant la seconde moitié du XX^e siècle, l'ethnologie s'est peu à peu détachée des objets pour s'intéresser aux concepts, aux problèmes de perception et de cognition dans les sociétés humaines. Résultat : une grande partie des collections ethnologiques a été mal gérée et est devenue inaccessible. Le quai Branly leur a donné une nouvelle visibilité. La collection comporte aujourd'hui environ 300 000 objets, qui proviennent en majorité du Musée de l'Homme et du Musée national des arts d'Afrique et d'Océanie. Tous ont été inventoriés, dépoussiérés, photographiés, numérisés et stockés à l'abri. Chercheurs et étudiants peuvent les consulter facilement. Nous allons même les rendre encore plus accessibles avec la mise en ligne d'une muséothèque en 2011. Tous les objets seront répertoriés en ligne et pourront être réservés pour une consultation sur place. Notre deuxième lien avec la recherche s'établit à travers les bourses que nous accordons

à des doctorants et à des post-doctorants pour les aider à mener à bien leur recherche dans des disciplines allant de l'anthropologie à la sociologie en passant par l'archéologie, l'histoire, l'ethnomusicologie... Choisis par un jury, ils sont accueillis pendant deux ans par le musée, qui peut, le cas échéant, soutenir leurs travaux de terrain. Enfin, le musée participe avec le CNRS au Groupement de recherche international (GDRI) Anthropologie et histoire des arts. Il réunit quinze partenaires internationaux qui s'accordent pour financer des projets de recherche spécifiques. Les chercheurs se rencontrent, échangent, croisent les travaux de leurs laboratoires. Un cercle d'excellence en somme.

Les scientifiques participent-ils aux expositions ?

S. M. : Absolument. Beaucoup d'entre elles ont un lien direct avec la recherche et rencontrent un fort succès médiatique et public. C'est le cas de la Fabrique des images, de Philippe Descola, du Laboratoire d'anthropologie sociale (LAS)¹, présentée jusqu'au 17 juillet 2011, troisième exposition d'anthropologie qui permet à des personnalités scientifiques de mettre en scène leurs théories auprès du grand public. À la fin de l'année, l'exposition sur la civilisation lapita fera aussi la part belle à la recherche. Il y a cinq ans, une équipe de scientifiques du CNRS et de l'université nationale australienne a découvert sur l'île d'Efate, au Vanuatu, un ensemble extraordinaire de poteries lapitas². Très beaux, ces objets sont aussi des

traceurs du peuplement polynésien. Il nous semblait intéressant d'offrir au public la possibilité d'en apprendre plus sur cette découverte récente et assez spectaculaire.

Quel avenir voyez-vous pour le musée ?

S. M. : Deux sujets me tiennent à cœur : l'histoire et la coopération internationale. L'histoire politique et sociale non européenne est trop méconnue en France. Par exemple, l'histoire de l'Afrique peut tout à fait être racontée avec les mêmes codes – générateurs de prestige, d'écoute, d'attention – qui nous servent à raconter celle de l'Europe. Lorsqu'on relate la vie de Louis XIV, on évoque ses ministres, ses châteaux, ses maîtresses. Tout cela peut être anecdotique mais, qu'on le veuille ou non, cela participe de la considération que l'on montre à ce

« Au quai Branly, pour le prix d'une entrée, vous pouvez visiter les expositions, assister à une table ronde, écouter un spectacle musical... »

PÉDAGOGIE

Des lycéens mènent l'enquête en Alsace

Une boulangère « blonde comme les blés » a disparu. Il faut la retrouver. Tel est le but d'une pseudo-enquête criminelle proposée aux élèves alsaciens de terminale scientifique. Une investigation en biologie initiée par Laurence Drouard et Michel Labouesse, directeurs de recherche au CNRS¹, sous l'égide de l'École doctorale des sciences de la vie et de la santé de l'université de Strasbourg. Baptisé OpenLAB, pour Ouverture pédagogique et novatrice des laboratoires, l'atelier établit une passerelle entre la recherche et le grand public. « Au lycée, les concepts de génétique sont assez abstraits, constate Michel Labouesse. L'idéal, c'est de travailler avec des expériences concrètes. » Ici, à partir de cheveux retrouvés dans une voiture, les élèves amplifient des segments d'ADN par une réaction de polymérisation en chaîne pour découvrir l'identité du coupable. Les apprentis enquêteurs sont épaulés par des doctorants en biologie qui apportent en classe le matériel pointu et coûteux

nécessaire aux expériences. « Juste après l'atelier, des lycéens ont changé leurs vœux d'orientation afin de se diriger vers la biologie », se félicite Laurence Drouard. L'opération bénéficie du soutien logistique du CNRS et de l'appui de plusieurs partenaires, dont l'université de Strasbourg, la région Alsace, le rectorat, la Ligue contre le cancer et les laboratoires Roche². L'objectif, désormais, est de pérenniser cette initiative éducative peu fréquente en Europe, de l'élargir éventuellement à d'autres thématiques et qu'elle serve d'exemple au-delà des frontières alsaciennes.

