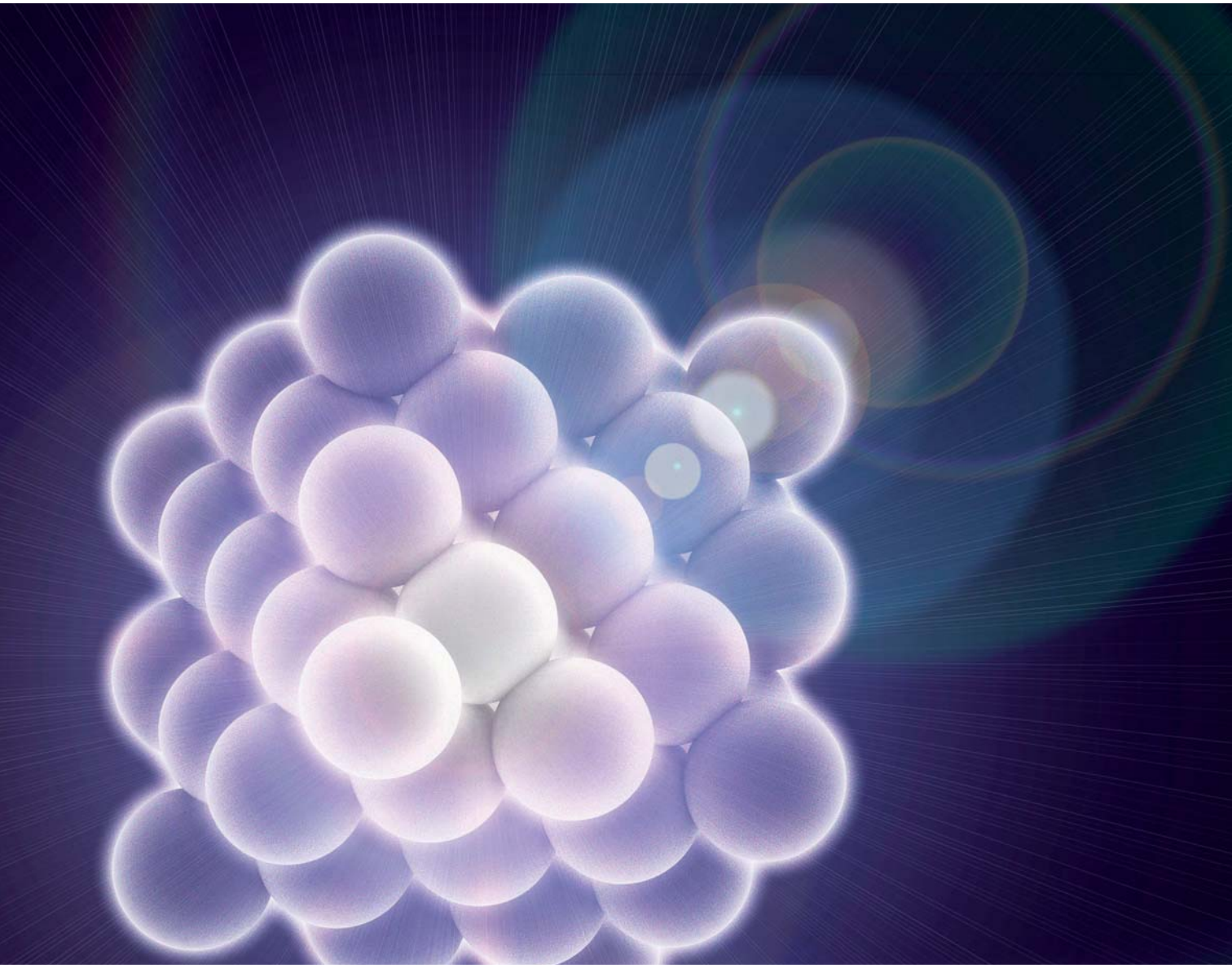
les défis du cea

157
FÉVRIER 2011

Le magazine de la recherche et de ses applications

SOMMAIRE // MICRO ET NANOTECHNOLOGIES [P. 4] NUCLÉAIRE DU FUTUR [P. 12] CLIMATOLOGIE [P. 13] ASTROPHYSIQUE [P. 14] TECHNOLOGIES POUR L'ÉNERGIE [P. 15] TECHNOLOGIES POUR L'INFORMATION [P. 15] LA RFID [PP. 16-17] L'ART EN RÉSIDENCE AU CEA : 3 QUESTIONS À VALÉRIE LEGEMBRE [P. 18]

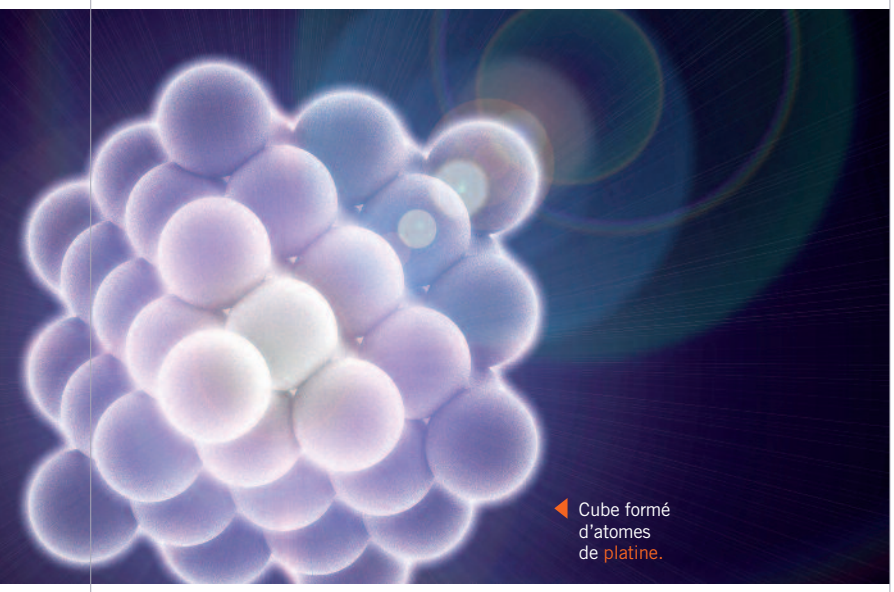


➥ CATALYSEURS //
COMMENT PLAQUER LE PLATINE ? [P. 6]

Sommaire N° 157

04 Retour sur l'actualité

MICRO ET NANOTECHNOLOGIES // Un nouveau *showroom* à Minatec [04] **RELATIONS BILATÉRALES** // Coopération franco-suédoise renforcée [04] **REVUE DE PRESSE** [05]



Cube formé d'atomes de platine.

06 À la une

COMMENT PLAQUER LE PLATINE ? //

11 À la pointe

NUCLÉAIRE DU FUTUR // Du sodium ultrapur pour Astrid [12] **CLIMATOLOGIE** // La mousson dispersée aux quatre vents [13] **ASTROPHYSIQUE** // Quand deux galaxies se rencontrent… [14] **TECHNOLOGIES POUR L'ÉNERGIE** // Good vibrations [15] **TECHNOLOGIES POUR L'INFORMATION** // GPS d'intérieur [15]

16 Tout s'explique

La RFID, ou *Radio Frequency IDentification.*

18 Ils en parlent

VALÉRIE LEGEMBRE, photographe-sculpteur en résidence au CEA, explique sa démarche artistique.

À voir sur www.cea.fr

Retrouvez sur le site du CEA l'actualité de ses laboratoires et de nombreux dossiers thématiques, en multimédia (texte, audio et vidéo) et pour tous les publics.

www.cea.fr/videos/actualites/

Sur le fil de l'actu

En direct des laboratoires, retrouvez les principaux résultats scientifiques du CEA qui n'auraient pas été traités dans *Les Défis du CEA.* Rendez-vous sur le nouveau site Internet *Le fil Science et Techno du CEA.*

© FIICEA

www.cea.fr/videos/actualites

Le reportage du mois

© F.Rhodes/CEA

La toxicologie est une discipline qui doit accompagner le développement de toute technologie pouvant avoir un impact sur la santé ou l'environnement. C'est du moins la politique du CEA qui met en place de nombreux programmes pour étudier les bactéries, les nanoparticules, etc. Le point avec ce reportage.

www.cea.fr/videos/actualites

La crème du chocolat

Le génome du cacaoyer Criollo, à l'origine du chocolat de la plus haute qualité et qui serait le descendant des premières variétés cultivées par les Mayas, vient d'être décrypté. Un résultat majeur pour la compréhension de la biologie, signé par un consortium international d'équipes, dont celles du CEA, à décrypter en ligne.

CEA-iRTSV

En plus des recherches sur la physiologie cellulaire ou sur les infections et le cancer, l'Institut de recherches en technologies et sciences pour le vivant (CEA-iRTSV) s'intéresse à la biologie à la chimie des matériaux. Dans ce cadre, il contribue à la recherche sur l'hydrogène en développant des catalyseurs bio-inspirés. S'appuyant sur un ensemble de plateaux technologiques modernes à Grenoble, il collabore également avec d'autres équipes du CEA. Dans le cadre du programme transverse Nanosciences du CEA, il réalise avec le CEA-Iramis (Institut rayonnement matière de Saclay) l'intégration de ses catalyseurs sur des électrodes de piles à combustible. Les ingénieurs du CEA-Inac (Institut nanosciences et cryogénie) et du CEA-Liten (Institut d'innovation pour les technologies nouvelles de l'énergie) participent également aux recherches, notamment pour la modélisation théorique de la réactivité de ces catalyseurs.

