TEMPS FORTS | PAGE 3
Welcome à Cadarache !

QUOI DE NEUF ? | PAGE 9
Les fibres optiques mènent un train d'enfer

SCIENCE PARTAGÉE | PAGE 14
À la découverte du centre de Saclay

Le magazine
de la recherche
et de ses applications

n°109

novembre 2005

les défis du cea

ATMOSPHÈRE

Pollution
des mesures à prendre

TOUT S'EXPLIQUE | PAGE 12
Le cycle du carbone

sommaire

3 temps **forts**
L'actualité du CEA : événements, partenariats, projets...

4 à la **une**
Pollution atmosphérique, des mesures à prendre. Différents dispositifs sont utilisés pour pister les polluants atmosphériques.

8 quoi de **neuf ?**
Les fibres optiques mènent un train d'enfer. 2003 : plus de CO_2, moins de végétaux. Repas astronomique pour pulsar. Cellules sur rails.

12 tout **s'explique**
Le cycle du carbone. Présent chez les êtres vivants comme dans l'atmosphère, le carbone participe à des processus complexes.

14 science **partagée**
À la découverte du centre de Saclay. Une journée portes ouvertes a permis de dévoiler les activités et la vie d'un centre du CEA.

15 **kiosque**
À voir, à lire, à écouter autour des sciences...

© Picotto

12 Le cycle du carbone

©C. Dupont/CEA

9 TECHNOLOGIE Les fibres optiques mènent un train d'enfer

LES DÉFIS DU CEA — **Éditeur** — Commissariat à l'énergie atomique — **Directeur de la publication** — Xavier Clément — **Rédactrice en chef** — Claire Abou — **Rédacteur en chef adjoint** — Claude Reyraud — **Rédacteurs** — Aude Ganier, Florence Heimburger, Yvan Soubirol, Axel Meunier, Clotilde Waltz — **Comité éditorial** — Fanny Bazile, Emmanuel Berthier, François Garaude, Étienne Klein, Élisabeth Lefèvre-Rémy, François Legrand, Nathalie Manaud, Brigitte Raffray — **Iconographie** — Aude Ganier — **Infographie** — Picotto — **Diffusion** — Lucia Le Clech — **Conception et réalisation** — Spécifique — **Commission paritaire** — 2344 ADEP n°ISSN 1163-619X —

Tous droits de reproduction réservés.

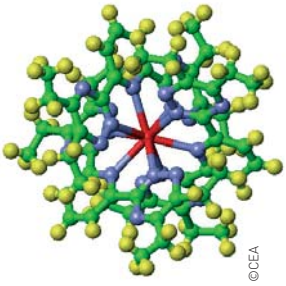
ITER

Welcome à Cadarache !

©CEA

Le ITER Welcome Office au centre CEA de Cadarache

Alors que les négociations finales sur le projet international de fusion contrôlée suivent leur cours, le CEA a d'ores et déjà posé sa "première pierre" avec le ITER Welcome Office. Le centre de Cadarache a en effet mis sur pied une structure d'accueil pour tous les agents ITER qui viendront des quatre coins du monde. Le bureau se chargera notamment de leur installation "administrative" près du site, grâce au concours des quatre départements entourant Cadarache.



©CEA

Molécule extractante

Recherche fondamentale

Un institut de chimie à Marcoule

Trouver des solutions pratiques et fiables pour un nucléaire durable. Un défi auquel le centre CEA de Marcoule répond avec, notamment, un Institut de chimie séparative. Au programme des recherches : chimie physique des fluides complexes, chimie de l'état solide des nanomatériaux et chimie nanométrique supramoléculaire. Des actions incitatives à la collaboration ont déjà été menées, avec l'attribution de quatre bourses de thèse et sept financements de post-doctorat. Restent à pourvoir sept propositions de thèse et treize de post-doctorat. À terme, l'institut, qui ouvrira début 2008, fonctionnera avec 80 chercheurs.

EN BREF

Partenariat

Le groupe pharmaceutique IPSEN et le CEA s'associent. À la clé, la valorisation des recherches sur l'imagerie médicale, les synthèses chimiques... pour le développement de nouvelles molécules thérapeutiques.

Lauréat

Le prix Eurocancer a été décerné au Dr Bertrand Tavitian, responsable du groupe "Imagerie *in vivo* de l'expression des gènes" du service hospitalier Frédéric-Joliot (SHFJ) du CEA.

Innovation

Nouvelle étape pour le pôle Nanobio – dédié aux nanobiotechnologies – avec le lancement, à Grenoble, de sa construction, qui s'achèvera en 2008.

©D. Sarraute/CEA

Cavité supraconductrice cryogénisée

Plateforme technologique

L'union fait la vitesse

Faire surfer les électrons pour les accélérer sans perte d'énergie sera le but des participants à la plateforme technologique régionale Supratech qui réunit le CNRS-IN2P3 et le CEA-Dapnia. Ces organismes mutualisent leurs moyens et leurs compétences afin de réaliser les accélérateurs de particules du futur. Ils se dotent ainsi d'un budget de cinq millions d'euros pour atteindre les plus hautes performances grâce à une large utilisation d'éléments supraconducteurs cryogénisés. Enjeux majeurs de la physique des particules, ces accélérateurs, qui intéressent aussi les médecins et les biologistes, seront utilisés pour l'extension, Spiral 2, du Grand accélérateur national d'ions lourds (Ganil, à Caen).