Mathieu Hautemulle

1. Respectivement à l'Institut de biologie moléculaire des plantes (IBMP) (Unité CNRS) et à l'Institut de génétique et de biologie moléculaire et cellulaire (IGBMC) (Unité CNRS / Université Strasbourg-I / Inserm).
2. www.ed-sdvs.u-strasbg.fr/openlab/accueil/index.php

Contacts :

- > Laurence Drouard, IBMP, Strasbourg
laurence.drouard@ibmp-cnrs.unistra.fr
- > Michel Labouesse, IGBMC, Illkirch
lmichel@igbmc.fr

3 questions à...

Nayan Chanda

Au commencement était la mondialisation

La grande saga des aventuriers, missionnaires, soldats et marchands

Nayan Chanda, CNRS Éditions, coll. « Réseau Asie », mai 2010, 446 p. – 25 €

Nayan Chanda est rédacteur en chef de *YaleGlobal Online* et directeur des publications du Yale Center for The Study of Globalization.

Cette somme critique passionnante, dont le titre français évoque la première phrase de l'Évangile de saint Jean, montre que notre mondialisation, que l'on croit récente, existerait "de toute éternité". Pouvez-vous en donner rapidement la genèse ?

La mondialisation a la même origine que l'humanité. Elle a démarré il y a 50 000 ans au moins, quand *Homo sapiens* a quitté l'Afrique pour se diriger vers le nord, avec pour motivation d'aller ailleurs vivre mieux, sinon survivre. C'est la même motivation qui pousse des milliards de gens aujourd'hui à voyager, communiquer et à utiliser les produits d'ailleurs. À travers mes recherches, j'ai constaté qu'il existait quatre motivations principales derrière la création de notre monde hyperconnecté : celle des commerçants qui quittaient leurs lieux de naissance pour échanger des produits et en gagner des bénéfices, celle des prêcheurs voyageant

très loin pour convertir d'autres mondes, celle des aventuriers voulant découvrir de nouveaux territoires et richesses et celle des guerriers à la conquête de nouvelles terres et de nouveaux sujets.

Ma définition de la mondialisation diffère donc de celle de la Banque mondiale, qui avance des termes purement économiques, car il est évident que les connexions créées par ces quatre acteurs ont produit la vie sociale et culturelle d'aujourd'hui et pas seulement le commerce. Cependant, ces quatre catégories ne se sont pas figées. Les nouveaux marchands ne voyagent plus à dos de chameaux, ils exportent des marchandises par containers. Greenpeace ou Amnesty International sont des exemples de prêcheurs actuels. Les explorateurs Marco Polo et Ibn Battuta se sont transformés en millions de touristes et d'émigrés qui traversent le monde en créant de

nouvelles connexions. Quant aux campagnes impériales du passé, elles ont cédé la place à des campagnes semblables à l'invasion de l'Irak ou de l'Afghanistan et aux terroristes qui attaquent le World Trade Center, conflits qui ont encore plus connecté entre eux des habitants des quatre coins du monde : quand George Bush se préparait à attaquer l'Irak, il y a eu le même jour des manifestations contre la guerre par six à dix millions de gens dans soixante pays !

Une telle densification de l'interconnexion entraîne-t-elle autant de bénéfices que de préjudices ?

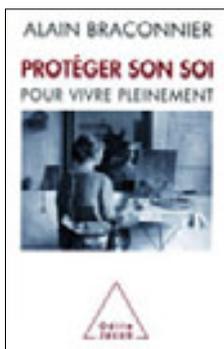
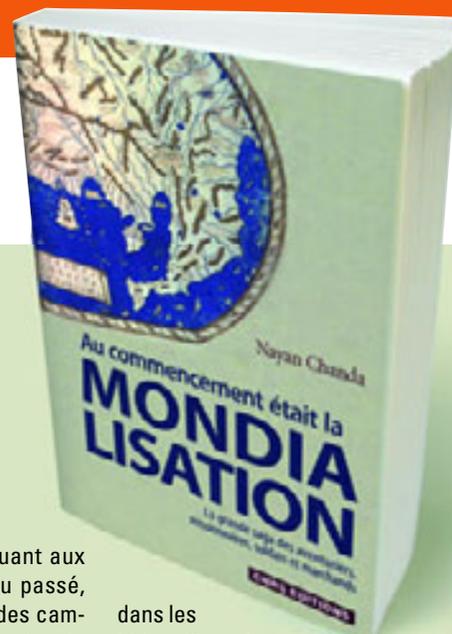
Oui, car aujourd'hui on vit mieux, on meurt moins d'épidémies, et la moitié de la population mondiale peut communiquer. Mais l'extrême proximité des hommes dans le temps et l'espace provoque des problèmes. La recherche du profit a augmenté la vitesse des transmissions en même temps que la visibilité en temps réel des problèmes engendrés. Des milliers de Sénégalais séduits par l'image de l'Occident sur leurs écrans s'élançant dans des bateaux pour les Canaries – le mot d'ordre

dans les bidonvilles de Dakar est « *Barça ou Barsax!* » (« *Barcelone ou la mort!* »). Par ailleurs, alors que la prospérité du monde occidental est plus visible que jamais, les barrières qui opposent entre eux les nouveaux aventuriers-émigrants augmentent, créant germes de tensions et conflits nouveaux.