VOIR PAGES 6 À 10

© P. Avavian/CEA

En chiffres

400
Nombre de chercheurs des 5 laboratoires du CEA-iRTSV.

2002
Date du début des recherches sur les catalyseurs bio-inspirés.

Les laboratoires

CEA-Léti
Le Laboratoire d'électronique et des technologies de l'information est l'un des principaux centres européens de recherche appliquée en électronique pour l'industrie.
VOIR PAGES 11, 15 & 16

LSCE
Le Laboratoire des sciences du climat et de l'environnement, unité mixte CEA/CNRS/Université Versailles-Saint-Quentin, fait partie de l'Institut Pierre-Simon-Laplace.
VOIR PAGE 13

CEA-Irfu
Les activités de l'Institut de recherche sur les lois fondamentales de l'Univers relèvent de l'astrophysique, de la physique des particules et de la physique nucléaire.
VOIR PAGE 14

CEA-List
Les recherches du Laboratoire d'intégration des systèmes et des technologies portent sur les systèmes embarqués, les systèmes interactifs, les capteurs et le traitement du signal.
VOIR PAGE 15

Éditeur Commissariat à l'énergie atomique et aux énergies alternatives, R. C. S. Paris B77568019 | **Directeur de la publication** Xavier Clément | **Rédactrice en chef** Claire Abou | **Rédactrice en chef adjointe** Aude Ganier | **Rédacteurs** Stéphanie Delage, Xavier Muller, Patrick Philippon | **Comité éditorial** Suzana Bahri, Élisabeth Lefèvre-Rémy, François Legrand, Bruno Million-Frémillon, Céline Gaiffier, Brigitte Raffray, Frédéric Ravel, Emmanuelle Volant | **Iconographie** Micheline Bayard | **Infographie** Fabrice Mathé | **Photo de couverture** Science Photo Library | **Diffusion** Lucia Le Clech | **Conception et réalisation** SPÉCIFIQUE – *www.specifique.com* | **N° ISSN** 1163-619X | Tous droits de reproduction réservés. | **Ce magazine est imprimé sur du papier PEFC Galaxi Keramik, issu de forêts gérées durablement.**

les défis 157 du cea

© CEA

La surface *high-tech* du nouveau *showroom* de Minatec passe de 120 à 400 m².

VITRINE INSPIRATRICE

TEXTE : **Aude Ganier**

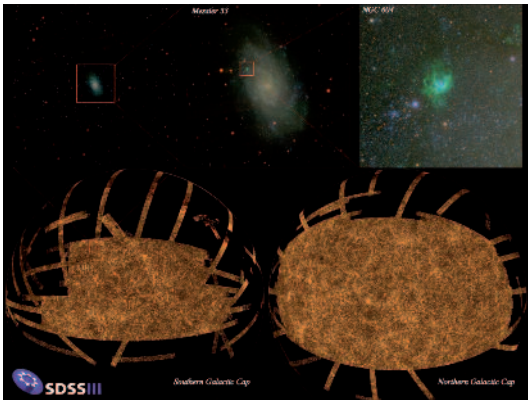
MICRO ET NANOTECHNOLOGIES

Systèmes de localisation *indoor*, matériaux instrumentés, dispositifs de chirurgie assistée, maquettes interactives… Ces récents développements technologiques du CEA, parmi une cinquantaine, trônent dans un nouveau *showroom* à Minatec[1], qui passe de 120 à 400 m². Un agrandissement nécessaire au regard du nombre de briques technologiques et de démonstrateurs mis au point, en autofinancement ou dans le cadre de projets bilatéraux et de consortium. Ici, les travaux d'Essilor, Michelin, Schneider ou Freescale côtoient ceux des start-up du CEA, Microled, Movea, Isorg… Le *showroom* présente aux industriels la profondeur technologique et les capacités d'innovation du CEA et constitue une vitrine pour attirer et inspirer de futurs partenaires. Il est également conçu pour stimuler la créativité des visiteurs, institutionnels et industriels, ainsi que les scientifiques du CEA afin de favoriser l'innovation transversale.

note : 1. Campus d'innovation en micro et nanotechnologies situé à Grenoble, marque déposée du CEA.

TÉLEX

Le CEA, le CNRS et le synchrotron Soleil engagent une collaboration avec l'Association des partenaires industriels des grands équipements scientifiques (Piges). Objectif : renforcer leur synergie dans le domaine des infrastructures de recherche et la R&D en physique nucléaire et des hautes énergies.



© SDSS

La plus grande carte du ciel jamais réalisée.

470 millions

C'est le nombre d'objets astronomiques (galaxies, étoiles, quasars…) du plus grand relevé du ciel jamais effectué, mis à disposition par la collaboration *Sloan Digital Sky Survey-III*, à laquelle a participé le CEA, lors de la réunion annuelle de la Société américaine d'astronomie, à Seattle en janvier dernier.

COOPÉRATION FRANCO-SUÉDOISE RENFORCÉE

TEXTE : **A. G.**

RELATIONS BILATÉRALES

Le CEA, le CNRS et l'UVSQ[1] ont signé, à Stockholm, cinq accords de coopération avec des instituts de recherche suédois, d'un montant de 58,3 millions d'euros sur six à sept ans. Ces accords font suite au soutien français du projet ESS[2], source de neutrons la plus puissante au monde qui permettra d'analyser les phénomènes physiques au niveau atomique et moléculaire. Ainsi, deux des cinq accords portent sur la physique des neutrons ; les trois autres visent les sciences du climat et le nucléaire du futur.

notes : 1. Université de Versailles-St-Quentin-en-Yvelines. 2. *European Spallation Source*, infrastructure qui sera construite à Lund (Suède).

LA REVUE DE PRESSE
QUAND L'ACTUALITÉ SCIENTIFIQUE S'INVITE DANS LES MÉDIAS

LA TRIBUNE

L'inflation

L'ÉVÉNEMENT

La nouvelle carte de France de la recherche et du développement

> 5 janvier 2011
La Tribune

LE CEA FAIT PROFITER LES ENTREPRISES DE SES INNOVATIONS

La stratégie en matière d'intelligence économique, dans une économie ouverte et mondialisée, consiste à favoriser la compétition des entreprises et à renforcer leur sécurité. Parmi ses leviers pour soutenir cette compétitivité, une meilleure valorisation de la recherche publique au profit des entreprises. C'est à ce titre que le journal cite « *l'accord exemplaire qui a permis à STMicroelectronics de bénéficier d'innovations produites par le CEA* ».

© CEA

> 11 janvier 2011
Le Midi libre

LA CHIMIE EN FÊTE

2011 vient d'être proclamée Année internationale de la chimie par les Nations unies. À cette occasion, le journal rappelle que le CEA-Marcoule, site de référence en chimie pour l'électronucléaire, conduira tout au long de cette année différentes opérations de découverte, de vulgarisation et d'échange regroupées sous l'appellation « Marcoule fête la chimie ».

> 20 décembre 2010
Le Parisien

SUPER LASER

L'institut de recherche criminelle de la gendarmerie nationale a testé un laser mis au point par le CEA et capable de déterminer la composition chimique d'un échantillon en quelques secondes. Idéal, par exemple, pour déterminer la référence des traces de peinture laissées par un chauffard en fuite. Son inconvénient : il détruit la partie testée. De quoi néanmoins faire pâlir les « Experts », selon le journal francilien…

> 1er janvier 2011
Le Midi libre

EN ATTENDANT ASTRID

En 2012, le gouvernement devra valider ses choix en matière de politique énergétique et décider s'il poursuit dans le domaine du nucléaire. Auquel cas, la construction d'Astrid, prototype de réacteur du futur, se fera sur le site du CEA-Marcoule. Une bonne nouvelle pour la région du Gard rhodanien, nous rappelle le quotidien. À la clé : la création de nombreux emplois, les retombées économiques sur les autres activités et les infrastructures à mettre en place. *(lire aussi p. 12)*

> 8 janvier 2011
Le Monde

DU PÉTA À L'EXA

La France, avec le premier supercalculateur européen dépassant le pétaflop (million de milliards d'opérations à la seconde) développé par Bull et le CEA, s'est engagée dans la course à l'exaflop, aux côtés de la Chine, du Japon et de l'Allemagne. Le quotidien souligne que les États-Unis sont actuellement en *pole position* de cette quête du milliard de milliards d'opérations à la seconde.

© P. Stroppa/CEA

Armoires du supercalculateur pétaflopique Tera 100 du CEA.

PLUS D'INFORMATIONS SUR
www.cea.fr

Mine de platine du massif de Kondyor, en Russie.

© NASA/GSFC/METI/ERSDAC/JAROS and U.S./Japan ASTER Science Team

CATALYSEURS Élaborer des catalyseurs bas coût pour s'affranchir du platine est le défi à relever pour lancer véritablement l'économie de l'hydrogène. Car le « trop » précieux métal joue aujourd'hui un rôle essentiel dans l'utilisation de ce gaz comme vecteur énergétique. Les chercheurs planchent sur des matériaux bio-inspirés pour le remplacer.

TEXTE : **Patrick Philippon**

COMMENT PLAQUER LE PLATINE ?

L'économie de l'hydrogène, régulièrement annoncée, verra-t-elle le jour ? Ce gaz a en effet de sérieux atouts comme vecteur d'énergie : les solutions existent pour le stocker et le transporter et il peut être produit à partir d'une matière première inépuisable, l'eau (même si aujourd'hui il est surtout obtenu par reformage du méthane). Qui plus est, il permet aux piles à combustibles (Pac) de fournir de l'électricité en ne dégageant que de l'eau : la boucle serait bouclée, sans pollution. Les technologies sont au point… mais un sérieux problème se pose : le platine. Son rôle de catalyseur est essentiel dans les systèmes fonctionnant à basse température, tant pour la production d'hydrogène par électrolyse de l'eau que pour son oxydation dans les Pac. Or, outre le prix prohibitif de ce métal, les réserves terrestres ne pourront pas satisfaire la demande *(voir l'encadré « Le risque métaux »)*. Comment surmonter l'obstacle ? De nombreuses équipes de recherche s'attachent à minimiser la quantité de platine nécessaire, par exemple en le dispersant sous forme de nanoparticules, ce qui augmente la surface réactive, ou encore en utilisant des particules multimétalliques. Mais cela ne fera que repousser l'échéance. À l'évidence, mieux vaudrait s'affranchir du platine.

> Outre le prix prohibitif du platine, les réserves terrestres ne pourront pas satisfaire la demande.