ATMOSPHÈRE

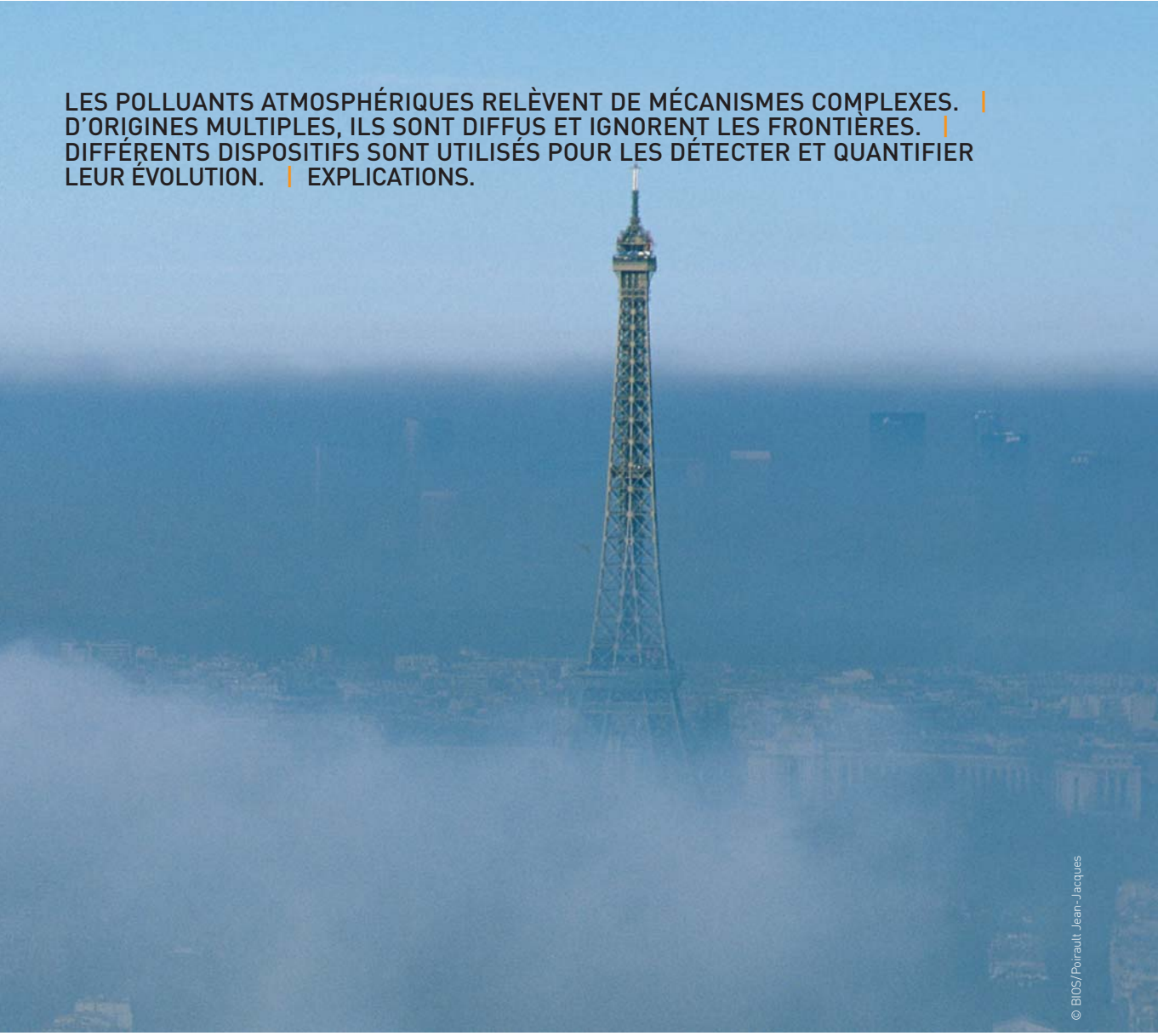
Pollution des mesures à prendre

Des aérosols qui peuvent refroidir le climat régional, des gaz à effet de serre qui le réchauffent globalement, des puits de carbone qui stockent le CO_2, mais en rejettent aussi dans certaines conditions… Les polluants atmosphériques participent à des mécanismes complexes. D'autant plus qu'ils sont diffus et ne connaissent pas de frontières.

La pollution atmosphérique n'a pas seulement un impact local ; elle est responsable de problèmes sanitaires et climatiques à l'échelle régionale, voire globale. On distingue les polluants primaires, directement émis par les sources, et les polluants secondaires comme l'ozone, formés suite à des cycles complexes de réactions photochimiques. Les premiers constituent une grande partie des aérosols urbains et certains composés organiques volatils provenant des carburants et des solvants. L'utilisation des combustibles

AÉROSOLS
Fines particules solides ou liquides présentes en suspension dans l'air (poussières, fumées…) ayant un impact climatique en raison de leur interaction avec le rayonnement solaire. Inhalées, elles ont aussi un impact sur la santé. Leur toxicité dépend de leur taille et de leur composition chimique.

LES POLLUANTS ATMOSPHÉRIQUES RELÈVENT DE MÉCANISMES COMPLEXES. | D'ORIGINES MULTIPLES, ILS SONT DIFFUS ET IGNORENT LES FRONTIÈRES. | DIFFÉRENTS DISPOSITIFS SONT UTILISÉS POUR LES DÉTECTER ET QUANTIFIER LEUR ÉVOLUTION. | EXPLICATIONS.



© BIOS/Poirault Jean-Jacques

fossiles, mais aussi celle des carburants verts, s'accompagne de ces deux catégories de polluants, dont certains sont des gaz à effet de serre (GES).

En mai et juin dernier, Patrick Chazette, chercheur au Laboratoire des sciences du climat et de l'environnement (LSCE, CEA/CNRS), s'est intéressé à l'impact local et régional des polluants urbains, en menant avec la ville de Paris la campagne « LISAIR[1] ». Objectif : mesurer la répartition des microparticules[2] dans les rues de la capitale et quantifier l'échange des polluants avec l'atmosphère surplombant la ville.

Le **lidar** développé par le CEA et le CNRS en était l'acteur principal. Installé sur le toit d'une camionnette, son laser de longueur d'onde 355 nm – dans l'ultraviolet – a permis d'effectuer des mesures au niveau des rues, au-dessus de la tête des passants. Plus il rencontre de particules, plus son rayon est réfléchi vers le télescope auquel l'appareil est couplé. Le lidar mesure ainsi les quantités et les mouvements de particules polluantes entre 100 mètres et plusieurs kilomètres d'altitude. Résultat : une image, en 3D, de la pollution particulaire des rues, selon l'altitude, les heures du jour et de la nuit… Et une leçon – que l'on soupçonnait déjà : à Paris, il ne fait pas bon vivre à proximité du périphérique, pas plus d'ailleurs qu'en plein cœur de la ville !

LIDAR
Light detection and ranging : son principe est le même que pour le radar, mais avec des longueurs d'ondes plus petites comprenant celles des lumières infrarouge, visible et ultraviolette.