Votre dernier chapitre s'intitule « Ce qui nous attend ». Quel est le danger aujourd'hui ?

La mondialisation existe et ne peut être renversée parce qu'elle est engendrée par le désir et les craintes de millions de gens. Mais l'information qui nous entoure et nous relie va plus vite que le corps humain et certainement que le corps des sociétés : le grand danger est de perdre le contrôle. Il est donc capital que nous travaillions ensemble, en restant attentifs à l'excès de souveraineté de certains États, parce que, cette fois, nous sommes tous liés – et en temps réel !

Propos recueillis par A. L.



Protéger son Soi pour vivre pleinement

Alain Braconnier, Odile Jacob, avril 2010, 304 p. – 21 €

Proposé par le psychologue Alain Braconnier, cet ouvrage généreux est dédié au Soi, autrement dit à « *cet ange que nous abritons et choquons sans cesse* » (Jean Cocteau). Pour le défendre de nos propres démons comme des menaces extérieures, nous disposons, disent les spécialistes, de « *mécanismes de défense* » parmi lesquels les « *excellents* » comme l'humour, la sublimation, l'anticipation et ceux « *en cas de gros problèmes* » : le déni de la réalité, le passage à l'acte, la projection... Au fil de nombreux exemples saisis dans sa pratique quotidienne, l'auteur, qui dénombre vingt-sept de ces « *ressorts* » plus ou moins endormis en nous-mêmes, explique clairement contre quoi et pour quels motifs notre Soi doit nous protéger, comment se déve-

loppent ses ressources, de la naissance à l'âge adulte et comment permettre à nos enfants de les utiliser « *afin qu'ils soient aussi capables d'aimer, d'aider les autres et de réussir leur vie* ».

La Vie des grenouilles

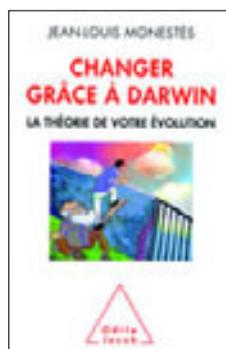
Alain Dubois et Annemarie Ohler, illustrations Yann Fastier, Le Pommier, coll. « Les minipommes », n° 36, juin 2010, 64 p. – 6 €

Où et comment vivent les grenouilles ? Rainette, crapaud et grenouille sont-ils à mettre dans le même sac ? Et, question d'importance, que font les grenouilles de leurs journées ? À lire au bord de l'eau quand on a 12 ans.



Changer grâce à Darwin La théorie de votre évolution

Jean-Louis Monestès, Odile Jacob,
mai 2010, 238 p. – 22 €



Comment certains de nos comportements et habitudes que nous détestons perdurent, et d'autres que nous aimerions voir émerger restent à l'état d'aspirations? Prolongeant l'application des (nombreux) concepts de la théorie de l'évolution – qui, dans la première édition de *L'Origine des espèces* figurait sous la dénomination « *descendance avec modification* » –, Jean-Louis Monestès décrit ici en quoi les mécanismes de la sélection sont impliqués dans notre vie quotidienne et comment leur compréhension et leur utilisation peuvent nous permettre de « *progresser, gommer nos mauvaises habitudes et en acquérir d'autres plus en accord avec ce que nous souhaitons faire de notre vie* ». Le mot d'ordre, ici, est : « *Changez!* » Avec des « *bémols* » – d'où les « *clés* » pour acquérir cette attitude. Un aller-retour plein d'humour entre le collectif et l'individuel.



Les Espaces du vent

Jean Riser, Éditions Quæ, coll. « Synthèses »,
juin 2010, 255 p. – 32 €

Un géographe spécialiste de l'évolution des milieux naturels arides et semi-arides, où le vent souffle tout particulièrement, signe ici un ouvrage original – le premier – sur les « *espaces* » du vent. Il y explique les mécanismes qui régissent les vents successivement

dans les espaces atmosphériques, maritimes et littoraux ainsi que continentaux et dans le rapport entretenu par l'homme avec ces « *souffles* » (lutte contre l'ensablement, construction de fermes éoliennes, aérodynamismes, plaisance...) et esquisse, en conclusion, les modifications éventuelles des climats et des régimes des vents liés au réchauffement climatique. Un ouvrage scientifique qui évoque, dans ce travail du vent, les chefs-d'œuvre de la littérature mondiale, de *L'Odyssée* à Okusai.