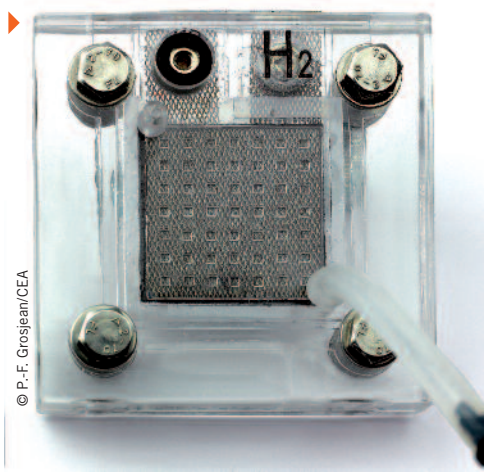
Pour des catalyseurs « bio-inspirés »

Il existe une piste. Certains micro-organismes vivant dans des conditions particulières, comme auprès des fumeurs noirs du fond des océans, savent oxyder l'hydrogène et l'utiliser comme source d'énergie. Et ce grâce à des enzymes, appelées hydrogénases, qui catalysent cette réaction en utilisant les atomes de fer ou de nickel qui les constituent ! Pourquoi alors ne pas remplacer le platine par des catalyseurs de synthèse basés sur ces métaux abondants et peu coûteux ? Depuis 2002, des chercheurs du CEA-iRTSV[1] à Grenoble développent ainsi des catalyseurs « bio-inspirés ». « *Il ne s'agit pas de reproduire exactement la structure du site actif des hydrogénases, mais d'en tirer le principe de fonctionnement et d'exploiter tout le potentiel de la chimie de synthèse pour élaborer des* >>>

Reformage du méthane // Réaction chimique produisant de l'hydrogène (H_2) et du monoxyde de carbone (CO) à partir de l'eau (H_2O) et du méthane (CH_4).
Catalyseur // Molécule capable d'accélérer une réaction chimique, sans en modifier le bilan ni être consommée.
Électrolyse de l'eau // Procédé qui décompose des molécules d'eau (H_2O) en molécules d'oxygène O_2 et d'hydrogène (H_2) à l'aide d'un courant électrique.
Oxydation de l'hydrogène // Réaction chimique au cours de laquelle, en présence d'oxygène, l'hydrogène (H_2) est décomposé en proton ($2\ H^+$) et 2 électrons.

notes : 1. Voir rubrique « Ils ont contribué… », p. 3.

Fumeurs noirs // Fluides situés au niveau des failles océaniques, évacuant une partie de la chaleur interne de la Terre, chargé en minéraux et en gaz dissous.
Enzymes // Protéines qui catalysent les réactions chimiques du vivant.



Membrane de micropile à combustible à faible chargement en platine.

© P.-F. Grosjean/CEA

>>> *catalyseurs plus simples, plus stables et bon marché* », explique Vincent Artero, qui dirige le projet. L'équipe élabore ainsi plusieurs générations de catalyseurs, d'abord avec un atome de cobalt ou avec un couple d'atomes nickel/ruthénium, enfin avec un couple fer/nickel. D'autres équipes dans le monde poursuivent alors le même but, comme celle de Dan DuBois au Pacific Northwest National Laboratory, aux États-Unis. En 2008, dans le cadre du programme transverse Nanosciences du CEA, l'institut grenoblois s'allie avec une équipe du CEA-Iramis[2] à Saclay. Mission : réussir à greffer ces catalyseurs bio-inspirés sur des électrodes à base de nanotubes de carbone (NTCs) intégrables dans une Pac. Les catalyseurs synthétisés à Grenoble demandant encore un peu de mise au point, les deux équipes se tournent alors vers ceux de Dan DuBois, plus faciles à modifier.

Le principe de fonctionnement des catalyseurs bio-inspirés s'appuie sur celui des hydrogénases.

Un matériau insensible aux polluants

Rappelons ici que chaque élément d'une Pac est formé de deux électrodes séparées par une membrane de Nafion®, un polymère conducteur de protons. L'hydrogène gazeux (H_2) est oxydé à l'anode, ce qui produit des protons (H^+) et des électrons. Ces derniers passent par un circuit extérieur, où ils créent le courant électrique fourni à l'utilisateur, et rejoignent la cathode. Là, ils se combinent à l'oxygène gazeux (O_2) et aux protons qui ont traversé la membrane centrale pour former de l'eau (H_2O). Pour produire de l'hydrogène à partir de l'eau dans un électrolyseur, c'est la réaction opposée qui se produit : on apporte un courant électrique qui permet de « casser » la molécule d'eau en oxygène à l'anode et en hydrogène à la cathode. Le matériau obtenu par les chercheurs du CEA, dûment breveté, s'est montré capable de catalyser tout aussi bien la production d'hydrogène à la cathode d'un électrolyseur que son oxydation à l'anode d'une Pac[3].

De plus, il se révèle insensible à la présence de polluants comme le

notes : 2. Voir rubrique « Ils ont contribué… », p. 3. 3. Le Goff A., Artero V., Jousselme B., Tran P. D., Guillet N., Metaye R., Fihri A., Palacin S., Fontecave M., 2009, *Science*, vol. 326, pp. 1384-1387.

MATIÈRES PREMIÈRES

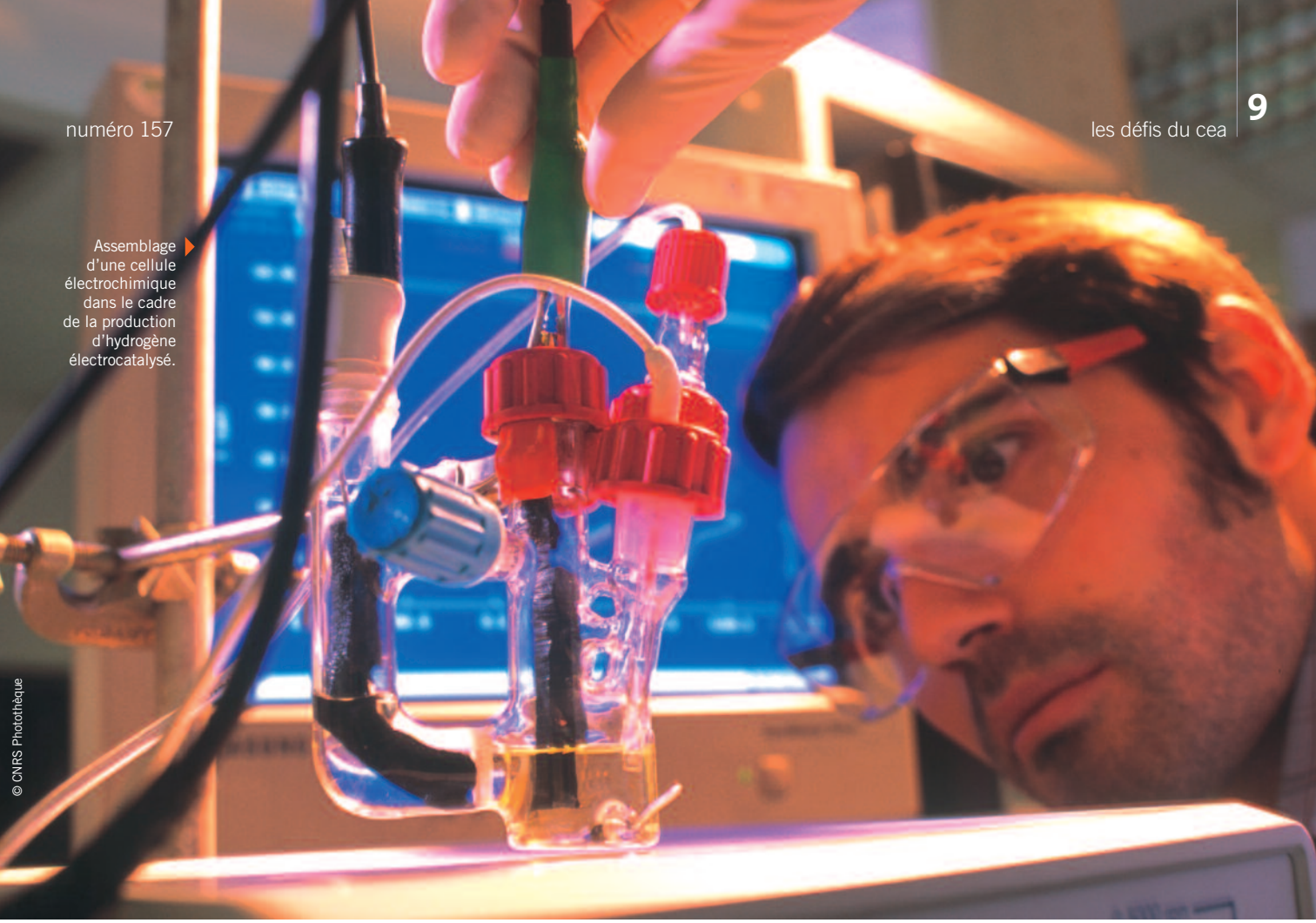
LE « RISQUE MÉTAUX »

Le cours élevé du platine s'explique par son extrême rareté sur Terre. Il s'en produit 200 à 300 tonnes par an, essentiellement en Afrique du Sud et en Russie. Aujourd'hui, les pots d'échappement catalytiques des automobiles en absorbent à eux seuls plus de la moitié, la joaillerie un cinquième et diverses technologies de pointe le reste. La généralisation d'électrolyseurs et de Pac utilisant du platine mènerait donc à une impasse, la demande excédant la production. Et le platine n'est pas le seul dans ce cas…

En 2008, la Commission européenne demandait à un groupe d'experts d'examiner 41 minéraux économiquement importants. Dans leur rapport, rendu en juin 2010, ceux-ci distinguent 14 éléments « critiques » combinant la rareté, l'importance économique, en particulier pour les technologies émergentes, et la fragilité des approvisionnements (monopoles de production, instabilité politique…). On y trouve le platine et les métaux de sa famille, mais aussi le lithium (batteries), le gallium (panneaux photovoltaïques, diodes électroluminescentes, circuits intégrés), le germanium (fibres optiques), les « terres rares » (diverses technologies, extraites exclusivement en Chine), etc. Pour neuf d'entre eux, dont le platine, il apparaît qu'en 2030 la demande des seules technologies de pointe excédera la production totale ! C'est ce que les économistes appellent le « risque métaux », un problème moins médiatisé mais tout aussi préoccupant – et encore plus pressant – qu'une éventuelle pénurie de pétrole.