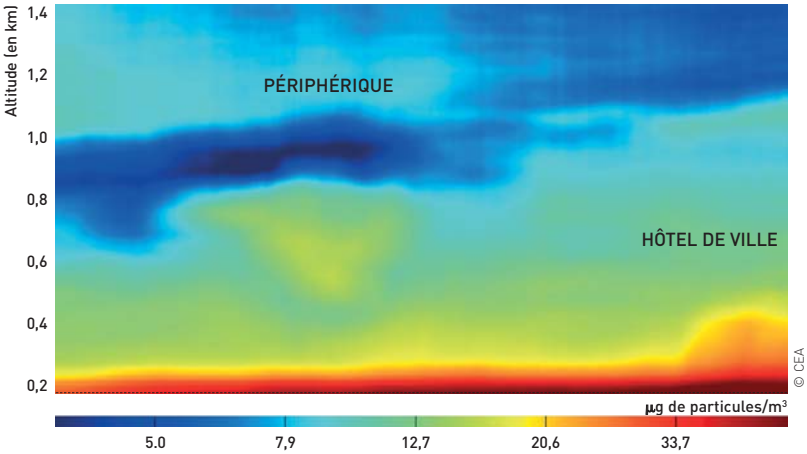
1. Lidar pour la surveillance de l'air. 2. Particules de taille inférieure à 10 µm constituées d'oxydes d'azote, de composés organiques volatils, tels le toluène et le benzène, mélangés ou non à de l'eau.

Camion transportant le lidar. Ici, mesures nocturnes devant l'Hôtel de ville, à Paris.

© CEA

« L'exposition aux polluants varie d'un trottoir à l'autre d'une même rue à cause des microcellules convectives qui se forment entre les immeubles : mieux vaut être face au vent que sous le vent », explique Patrick Chazette *(voir encadré ci-dessous)*. Le même principe s'illustre pour l'ensemble de la capitale et de sa périphérie, avec une répartition qui reflète l'action séculaire des vents dominants de la région parisienne (du sud-ouest vers le nord-est). *« Il y a imbrication des échelles »*, insiste le chercheur.

Campagne de mesures par lidar à Paris, au printemps 2005, entre 18 h 30 et 19 h 30.



© CEA

Michel Ramonet, son collègue au LSCE, suit, avec d'autres scientifiques, l'évolution des GES dans l'atmosphère. L'objectif? Déterminer les variations saisonnières et annuelles de ces gaz, notamment le gaz carbonique (CO_2), afin de mieux comprendre le cycle du carbone. Mais, depuis peu, un autre enjeu s'y ajoute : à l'horizon 2010, il faudra vérifier que les différents pays signataires du protocole de Kyoto respectent bien leurs engagements de diminuer leurs émissions de CO_2.

Au niveau mondial, une centaine de sites – américains pour moitié – de prélèvements et de mesures en continu du CO_2 participent à l'amélioration des connaissances sur le cycle du carbone. Les premières stations de RAMCES[3], le réseau français dirigé par le LSCE, étaient océaniques et côtières, *« éloignées de tout pour minimiser l'influence des émissions locales de carbone »*, explique Michel Ramonet. Depuis l'île Amsterdam en 1980, aux confins de l'Océan Indien, en passant par Mace Head, en Irlande (1992), les stations françaises se rapprochent des sources et des **« puits » de carbone** sur les continents : Puy-de-Dôme et Saclay (2001), Biscarrosse (2005), et, début 2006, sur une tour de télédiffusion de 200 m de haut, dans la forêt d'Orléans. Le LSCE effectue également des prélèvements aéroportés et, en

Circuit en boucle pour polluants urbains

À cause du réchauffement par le soleil, il se crée, au-dessus de Paris, une circulation atmosphérique en forme de bulle : c'est la convection. Ce courant circulaire entraîne les polluants en altitude, puis les rabat sur la ville avant que les vents puissent les disperser. Ils se trouvent ainsi piégés dans une « couche limite » et y restent durant la nuit : une couche nocturne stable se crée près de la surface. Le lendemain, dès le redémarrage de la convection, les polluants piégés en altitude redescendent, se mélangeant avec ceux du trafic matinal au niveau du sol. Les mesures par lidar à Paris *(voir ci-dessus)* montrent une plus grande densité en microparticules au-dessus du périphérique et du quartier de l'Hôtel de ville. | F.H. |

Capteurs de pollution installés par le LSCE sur une tour à Pékin.

© CEA

novembre 2005, une campagne franco-germano-russe va passer au-dessus des forêts sibériennes, qui *« représentent un puits de carbone potentiellement important et qui subissent un réchauffement des plus marqués depuis plusieurs décennies (+0,5°C en 30 ans) »*, explique l'expert.

La multiplication des mesures alimente des modèles de transport atmosphérique qui permettent d'estimer le bilan des échanges en CO_2 entre grandes régions du globe. *« Pourtant, nous sommes encore loin du compte : l'Afrique, par exemple, est une* terra incognita *où aucune station n'existe*, déplore-t-il. *D'autre part, les modèles ne représentent qu'imparfaitement certaines situations météorologiques telle que la mousson en Inde »*. D'ailleurs, la dernière station du réseau Ramces a été installée sur les contreforts du Tibet *(voir encadré ci-contre)*.

PUITS DE CARBONE
Région où le CO_2 atmosphérique est piégé par les écosystèmes terrestres (sol et plantes) ou par les océans. *(voir pp. 12-13 de ce n°).*

Incertitude tout aussi conséquente : les choix énergétiques futurs, notamment ceux des pays émergents et de la Chine, en particulier. Jean Sciare, qui effectue des campagnes de prélèvement d'aérosols urbains pour le LSCE et valide les mesures du lidar, vient de dévoiler la situation de Pékin. La capitale chinoise se trouve perpétuellement plongée dans un brouillard de pollution dont même les minima dépassent toutes les normes européennes ! *« Rien d'étonnant à cela car, en 10 ans, le nombre de véhicules y a été multiplié par deux. Or, plus de la moitié des GES proviennent du secteur des transports »*, souligne le chercheur.

Aérosols ou GES, de la rue à la ville et à la planète tout entière, la pollution de notre atmosphère ne peut être analysée par tronçons, pas plus qu'elle ne se contente d'une vision à distance. | FLORENCE HEIMBURGER |

3. Réseau atmosphérique de mesure des composés à effet de serre.

L'observatoire astronomique de Hanle, en Inde, la plus haute station de mesure du CO_2, à 4 517 m d'altitude.

© CEA

Hanle, c'est haut pour le CO_2

Situé à 4 517 m d'altitude, en Inde, et à 40 km du Tibet, l'observatoire astronomique de Hanle est devenu depuis août dernier la station de mesure du CO_2 la plus haute du monde. *« C'est un site idéal pour suivre cette grande région,* explique Michel Ramonet, chargé du projet au LSCE. *Il n'y a pas de ville à moins de 300 km et aucune végétation alentour : deux sources de carbone susceptibles de perturber nos enregistrements. »* Fonctionnant à l'énergie solaire comme le reste de l'observatoire, l'analyseur développé par le LSCE et le DAPNIA/SIS – le *Caribou* – a une précision de 0,1 ppm[1] sur les concentrations mesurées. Sur place, deux ingénieurs indiens de l'Indian Institute of astrophysics (IIA) assurent la maintenance de l'analyseur. Cette nouvelle station de la famille Ramces est pilotable à distance *via* Internet, depuis Saclay et Bangalore, où sont basés les partenaires indiens IIA et le C-MMACS[2]. | F.H. |

1. Parties par million. 2. *Centre for mathematical modelling and computer simulation* du *Council of scientific & industrial research*, à Bangalore (Inde).