Trichologiques Une anthropologie des cheveux et des poils

Christian Bromberger, Bayard, mai 2010, 256 p. – 22 €

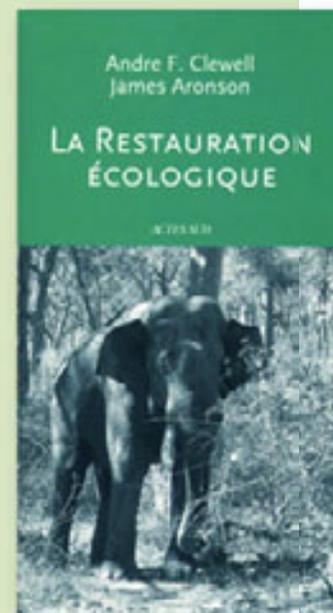
En élaborant ces « *Trichologiques* » (de *trix*, *trichos*, le « poil » en grec ancien), Christian Bromberger, qui fait là référence aux *Mythologiques* de Lévi-Strauss, met en évidence toute la capacité de la pilosité humaine à signifier, capacité d'autant plus grande aujourd'hui que la lutte contre le froid, hantise des premiers hommes, ne passe plus par elle. Le poil est donc, en toute liberté créatrice, coupé, rasé, teint, peigné, frisé, tonsuré, « abandonné... », crémé, tordu, martyrisé, orné, caché... Au terme d'un tour du monde qui va décoiffer nos préjugés simplificateurs, on constate que cette dérisoire petitesse du poil parvient à exprimer bien des manières de voir les choses, avec un leitmotiv sous-jacent au plaisir de la manipulation parfois très compliquée de cette pilosité : la frayeur qu'elle renvoie à une animalité humaine originelle...



La Restauration écologique

Andre F. Clewell et James Aronson (dir.),
traduit de l'anglais par
Christiane Randriamampionona
et Christelle Fontaine, Actes
Sud, mai 2010, 340 p. – 28 €

Face à un environnement saccagé depuis une centaine d'années, la « *restauration écologique* » donne aujourd'hui à l'homme l'opportunité de « *réparer* » les écosystèmes endommagés ou détruits. Plaidant pour une conception globale de cette restauration associant désormais valeurs et besoins humains, les auteurs explicitent les principes qui régissent sa pratique, les valeurs qui sous-tendent les projets et la structure d'une nouvelle profession. Des visites de terrain virtuelles complètent chaque chapitre donnant des exemples d'écosystèmes restaurés dans le monde.



Les poissons vont-ils mourir de faim (et nous avec) ?

Laurent Bopp, Le Pommier, coll. « Les petites pommes du savoir », n° 121, mai 2010, 64 p. – 4,60 €

Chaque année, plus de 105 millions de tonnes de poissons sont retirées des océans par les pêcheries artisanales et industrielles. De plus, parmi les grands régulateurs du climat de notre planète, la « *pompe* » biologique de carbone aspire dans les profondeurs marines près de 10 milliards de tonnes de carbone, qui sont ainsi isolées de l'atmosphère pour plusieurs centaines, voire milliers, d'années. Comment acidification, pollution et surpêche se combinent-elles? Peuvent-elles modifier radicalement ces extraordinaires *ecosystem services* rendus par les océans?

ET AUSSI

L'ÉCOSOCIÉTÉ. UNE SOCIÉTÉ PLUS RESPONSABLE EST-ELLE POSSIBLE ?

Gabriel Wackermann (dir.), Ellipses, coll. « Carrefours »,
mai 2010, 624 p. – 38 €

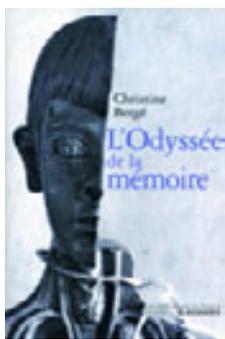
PHILOSOPHIE DE L'ENVIRONNEMENT ET MILIEUX URBAINS

Thierry Paquot et Chris Younés (dir.), préface d'Isabelle Laudier,
La Découverte, coll. « Armillaire », juin 2010, 192 p. – 17 €

ÉVÉNEMENTS CLIMATIQUES EXTRÊMES RÉDUIRE LES VULNÉRABILITÉS DES SYSTÈMES ÉCOLOGIQUES ET SOCIAUX

Henri Décamps (dir.), EDP Sciences,
coll. « Académie des sciences »,
juin 2010, 194 p. – 28 €





L'Odyssée de la mémoire

Christine Bergé, *La Découverte*, coll. « Les empêcheurs de penser en rond », mai 2010, 272 p. – 19 €

Premier d'une série ambitieuse sur les technologies de l'esprit, ce livre alerte son lecteur sur les pratiques actuelles d'automatisation de l'être humain et notamment du « *cortex qui recevra bientôt des implants mnémotechniques* ». Philosophe et anthropologue, Christine Bergé considère ici la mémoire non pas comme quelque chose d'inné et de naturel mais comme un acquis, le produit d'une "technologie" dont les modèles se transforment

au cours de l'histoire en une évolution plutôt inquiétante, de l'âge d'or des arts de la mémoire chez les Grecs (perceptible encore à l'époque médiévale et jusqu'à Descartes) aux recherches actuelles sur l'intelligence artificielle et la génétique. L'auteur met ainsi en évidence le péril actuel « *d'autant plus grand que se développe le modèle d'une mémoire composée de modules semblables à ceux de l'ordinateur, dissolvant le sujet en une série de processus automatiques* ».