© Biosphoto

Le platine est un métal rare dont seules 200 à 300 tonnes sont produites par an, ce qui explique son coût très élevé.



Assemblage d'une cellule électrochimique dans le cadre de la production d'hydrogène électrocatalysé.

© CNRS Photothèque

monoxyde de carbone (CO), qui « empoisonne » les catalyseurs à base de platine[4]. « *Lorsque l'hydrogène est produit à partir de la biomasse, ce qui est une des possibilités de production durable, il contient forcément une certaine concentration de CO* », rappelle Vincent Artero. Enfin, l'échantillon testé a fonctionné durant de nombreuses heures, en continu, sans perte de performance ! Ces essais ont été effectués grâce à un dispositif de caractérisation électrochimique au CEA-Liten à Grenoble, dans les mêmes conditions que celles utilisées pour tester les couches actives à base de platine. Le matériau est actuellement testé en micropile planaire (pile complète), toujours au CEA-Liten[5], dans le cadre d'un projet de l'Agence nationale de la recherche (ANR).

Les densités de courant obtenues restent cependant encore de cent à mille fois plus faibles qu'avec du platine. Dès lors, comment augmenter la puissance de la pile ? Par la mise au point de nouvelles voies d'élaboration et une variation de la composition du matériau. « *Mais le futur du projet passera aussi par une meilleure compréhension de la structure intime du matériau* », estime Vincent Artero, qui a entamé une collaboration à ce sujet avec un laboratoire de spectroscopie d'absorption des rayons X de la Freie Universität de Berlin.

Intégrer un minimum d'approximations

Une autre équipe grenobloise a adopté une approche complémentaire. Valentina Vetere et Alejandro Franco, respectivement chercheurs au CEA-Inac[6] et au CEA-Liten, travaillent depuis 2009 sur la modélisation théorique de la réactivité de ces catalyseurs bio-inspirés. Spécialistes à la fois de chimie théorique et d'électrochimie théorique, ils utilisent l'informatique pour comprendre les mécanismes élémentaires se déroulant lors d'une réaction chimique. L'idéal pour eux serait de décrire, grâce aux équations de la physique quantique, le niveau d'énergie et le comportement de chaque électron impliqué. Une description complète et exacte des mécanismes réactionnels serait alors disponible. Mais aucun ordinateur n'est assez puissant pour cela. « *Nous devons donc intégrer un minimum d'approximations. La meilleure méthode actuelle s'appelle DFT* (Density Functional Theory). *On peut parler d'une véritable méthode expérimentale : les résultats obtenus ainsi* in silico *sont aussi probants qu'une manipulation réelle !* », affirme Valentina Vetere. « *Nous avons ainsi pu réinterpréter le mécanisme catalytique mis en jeu lors de l'oxydation de l'hydrogène, qui est très différent de celui proposé jusqu'alors* », poursuit-elle. En fait, pour que l'oxydation de l'hydrogène (et donc la génération d'un courant électrique) puisse avoir lieu, celui-ci doit d'abord se fixer au >>>

« Il s'agit d'exploiter tout le potentiel de la chimie de synthèse pour élaborer des catalyseurs plus simples, plus stables et bon marché. »

Vincent Artero, directeur de projet

notes : 4. Tran P. D., Le Goff A., Heidkamp J., Jousselme B., Guillet N., Palacin S., Dau H., Fontecave M., Artero V., 2010, *Angew. Chem. Int.*, doi: 10.1002/anie.201005427. 5. Voir rubrique « Ils ont contribué… », p. 3. 6. Voir rubrique « Ils ont contribué… », p. 3.

***In silico* //** Expériences modélisées par des ordinateurs grâce à l'utilisation de processeurs à base de silicium, par analogie avec les expériences réalisées *in vivo* sur les organismes.

>>> catalyseur. Ce qui n'est possible que si ce dernier, une molécule à quatre bras dont chacun peut adopter deux conformations, est symétrique. Seules les formes où les branches opposées ont la même conformation sont actives. Or, en solution, le catalyseur peut adopter toutes les conformations imaginables, d'où une perte d'activité. « *Nous avons imaginé de "bloquer" le catalyseur dans les bonnes conformations, en greffant des substituants chimiques encombrants sur ses branches* », explique Valentina Vetere[7]. Ces différents types de substituants ont fait l'objet d'un brevet. Les résultats de ces calculs théoriques ont été ensuite « injectés » dans un modèle numérique « multiéchelle » qui simule tous les phénomènes physicochimiques se déroulant dans une pile ou électrolyseur[8]. Développé par Alejandro Franco initialement pour les systèmes multimétalliques à base de platine, ce modèle dispose d'une structure mathématique modulaire qui le rend adaptable à n'importe quel type de catalyseur, comme le matériau bio-inspiré. Il a déjà permis de calculer pour ce système des observables électrochimiques directement comparables aux courbes expérimentales… « *Ce sont des données très intéressantes, qui pourront bientôt nous permettre d'améliorer les performances de notre matériau* », estime Vincent Artero.

La réactivité chimique des catalyseurs est étudiée grâce à la chimie et l'électrochimie théoriques.

L'iridium, autre métal noble

Reste qu'un électrolyseur ou une Pac comporte deux électrodes. *Quid* de la seconde, celle qui assure la réduction de l'oxygène en eau dans une Pac, ou le dégagement d'oxygène dans un électrolyseur. Quels catalyseurs nécessite-t-elle ? La réponse a de quoi décourager : encore du platine ou de l'iridium, autre métal noble… Vincent Artero ne s'affole pas pour autant : « *Il existe dans la littérature scientifique des catalyseurs sans platine ni iridium. Nos collègues de Saclay développent de tels matériaux et nous poursuivons l'objectif de produire, d'ici à un an, du courant grâce à une Pac totalement dépourvue de métaux nobles.* » À l'année prochaine, donc…

notes : 7. Kachmar A., Vetere V., Maldivi P., Franco A. A., 2010, *J. Phys. Chem. A*, vol. 114, pp. 11861-11867.
8. Franco A. A., 2010 (à paraître), « **PEMFC degradation modeling and analysis** », *in Polymer electrolyte membrane and direct methanol fuel cell technology (PEMFCs and DMFCs)*, vol. 1, Fundamentals and performance, Hartnig C., Roth Eds C., Woodhead, Cambridge.

RECHERCHE FONDAMENTALE

UNE PHOTOSYNTHÈSE ARTIFICIELLE

Production d'hydrogène sous irradiation lumineuse par un photocatalyseur inorganique.

Pour produire de l'hydrogène en « cassant » les molécules d'eau, il faut de l'énergie. La filière n'aura de sens que si cette dernière est renouvelable : l'hydrogène deviendrait alors un moyen de stocker et transporter l'énergie d'origine solaire ou éolienne. L'énergie solaire étant de loin la plus abondante, des équipes ont déjà essayé de coupler des panneaux photovoltaïques avec des électrolyseurs d'eau. Mais, outre des difficultés techniques du fait des rendements encore trop faibles, le système se heurte au coût des matériaux photo-voltaïques traditionnels (et à la pénurie prévisible de gallium). L'hydrogène ainsi produit n'est pas économiquement viable.

Là encore, le monde vivant donne des clés. Après tout, les plantes utilisent la lumière solaire pour synthétiser directement des molécules énergétiques, en l'occurrence des sucres : c'est la photosynthèse. Certaines microalgues et bactéries produisent même ainsi… de l'hydrogène. Dès lors, pourquoi ne pas pousser d'un cran la démarche biomimétique en couplant les catalyseurs « bio-inspirés » avec un photosensibilisateur, c'est-à-dire une molécule capable d'absorber la lumière solaire et de la transformer en flux d'électrons ? C'est ce à quoi des équipes du CEA-iRTSV[1] à Grenoble se sont attelées en 2008[2]. Elles poursuivent aujourd'hui ces travaux, en collaboration avec des équipes du CEA-Iramis à Saclay, et du CEA-Liten et du CEA-Léti[3] sur Grenoble, dans le cadre d'un programme transverse appelé « pH_2oton ». « *C'est un projet à long terme, encore très proche de la recherche fondamentale* », tempère Vincent Artero, soulignant tout de même que l'ambition est d'aller jusqu'à la fabrication d'un démonstrateur de photolyse de l'eau.

notes : 1. Voir rubrique « Ils ont contribué… », p. 3. 2. Fihri A., Artero V., Razavet M., Baffert C., Leibl W., Fontecave M., 2008, *Angew. Chem. Int. Ed.*, vol. 47, pp. 564-567. 3. Voir rubrique « Les laboratoires », p. 3.