© CEA

© Régis Cavignaux/Bios

Paysage de Lorraine pendant la canicule de l'été 2003.

Climatologie

En 2003, plus de CO_2, moins de végétaux

L'année 2003 a connu un record de croissance de la concentration en CO_2. Evaluée à 1,5 ppm[1] par an en moyenne, la hausse en dioxyde de carbone a été de 2 ppm, soit 0,5 ppm de plus que les années précédentes. A la tête d'une équipe internationale, Philippe Ciais du Laboratoire des Sciences du climat et de l'environnement (CEA/CNRS) a tenu compte des estimations pour les émissions anthropiques de l'année. Pour lui, cette hausse signifie que les puits de carbone ont mal fonctionné[2].

En 2003, la France, l'Italie, la Suisse et d'autres pays de l'Europe de l'Ouest ont connu un été caniculaire avec des températures supérieures de 6°C aux moyennes enregistrées pour les mois de juillet. La végétation y a subi un stress hydrique qui l'a amenée à adopter un rythme photosynthétique automnal. D'où une quantité moindre de carbone fixée dans les plantes. L'INRA[3] a d'ailleurs mesuré une nette diminution de la croissance des feuilles : 15 mm en moyenne, contre 18 à 20 mm habituellement. Résultat : 70 % de production végétale en moins pour l'Europe !

On sait aussi que les années où se produisent El Niño, des éruptions volcaniques ou des feux de forêts, la concentration en CO_2 de l'atmosphère augmente.

| FLORENCE HEIMBURGER |

1. Partie par million. 2. P. Ciais & al., *Nature* 437 (sept. 2005), pp. 529-533. 3. Institut national de la recherche agronomique.

© Getty Images

Médecine du sport

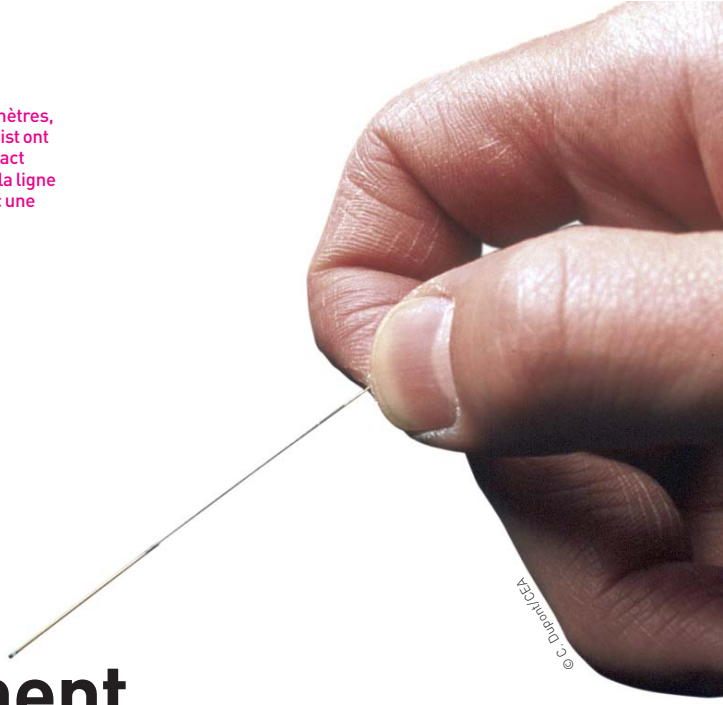
Au pied et à l'œil

1 km à pied... ça use, ça use ! Les ingénieurs du CEA-Léti[1] mettent au point un système de mesure de la foulée et du mouvement du pied pour optimiser le geste sportif ou rééduquer les voûtes plantaires. Le dispositif est simple et relativement discret. Des accéléromètres et des magnétomètres sont posés sur l'avant des chaussures - ils seront intégrés, à terme, sous les semelles. Reliés à une unité d'acquisition, ils renseignent sur la cadence et la direction du pas, ainsi que sur la trajectoire du pied pendant l'action. L'équipe travaille actuellement à l'élaboration du traitement des données en temps réel. Une technologie sans fil est envisagée, d'autant que des équipementiers sportifs sont intéressés... | AUDE GANIER |

1. Laboratoire d'électronique et des technologies de l'information.

© CEA

Sur des milliers de kilomètres, les ingénieurs du CEA-List ont mesuré la force de contact entre le pantographe et la ligne caténaire d'un TGV, avec une précision inégalée.



© C. Dupont/CEA

Technologie

Les fibres optiques mènent un train d'enfer

300 km/h : vitesse de pointe pour les ingénieurs du CEA-List[1] ! Après l'analyse des structures du pont Saint-Jean de Bordeaux et du bateau Areva (*America's cup*, 2003), ils ont investi un TGV Duplex de la SNCF.

Dans le cadre du projet européen SMITS[2], ils ont mesuré, sur des milliers de kilomètres, la force de contact entre le pantographe[3] et sa ligne caténaire. Cette analyse en temps réel repose sur des capteurs à réseaux de Bragg de température et de déformations *(voir encadré)* qu'ils réalisent dans les fibres optiques depuis une douzaine d'années. La nature (la silice) et la taille (125 microns de diamètre) des fibres leur permettent en effet d'épouser la surface de n'importe quelle structure, ou de s'y insérer sur de grandes longueurs, pour multiplier le nombre de points de mesure. Pendant une semaine, à bord de cette rame TGV, les ingénieurs ont collecté près d'un téra octects (mille milliards d'octets) de données, en l'occurrence les variations de la longueur d'onde de Bragg des capteurs insérés dans la tête du pantographe. Le système d'analyse innovant, développé par le List, affiche une résolution spectrale de mesure inégalée au niveau mondial (meilleure que 10^{-12} mètre). Il permet d'observer en temps réel, à une cadence de 500 mesures par seconde, des variations de 1 newton de la force de contact dont l'amplitude peut atteindre 500 newtons. La connaissance de cette interface pantographe/caténaire pourrait conduire à faire évoluer la technologie des pantographes, ainsi qu'à apprécier la façon dont les trains interagissent avec les lignes caténaires de l'infrastructure du réseau. | A. G. |

1. Laboratoire d'intégration des systèmes et des technologies. 2. *Smart monitoring in train systems*. 3. Dispositif sur le toit d'une locomotive destiné à capter le courant des lignes caténaires.

