

les défis du cea

Le magazine de la recherche et de ses applications

168
MARS 2012



energie atomique • energies alternatives

SOMMAIRE // INVESTISSEMENTS D'AVENIR [P. 4] SÛRETÉ [P. 4] IMMUNOLOGIE [P. 12] MATÉRIAUX [P. 13] IMAGERIE MÉDICALE [P. 14] ROBOTIQUE [P. 14] MÉDECINE [P. 15] MAISON À ÉNERGIE POSITIVE [PP. 16-17] EXERCICE NATIONAL DE CRISE AU CEA/CADARACHE : 3 QUESTIONS À GUY BRUNEL [P. 18]



➔ **EFFICACITÉ ÉNERGÉTIQUE**

POSITIVER LE BÂTIMENT DE DEMAIN

Sommaire

N° 168

04 Retour sur l'actualité

INVESTISSEMENTS D'AVENIR // Le CEA s'aligne sur les initiatives [4]
SÛRETÉ // Une zone suivie de près [4] **PLATEFORME D'INNOVATION**
// Et la lumière sera [4] **REVUE DE PRESSE** [5]



06 À la une

EFFICACITÉ ÉNERGÉTIQUE // POSITIVER LE BÂTIMENT DE DEMAIN

11 À la pointe

IMMUNOLOGIE // Des vaccins dans la bonne direction [12] **MATÉRIAUX** // Cassures, une théorie qui se fissure [13] **IMAGERIE MÉDICALE** // Un aimant géant pour l'étude du corps entier [14] **ROBOTIQUE** // Hercule robot [14] **MÉDECINE** // Voir et revoir [15]

16 Tout s'explique

Maison à énergie positive.

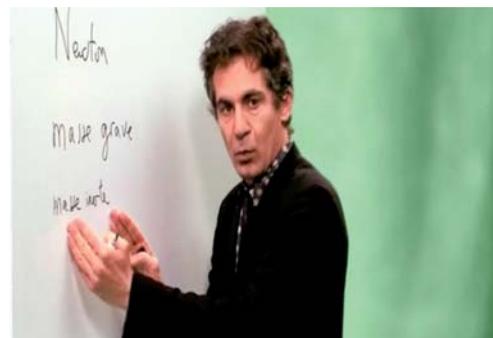
18 Ils en parlent

GUY BRUNEL, responsable de l'Unité de communication du centre CEA/Cadarache, revient sur l'exercice national de crise organisé en janvier dernier.

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/jeunes/mediatheque Conférences en ligne



Quelle différence entre la masse et le poids ?
L'homme est-il en voie de disparition ? Le temps existe-t-il ? La physique a-t-elle besoin du temps ? Retrouvez en ligne une vingtaine de conférences données par les spécialistes et experts du CEA sur de nombreux autres thèmes comme la maladie d'Alzheimer, les recherches en climatologie, les stratégies vaccinales innovantes ou encore l'imagerie médicale.

www.cea.fr/jeunes/mediatheque Le choc des images



Une nouvelle photothèque est mise en ligne.
Présentant les meilleures images des recherches menées au CEA, des plus explicites au plus emblématiques, elle s'organise en neuf collections. Parmi ces dernières, l'une est consacrée à l'Institut national de l'énergie solaire et propose des photos de l'instrumentation de pointe qui permet de tester les futurs dispositifs.

Erratum

Une erreur s'est glissée en page 11 du numéro 167 dans l'article sur la datation des stalagmites du plancher de la grotte de Lascaux par des chercheurs du LSCE. Il s'agissait bien d'une datation au carbone 14, technique très répandue, et non au carbone 13 comme il fut écrit.



Maisons tests sur le site de l'Ines.

L'Institut national de l'énergie solaire

L'Ines est le premier centre français et l'un des premiers européens dédiés aux recherches sur l'énergie solaire. Issu en 2006 d'un partenariat entre le CEA, le CNRS, le CSTB et l'université de Savoie, sa mission est de regrouper sur un même site (celui de Savoie Technolac, au Bourget-du-Lac) la majorité des acteurs français de la recherche en la matière. Il favorise également l'essor de cette filière grâce à son centre d'excellence d'une taille critique à l'échelle internationale. Ses thématiques de recherche concernent l'énergie solaire photovoltaïque (maîtrise de l'ensemble de la filière, du matériau jusqu'aux systèmes), le solaire thermique (avec notamment le développement de systèmes combinés et de la climatisation solaire) et leur intégration dans le bâtiment. À ce titre, la gestion active de l'ensemble des sources thermiques et électriques est un axe fort des recherches pour aboutir à des technologies dites « à énergie positive » produisant, à terme, plus d'énergie qu'elles n'en consomment.

VOIR PAGES 6 À 10

Les laboratoires



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-Liten
Le Laboratoire d'innovation pour les technologies des énergies nouvelles et les nanomatériaux travaille notamment sur les sources d'énergie solaire ou hydrogène.

VOIR PP. 6 À 10, 16 & 17



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

VOIR PAGE 14



CEA-Iméti
L'Institut des maladies émergentes et des thérapies innovantes étudie les prions, les virus et les infections atypiques, et travaille sur de nouvelles pistes thérapeutiques.

VOIR PAGE 12

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 Stéphane Delage, Patrick Philippot, Jocelyne Rajnchapel-Messali | Comité éditorial Suzana Bahri, Alexandra Bender, Thierry Bosc, Danièle Imbault, Elisabeth Lelevre-Rémy, Brigitte Raffray, Emmanuelle Volant | Iconographie Micheline Bayard | Infographie Idé | Photo de couverture Ines | Diffusion Lucia Le Clech | Conception et réalisation SPECIFIQUE - www.specifique.com | N° ISSN 1163-619X | Tous droits de reproduction réservés. | Ce magazine est imprimé sur du papier PEFC Gaixi Keramik, issu de forêts gérées durablement.



© REA/CEA

LE CEA S'ALIGNE SUR LES INITIATIVES

Aperçu du hall de Neurospin, centre de neuro-imagerie en champ intensif du CEA à Saclay.

TEXTE : Aude Ganier

INVESTISSEMENTS D'AVENIR

Le CEA est fortement impliqué dans deux des cinq projets lauréats de la seconde vague d'attribution des « Initiatives d'excellence » (Idex), dont le but est l'émergence de pôles pluridisciplinaires d'enseignement supérieur et de recherche de rang mondial. Le projet « Université Paris-Saclay » vise la création d'ici à 2014 d'un pôle comprenant deux universités, dix grandes

écoles, un pôle de compétitivité et sept organismes de recherche, dont le CEA (centre de Saclay), qui jouera un rôle de premier plan. Le projet « A*Midex » réunit quant à lui la nouvelle université d'Aix-Marseille, trois grandes écoles, cinq organismes de recherche, dont le CEA (centre de Cadarache), qui sera particulièrement mobilisé sur la thématique de l'énergie.

Surveillance sismique grâce à des tests de scan en 3D dans les galeries du laboratoire de Bure.

UNE ZONE SUIVIE DE PRÈS

TEXTE : Claire Abou

SÛRETÉ



© Andra

L'Andra renouvelle pour une durée de cinq ans le contrat du CEA concernant le suivi de la sismicité autour du laboratoire souterrain de Bure (Haute-Marne). Cette sismicité locale doit être caractérisée à très bas niveau, dans un contexte sismotectonique peu actif, et en présence de nombreuses sources artificielles, comme celles liées à l'exploitation de carrières. Le réseau métropolitain de surveillance sismique du CEA, complété de quatre stations financées par l'Andra lors du contrat précédent, bénéficiera d'une station supplémentaire pour améliorer encore les capacités de détection, localisation et discrimination séisme/événement artificiel à très bas niveau.

ET LA LUMIÈRE SERA

TEXTE : A. G.