À la pointe

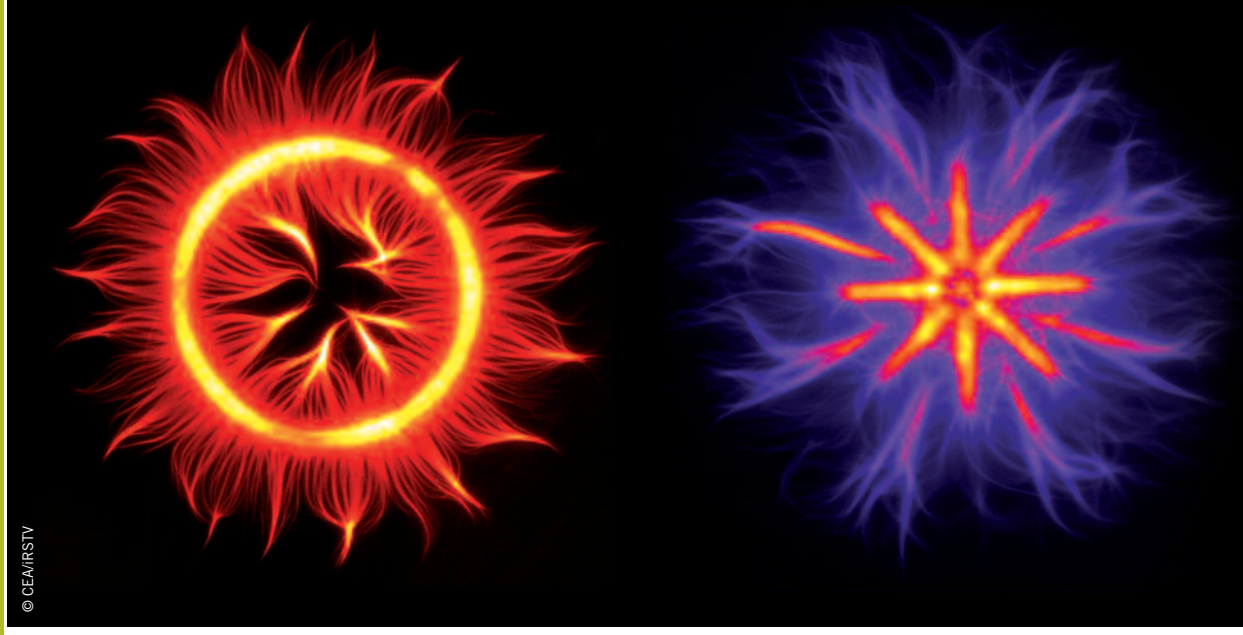
ALLÔ, LA PLANÈTE ?

Récupérer l'énergie des vibrations, se localiser sans GPS, simuler la collision de deux galaxies ou encore comprendre le phénomène des moussons font l'actualité de cette rubrique. Ou comment mieux connaître ce qui nous entoure pour bien commencer l'année !

ACTINE COMPLEXE

Les cellules ont un squelette. Et les filaments d'actine qui le constituent s'assemblent et se désassemblent selon une dynamique très compliquée pour assurer des fonctions telles que la mobilité ou la division cellulaires. Une équipe du CEA-iRTSV[1] a montré que cette plasticité est notamment régie par la géométrie initiale des filaments d'actine dans la cellule. Géométrie qui détermine l'orientation, l'angle de croissance des filaments et leurs interactions formant des structures complexes. Pour preuve, ces clichés réalisés en microscopie à fluorescence où l'ossature cellulaire prend l'allure du Soleil ou de l'anémone de mer…

note : 1. Voir rubrique « Ils ont contribué… », p. 3.



© CEA/IRSTV

TRANSFERTS INDUSTRIELS

Trois prototypes industriels ont été développés par le CEA-Léti[1], le CEA-Liten[2] et leurs partenaires dans le cadre du programme Captaucom, lancé en 2005. Il s'est agi pour les chercheurs de répondre aux cahiers des charges de trois industriels en leur faisant bénéficier des dernières avancées technologiques en matière de miniaturisation, de réduction de la consommation de composants électroniques et de microrécupération d'énergie.

notes : 1. Voir rubrique « Les laboratoires », p. 3. 2. Voir rubrique « Ils ont contribué… », p. 3.

Groupe Seb

Prototype d'appareil de petit électroménager autonome (domaine des dispositifs de mesure et de commande du petit équipement domestique).

Somfy

Dispositif autonome de sécurité et de surveillance des ouvrants – portes, volets roulants, stores – (domaine des capteurs et des commandes de fermeture et de protection solaire).

NTN-SNR Roulements

Prototype de système de surveillance autonome et communicant de roulement (domaine de surveillance et de diagnostic d'organes tournants pour les transports et l'industrie en général).

DU SODIUM ULTRAPUR POUR ASTRID

TEXTE : **Xavier Muller**

NUCLÉAIRE DU FUTUR

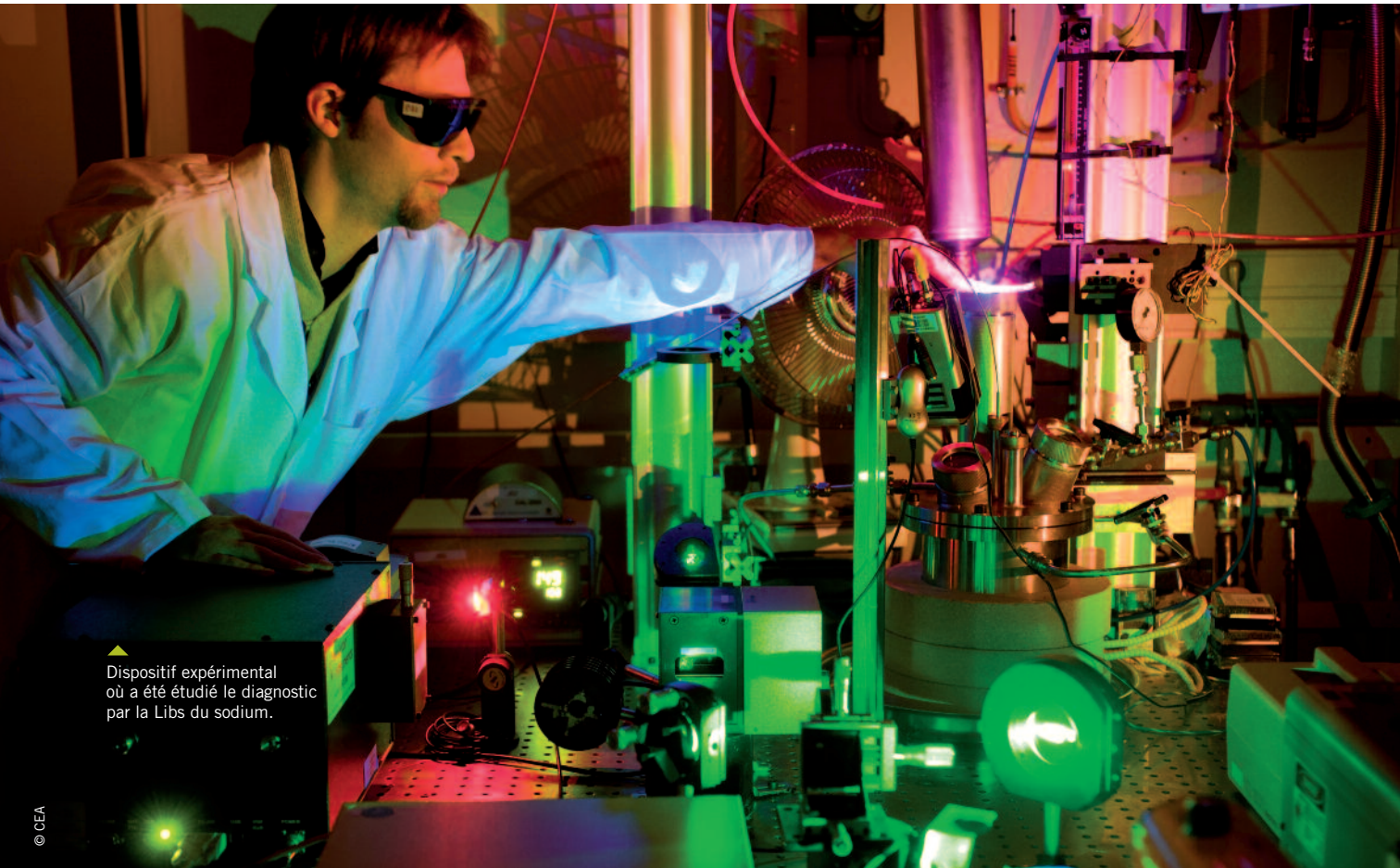
Comment contrôler, en temps réel, la pureté chimique du sodium d'Astrid, prochain prototype de réacteur nucléaire de quatrième génération ? La solution pourrait venir d'une technique d'analyse chimique à distance, la **Libs**, qui s'est avérée très prometteuse lors des essais menés dans les laboratoires du CEA à Saclay. Programmé pour 2020, Astrid utilisera du sodium liquide comme fluide **caloporteur**. Bénéfice : le réacteur peut fonctionner en régime de neutrons rapides avec, à la clé, une économie de combustible et surtout la possibilité de recycler une partie des déchets. Mais comme tout caloporteur, le sodium liquide interagit avec les composants du réacteur, notamment par corrosion. D'où l'intérêt de surveiller la pureté chimique du sodium, en vérifiant que la concentration des différents types d'impuretés (fer, nickel, chrome…) reste conforme aux conditions normales de fonctionnement du réacteur.

Libs // *Laser Induced Breakdown Spectroscopy,* ou spectroscopie de plasma induit par laser.
Caloporteur // Liquide transportant la chaleur issue des réactions nucléaires jusqu'au système de conversion d'énergie qui transforme la chaleur en électricité.

La Libs a ainsi été testée par Jean-Baptiste Sirven et ses collègues de la Direction de l'énergie nucléaire du CEA. Elle consiste à créer par laser, à travers une fenêtre d'observation, un plasma à la surface du sodium et à analyser le spectre de la lumière émise, caractéristique des éléments présents.

L'essai a été mené avec un four contenant du sodium liquide à 150 °C, auquel du plomb avait été ajouté, simulant un produit de corrosion. « *Le seuil de sensibilité de la technique Libs au plomb dans le sodium liquide s'est révélé être de l'ordre de la partie par million, taux requis pour la détection des produits de corrosion pour Astrid,* s'enthousiasme Jean-Baptiste Sirven, *avec l'immense avantage que toute l'analyse s'effectue en temps réel et à distance.* » Si une adaptation est possible en réacteur, ce suivi en continu limitera le besoin de prélèvements d'échantillons.

Cette méthode pourrait être adaptée à la détection de relâchement de produits de fission dans le sodium, survenant si les gaines contenant le combustible se fissurent. Le cahier des charges drastique d'Astrid impose, dans ce cas, un seuil de sensibilité de l'ordre de la partie par milliard. Le couplage de la Libs à une autre technique optique d'analyse, beaucoup plus sensible, permettrait d'atteindre ce seuil.