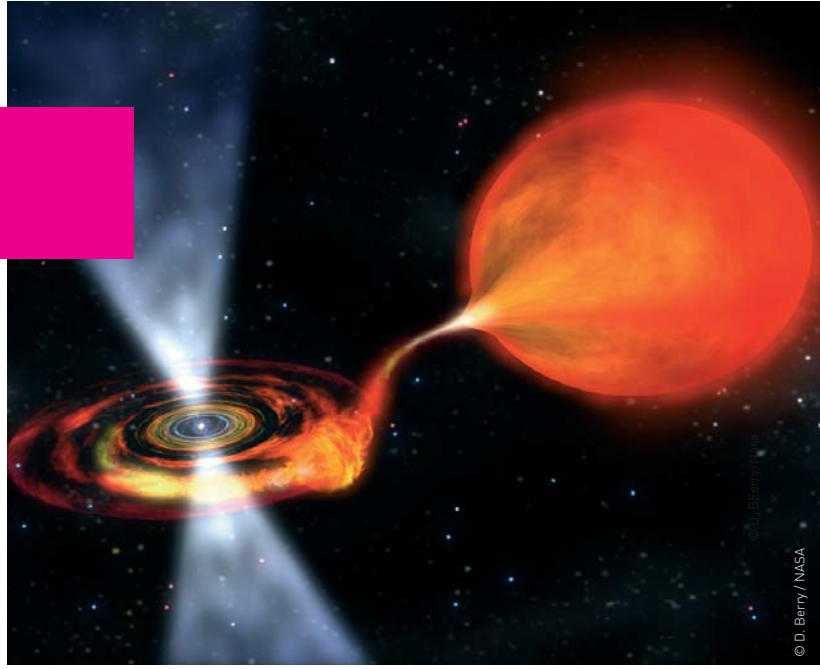
Pantographe sur lequel sont installées les fibres optiques reliées à l'unité centrale située sur le wagon.

© CEA

Réseau de Bragg

Inscrit par laser UV dans le cœur d'une fibre optique où circule la lumière, un réseau de Bragg est une alternance de franges de deux indices de réfraction[1] légèrement différents. A une longueur d'onde caractéristique, dite de Bragg, le réseau entre en résonance et réfléchit cette onde, tout en transmettant le reste du spectre lumineux. Les variations de température, de pression ou de déformation modifient le pas des franges et l'indice du réseau, donc la longueur d'onde de Bragg, renseignant sur les phénomènes inducteurs.

1. *Rapport entre la vitesse de propagation de la lumière dans le vide et celle du milieu traversé.*



Le site www.esa.int propose une animation montrant un pulsar engloutissant une étoile voisine. Ci-contre, vue d'artiste du phénomène.

Astronomie

Repas astronomique

Une étrange scène de cannibalisme stellaire a été dévoilée par la caméra IBIS[1] du satellite Integral : tournant sur lui-même à grande vitesse, un **pulsar** dévore son étoile voisine. Etrange, mais sans doute banal, ce festin n'est repérable que par les salves de rayons X et gamma que déclenche la matière engloutie. Celle-ci fournit un surcroît d'énergie qui accélère la rotation et la fréquence des émissions. *« Il a fallu toute la précision des capteurs à base de semi-conducteurs développés au CEA-Léti pour repérer cet objet, le plus rapide des 6 pulsars dévoreurs déjà découverts[2] »*, explique Maurizio Falanga, astrophysicien au Sap[3] qui a supervisé l'analyse des données de la caméra. | CLAUDE REYRAUD |

1. *Imager on board the Integral satellite*. 2. Le 6e, plus rapide, a terminé son festin. 3. Service d'astrophysique du CEA-Dapnia, à Saclay.

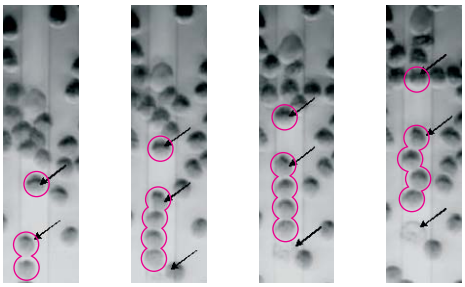
PULSAR
Astre extrêmement dense principalement composé de neutrons, résidu de l'explosion d'une étoile massive. D'une à quatre fois celle du Soleil, sa masse se concentre dans une sphère de seulement 20 km de diamètre.

Biologie

Cellules sur rails

Les lymphocytes T, à droite, les autres, à gauche ! A de nombreuses occasions, les biologistes sont amenés à trier des cellules. Oui, mais comment manipuler des éléments aussi minuscules avec précision, et sans les abîmer ? La solution pourrait bien être apportée par... la lumière. En effet, les photons peuvent exercer une force sur un objet matériel et le pousser tout en douceur. Utilisant cette propriété, les scientifiques du CEA-Léti ont mis au point un système miniaturisé baptisé Celloptics, susceptible de trier des cellules même en très petites quantités. Celles-ci sont posées à proximité d'une fibre optique intégrée sur une puce. Attirées, les cellules se placent automatiquement sur ce rail lumineux, puis se mettent en mouvement dans le sens de déplacement de la lumière. Les chercheurs ont même réussi à mouvoir des billes métalliques à des vitesses intéressantes. Ils devraient bientôt être en mesure de trier les cellules en les faisant bouger à des vitesses variant selon leur indice optique, et donc selon leur nature. | CLOTILDE WALTZ |

Piégés par le guide d'onde (rail au centre de chacune des quatre images), des globules rouges sont poussés par des impulsions laser.



© CEA

© CEA

Cette feuille métallique souple pourra servir de support aux transistors constituant les futurs écrans enroulables.