Quantifier le public

Histoire des mesures d'audience de la radio et de la télévision

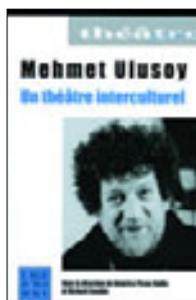
Cécile Méadel, *Economica*, coll. « Médias et publicité », mai 2010, 283 p. – 24 €

Les dispositifs de mesure des audiences de la radio et de la télévision sont devenus indispensables pour l'économie et la programmation des médias. Depuis leur apparition fin 1940, leur histoire est controversée : les médias les utilisent en les craignant, leurs résultats, supposés confidentiels, font l'objet de fuites dans les journaux, le pouvoir politique y trouve son grain, certains publics dénoncent leur tyrannie... Pourtant, aucun travail n'avait été mené sur l'audimat. Cet ouvrage éclaire les mécanismes de ces instruments montrant comment, par la fixation de règles conventionnelles mais plausibles, ils ont réussi à concilier des définitions divergentes du public et font plus qu'orienter la programmation des stations et des chaînes.



Mehmet Ulusoy

Un théâtre interculturel



Béatrice Picon-Vallin et Richard Soudée (dir.), *L'Âge d'homme*, coll. « th XX », avril 2010, 280 p. – 29 €

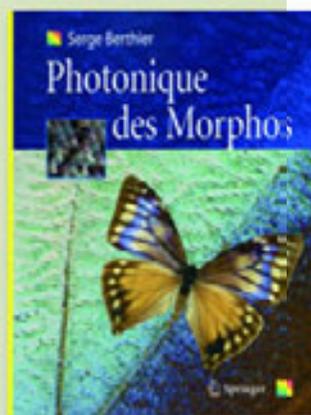
Acteur et metteur en scène turc, Mehmet Ulusoy (1942-2005), a fondé en France le Théâtre de

la liberté et sa troupe a créé des "spectacles-montagnes", poétiques et politiques, combinant éléments gestuels, textuels, plastiques et musicaux. Apôtre du métissage culturel, il a intégré les trésors de Brecht, de Strehler et de Vitez, tout en assimilant ceux du théâtre populaire d'Anatolie, projetant ainsi sur la scène une « *étrangéisation festive* ». Études et témoignages sur une « *œuvre joyeuse* ».

Photonique des Morphos

Serge Berthier, *Springer*, mai 2010, 248 p. – 110 €

La photonique, parmi d'autres approches, permettrait à terme de remplacer l'électronique dans le traitement et la propagation de l'information. La brique de base est le cristal photonique qu'on ne sait encore pratiquement pas élaborer à grande échelle. Or de telles structures cristallines sont extrêmement répandues dans le monde du vivant, par exemple sur les ailes de certains papillons. Physicien à l'Institut des nanosciences de Paris, Serge Berthier propose cet ouvrage sur les propriétés photoniques des ailes d'un genre emblématique de papillons, les *Morphos* amazoniens, choisis parmi d'autres groupes animaux (poissons, reptiles, oiseaux...) pour la grande diversité de leurs structures et leur singulière iridescence, c'est-à-dire leur capacité à sembler changer d'aspect selon l'angle de vue ou d'éclairage. Au-delà de la recherche d'éventuels transferts industriels, cet ouvrage magnifiquement illustré est un plaidoyer pour la sauvegarde de la « *réserve de solutions* » que nous offre la nature, à condition d'éviter l'extinction des espèces qui les détiennent.



AUTRES PARUTIONS

TRADUCTION

ET MONDIALISATION, VOL. II
Hermès, n° 56, CNRS Éditions, coll. « Cognition, communication, politique », mai 2010, 225 p. – 25 €

LES NANOTECHNOLOGIES PEUVENT-ELLES CONTRIBUER À TRAITER DES MALADIES SÉVÈRES ?

Patrick Couvreur, Collège de France / Fayard, coll. « Leçons inaugurales du Collège de France », n° 211, mai 2010, 41 p. – 10 €

BELLEVILLE, QUARTIER POPULAIRE ?

Agnès Deboulet et Roselyne de Villanova (dir.), Créaphis, coll. « Lieux habités », juin 2010, 220 p. – 20 €

JEAN DE L'OURS, GARGANTUA ET LE DËNICHEUR D'OISEAUX
Bernard Sergent, Arma Artis, coll. « L'or des origines », mai 2010, 524 p. – 60 €

CULTURE D'EN HAUT, CULTURE D'EN BAS. L'ÉMERGENCE DES HIÉRARCHIES CULTURELLES AUX ÉTATS-UNIS

Lawrence W. Levine, préface de Roger Chartier, *La Découverte*, coll. « Textes à l'appui / Laboratoire des sciences sociales », mai 2010, 336 p. – 26 €

LOUIS SAGUER. ŒUVRES ET JOURS

Textes réunis par Bruno Schweyer avec la collaboration de Laurent Feynrou, préface de Konrad Boehmer, Basalte / Fondation Salabert / Sacem, coll. « Documents », mai 2010, 342 p. – 19 €

JÉRÔME FRASCATOR. LA SYPHILIS

Texte bilingue établi, traduit et annoté par Jacqueline Vons, Danièle Gourevitch et Concetta Pennuto, Les Belles Lettres, coll. « Les classiques de l'humanisme », juin 2010, 260 p. – 35 €

KRACAUER, LE CHIFFONNIER MÉLANCOLIQUE

Olivier Agard, CNRS Éditions, mai 2010, 391 p. – 28 €

MELTING SHOPS. UNE HISTOIRE DES COMMERÇANTS ÉTRANGERS EN FRANCE

Claire Zalc, Perrin, coll. « Pour l'histoire », mai 2010, 336 p. – 25 €

GRANDS HOMMES VUS D'EN BAS

Julien Bonhomme et Nicolas Jaoul (dir.), musée du quai Branly, *Gradhiva. Revue d'anthropologie et d'histoire des arts*, n° 11, juin 2010, 240 p. – 20 €