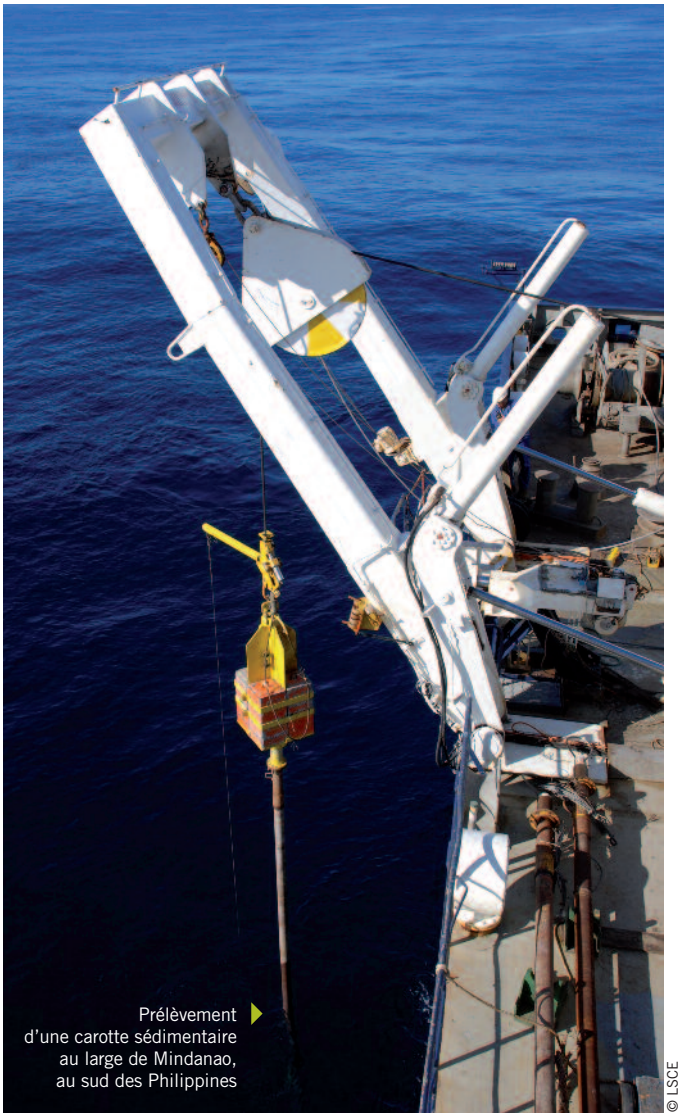


Dispositif expérimental où a été étudié le diagnostic par la Libs du sodium.

© CEA

Discussions pour déterminer le choix des sites de prélèvement.

© LSCE



Prélèvement d'une carotte sédimentaire au large de Mindanao, au sud des Philippines

© LSCE

LA MOUSSON DISPERSÉE AUX QUATRE VENTS

TEXTE : **X. M.**

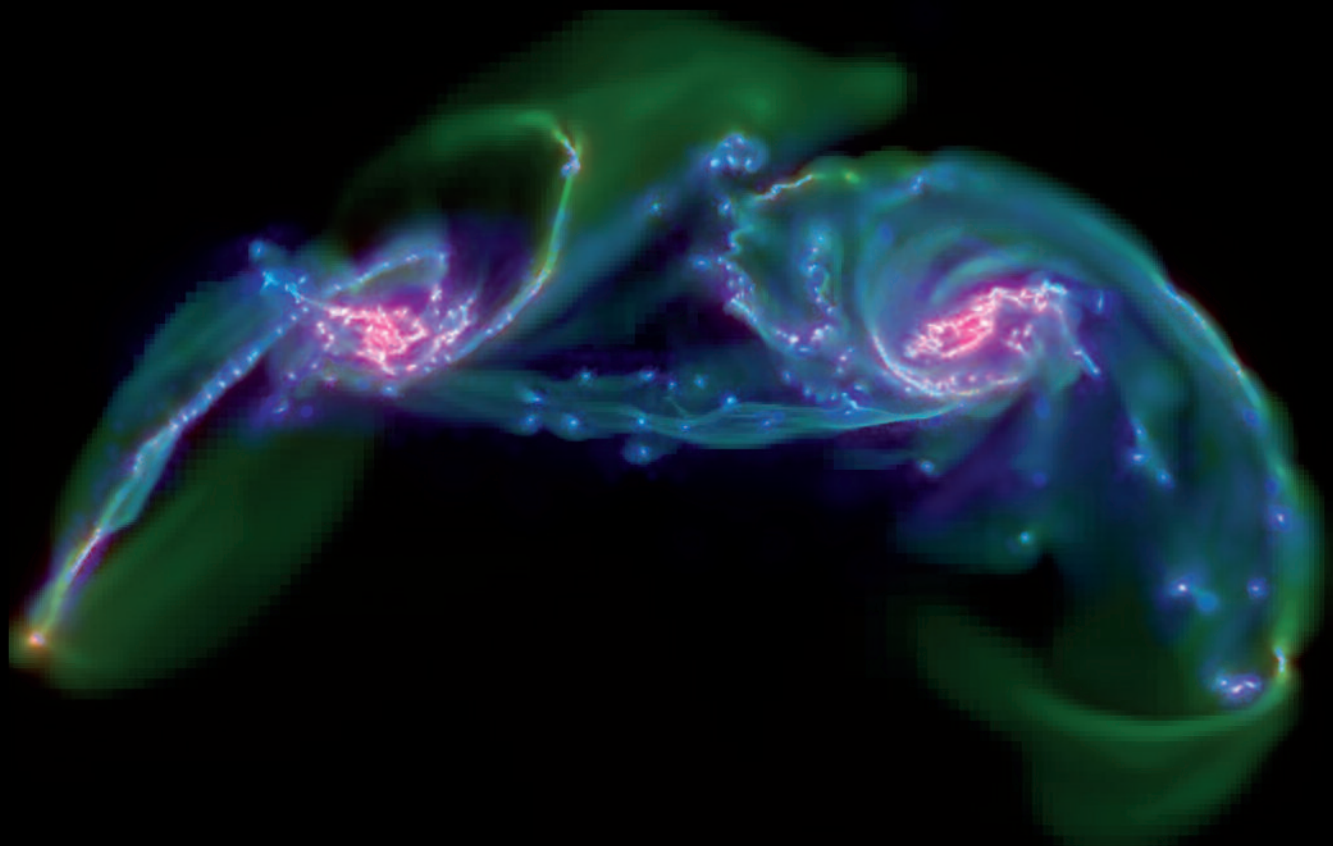
CLIMATOLOGIE

La mousson est-elle un phénomène régional ou local ? Régional, répondaient jusqu'à présent les climatologues, ce qui les amenait à distinguer cinq grands systèmes de mousson sur la planète. Mais, aujourd'hui, une équipe internationale menée par Catherine Kissel et Carlo Laj[1], du LSCE[2], montre qu'elle peut posséder des caractéristiques plus locales. À l'appui, l'étude d'une carotte sédimentaire que les chercheurs sont allés prélever par 1 500 mètres de profondeur au large de Mindanao, la grande île volcanique du sud des Philippines. En analysant la teneur en magnétite (un minéral issu des roches volcaniques de l'île) dans les différentes strates de la carotte, ils ont pu évaluer l'efficacité du pouvoir d'abrasion des pluies diluviennes sur Mindanao au fil des cent soixante derniers milliers d'années, et donc, *in fine*, l'ampleur des moussons. Durant cette période, les précipitations ont fluctué en complète opposition avec les pluies qui frappaient pendant ce temps le continent, en Chine, pourtant dues aux mêmes vents chargés d'humidité. « *Cette découverte a été une révélation,* se rappelle Catherine Kissel. *Cela signifie qu'une même mousson peut avoir deux régimes, l'un continental, l'autre océanique.* » Des simulations numériques réalisées par Pascale Braconnot, du LSCE, ont confirmé qu'un même régime de mousson pouvait se décliner différemment, sur terre et sur mer.

À présent, les paléoclimatologues vont s'efforcer de circonscrire, à l'aide d'autres carottes de la même région, la zone de la mousson océanique qu'ils ont identifiée. Des centaines de millions de personnes vivent sur Terre sous l'influence des moussons, rappelle la chercheuse : « *Comprendre la variabilité naturelle des moussons est capital pour être capable de préciser l'action de l'homme sur ce régime climatique.* »

« Cette découverte a été une révélation et signifie qu'une même mousson peut avoir deux régimes : l'un continental et l'autre océanique. »

notes : 1. Kissel, C. *et al.*, 2010, « **Monsoon variability and deep oceanic circulation…** », *Paleoceanography*, vol. 25. 2. Voir rubrique « Les laboratoires », p. 3.



© D. Chapon, R. Teyssier, F. Bournaud/CEA

QUAND DEUX GALAXIES SE RENCONTRENT…

TEXTE : **Stéphanie Delage**

ASTROPHYSIQUE

Les calculateurs du CCRT[1] du CEA ont, pour la première fois, reproduit le choc de deux galaxies au plus près de la réalité. Damien Chapon et ses collègues du laboratoire Astrophysique, instrumentation et modélisation (CEA-Irfu[2]) ont en effet simulé la rencontre de deux galaxies de la constellation du Corbeau (baptisées « galaxies des Antennes ») et ont obtenu des résultats comparables aux observations des astronomes. « *Jusqu'ici, les modèles utilisés et la capacité des calculateurs ne permettaient pas de simuler toute la complexité d'une collision entre deux galaxies*, explique Damien Chapon. *Grâce à un nouveau modèle thermodynamique et un maillage plus fin, nous sommes parvenus à nous rapprocher de la réalité. Nous avons mis en évidence la formation de nuages de gaz très froids et très denses, (plus communément appelés « nuages moléculaires géants ») tels que les astronomes les observent dans les galaxies.* » La constellation du Corbeau se situe à 62 millions d'années-lumière de la Terre. Les images du télescope Hubble datent donc de 62 millions d'années. À cette époque, les deux galaxies démarraient leur fusion.