Optronique

Ecran portable et enroulable

Rouler son écran d'ordinateur portable avant de le glisser dans sa poche ne sera bientôt plus un rêve. Le projet européen Flexidis qui réunit 22 partenaires – dont Philips, Thomson et le CNRS – vient de faire un grand pas avec la réalisation, au laboratoire d'optronique du CEA-Léti (DOPT), de transistors fonctionnels sur un support souple. Avec une fine feuille d'acier inox de 150 microns d'épaisseur en lieu et place du verre, ces transistors affichent des performances identiques à ceux des écrans TFT classiques. La différence réside dans le maintien de ces propriétés sous une courbure de 5 cm de rayon ! François Templier et Bernard Aventurier, qui signent cette réalisation du DOPT, espèrent voir les premiers écrans enroulables d'ici à 2006.

| YVAN SOUBIROL |

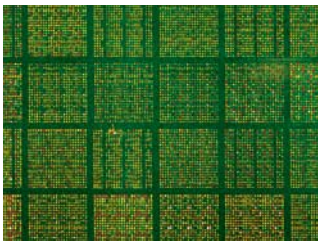
Physique

Excité comme une citrouille

Ni grappe, ni goutte, ni sphère... On sait que la forme d'un noyau atomique excité peut être différente de celle de son état « ordinaire » mais, à cause de la fugacité avec laquelle le noyau retrouve sa forme initiale, peu de candidats se laissent photographier. Une équipe internationale comprenant des physiciens du CEA et du CNRS vient de trouver une méthode originale pour observer le changement de forme des noyaux exotiques. Ceux-ci sont des noyaux instables qui n'existent pas à l'état naturel. Après avoir créé du fer 61 dans son état excité grâce à l'accélérateur d'ions lourds du Ganil, l'équipe l'a piégé dans un cristal. Résultat : les noyaux excités adoptent une forme de citrouille qui dévoile leur structure interne. Cette première mondiale ouvre une voie nouvelle aux spécialistes qui pourront affiner les modèles de physique nucléaire.

| C. R. |

Détail des 27 000 plots d'une puce ADN.



© CEA

Génomique

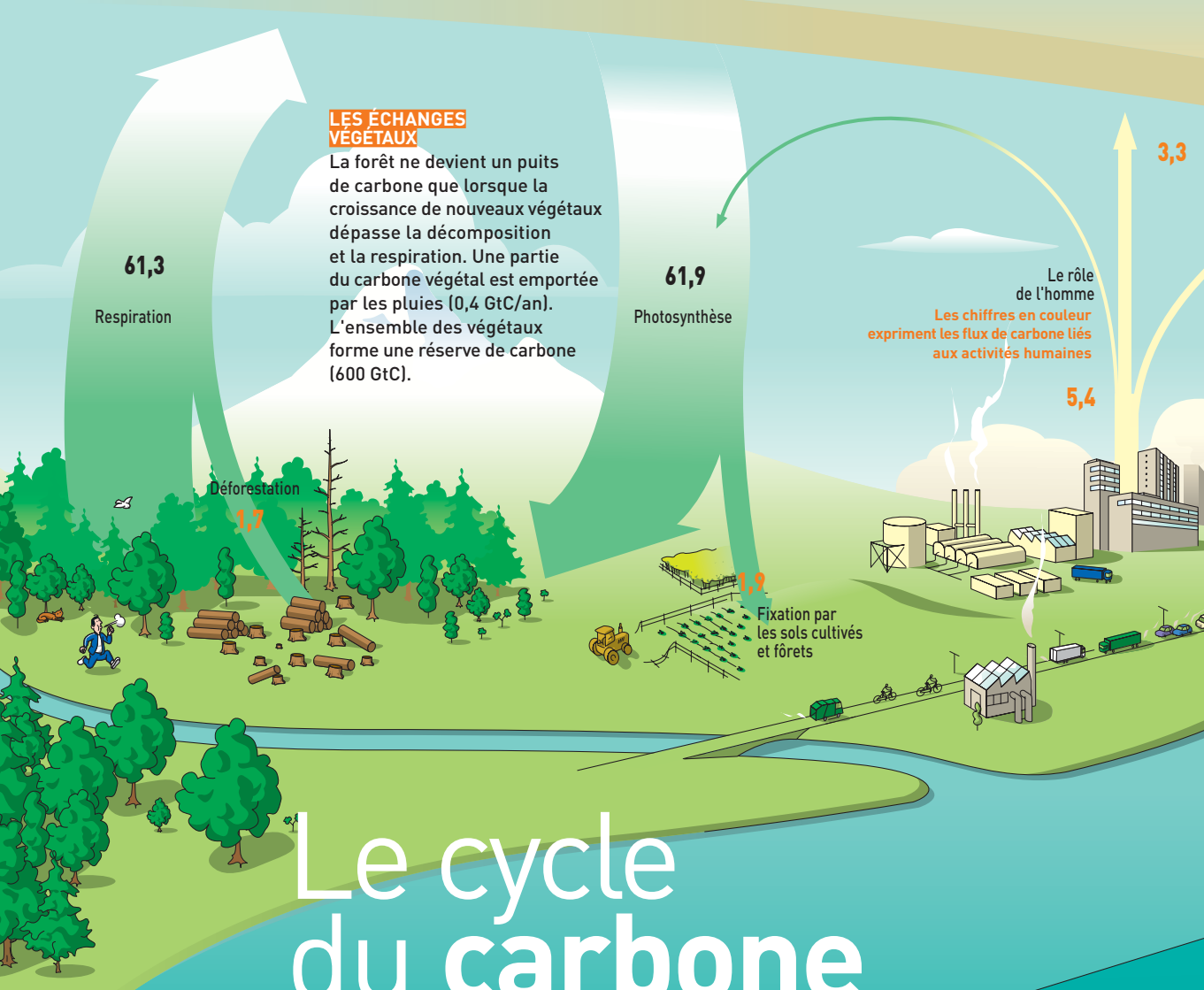
Marqueurs de rayons gamma

Les chercheurs du Service de génomique fonctionnelle du CEA, basé au Génopole d'Evry, ont identifié 200 gènes dont l'expression est modifiée après une exposition à une très faible dose[1] de rayons gamma. Ces gènes constituent des marqueurs potentiels pour ces très bas niveaux d'exposition, dont les effets sont encore mal connus. « *Les puces à ADN développées au CEA et la bio-informatique ont permis de valider cette réponse cellulaire* », explique Michèle Martin, qui a dirigé cette étude menée sur des kératinocytes[2] humains. Ce résultat pourrait conduire au développement d'un dosimètre biologique pour les personnes très faiblement exposées dans un cadre médical ou professionnel.

| AXEL MEUNIER |

1. De l'ordre de 1 cGy : le Gray (Gy) correspond à une dose de rayonnement absorbée de 1 joule/kg. 2. Cellules de la peau, organe le plus exposé aux agressions extérieures.