Retrouvez les publications de CNRS Éditions sur le site : www.cnrseditions.fr

EXPOSITIONS

Le laser à tout faire

Jusqu'au 28 novembre 2010, Musée des arts et métiers, Paris (III^e). Entrée gratuite sur présentation de la carte CNRS. Tél. : 01 53 01 82 00 – www.arts-et-metiers.net

L'émission du premier flash laser, en 1960, a marqué une réelle rupture dans le domaine de l'optique. Pour la première fois, on disposait d'une lumière concentrée et ordonnée qui ne ressemblait à aucune autre. Depuis, chaque année, les chercheurs explorent de nouvelles manières d'ordonner la lumière dans l'espace, le temps ou la couleur et développent de nouvelles utilisations pour la lumière laser. Téléphonie, Internet par fibre optique, chirurgie de l'œil, découpes de matériaux, mesures de distance, lecture de codes-barres...



Les lasers ont envahi notre quotidien. Réalisée par le CNRS en partenariat avec le Conservatoire national des arts et métiers, cette exposition vous propose de découvrir comment, cinquante ans après son invention, la lumière laser est devenue incontournable pour mesurer, analyser, agir sur la matière et communiquer.

Tableaux kunas Les molas, un art d'Amérique

Jusqu'au 18 octobre 2010, Palais de l'Europe, Menton (06). Tél. : 04 92 41 76 66 – www.menton.fr

Véritables tableaux de tissu, les molas ont consacré dans le monde entier les femmes kunas, peuple amérindien du Panama, comme des artistes exceptionnelles. Ces femmes se peignaient le corps jusqu'au XIX^e siècle quand des Occidentaux voulurent leur imposer leur mode vestimentaire.

En réaction, elles ont créé les molas, faites de plusieurs couches d'étoffes de couleur différente et dont les motifs, parfois pleins d'humour, évoquent la nature, la vie quotidienne, les mythes... Cette exposition, élaborée par Michel Perrin, ethnologue au CNRS et membre du Laboratoire d'anthropologie sociale (CNRS / Collège de France / EHESS), permet de découvrir quelque 200 magnifiques molas ainsi que d'autres objets de la culture kuna.



Mola figurant un aviateur.



Au cœur des forêts provençales Une biodiversité insoupçonnée

Jusqu'au 2 septembre 2010, Observatoire de Haute-Provence, Saint-Michel-l'Observatoire (04). Tél. : 04 92 70 64 00 – www.obs-hp.fr

C'est une manière originale de découvrir la biodiversité : grâce à des passerelles, vous pouvez marcher sur la canopée, l'étage supérieur de la forêt. Outre ce parcours aérien, une exposition, des ateliers, des conférences et une installation artistique, à quelques kilomètres de là, au couvent des Cordeliers, sont également à l'affiche de l'été.

Alliances marines /// Drôles de bêtes

Jusqu'au 23 janvier 2011, Palais de la découverte, Paris (VIII^e). Tél. : 01 56 43 20 20 – www.palais-decouverte.fr

Grâce à ces deux expositions, vous ne verrez plus les espèces aquatiques comme avant. Vous pensiez que la loi du chacun-pour-soi règne dans la nature ? Alliances marines va vous surprendre. Vous y découvrirez comment la crevette se nourrit en nettoyant la peau et les dents de certains poissons dans des sortes de stations de lavage. Vous comprendrez aussi com-

ment le gobie, un petit poisson, surveille les environs du terrier entretenu par la crevette et dans lequel les deux s'enferment la nuit venue. De son côté, l'exposition Drôles de bêtes nous livre de belles photos inédites de la vie microscopique et méconnue du bassin d'Arcachon.

Aquitaine préhistorique Vingt ans de découvertes archéologiques

Jusqu'au 2 janvier 2011, Musée d'Aquitaine, Bordeaux (33). Tél. : 05 56 01 51 00 – www.bordeaux.fr

C'est un voyage passionnant en pleine Préhistoire que le Musée d'Aquitaine nous a concocté, avec plus de 2 000 objets – pierres taillées, os travaillés, céramiques décorées, objets en métal, sculptures... – issus des découvertes archéologiques en Aquitaine de ces vingt dernières années. Cartographies, vidéos, maquettes et reconstitution d'un chantier de fouilles sont au programme de cette exposition conçue avec la participation de nombreux chercheurs du CNRS. Quant aux enfants, ils pourront observer des pollens au microscope, reproduire des dessins à la manière de l'homme préhistorique et manipuler des moulages de crâne.



Limace de mer du bassin d'Arcachon.