Les calculs des chercheurs du CEA sont remontés à 500 millions d'années avant le choc et simulent ce qui se passe actuellement. Ils nous dévoilent ainsi toute l'épopée galactique : « *Avant la collision, les galaxies des Antennes produisaient environ un soleil par an*, raconte Damien Chapon. *Mais il y a 250 millions d'années, sous l'effet de puissantes forces de marée entre les deux galaxies, leurs disques de gaz se sont déchirés, des grumeaux de gaz très denses et très froids se sont formés et ont donné naissance à des myriades d'étoiles. Ce n'est plus un soleil, mais des dizaines de soleils qui se forment chaque année lors de cette collision.* » C'est la première fois que les chercheurs parviennent à reproduire de manière réaliste une telle flambée de formation stellaire. De plus, les physiciens ont réussi à simuler la répartition de ces amas de gaz très prolifiques en étoiles : « *Les anciens modèles prévoyaient une concentration de la formation d'étoiles au centre de la galaxie*, précise le chercheur. *Mais nous avons montré une distribution plus homogène dans tout le disque, ce qui nous réconcilie avec nos collègues astronomes.* »

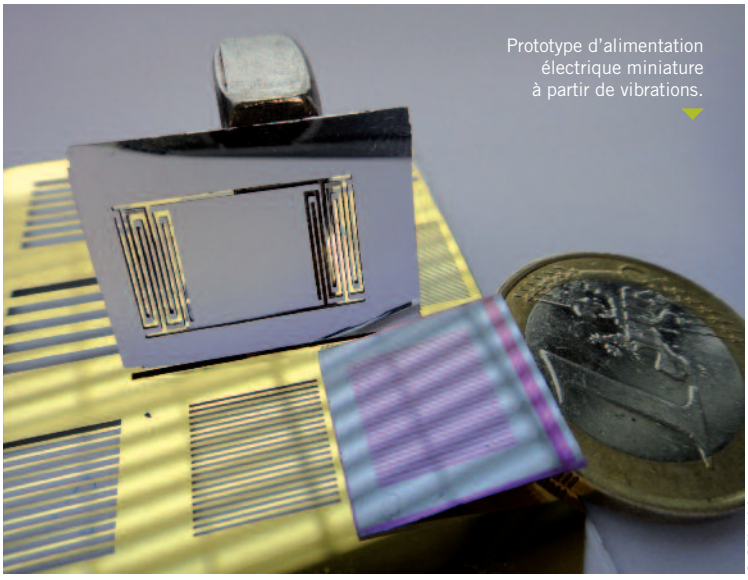
> « Les images du télescope Hubble datent de 62 millions d'années. À cette époque, les deux galaxies des Antennes démarraient leur fusion. »

notes : 1. Centre de calcul et de recherche technologique. 2. Voir rubrique « Les laboratoires », p. 3.

GOOD VIBRATIONS

TEXTE : **X. M.**

TECHNOLOGIES POUR L'ÉNERGIE



Prototype d'alimentation électrique miniature à partir de vibrations.

© CEA-Léti

Un nouveau type d'alimentation électrique miniature, qui puise son énergie dans les vibrations « ambiantes », a été mis au point par des chercheurs du CEA-Léti[1]. Autrement dit, il s'agit d'une sorte de dynamo fonctionnant grâce aux soubresauts de son support et non à la rotation d'une roue. De quoi alimenter les futurs capteurs autonomes dont les industriels prévoient de peupler notre quotidien : capteur de pression ou d'échauffement à l'intérieur des roues des voitures, contrôle de l'état d'usure de pièces mobiles tels des roulements à billes…

Jusqu'à aujourd'hui, les prototypes de ces capteurs étaient alimentés par des matériaux **piézoélectriques** transformant les vibrations « ambiantes » (du pneu, du roulement…) en énergie électrique. Le système des chercheurs grenoblois, baptisé AgitAlim, utilise, lui, deux électrodes en silicium d'1 cm², qui sont creusées de sillons du diamètre d'un cheveu et couvertes d'un matériau diélectrique. Mues par les vibrations, elles se déplacent l'une par rapport à l'autre et, grâce à un transfert de charges électriques, génèrent une tension électrique alternative. Elles délivrent une puissance de 10 microwatts, suffisante pour les applications précitées. Immense avantage par rapport à leurs homologues piézoélectriques : « *Les électrodes fonctionnent avec une large bande de fréquence de vibrations* », souligne Ghislain Despesse, l'un des pères d'AgitAlim. Situées aux environs des 50 hertz, les vibrations qui animent un avion ou un train sont, par exemple, de trop basses fréquences et trop instables pour faire fonctionner une alimentation piézoélectrique. Question réalisation industrielle, des contacts ont été noués avec plusieurs sociétés. Grâce à l'une d'elles, l'AgitAlim pourrait servir de source d'énergie pour un stimulateur cardiaque.

note : 1. Voir rubrique « Les laboratoires », p. 3.

Piézoélectrique // Propriété qu'ont certains corps pour se polariser électriquement sous l'action d'une contrainte mécanique, et de se déformer lorsqu'on leur applique un champ électrique.

GPS D'INTÉRIEUR

TEXTE : **X. M.**

TECHNOLOGIES POUR L'INFORMATION

© CEA-List

Difficile aujourd'hui pour des personnes en intervention (pompiers, troupes de sécurité…) de se repérer en temps réel à l'intérieur d'un bâtiment. Et ce même à l'aide d'un GPS, dont les ondes peuvent être bloquées par les murs. Des solutions alternatives de géolocalisation en intérieur existent bien à l'état de recherche, mais elles sont basées sur des technologies sans fil (badges RFID, infrarouges, Bluetooth…) qui requièrent des bornes émettrices et deviennent inopérantes en cas de panne de courant. D'où l'intérêt du système complètement autonome développé par une équipe du CEA-List[1].

Celui-ci est composé d'une caméra qui filme l'environnement et d'une centrale inertielle qui détecte les mouvements du porteur de la caméra et détermine son trajet. Le tout est relié à un ordinateur qui analyse en temps réel les images. « *Le logiciel extrait des indices visuels des images puis, en suivant ceux-ci d'une image à l'autre, il reconstruit une carte 3D de l'environnement* », révèle Sylvie Naudet, en charge de ce projet. Équipé d'un tel système, impossible de s'égarer : on ne perd que quelques mètres sur sa position par tranche de cent mètres parcourus. Si le bâtiment peut être visité rapidement au préalable, une version améliorée du logiciel fait tomber l'imprécision à un mètre. S'il est encore encombrant (il fonctionne aujourd'hui avec une caméra connectée à un ordinateur portable), ce GPS d'intérieur sera bientôt facilement transportable, car l'équipe commence à l'intégrer à des modèles de smartphones équipés de caméra. Au-delà du service rendu à des pompiers ou à des soldats, il pourrait aider des travailleurs isolés dans des installations critiques (centrales nucléaires, usines pétrochimiques…) à se repérer. Le CEA-List compte également déployer ce système pour des applications grand public de réalité augmentée, telle que l'aide à la navigation terrestre (musées, aéroports, expositions…).

note : 1. Voir rubrique « Les laboratoires », p. 3.

PLUS D'INFORMATIONS SUR
www.cea.fr février 2011 numéro 157

Suivre l'acheminement d'une commande sur Internet et être informé de son arrivée à La Poste… Une opération simple grâce au système d'identification par radio fréquence, ou RFID *(Radio Frequency IDentification).* Composé d'une antenne et d'une puce d'à peine 1 mm², le tag RFID échange des données en utilisant des ondes électromagnétiques.

La RFID

Suivi à distance de l'acheminement du produit.

Enregistrement de l'arrivée du produit au centre de tri.

Envoi d'un message de réception du produit et remise au client.

Étiquetage RFID du produit, à la sortie de l'usine.

30 MILLIARDS

C'est le nombre d'étiquettes RFID qui auraient été produites dans le monde en 2010, selon IBM. Les applications sont nombreuses : gestion des stocks, déclenchement de l'ouverture de portes, suivi d'un produit dans sa chaîne de fabrication, identification des animaux, etc. De nouvelles fonctions sont envisagées comme le contrôle des dates limites de consommation des aliments par un réfrigérateur, les systèmes d'authentification dans les passeports, voire le téléchargement de fichiers multimédias.

LE TAG RFID

Le tag RFID stocke et traite sur une puce tout type d'information (localisation, date, authentification, fonction). Il est soit imprimé sur une étiquette, collée à un produit (code-barres), soit intégré dans une carte sans contact (carte de transport). Grâce à son antenne, il peut recevoir, enregistrer ou communiquer des données à un lecteur, émetteur-récepteur.

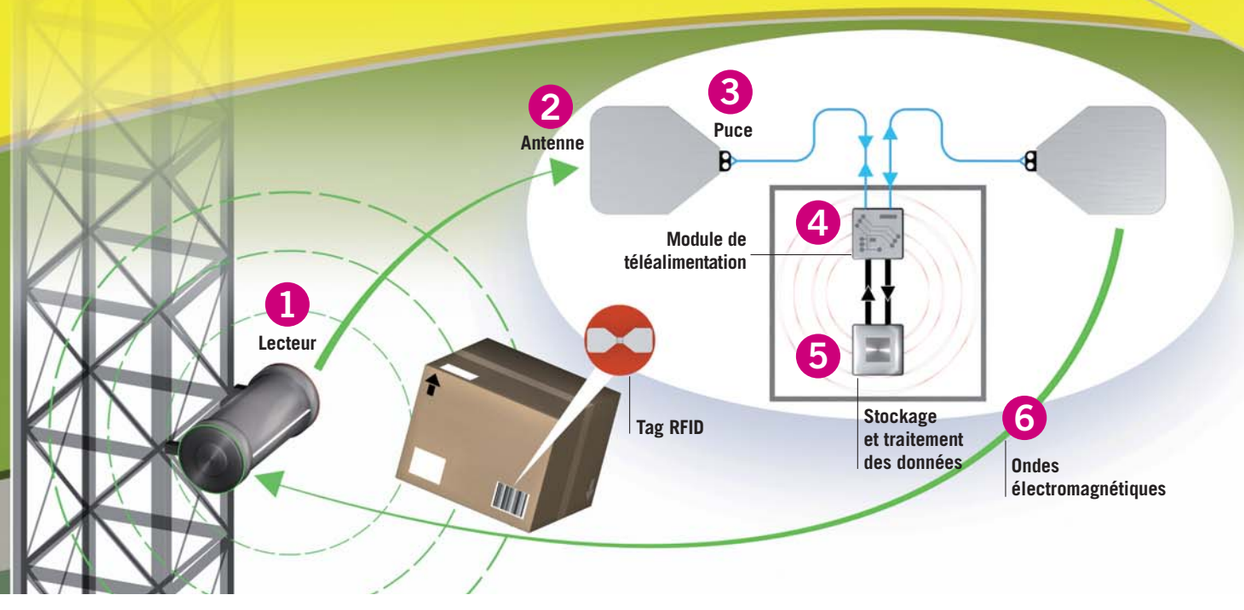
FONCTIONNEMENT

L'antenne du lecteur envoie 1 vers le tag 2 une commande d'identification sous la forme d'ondes électromagnétiques.