PLATEFORME D'INNOVATION

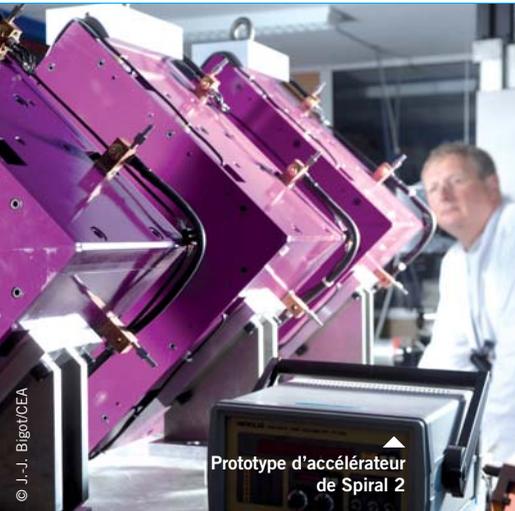
La future grande Cité de la lumière de Lyon pourra compter sur Piséo, plateforme d'innovation pour la filière industrielle de l'éclairage. Initiée par le CEA-Leti et le Cluster Lumière, cette plateforme récemment opérationnelle va proposer des prestations à haute valeur ajoutée, ainsi que la mise à disposition de moyens techniques, matériels et humains. Piséo, soutenue par l'État, les collectivités locales et une trentaine d'investisseurs, a été labellisée par le pôle de compétitivité Minalogic.

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

> 28 janvier 2012
Paris Match

1500 000 000 000

L'hebdomadaire présente un dossier, tout en images, consacré aux grandes avancées scientifiques. Parmi elles, celles rendues possibles par la simulation numérique haute performance, dont l'un des outils emblématiques est le supercalculateur Tera 100 du CEA. Conçu avec Bull et installé sur le centre CEA de Bruyères-le-Châtel, il est capable de réaliser 1,5 million de milliards d'opérations à la seconde (1,5 pétaflops).



> 2 février 2012
L'Humanité

EXOTISME NUCLÉAIRE

Le quotidien revient sur la construction à Caen de Spiral 2, un accélérateur linéaire de particules CEA/CNRS de dernière génération qui devrait démarrer en 2013. Il permettra de produire des milliards de noyaux, parmi lesquels des exotiques inédits. En tout, 2000 à 2500 de ces noyaux, ainsi nommés parce qu'ils n'existent pas naturellement sur Terre, ont été observés dans l'Univers ou en laboratoire. Avec Spiral 2, leur collection pourrait s'enrichir de 2000 à 3000 nouveaux spécimens.

> 31 janvier 2012
Les Échos

LA VOIE DU BOUQUET

En plein débat sur l'énergie, l'Administrateur général du CEA, Bernard Bigot, livre sa vision du secteur au quotidien économique. Pour lui, « *Le vrai sujet est d'essayer de desserrer l'étreinte des combustibles fossiles, en commençant par les substituer avec les technologies renouvelables, tout en tirant parti du nucléaire susceptible de dégager des marges financières pour assurer son renouvellement pour la part qui lui sera nécessaire.* »

> 2 février 2012
L'Usine nouvelle

DOPAGE AU SILICIUM

Créée en 2010 sur la base d'un brevet du CEA, la *start-up* Nanomakers met en service son unité de production industrielle de nanopoudres de carbure de silicium, d'une capacité de 10 tonnes par an. Leur effet dopant sur les propriétés mécaniques, thermiques, chimiques des matériaux dans lesquels elles sont intégrées intéresse de nombreux secteurs industriels. Le chiffre d'affaires de Nanomakers pourrait ainsi atteindre 2 à 3 millions d'euros dès 2012, selon l'hebdomadaire.

> 8 février 2012
Le Parisien

UN CŒUR EN 3D

Le CEA peut désormais visualiser en 3D la simulation du fonctionnement d'Astrid, réacteur de 4^e génération actuellement en développement, sur un écran géant de 15 m². Les images de très haute définition, avec près de 7 millions de pixels, représentent les écoulements de fluide et de température dans le cœur du réacteur selon différentes situations. Elles sont issues de calculs très complexes, qui ont requis toute la puissance du supercalculateur Tera 100 du CEA, précise le quotidien.



Modélisation du comportement nominal d'un réacteur à neutrons rapides de 4^e génération. ▶

© P. Stroppa/CEA



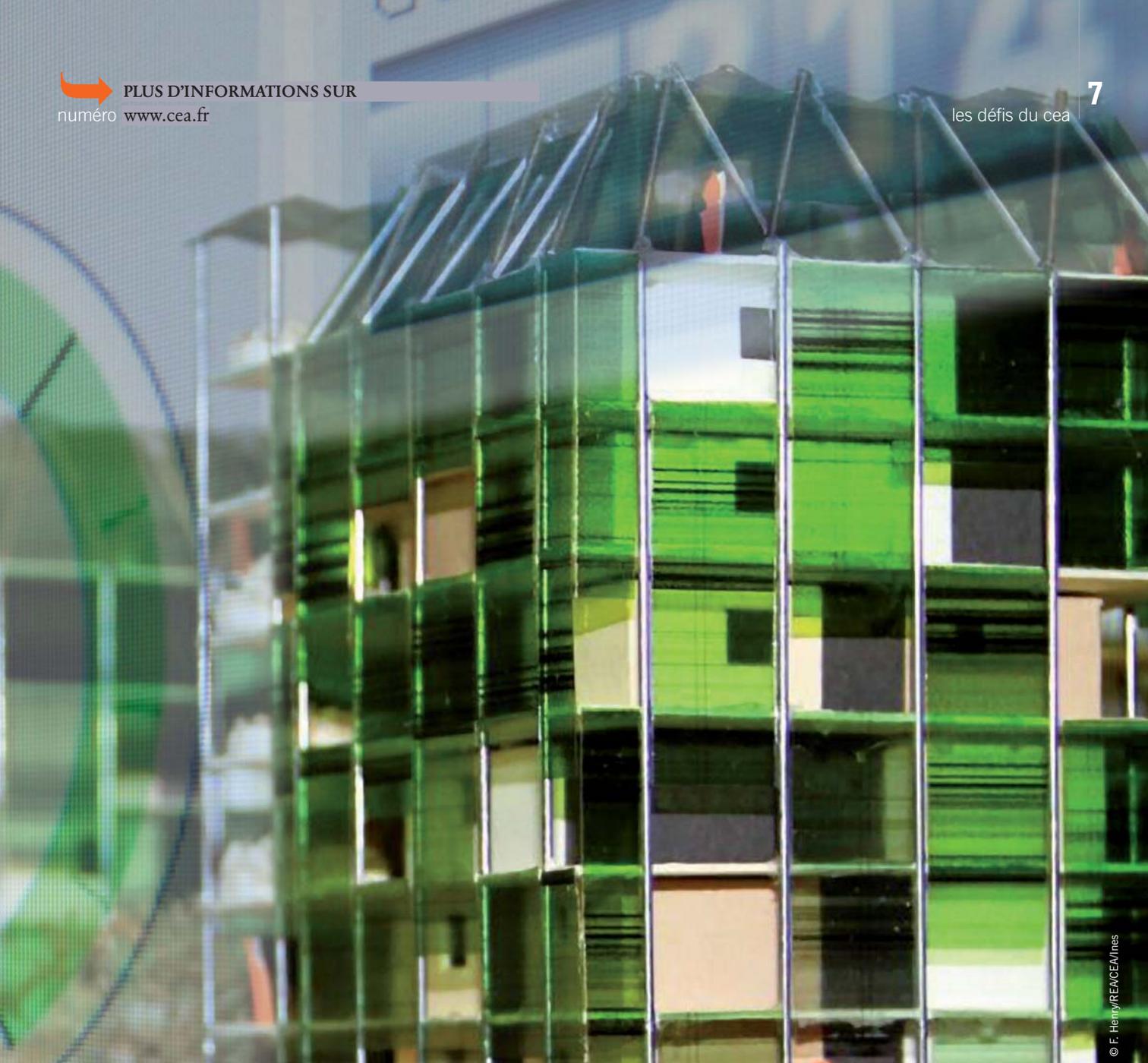
Logiciel de suivi en temps réel de la qualité de l'air, de la production et de la consommation d'énergie, et du comportement des matériaux des trois maisons tests de l'Ines; maquette du projet Canopea de bâtiments inspirés du tatou, mammifère doté d'une carapace.