Élément le plus abondant chez les êtres vivants, le carbone se trouve aussi sous la forme d'un gaz atmosphérique en partie responsable de l'effet de serre qui chauffe la planète. D'où vient-il ? Où disparaît-il ? Explications.



Le cycle du **carbone**

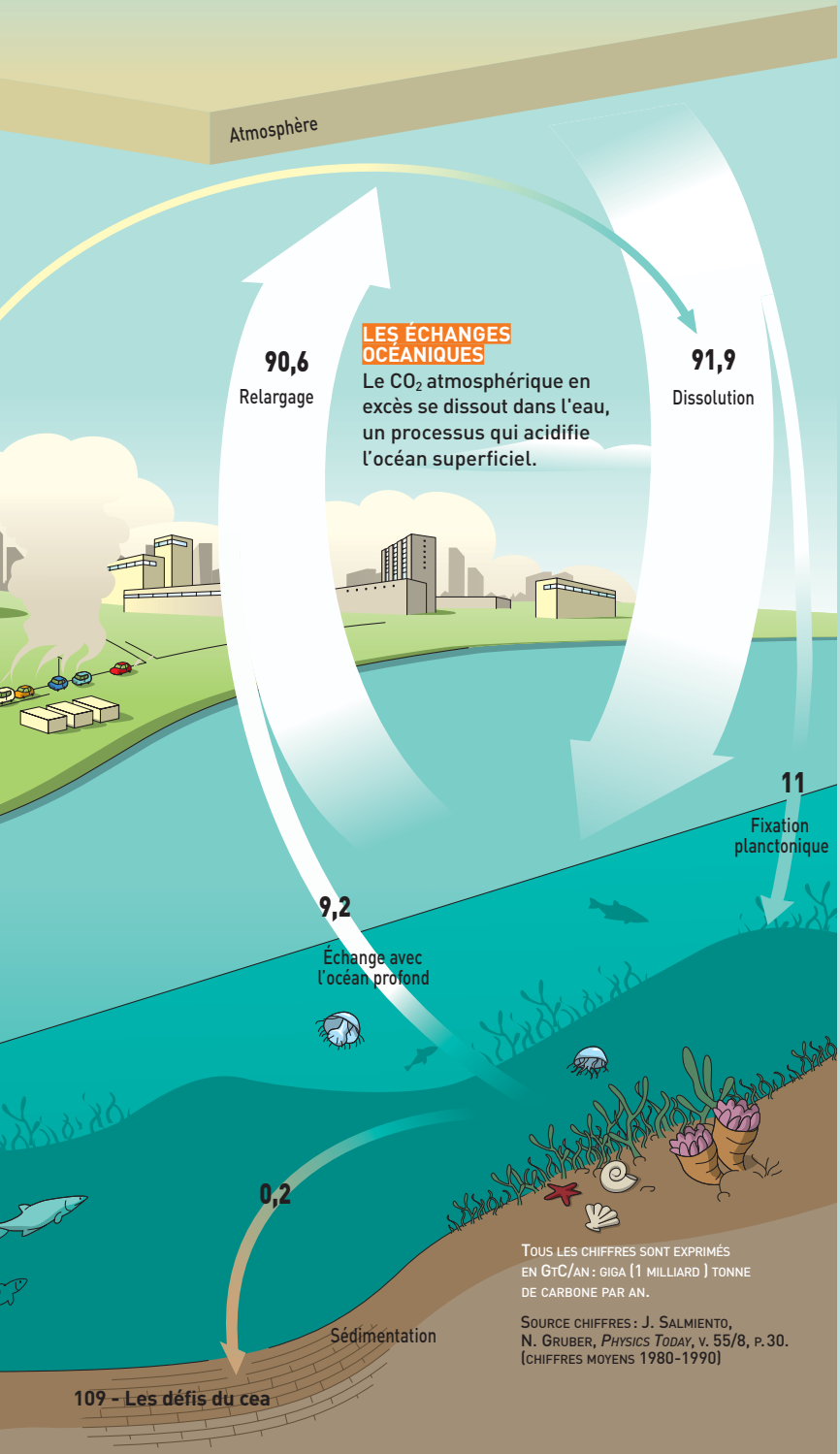
AU CEA

Le LSCE[1] participe au réseau mondial de surveillance du gaz à effet de serre. Ses six stations vont être équipées du dispositif de prélèvement "Caribou". Pour atteindre la précision standard de 0,1 ppm[2], il a développé un système de régulation extrêmement fin. Les bouteilles étalons de la NOAA[3] circulent dans les différentes stations pour unifier les mesures.

1. Laboratoire des sciences du climat et de l'environnement, CEA/CNRS, situé à Saclay. 2. Parties par million.
3. *National oceanic & atmospheric administration*, aux Etats-Unis.

LES FORMES GAZEUSES DU CARBONE

L'atmosphère contient environ 800 milliards de tonnes de carbone (GtC), principalement sous forme de gaz carbonique (CO_2). Depuis 1750, l'utilisation des énergies fossiles est responsable de l'émission de 290 GtC, dont un peu plus de la moitié s'est accumulée dans l'atmosphère. Si l'activité humaine se poursuit au même rythme, cette teneur augmentera en 2100 de 70 %, conduisant à un réchauffement global moyen de 1,5 à 6°C. Le CO_2 compte pour plus de 60 % de l'effet de serre additionnel.



© INFOGRAPHIE : PICOTTO. TEXTE : CLAUDE REYRAUD

LE PUITS DE CARBONE

À certains endroits, le carbone atmosphérique se dissout dans l'eau (océans), ou est absorbé par les plantes (photosynthèse) et stocké dans la biomasse. Piégeant le carbone émis par les différentes sources, ces puits jouent un rôle essentiel dans les équilibres climatiques.

LA PHOTOSYNTHÈSE

Grâce à la chlorophylle, les plantes utilisent l'énergie du soleil pour se développer à partir de sels minéraux, d'eau et de CO_2 atmosphérique. Par exemple, l'amidon synthétisé dans les feuilles de la pomme de terre est un enchaînement de glucose qui contient six atomes de carbone, soit autant de molécules de CO_2 retirées de l'atmosphère.

LA RESPIRATION

Nécessaire au métabolisme, la respiration (végétale, animale, humaine) libère du CO_2.

FIXATION PLANCTONIQUE

Par photosynthèse, le plancton fixe une partie carbone dissout. Lorsqu'il se décompose sous les eaux de surface, le carbone se retrouve dans les sédiments.

SÉDIMENTATION

Constitué durant des millions d'années, ce réservoir terrestre (90 millions de GtC) est inerte vis à vis de l'actuelle augmentation rapide du CO2.