ET AUSSI

1000 & 1 COULEURS
Jusqu'au 5 septembre 2010, Le Vaisseau, Strasbourg (67). Tél. : 03 88 44 65 65 – www.levaisseau.com

Les couleurs dévoilent leurs secrets tout au long de cette exposition parsemée d'expériences ludiques telles que la "machine à splash". Des fleurs aux couleurs de l'arc-en-ciel, des tomates noires et des laitues rouges attendent également le visiteur (à partir de 3 ans) tout comme de nombreux tests amusants. Dont celui de l'effet *stroop*, qui décrit le trouble que l'on peut ressentir lorsque l'on voit le mot rouge écrit en vert...

MANIFESTATIONS

Les particules sont à la fête !

Du 22 au 27 juillet 2010, Paris (75). Entrée libre – www2.cnrs.fr/presse/communique/1917.htm

Cet été, Paris devient la capitale mondiale de la physique des particules. Et le grand public est convié à la fête. À l'occasion de la conférence internationale IChep 2010 (*lire aussi la rubrique Zoom p. 28*), l'IN2P3 du CNRS propose en effet plusieurs animations ouvertes à tous. Dans le cadre de l'opération Paris Plages, les plus jeunes, à partir de 8 ans, sont ainsi invités aux ateliers animés par Les Petits Débrouillards, du 22 au 27 juillet, au bassin de la Villette. Tandis que les acteurs-clowns de la compagnie Île logique déambuleront pour deviser avec le grand public, voie Georges-Pompidou, le 27. Bouquet final le soir, à partir de 19h30, avec la Nuit des particules, soirée spéciale Cinémascience au Grand Rex (<http://nuitdesparticules.fr>). Des scientifiques du CNRS et du CEA, avec la présence exceptionnelle de la comédienne Irène Jacob, y dialogueront avec le grand public. La nuit débutera par une conférence sur les particules et sera suivie d'un débat, puis de la projection du film de science-fiction *Sunshine*, de Danny Boyle (2007).



© G. Elle-Dit-Cosaque

33^e Festival de cinéma de Douarnenez

Du 21 au 28 août 2010, Douarnenez (29).
Tél. : 02 98 92 09 21 – www.festival-douarnenez.com

Pour cette nouvelle édition, le Festival voguera sur la route caraïbe. Au programme : cabotage cinématographique d'île en île, mais aussi sur le continent américain, débats et musiques, poésie et résistances, mélanges et culte vaudou... Parmi les soixante films présentés, citons *Molakana. Couvrez le monde...* (2003, 52 min), un film de Michel Perrin produit par CNRS Images Média (*voir aussi sur ce sujet l'exposition Tableaux kunas p. 41*).

2^e Festival d'astronomie de Vendée

Les 21 et 22 août 2010, Chapelle-aux-Lys (85). Entrée libre – www.astrolys.blogspot.fr

À l'affiche du festival : expositions, ateliers, conférences, observations au télescope et films. Les productions de CNRS Images seront à l'honneur avec la projection des films suivants :

- > *La Carte céleste de Dunhuang* (2009, 20 min), de Jérôme Blumberg,
- > *Énigmes de Sirius* (2008, 42 min), de Jérôme Blumberg,
- > *Les Télescopes de l'invisible* (2008, 24 min), de Marcel Dalaise,
- > *Les Conquistadors du système solaire* (2002, 50 min), de Martin Delpierre,
- > *À l'école de l'astrolabe* (2008, 52 min), de Naïma Lefkir-Laffitte.

EN LIGNE

Grands sites archéologiques

www.grands-sites-archeologiques.culture.fr



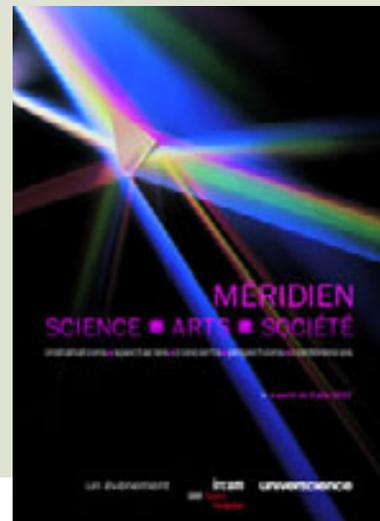
Chasser avec l'homme de Tautavel au pied des Pyrénées, élever dolmens et menhirs avec les bâtisseurs du Morbihan, plonger à la découverte des épaves englouties... La collection multimédia « Grands sites archéologiques », publiée par le ministère de la Culture et de la Communication, vous invite à découvrir l'histoire et la vie des hommes d'autrefois. Une vingtaine de minisites, enrichis de photos, de reconstitutions 3D et de cartes, fournissent aux internautes la possibilité d'appréhender les dernières recherches en archéologie menées par les grands spécialistes du domaine, notamment par les équipes du CNRS.

L'ÉVÉNEMENT

Méridien sciences-arts-société

Depuis le 8 juin 2010, Paris (75), Avignon (84), Villeneuve-lez-Avignon (30), etc. – www.meridien-artsciences.net

Croiser les trajectoires scientifiques et artistiques, tel est l'objectif du projet Méridien sciences-arts-société mis en place par Universcience – qui regroupe la Cité des sciences et de l'industrie et le Palais de la découverte – et l'Ircam. Prélude à la naissance d'un observatoire science-arts, le Méridien fédère une série d'actions – installations, spectacles, concerts, projections, conférences – où se télescopent les cultures scientifiques et artistiques, la création et la recherche. Parmi elles, on peut citer Binôme, une série de courtes pièces nées de rencontres entre cinq scientifiques et cinq auteurs contemporains qui sera présentée au Festival d'Avignon du 12 au 17 juillet. Ou encore l'installation Grainstick, issue des recherches de l'Ircam, et l'installation *Mortuos plango, vivos voco*, chef-d'œuvre de l'électroacoustique, qui investiront respectivement la Cité des sciences et de l'industrie et le Palais de la découverte jusqu'au 31 juillet.