TEXTE : Stéphanie Delage

POSITIVER LE BÂTIMENT DE DEMAIN

EFFICACITÉ ÉNERGÉTIQUE

Les bâtiments à énergie positive, mythe ou réalité? À Chambéry, le CEA-Liten expérimente les matériaux, les dispositifs intelligents et l'intégration des énergies renouvelables pour rendre l'habitat moins énergivore et pour le libérer du recours aux énergies fossiles et/ou électriques. Présentation de tests grandeur nature.



© F. Henry/REA/CEA/Ines

Les nouveaux bâtiments devraient bientôt produire en moyenne au moins autant d'énergie qu'ils en consomment. Cet objectif d'habitat passif – ou à énergie positive –, fixé pour 2020 par le Grenelle 2 de l'environnement, semblait être, il y a peu, une douce utopie. Car le bâtiment est un gouffre : en France, il dévore 43 % de l'énergie produite et représente un quart des émissions de gaz à effet de serre. Actuellement, la consommation annuelle d'un édifice atteint en moyenne 250 kWh/(m².an). Selon la réglementation, ce chiffre ne devrait pas dépasser 50 kWh/(m².an) dès 2012 et... devenir nul à l'horizon 2020. Les économies d'énergie devront se concrétiser pour aboutir à un plancher de consommation de 45 kWh/(m².an), incompressible afin de préserver un confort satisfaisant. Restera alors à mettre en place un système local pour produire ces 45 kWh/(m².an). Dans le cadre de son programme pour les Nouvelles technologies de l'énergie

Le bâtiment est un gouffre. Il dévore 43 % de l'énergie produite en France.

(NTE), le CEA-Liten développe des outils pour optimiser la conception et l'exploitation de ces futurs bâtiments grâce à des systèmes de gestion.

Les matériaux isolent, le soleil fait le reste

Le CEA-Liten s'est ainsi doté de plusieurs plateformes de tests sur les 20000 m² du site de l'Ines¹. Trois maisons expérimentales, de 100 m² chacune, simulent l'habitat de demain pour une famille de 4 personnes. La première est construite avec une double paroi en béton dotée d'une isolation interne en laine de roche, la deuxième est en béton banché (coulé sur place entre des coffrages) avec une isolation par l'extérieur, et la troi- >>>

note : 1. Institut national de l'énergie solaire créé en 2006 par le CEA, le CNRS, le CSTB et l'université de Savoie.



© G. Rolles/REA/CEA

▲ Maison à énergie positive de l'Ines équipée de panneaux photovoltaïques et d'un système de gestion de l'énergie locale.

>>> sième, un préfabriqué industriel, dispose d'une ossature en bois. Une quatrième maison, avec un enduit extérieur isolant de type aérogel, viendra s'ajouter fin 2012. Toutes ces solutions sont testées en collaboration avec des partenaires industriels. « Les **panneaux photovoltaïques** installés sur le toit peuvent produire 3 000 kWh par an et par maison, soit l'équivalent de la consommation électrique hors chauffage et eau chaude, explique Olivier Fléchon, responsable du laboratoire d'énergie du

Panneau photovoltaïque // Panneau composé de cellules de silicium, qui, en captant la lumière du soleil, crée un courant électrique continu.

bâtiment au Liten. En outre, des panneaux solaires thermiques recouvrent le garde-corps des balcons pour alimenter un **chauffe-eau solaire**. Ainsi, 5 m² de surface suffisent à assurer de 50 à 80 % des besoins. » Et pour le chauffage ? « L'isolation des trois maisons est suffisante pour se passer de chauffage, précise l'ingénieur. La difficulté consiste plutôt à limiter les augmentations de température durant les phases chaudes de l'année. » Les baies vitrées de chaque pavillon sont orientées plein sud pour récupérer un maximum d'ensoleillement l'hiver, lorsque le soleil est bas. En été, alors que le soleil est plus haut, les balcons génèrent de l'ombre pour empêcher un rayonnement direct. Dans ces maisons inhabitées, la vie de la famille est simulée avec, entre autres, l'ouverture régulière des volets roulants ou la consommation d'eau chaude. Les performances énergétiques et de confort de chacune des habitations sont analysées grâce à 200 capteurs, instruments de **domotique**, qui mesurent chaque minute la température, l'humidité, la vitesse de l'air, etc.

Travailler sur l'inertie pour la rénovation

Qu'en est-il des vieux bâtiments ? Sont-ils voués à rester des paniers percés d'un point de vue énergétique ? « En France, le parc immobilier ne se renouvelle qu'au rythme

Chauffe-eau solaire // Dispositif qui emmagasine l'énergie sous forme de chaleur : dans les tubes de ses capteurs circule un liquide caloporteur qui absorbe la chaleur et l'envoie vers un ballon de stockage.
Domotique // Technologies de l'électronique, de l'information et des télécommunications utilisées dans les bâtiments pour automatiser et optimiser la gestion de la consommation (chauffage, ventilation, éclairage, ouverture/fermeture des volets).

PROGRAMME

UNE MAISON INTELLIGENTE

Plus de confort avec moins d'énergie : voici le dilemme de l'efficacité énergétique. Des solutions existent. Elles consistent à introduire de l'intelligence dans les bâtiments pour améliorer leur gestion de la consommation et de la production d'énergie, évaluer leurs performances énergétiques, voire anticiper les conditions météorologiques.

À ce titre, le CEA-Leti travaille, au sein du programme Homes, au développement de capteurs d'envi-

ronnement, autonomes en énergie, qui mesurent en continu différents paramètres tels la température, le taux d'humidité, la concentration de l'atmosphère en CO₂, etc. Ces données permettent au bâtiment d'adapter ses consommations en énergie. Parallèlement, des ingénieurs du CEA-List s'intéressent à l'aspect logiciel du traitement de ces données. Dans le projet Climb, ils visent l'optimisation énergétique des phases de conception ou de rénovation de maisons. Ils dévelop-



© G. Rolles/REA/CEA

pent également, dans le cadre d'un partenariat avec Schneider Electric, des solutions algorithmiques complètes pour l'analyse statistique de données pour un pilotage centralisé de plusieurs bâtiments en même temps.

▲ Capteurs installés dans les maisons tests pour mesurer les fuites d'air vers l'extérieur.



◀ Cellule de caractérisation des composants et des systèmes de chauffage, ventilation et climatisation (tests réalisés en milieu extérieur et dans des conditions maîtrisées).

de 1 % par an, souligne Olivier Fléchon. Il est donc nécessaire de travailler sur des techniques de rénovation du parc existant, qui représente le plus fort gisement d'économies d'énergie. » Les vieilles habitations pourront changer de peau grâce au cumul des fonctions isolation (murs et fenêtres), ravalement des façades, gestion des apports solaires *via* les volets roulants, amélioration de l'acoustique, voire ventilation. L'Ines dispose des cellules de tests sur lesquelles il est possible de reproduire des façades typiques des années 1960 et de leur apposer différentes solutions de rénovation. Des travaux sont menés avec des industriels afin de concevoir des solutions préfabriquées par l'extérieur, qui permettent de ne pas déloger les habitants pendant les travaux. On peut également tester des solutions sur les matériaux utilisés à l'intérieur des logements, comme par exemple les **matériaux à changement de phase** avec des billes de paraffine qui amortissent les effets thermiques, ou des matériaux photocatalytiques qui détruisent les polluants atmosphériques. Durant la campagne de tests qui débute, « les consommations d'énergie, la température intérieure, le degré d'**hygrométrie** et les niveaux d'éclairage naturel seront mesurés en temps réel », explique Olivier Fléchon.