LE RÔLE DE L'HOMME

Les activités humaines émettent 7,1 GtC en moyenne par an : combustion des énergies fossiles - industries, transports - (5,4 GtC), déforestation (1,7 GtC). Les produits pétroliers proviennent de forêts fossilisées, un processus qui nécessite des centaines de millions d'années. En les brûlant, l'homme libère brutalement le carbone ainsi stocké. En moyenne, chaque année, l'atmosphère en garde 3,3 GtC qui augmentent l'effet de serre, la biosphère 1,9 GtC et les océans 1,9 GtC qui s'acidifient en surface.

© E. de Lavergne/CEA

Visite guidée | Rien de tel qu'un petit train pour se déplacer sur les 220 hectares du centre ! De la halte-garderie au restaurant, en passant par les laboratoires, les visiteurs ont pu apprécier l'aménagement du site.

©CEA-Saclay

Journée Portes ouvertes | La découverte du centre CEA de Saclay et de ses activités de recherche était agrémentée de visites de laboratoires, d'expositions et d'animations pour tous publics...

©CEA-Saclay

À la découverte du centre de Saclay

Pas moins de 2 500 visiteurs ont répondu présents à l'invitation du centre CEA de Saclay. Dimanche 18 septembre, familles de salariés, résidents des communes voisines et élus locaux se sont retrouvés pour un parcours scientifique pluridisciplinaire. *« Le CEA veut jouer un rôle dans le développement régional et le montre au public pour mieux faire connaître ses activités »*, commentait Yves Caristan, directeur du centre. Trente-huit laboratoires mobilisés, des mini-conférences et expositions animées par les chercheurs étaient proposées pour faire durer le plaisir des découvertes. Détecteurs sous-marins de neutrinos cosmiques, systèmes embarqués sur automobiles, laser, radioactivité, physique et forêt tropicale, espace-temps, climat… : autant de thèmes qui ont ravi les curieux, à en juger par les files d'attente. Ce jour-là, la science prenait des airs de détente…

| AUDE GANIER |

Tamaris | Ce laboratoire fut le plus fréquenté, avec 350 visiteurs. *« Impressionnant »*, pouvait-on entendre autour de la table vibrante Azalée qui simulait les effets d'un séisme sur différentes structures.

Systèmes complexes | Le chercheur présente la science du chaos avec le tambour granulaire, mais également la turbulence dans une machine à laver, et l'émergence d'ordre dans une casserole...

©CEA

© E. de Lavergne / CEA

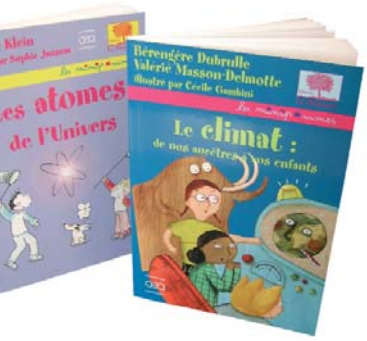
kiosque

L'eau, y es-tu ?

VILLENEUVE D'ASCQ | JUSQU'AU 15 JANVIER 2006

Dans l'air, dans le corps… : elle est partout, l'eau. Sous forme de pluie, de glace, sortant tout droit du robinet ou évaporée, elle n'a pas fini d'intriguer les plus petits (3-6 ans) à qui est consacrée cette exposition, très interactive. De nombreuses expériences à réaliser leur sont proposées, relayées par des mini-films qui sondent l'eau dans tous ses états.

Forum des sciences | Tél. : 03 20 19 36 00



Le climat : de nos ancêtres à vos enfants / Les atomes de l'Univers

COLLECTION LES MINIPOMMES | ÉDITIONS LE POMMIER | 4,50€

Nouvelle collection, les Minipommes abordent les grands thèmes scientifiques pour les curieux de 9 à 12 ans. Un mini-roman illustré met en scène les conversations studieuses de jeunes écoliers pour répondre à de nombreuses questions : Pourquoi neige-t-il rarement à Paris ? Pourquoi fait-il plus chaud vers l'équateur ? De quoi est composé un atome, d'où vient-il ? Et pour faire le point, le livre propose, selon le thème, des expériences à réaliser soi-même.

La contrepèterie

JOËL MARTIN | ÉDITIONS QUE SAIS-JE ? | 8€

Tout commence avec la femme *« folle de la messe »* de Rabelais… mais à bien y regarder, on en trouve partout, même dans la Bible ! L'auteur, physicien au CEA, nous initie à la science de la contrepèterie. Mécanismes complexes, exemples inédits pour une invitation à l'art de décaler les sons… et les propos.

AGENDA

Débat public sur la gestion des déchets radioactifs. Du 12/09/05 au 13/01/06

Novembre

>9 novembre
Joinville | Accompagnement économique local des expérimentations. Salle des fêtes.

>15 novembre
Caen | Information et partage des connaissances. Université de Caen.

>18 novembre
Nancy | Juste équilibre entre générations, entre territoires. École des Mines.

>18 novembre
Aix-en-Provence | Solutions de gestion. Quels choix ? Quel calendrier ? Institut d'Études politiques.

Renseignements : www.debatpublic-dechets-radioactifs.org

Abonnement *Les Défis du CEA*, **abonnement gratuit**

Nom	Prénom
Adresse	
Ville	Code postal
Pays	Profession

N'oubliez pas de remplir toutes les rubriques indiquées ci-dessus. **Renvoyez ce bulletin à :**
***Les Défis du CEA* – Direction de la communication – Abonnement, 31-33, rue de la Fédération, 75752 Paris Cedex 15**
En cas de changement d'adresse, faxez les anciennes et les nouvelles coordonnées au 01 40 56 20 01
Si vous êtes salarié du CEA, communiquez-les à votre bureau du personnel.

QUE VOUS SUGGÈRE CETTE IMAGE ?

a_ **Déchets vitrifiés.**

b_ **Surface d'un supraconducteur.**

c_ **Silicium fondu.**

Il s'agit de la surface d'un supraconducteur. En l'occurrence, du niobium pur, métal qui présente le plus facilement cette propriété dès qu'on abaisse sa température. Celui-ci est destiné aux cavités hyperfréquences des accélérateurs de particules. Il est très coûteux, mais pour obtenir les champs électriques les plus courants, une épaisseur d'une fraction de micromètre suffit. Cependant, son dépôt sur du cuivre est délicat et l'état de la surface n'est pas aussi bon que pour du niobium massif, choisi pour les accélérateurs les plus puissants.

© CEA