L'antenne du tag convertit ces ondes en signaux électriques 3 pour qu'ils activent le module de téléalimentation fournissant de l'énergie à la puce du tag 4.

La puce peut alors lire ou écrire dans sa mémoire 5 et envoyer l'information demandée au lecteur, *via* le module et son antenne, et sous forme d'ondes électromagnétiques 6.

Grâce à un récent développement du CEA-Léti, jusqu'à 6,8 Mbit/s de données pourront être transmises, contre 848 Kbit/s actuellement.



AU CEA

Les chercheurs du CEA-Léti à Grenoble consacrent une partie de leurs activités à la RFID. Ils travaillent, par exemple, sur l'augmentation du débit entre le lecteur et le tag pour des applications nécessitant le transfert de grandes quantités d'informations (passeports, systèmes de sécurité…), ou encore sur l'intégration de capteurs dans les étiquettes pour le contrôle de paramètres tels que la température, la pression, les chocs…

TEXTE : **Aude Ganier**
INFOGRAPHIE : **Fabrice Mathé**

PLUS D'INFORMATIONS SUR
www.cea.fr

PROPOS RECUEILLIS PAR : **Aude Ganier**

DANS LA PEAU DES SCIENCES

3 QUESTIONS À VALÉRIE LEGEMBRE

Une artiste s'est immergée un an dans des laboratoires du CEA à Grenoble. Quatre totems, contenant des réalisations photographiques à partir de sa technique Peaux-de-photos®, révèlent cette rencontre et la dimension humaine de recherches pourtant ultrasophistiquées.

1 Pourquoi votre démarche artistique s'intéresse-t-elle au monde de la recherche ?

V. L. | J'ai toujours été attirée par la science, si bien qu'après des études d'art à Lyon et un monitorat de ski alpin, je me suis orientée vers la recherche en travaillant comme opératrice dans les salles blanches d'un groupe de microélectronique. Ce fut une révélation de découvrir ce qu'il y avait dans les microscopes : l'architecture des puces, véritables cités miniatures à l'urbanisme complexe, leurs couleurs, les différentes strates de matériaux utilisés… Puis j'ai rencontré deux chercheurs, Jérôme Planes et Sylvie Sauvaigo, qui m'ont ouvert les portes du CEA-Inac, CEA-Léti, CEA-Liten[1] et d'ARC-Nucléart pour une résidence artistique[2]. Pendant un an, j'ai pu recueillir un matériau précieux : plus de 20 000 photos !

2 En quoi a consisté votre approche et quelle œuvre en résulte ?

V. L. | J'ai décidé d'observer ceux qui « manipent » dans les laboratoires. Je les ai accompagnés au quotidien, dans une approche quasi ethnologique pour saisir leur labeur, leurs méthodes…
La recherche, au-delà de sa haute technicité, de ses protocoles rigoureux et complexes, m'est apparue très manuelle, voire artisanale. Et c'est cette dimension humaine qui m'a inspirée. À partir des images récoltées, j'ai mis en œuvre une technique qui consiste à extraire de son support papier la gélatine contenant l'image. En répétant cette opération et en superposant les couches de gélatine, j'obtiens des Peaux-de-photos® que je fais vivre sous différents aspects. Là, j'ai cherché à restituer mon immersion dans des totems en matérialisant des souvenirs de rencontres, de manipulations et en dégageant des symboles. Par exemple, au sommet du totem réalisé au CEA-Léti trône une main qui est la superposition de différentes Peaux-de-photos® déposées par couches successives sur un gant de labo. Le gant, un objet-symbole puissant du chercheur…

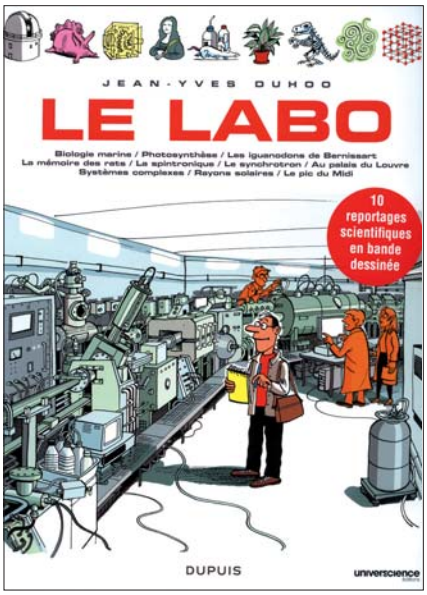
Les Peaux-de-photos® obtenues en extrayant de son support papier la gélatine contenant l'image, en répétant l'opération et en superposant les couches.

3 Comment s'est passée la rencontre entre une artiste et des chercheurs ?

V. L. | Cette résidence fut enrichissante pour tous. Les chercheurs m'ont beaucoup aidée en m'interpellant sur les expériences en cours, en me suggérant des prises de vue lorsqu'un phénomène se produisait. Ils disent parfois que ma présence fut comme une bouffée d'oxygène pour eux et qu'ils ont pris une certaine distance par rapport à leurs expériences pour répondre à mes interrogations naïves. Cela leur a permis sans doute de se questionner sur leurs démarches.

> « Les chercheurs m'ont beaucoup aidée en me suggérant des prises de vue lorsqu'un phénomène se produisait. Ils ont pris beaucoup de distance pour répondre à mes questions naïves. »
>
> **Valérie Legembre,** artiste en résidence au CEA.

notes : 1. Voir rubrique « Les laboratoires », p. 3. 2. Avec le soutien de l'Atelier Arts-Sciences CEA-Hexagone, Scène nationale de Meylan.



Les labos mis en bulles

Dix histoires sont au programme de ce feuilleton inédit qui pousse les portes des laboratoires. Biologie marine, systèmes complexes, rayons solaires, spintronique ou encore iguanodons de Bernissart sont capturés dans les bulles de cette BD. Pluridisciplinaires, ces histoires permettent d'expliquer les grands principes de ces recherches et donnent un éclairage sur ce qu'est la vie en labo : des doutes, des rencontres et du travail en équipe. —

Le labo | Jean-Yves Duhoo | Universcience éditions | 11,50 €

L'art se creuse la cervelle

Une fois les données de base acquises (neurones, neurotransmetteurs, mémoire, émotions, langage…), l'ouvrage les met en relief à travers des expériences (flexibilité synaptique du poulpe, test de Rorschach) et des anecdotes (les troubles neurologiques de Van Gogh). Dans un univers richement illustré, il propose aussi de mettre à l'épreuve nos sens, ou comment dessiner les yeux bandés… —

À en perdre la tête, comprendre le cerveau en jouant avec l'art | Marta Dell'Angelo et Ludovica Lumer | Le Pommier | 17 €

Tout s'explique !

À chaque page suffit sa découverte ! Cette encyclopédie prend dès lors le temps de détailler chacun des sujets qu'elle aborde, en images, en textes, en schémas, quiz et glossaire. Les 6-9 ans comprendront ainsi le monde des transports de l'énergie, des gaz et liquides, du son et de la lumière, des octets et des bits ainsi que des inventions du futur. Et pour ceux qui veulent en savoir plus, un site Internet prolonge les découvertes. —

Mon encyclopédie comment ça marche ? | Gallimard Jeunesse | 14,95 €

Exposition tactile

Ôtez vos chaussures et laissez-vous embarquer dans un parcours sensoriel inédit où l'on peut tout toucher ! Justement, l'objet de cette exposition est de comprendre tout ce qui a trait au tactile, à travers cinquante expérimentations. Pénétrez dans « l'igloo » pour ressentir les effets du chaud et du froid ; découvrez les zones les plus sensibles du corps humain dans le « Palais de l'homonculus » ; menez « l'enquête dans le noir » tout en vous extirpant du « tunnel caressant »… —

Très toucher | Palais de la Découverte | Paris | jusqu'au 13 mars 2011

Boules de gaz

Géantes, elles le sont… et tout autant impressionnantes depuis que l'Homme peut les regarder de plus près. Elles, ce sont les planètes comme Saturne, énorme boule de gaz embellie par son ballet d'anneaux et sa cohorte de lunes… Un voyage extraordinaire auquel nous convie l'auteur : *« Avec ce livre, je vous invite vers des destinations que nos petits-enfants pourront approcher et que leurs arrière-petits-enfants considéreront comme des étapes de l'aventure humaine. »* —

De feu et de glace, planètes ardentes | André Brahic | Odile Jacob | 35 €

ABONNEMENT GRATUIT

Abonnement en ligne sur *http://defis.cea.fr* ou par courrier, en nous faisant parvenir sur papier libre vos nom, prénom, adresse et profession à :
***Les Défis du CEA*, Abonnement, CEA-Bâtiment siège, 91191 Gif-sur-Yvette Cedex, France.**

© P. Stroppa/CEA

QUE VOUS SUGGÈRE CETTE IMAGE ?

1. Gaine de combustible soumise à haute température

2. Verre en fusion pour la vitrification des déchets

3. Nanofil de platine incandescent

> Il s'agit du gainage de combustible nucléaire, porté à 1 100 °C, contenant la poudre ODS (matériau nanorenforcé par dispersion d'oxydes) qui offre de grandes performances en termes de résistance mécanique à chaud et de comportement sous irradiation. Cet alliage est étudié à la Direction de l'énergie nucléaire du CEA, dans le cadre des recherches pour les réacteurs de quatrième génération.