Matériau à changement de phase // Matériau qui change d'état physique (solide/liquide) à une certaine température. Si sa température de fusion est de 20 °C, il accumule la chaleur des rayons du soleil lorsque celle-ci excède les 20 °C ; il la restitue lorsque la température baisse.

Hygrométrie // Caractérisation et mesure de l'humidité de l'air, à savoir la quantité d'eau sous forme gazeuse présente dans l'air humide.

« L'isolation des trois maisons tests est suffisante pour se passer de chauffage. La difficulté consiste plutôt à limiter leur surchauffe en été. »

Olivier Fléchon, chef de laboratoire au CEA-Liten

De la chaleur emmagasinée dans du sel

Toutes ces expérimentations, à grande échelle, sont enrichies par des tests de systèmes thermiques pour l'habitat en environnement semi-virtuel, simulant des séquences de plusieurs jours sous un climat donné. Production et consommation de chaleur des systèmes solaires combinés sont analysées, que ce soit pour la consommation d'eau chaude, le chauffage ou la climatisation, ainsi que la performance du régulateur électronique qui pilote les pompes et vannes. Rappelons qu'utiliser la chaleur du soleil comme source de refroidissement n'est pas une idée nouvelle. « Une installation de climatisation solaire a été présentée à l'exposition universelle de 1878 !, raconte David Chèze, chercheur au CEA-Liten en charge du développement des systèmes thermiques à l'Ines. Elle utilisait un miroir parabolique pour concentrer les rayons du soleil, atteindre de hautes températures et activer une machine à absorption afin de produire de la glace. » Depuis, de nouveaux procédés ont émergé. En outre, les chercheurs insistent particulièrement sur le stockage de la chaleur. « Nous en expérimentons trois types, raconte David Chèze. Le premier consiste à stocker la chaleur

>>> *dans l'eau, comme les ballons d'eau chaude classiques. Ce système est très souple, mais efficace seulement sur quelques heures. La chaleur peut aussi être emmagasinée à l'échelle de la journée dans des matériaux à changement de phase. Enfin, nous testons une solution thermochimique pour un stockage saisonnier. » Ce dernier tire parti de la vertu de certains sels : la chaleur est stockée l'été grâce à la déshydratation de sels d'alun, composés de sulfate de potassium et d'aluminium ; le principe est inversé l'hiver par l'humidification de ces sels. La réaction exothermique pourrait servir à chauffer tout un bâtiment. Le stockage de la chaleur est efficace de trois à neuf mois, et peut accumuler 240 kWh/m³. « Aujourd'hui, les laboratoires de recherche français sont les pionniers dans ce domaine. Nous avons un savoir-faire important », souligne le chercheur. Toutefois, si cette solution existe, il restera à mettre au point un système fiable, compact et à coût réduit.*

De l'habitat... à la voiture

L'habitat passif ou à énergie positive semble donc en bonne voie. Toutefois, il serait dommage de s'arrêter là. En effet, le secteur des transports engloutit 31 % de la consommation énergétique en France. L'habitat ne doit donc pas être pensé tout seul. Ainsi, les ingénieurs imaginent comment intégrer la recharge de la batterie des véhicules électriques au système de production et de consommation d'énergie d'un bâtiment, voire d'un quartier. « Nous disposons d'une ombrière photovoltaïque

Les transports sont énergivores. L'habitat ne doit donc pas être pensé tout seul.

de 150 m² et de dix Toyota Prius hybrides plug-in (rechargeables), explique Franck Baruel, chef de projet des systèmes photovoltaïques à l'Ines. *Nos expériences ont montré que la surface d'une seule place de parking en panneaux solaires permet de fournir, en moyenne sur l'année à Chambéry, suffisamment d'électricité pour parcourir 25 km par jour avec un véhicule électrique ou hybride plug-in. » Si cette distance paraît faible, les statistiques montrent que la moitié de la population française effectue moins de 16 km par jour entre le domicile et le travail. Comme le pic d'ensoleillement se situe au beau milieu de la journée, la recharge devra s'effectuer principalement sur le lieu de travail. « La station solaire est pilotée par un système de gestion intelligent de l'énergie, qui intègre les données météorologiques ainsi que les contraintes de l'utilisateur (qui souhaite par exemple partir à une heure précise), explique l'ingénieur. Ce système gère la bascule de la recharge entre le réseau électrique et les panneaux photovoltaïques. » Et d'ajouter que la voiture de demain pourra même devenir une sorte de « vecteur d'énergie », sans fil via sa batterie. Mais restera à lever certains verrous technologiques, comme le vieillissement prématuré des batteries.*

CONCOURS

VILLES SUR CANOPÉE

L'Ines a mutualisé dans la région Rhône-Alpes le talent d'étudiants en architecture et en ingénierie pour participer au Solar Decathlon, un concours européen d'éco-construction. La *team* Rhône-Alpes a été classée 4^e en 2010 avec un bâtiment inspiré du tatou, un mammifère d'origine tropicale doté d'une carapace : « Une boîte dans la boîte, où la surface est déconnectée de l'intérieur et constitue un bouclier thermique », explique Olivier Flé-

chon. Aujourd'hui, la *team* planche sur le défi 2012. Son projet, baptisé Canopea, s'inscrit dans le développement de la presque île grenobloise. La canopée, étage supérieur de la forêt, capte 95 % de l'énergie solaire et 30 % des précipitations. Les tours de 10 étages de Canopea interagiront avec l'environnement et seront connectées à un réseau électrique intelligent (*smart-grids*) et un réseau urbain de chaleur. Résultats à Madrid, en septembre 2012.



À la pointe

Ce mois-ci, *Les Défis du CEA* se penchent essentiellement sur la recherche médicale. En effet, allergologie, immunologie, imagerie, ophtalmologie..., les avancées sont fulgurantes et les promesses nombreuses en matière de technologies pour la santé.



ALLERGIES ET CHANGEMENT CLIMATIQUE

Quel est l'impact des changements climatiques et environnementaux sur les allergies au pollen en Europe dont souffrent 20 % des enfants? C'est à cette question que le CEA, le CNRS et l'Ineris s'intéressent au sein du projet Atopica. Les résultats de l'étude, qui se déroule sur trois ans, permettront de proposer des recommandations et des actions préventives.

© Gettyimages



© Arts-Sciences

Pleins feux sur scène

À quoi bon disposer d'un projecteur de scène à 40 LEDs si l'on ne peut programmer que 5 couleurs? La solution à ce problème, les lauréats du prix 2010 de l'Atelier Arts-Sciences¹ l'ont trouvée auprès du CEA-Leti, qui a analysé le spectre et le flux de chaque LED. Les ingénieurs ont ensuite calculé les dosages nécessaires pour balayer tout l'espace des couleurs, et livré un logiciel pour piloter le projecteur en pointant sur la console la couleur voulue à l'aide d'un stylet.

note: 1. Structure commune au CEA et au théâtre de l'Hexagone de Grenoble.

Surveillance béton

Suivre le vieillissement des ouvrages d'art avec des accéléromètres et des micros noyés dans les matériaux de construction : c'est le sujet d'une thèse conduite au CEA-Leti qui, à peine terminée, intéresse un industriel du BTP. Moins vulnérables et encombrants que les capteurs en surface, ces microdispositifs enfouis dans l'ouvrage surveillent en continu son état de santé.