© eppdCS/BelleVieille 2010/Comstock

ÉTONNANTES IMAGES



Sans défenses

Un éléphant, ça trompe énormément... Mais un ptéropode aussi ! Ce mollusque bleuté à la silhouette pachydermique ne mesure en réalité qu'un centimètre. Il nageait dans les eaux de l'océan Indien, au large des îles Maldives, quand il a été pris dans un filet à plancton de la goélette *Tara*. Et c'est accompagné de trois petits crustacés, deux copépodes (à gauche) et un ostracode (orangé) dans sa coquille, qu'il a été photographié à bord du bateau juste après sa capture en avril 2010. Christian Sardet, chercheur CNRS au laboratoire Biologie du développement¹ et coordinateur de l'expédition *Tara Océans*², a utilisé pour cela un simple appareil photo numérique équipé d'un objectif macro. Mais le voilier est aussi équipé de microscopes, de cytomètres et de prototypes développés pour la recherche biomédicale et l'océanographie. Les chercheurs embarqués peuvent ainsi étudier les minuscules organismes qui constituent le plancton dans tous les océans. **S. G.**

1. Unité CNRS / UPMC (Paris-VI).

2. Lire aussi page 4.

les 20 ans

20^{es} Rencontres "Sciences et Citoyens" CNRS Jeunes

5, 6 et 7 novembre 2010

Palais des Congrès
du Futuroscope de Poitiers

BULLETIN D'INSCRIPTION

Merci de remplir ce bulletin en majuscules

G F

N° Agent CNRS :

Nom.....

Prénom.....

Date de naissance.....

Adresse.....

Ville.....

Code postal.....

Téléphone.....

Niveau d'études ou activité professionnelle.....

E-mail.....

désire participer aux 20^{es} Rencontres CNRS Jeunes « Sciences et Citoyens »,
au Palais des congrès du Futuroscope, du 5 au 7 novembre 2010, et joint le
règlement de 60 €** par :

chèque bancaire chèque postal

libellé à l'ordre du CNRS (Centre national de la recherche scientifique).

réduction SNCF demandée (billet congrès)

En cas d'annulation avant le 30 septembre 2010, une somme de 30 € sera retenue.
Passé cette date, aucun remboursement ne pourra être effectué.
Une confirmation d'inscription et une documentation de présentation vous parvien-
dront dans les meilleurs délais.

Signature

Bulletin et règlement sont à retourner avant le 08 octobre 2010
à l'adresse suivante :

CNRS - DIRCOM / PÔLE ACTIONS JEUNES ET ÉVÉNEMENTS
Rencontres CNRS Jeunes « Sciences et Citoyens »
3 rue Michel-Ange - 75794 Paris Cedex 16

Pour tout renseignement complémentaire :

Martine ROCHE Tél. : 01 44 96 46 31

Jean-Louis BUSCAYLET Tél. : 01 44 96 46 34

Anne RÉGLIER Tél. : 01 44 96 45 34

www.cnrs.fr/sciencesetcitoyens

* Inscription dans la limite des places disponibles

** 60 € pour les personnes extérieures et 45 € pour les enfants des personnels
CNRS et membres des clubs CNRS Jeunes « Sciences et Citoyens ».

VOUS AVEZ DE 18 à 25 ANS,
VENEZ PARTICIPER AUX 20^{es} RENCONTRES CNRS JEUNES « SCIENCES ET CITOYENS »

Jeune ou chercheur, chacun apporte ici sa richesse : un savoir, une curiosité, une expérience.
C'est comme un bagage que l'on propose en partage pour réfléchir et construire ensemble la société de demain.

Ne manquez pas cet événement exceptionnel,
Inscrivez-vous rapidement.

AUTOUR DE 10 ATELIERS-DÉBATS

MATIN

- 1 - BIODIVERSITÉ ET SOCIÉTÉ
- 2 - ORDRE, DÉSORDRE, FOLIE : QUE PEUT-ON SOIGNER ?
- 3 - PARFUM DU SOUVENIR, PARFUM DU DÉSIR : L'ODORAT, LA NOUVELLE ALCHIMIE DU XXI^e SIÈCLE
- 4 - LA MORT... ET ALORS ?
- 5 - LE LASER OU LA RÉVOLUTION DISCRÈTE

APRÈS MIDI

- 6 - ART ET SCIENCE : QUELS DIALOGUES ?
- 7 - SAUVER LA TERRE ?
- 8 - BIODIVERSITÉ ET GÉNOMIQUE
- 9 - EXPERTISE : LES SCIENTIFIQUES FACE À LEUR ENGAGEMENT CITOYEN
- 10 - POUVONS-NOUS RÉSISTER AUX TECHNOLOGIES ?