DES VACCINS DANS LA BONNE DIRECTION

TEXTE : Jocelyne Rajnchapel-Messaï

IMMUNOLOGIE

Concevoir des vaccins qui orienteraient précisément la réponse de l'organisme à une maladie virale ou bactérienne, avec plus d'efficacité et moins d'effets secondaires : un objectif que sont sur le point d'atteindre des chercheurs du CEA-Iméti et de l'Inserm, en collaboration avec des chercheurs anglais et américains. Dans leur ligne de mire, la lutte contre les virus de la grippe, du sida ou de l'hépatite C. La vaccination consiste à administrer une fraction d'agent pathogène (virus, bactérie, parasite), dont la capacité à provoquer une maladie est éliminée mais qui peut activer le système immunitaire. L'organisme produit alors des lymphocytes T capables de reconnaître, éliminer et même garder la mémoire de l'agent pathogène lors de contacts ultérieurs.

« Or la chaîne des mécanismes entraînés par la vaccination, dont la réponse immunitaire, n'est pas bien comprise. Certains vaccins ne sont pas totalement efficaces, comme celui contre la tuberculose qui, faute de précision, ne parvient pas à tuer totalement la bactérie et provoque des effets secondaires (inflammations, fièvres) », explique Roger Le Grand, chef du service d'immunovirologie de l'Iméti. Avec son équipe, il s'est intéressé aux cellules dendritiques (CD) qui interviennent en amont. Présentes dans tout l'organisme, elles reconnaissent et captent les agents étrangers *via* leurs récepteurs membranaires, ce qui déclenche l'activation des lymphocytes T. Les chercheurs ont donc, *in vitro*,

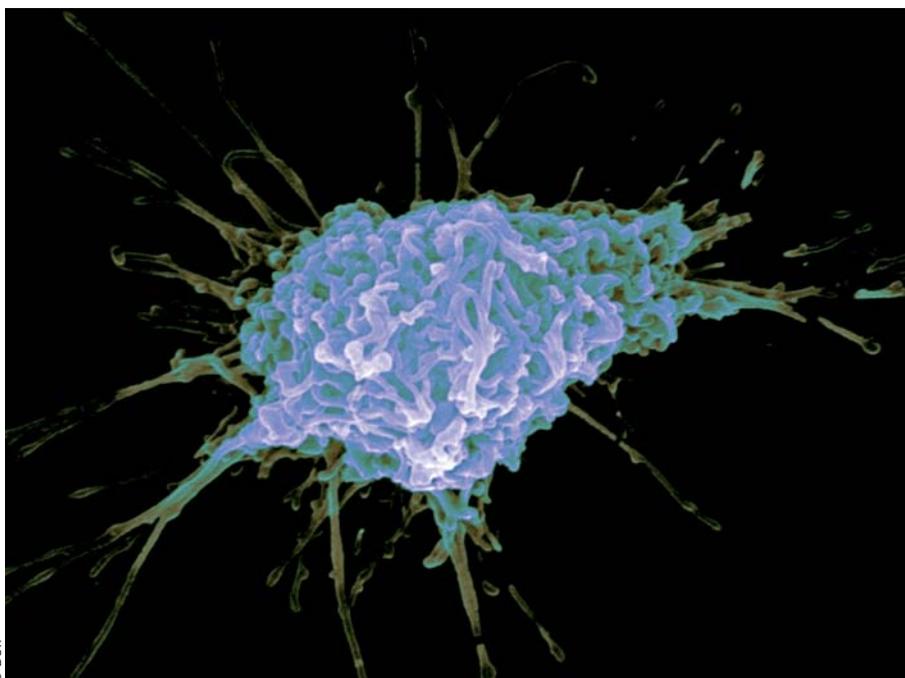
confronté des CD à une molécule portant un **antigène** et un **anticorps**. Ils ont constaté que, selon le récepteur des CD ciblé par l'anticorps, celles-ci déclenchent différents lymphocytes T : des producteurs d'interféron (IFN) éliminant les corps étrangers, des producteurs d'interleukine-10 qui les acceptent, atténuant les réactions de rejet lors des greffes. Cette précision du système immu-

« Certains vaccins ne sont pas totalement efficaces, faute de précision, et provoquent des effets secondaires, comme des inflammations ou des fièvres. »

nitaire a été confirmée lors d'essais chez des primates qui, dépendant du couple antigène-anticorps administré et donc du récepteur ciblé, ont produit différents lymphocytes T. À la clé de ces recherches, la production de lymphocytes T-IFN très efficaces contre les virus de la grippe, du sida ou de l'hépatite C.

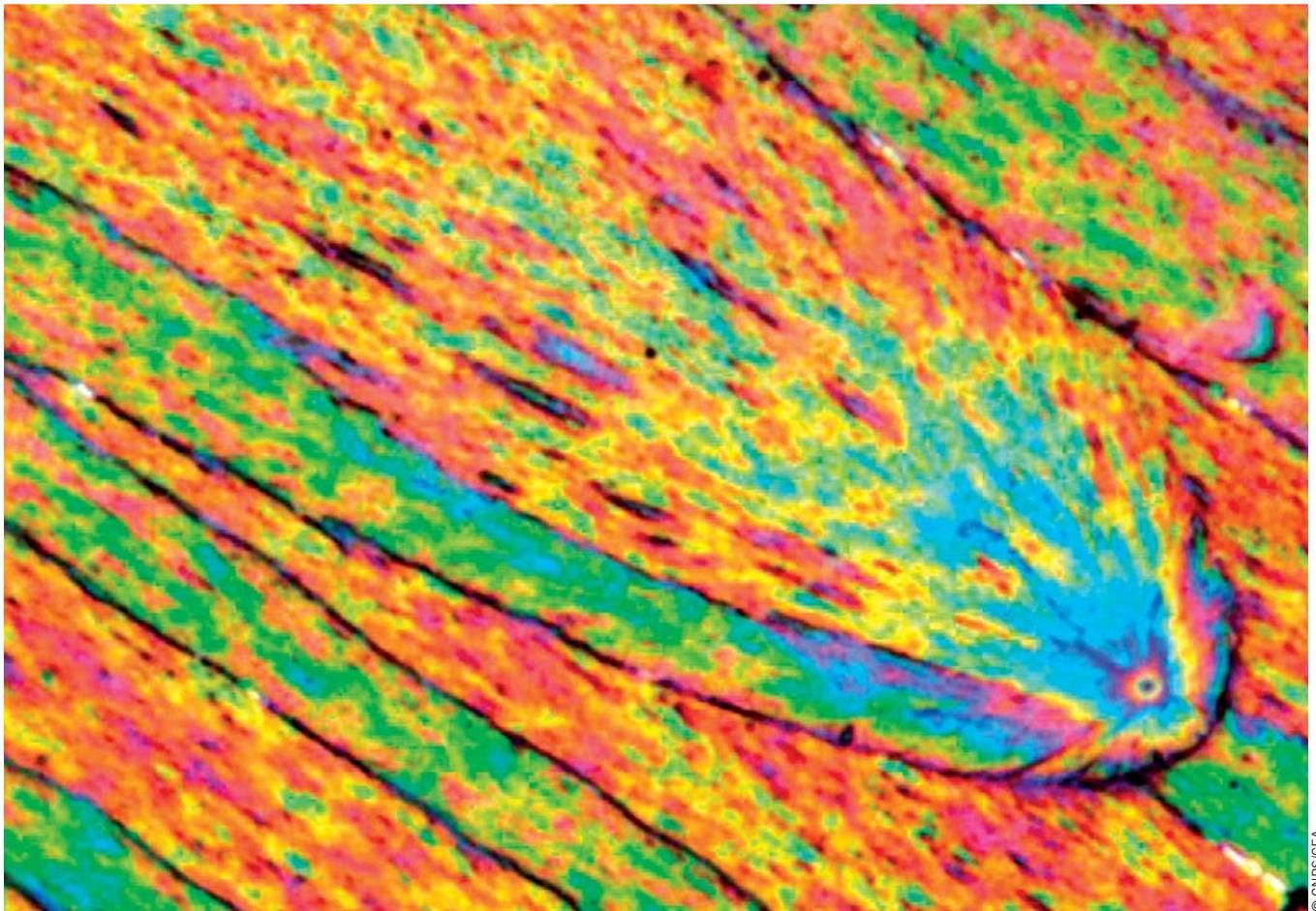
Antigène // Corps étranger introduit dans l'organisme, en l'état une fraction d'agent pathogène d'un vaccin.

Anticorps // Molécule produite naturellement par l'organisme pour se diriger contre un antigène afin de l'emmener vers les récepteurs de cellules immunitaires. Ici, les anticorps sont produits artificiellement pour emmener l'antigène sur le récepteur d'une cellule dendritique.



© BSIIP

◀ Vue MEB des ramifications des cellules dendritiques qui capturent les antigènes pour les présenter aux lymphocytes T.



© CNRS/CEA

CASSURES, UNE THÉORIE QUI SE FISSURE

▲ Vue au microscope d'une marque laissée par une microfissure sur une surface d'un échantillon de Plexiglas.

TEXTE: Patrick Philipon

MATÉRIAUX

Depuis des décennies, les ingénieurs utilisent une théorie expliquant la cassure des matériaux fragiles et peuvent prédire parfaitement à quel moment le matériau va céder. « *Cependant, explique le physicien Daniel Bonamy du CEA/Saclay, cette théorie prédit aussi que la fissure se propage d'autant plus vite que la force appliquée est intense, jusqu'à atteindre la vitesse des ondes sonores à la surface du matériau. Or, si l'on observe bien en laboratoire une accélération des fissures avec la force, la vitesse n'atteint jamais cette valeur...* » La théorie se tromperait-elle ?

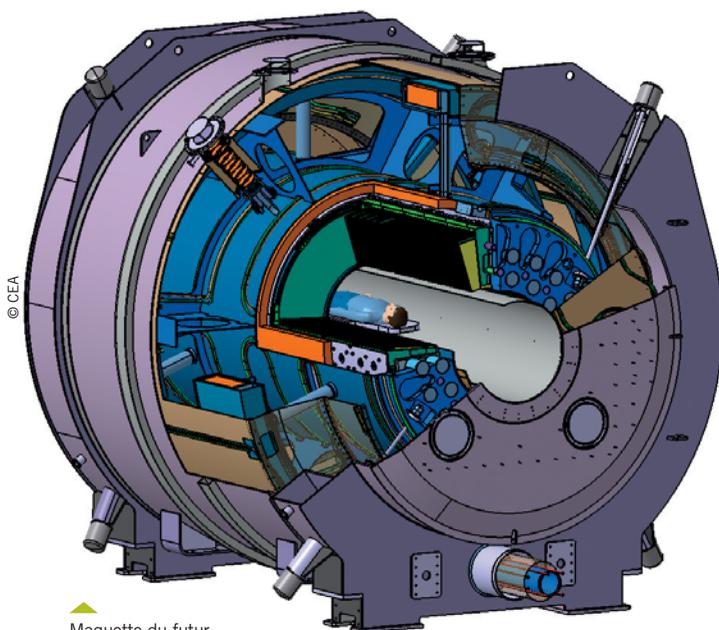
L'équipe de Saclay, associée à deux unités mixtes du CNRS, a décidé d'en savoir plus. Les chercheurs ont d'abord constaté, en cassant des éprouvettes de Plexiglas, qu'au-delà d'une certaine force, de nombreuses microfissures prenaient naissance en avant du front de la fissure principale. Mais il est impossible d'observer à l'échelle du micromètre des phénomènes se propageant à plusieurs

centaines de mètres par seconde. En revanche, la naissance et la propagation des microfissures – avant qu'elles ne soient rejointes par la cassure principale – laissent des traces caractéristiques sur les surfaces de rupture. En interprétant ces traces *a posteriori*, les chercheurs ont pu reconstruire ce qui se passait à une échelle très fine et ont invalidé la théorie. En effet, les fissures (principales ou secondaires) se propagent à une vitesse fixe, indépendante de la force appliquée et quatre fois inférieure au maximum théorique. Si la vitesse macroscopique apparente (vitesse d'ensemble des microfissures et non individuelle) est plus importante, c'est dû à un effet d'accélération géométrique induit lorsqu'une microfissure coalesce avec la fissure principale. Quand la force appliquée augmente, le nombre de microfissures croît tout comme la vitesse apparente de cassure. « *Ce mécanisme a été démontré pour le Plexiglas, reste à savoir si cela concerne les autres matériaux* », s'interroge le physicien.

UN AIMANT GÉANT POUR L'ÉTUDE DU CORPS ENTIER

TEXTE : J. R.-M.

IMAGERIE MÉDICALE



Maquette du futur IRM corps entier d'une puissance de 11,7 Teslas.

Une étape décisive vient d'être franchie dans le monde de l'imagerie médicale par l'IRM¹ : la conception détaillée de l'imageur de 11,7 teslas (T), qui sera installé à NeuroSpin, centre de neuro-imagerie cérébrale du CEA/Saclay, est achevée. La fabrication de sa pièce maîtresse, un aimant géant de 5 m de longueur, 5 m de diamètre et 130 tonnes, a démarré.

C'est dans le cadre du programme franco-allemand Iseult² que s'inscrit ce projet ambitieux, basé sur la construction du plus puissant aimant destiné aux études cliniques. Doté d'une ouverture de 90 cm de diamètre, permettant le passage d'un corps entier, il va générer un champ magnétique de 11,7 teslas, soit 200 000 fois celui de la Terre. Objectif : voir au dixième de millimètre près ce qui se passe au niveau de paquets de neurones.

« L'ensemble des éléments de l'imageur – aimant, système de refroidissement, antennes radiofréquence, cage de Faraday, etc. – a été qualifié avec des prototypes, explique Pierre Védrine du CEA-Irfu. La fabrication de l'aimant, lancée en partenariat avec Alstom, devrait s'achever fin 2013. Nous intégrerons alors tous les éléments de l'imageur pour livrer de premières images en 2014. »

notes : 1. Imagerie par résonance magnétique. 2. Il associe le CEA (DSV et DSM), l'université de Fribourg et les sociétés Siemens et Bruker.

HERCULE ROBOT

TEXTE : P. P.

ROBOTIQUE

« Il ne faut pas se leurrer, Hercule ne décuple pas la force de son utilisateur, il diminue simplement la fatigue », précise Yann Perrot, spécialiste au CEA-List de la robotique « commandée en effort », c'est-à-dire des robots dont les mouvements sont déterminés par ceux de l'utilisateur et non programmés à l'avance.

Hercule est le premier robot français de type **exosquelette**, développé par le CEA-List en collaboration avec la société RB3D et l'École supérieure Esme-Sudria, et soutenu par la DGA. L'appareil se présente comme deux jambes

métalliques articulées, munies de moteurs électriques à haut rendement qui se placent à l'extérieur de celles de l'utilisateur, lequel « enfile » tout simplement l'ensemble grâce à une ceinture. Sur le dos, une structure (plateforme et sac à bretelles) soutenant la charge à porter... ou plutôt à faire porter par le robot. Car c'est bien l'appareil qui supporte la charge et accompagne la marche de l'utilisateur en détectant le moindre mouvement de ses jambes. Au final, un robot beaucoup plus simple à utiliser que les prototypes américains et japonais. L'ensemble pèse 32 kg avec la batterie,

qui confère cinq heures d'autonomie. « Bien entendu, les premiers intéressés sont les militaires, mais des services comme les pompiers, ou des industries comme le BTP pourraient aussi l'utiliser », estime le chercheur, qui a déjà mis au point des bras qui se grefferont sur l'exosquelette pour pouvoir porter les charges devant soi.

Exosquelette développé par le CEA-List pour le prototype Hercule.



Exosquelette // Squelette externe des insectes jouant le rôle de soutien et de protection du corps.

VOIR ET REVOIR

TEXTE : J. R.-M.

MÉDECINE

Les maladies touchant les cellules de la vision, telles la dégénérescence maculaire liée à l'âge (DMLA) et la rétinite pigmentaire, sont très répandues. Elles entraînent des cécités partielles ou totales contre lesquelles aucun traitement n'est actuellement efficace. Toutefois, une équipe du CEA-Leti, en partenariat avec l'Institut de la vision de Paris et l'Institut des neurosciences de Marseille, investigate la piste d'une prothèse rétinienne. Enjeu : redonner la vue aux aveugles... En effet, en stimulant de manière adéquate les cellules nerveuses de la rétine, serait-il possible de générer une impression visuelle ?

La vision fonctionne comme suit : les cellules photoréceptrices convertissent la lumière perçue en signaux électriques qu'elles transfèrent aux cellules nerveuses de la rétine ; ces dernières traitent ces informations et, *via* le nerf optique, les envoient au cerveau qui les restitue sous forme d'images. « *Dès lors, quels types d'impulsions électriques, sous quelle forme, à quelle fréquence et de quelle intensité faut-il envoyer à une rétine endommagée pour avoir un effet équivalent à celui de la lumière ?* », s'interroge Régis Guillemaud du CEA-Leti. Pour y répondre, lui et ses collègues ont conçu une mem-

En stimulant de manière adéquate les cellules nerveuses de la rétine, serait-il possible de générer une impression visuelle ? Le CEA-Leti examine cette piste.

brane applicable sur la rétine, souple, biocompatible et portant 17 électrodes de platine (de 20 microns chacune), soit 17 points de stimulation. Ils ont ensuite développé un système électronique pour générer des stimulations électriques complexes multiélectrodes. En menant ces études chez le rat, avec l'enregistrement de l'activité cérébrale au niveau du cortex visuel, ils ont identifié des formes de stimulations électriques. Celles-ci généraient des activités sur cortex similaires à celles générées par des simulations lumineuses habituelles. Forts de ce résultat, ils poursuivent leurs investigations chez les primates, qui ont un appareil visuel plus développé : « *Nous voulons utiliser un plus grand nombre d'électrodes pour essayer de parvenir à 500 points de stimulation, ce qui serait un minimum pour une application chez l'homme afin de créer une impression visuelle intéressante* », conclut le chercheur.

La maison à énergie positive

Les bâtiments consomment en moyenne 250 kWh/(m².an) pour le chauffage, la climatisation, la production d'eau chaude, l'éclairage et l'alimentation électrique. À partir de 2012, cette consommation ne devra pas excéder 50 kWh/(m².an). Pour relever ce défi, les maisons devront produire plus qu'elles ne consomment, grâce à des dispositifs et réflexes clés...

1 ISOLATION

Réduction des consommations en chauffage et climatisation grâce à 20 cm d'isolant derrière les murs externes et sous le plancher, et jusqu'à 40 cm sous la toiture. Double ou triple vitrage des fenêtres (5 fois moins isolantes qu'un mur), surtout celles orientées nord.

2 INERTIE

Capacité d'une maison à amortir ou à décaler les contraintes climatiques grâce à ses matériaux. Plus une maison est légère, et plus elle surchauffe en été. Solution : des constructions en béton (bonne inertie) dans les pays du Sud, et en bois au Nord.

3 SOLAIRE PHOTOVOLTAÏQUE

Transformation des photons des rayons du soleil en électricité pour couvrir les besoins en chauffage, climatisation et éclairage, via un onduleur qui transforme le courant continu en alternatif afin qu'il puisse être utilisé dans la maison ou réinjecté sur le réseau.

4 SOLAIRE THERMIQUE

Captation de la chaleur des rayons solaires pour fournir de l'eau chaude dans toute la maison ou pour être transformée en électricité (via un fluide caloporteur qui active une turbine).

5 BATTERIES DE STOCKAGE

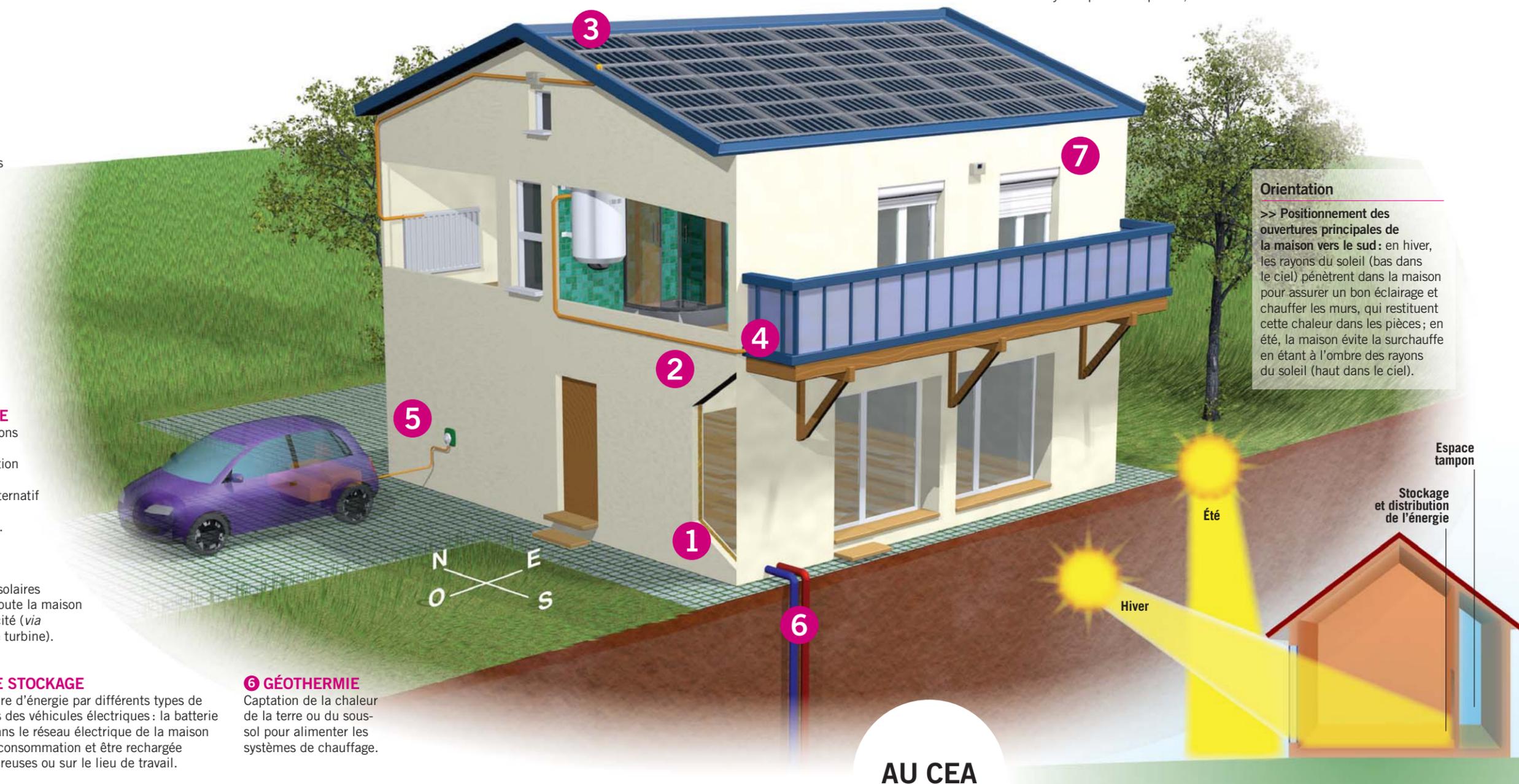
Apport supplémentaire d'énergie par différents types de batteries, dont celles des véhicules électriques : la batterie peut se décharger dans le réseau électrique de la maison pendant les pics de consommation et être rechargée pendant les heures creuses ou sur le lieu de travail.

6 GÉOTHERMIE

Captation de la chaleur de la terre ou du sous-sol pour alimenter les systèmes de chauffage.

7 GESTION INTELLIGENTE

Éléments domotiques pour optimiser la production et la consommation d'énergie : pilotage automatisé de volets roulants, activation du chauffage ou de la climatisation en fonction de données météorologiques analysées par des capteurs, etc.



Orientation

>> Positionnement des ouvertures principales de la maison vers le sud : en hiver, les rayons du soleil (bas dans le ciel) pénètrent dans la maison pour assurer un bon éclairage et chauffer les murs, qui restituent cette chaleur dans les pièces ; en été, la maison évite la surchauffe en étant à l'ombre des rayons du soleil (haut dans le ciel).

Espace tampon

Stockage et distribution de l'énergie

Été

Hiver

AU CEA

Les ingénieurs chercheurs du CEA-Liten travaillent au sein de l'Ines à l'étude de l'optimisation énergétique des bâtiments, grâce notamment à l'apport de l'énergie solaire (photovoltaïque et thermique). Grâce aux trois maisons du projet Incas, ils testent différentes approches, dispositifs et matériaux pour étudier les maisons à énergie positive.



PROPOS RECUEILLIS PAR : Aude Ganier

GESTION DE CRISE NATIONALE

3 QUESTIONS À GUY BRUNEL

À la suite d'un séisme de magnitude 5,8, quatre installations nucléaires sont endommagées... Ce scénario, élaboré pendant deux ans, est celui de l'exercice national de crise organisé en janvier au centre CEA de Cadarache. Une première en France, menée grâce à des moyens d'intervention ultrasophistiqués.

1

En quoi cet exercice de crise national est-il une première en France ?

G. B. | Les exercices de crise nationaux sont organisés tous les deux ans par la Préfecture, la Direction de la sécurité civile et l'Autorité de sûreté nucléaire (ASN). L'objectif est de préparer les acteurs d'un territoire à faire face aux conditions d'urgence. Nous y sommes donc habitués, mais nous n'avions jamais été confrontés à un exercice sismique à composante nucléaire. Une première en France et le 4^e dans le monde. Son scénario, décidé par la Préfecture il y a deux ans – bien avant l'accident de Fukushima – a été longuement élaboré par des équipes de sûreté de l'IRSN et du CEA : un séisme de magnitude 5,8 (supérieur à celui de Manosque (5,6) en 1708) endommage 4 installations nucléaires, dont 2 sérieusement, provoque un incendie et contamine 22 personnes sur le centre. Par ailleurs, comme le séisme impacte la région, toutes les communications sont coupées...

2

Quelles actions avez-vous déployé sur le centre pour faire face à cette « crise » ?

G. B. | La contrainte principale fut d'organiser les interventions sans moyens de communication, du moins avec un seul téléphone satellitaire. Pour évaluer les dégâts, nous avons dépêché des hommes en tenue de protection radiologique. Nous avons ensuite déployé les dispositifs mobiles télécommandés du GIE-Intra (groupement créé en 1987 par le CEA, EDF et Areva, à la suite de l'accident de Tchernobyl). Un petit robot développé au CEA, capable de monter des escaliers et d'ouvrir des portes, a filmé en direct l'intérieur des bâtiments endommagés. Un drone du CEA a pris des images infrarouges pour localiser les victimes. Un bull-

dozer pilotable à distance et équipé d'un bras télémanipulateur nous a permis de dégager les personnes coincées dans les gravats, en ayant mesuré au préalable la radioactivité. Et comme, selon le scénario, le bâtiment médical n'était plus opérationnel, la décon-

« L'objectif de cet exercice était, avant tout, de tester nos moyens de coordination entre les différents intervenants internes et externes au centre. »

Guy Brunel, responsable de l'unité de communication du centre CEA de Cadarache

tamination des blessés s'est effectuée dans des structures mobiles déployables localement. Nous devons également gérer les salariés du centre non concernés directement par l'exercice. Dès 15 heures, 2 000 d'entre eux ont « joué » le jeu, lorsqu'il fut décidé de les rapatrier dans un gymnase où ils étaient supposés passer la nuit car le séisme avait coupé de nombreuses routes.

3

Quel bilan tirez-vous de cet exercice ?

G. B. | L'objectif de cet exercice n'était pas tant de résoudre les problèmes concrets sur le terrain que de tester nos moyens de coordination entre les différents intervenants internes et externes au centre. Et ce sous l'œil d'une quarantaine d'observateurs, dont des Coréens, Russes, Américains, Allemands. Leur retour a été positif. En effet, nos modes opératoires progressent, avec tous ces exercices, à tel point que le CEA est devenu une référence en matière de gestion de crise.

Les sciences pour la vie

Organisée en quatre parties qui structurent son parcours (La vie et l'esprit, Une meilleure santé, Le système terrestre, Au-delà du visible), l'exposition *La science dans ma vie* invite le visiteur, au travers de jeux et de tests, à prendre conscience de l'omniprésence des sciences dans son existence : génétique, neurobiologie, astrophysique, cosmologie, physique... Au centre de l'exposition, un salon des sciences propose des animations et des films d'archive. —

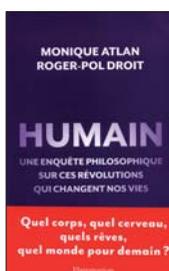
La science dans ma vie | Cité des sciences et de l'industrie | Paris | Jusqu'au 16 septembre 2012



Cahiers d'exercices

Tous les deux mois, le CNDP prépare des dossiers à destination des enseignants. L'objectif est de fournir des éléments et données actualisées de nombreuses disciplines, ainsi que des exercices types afin d'aider à la préparation des cours. Ce numéro a pour thème la radioactivité dans toutes ses dimensions : naturelle ou artificielle, électronucléaire ou médicale. Il a été réalisé avec le concours de chercheurs et ingénieurs de sûreté du CEA. —

Textes et documents pour la classe | CNDP-CRDP | 5,50 €



Révolution numérique

Produire des cellules artificielles, recomposer l'ADN, transformer nos cerveaux en machines, réparer notre corps à l'infini grâce aux nanotechnologies, voir directement nos pensées sur un écran... Ces « impossibles » d'hier sont devenus le possible d'aujourd'hui. Comment penser ces mutations scientifiques associées à la révolution numérique qui bouleversent nos vies et notre conception de la vie ? Les auteurs y répondent à travers une enquête philosophique et éthique. —

Humain | Monique Atlan et Roger-Pol Droit | Flammarion | 22,90 €



Précieux précis

Il y avait le Becherel. Il y a maintenant ces petits précis d'algèbre, de géométrie, de physique et de chimie qui revisitent Pythagore, la conquête spatiale, les molécules, l'électricité, les vecteurs, les variables... En guise d'introduction, les grands penseurs et grandes époques de ces disciplines sont à chaque fois abordés. Et dans chacun des chapitres, plusieurs exercices sont proposés avec une explication patiente et pédagogique pour parvenir à les résoudre. —

Petit précis de... à déguster | Belin | 16 €



La science tient à un cheveu

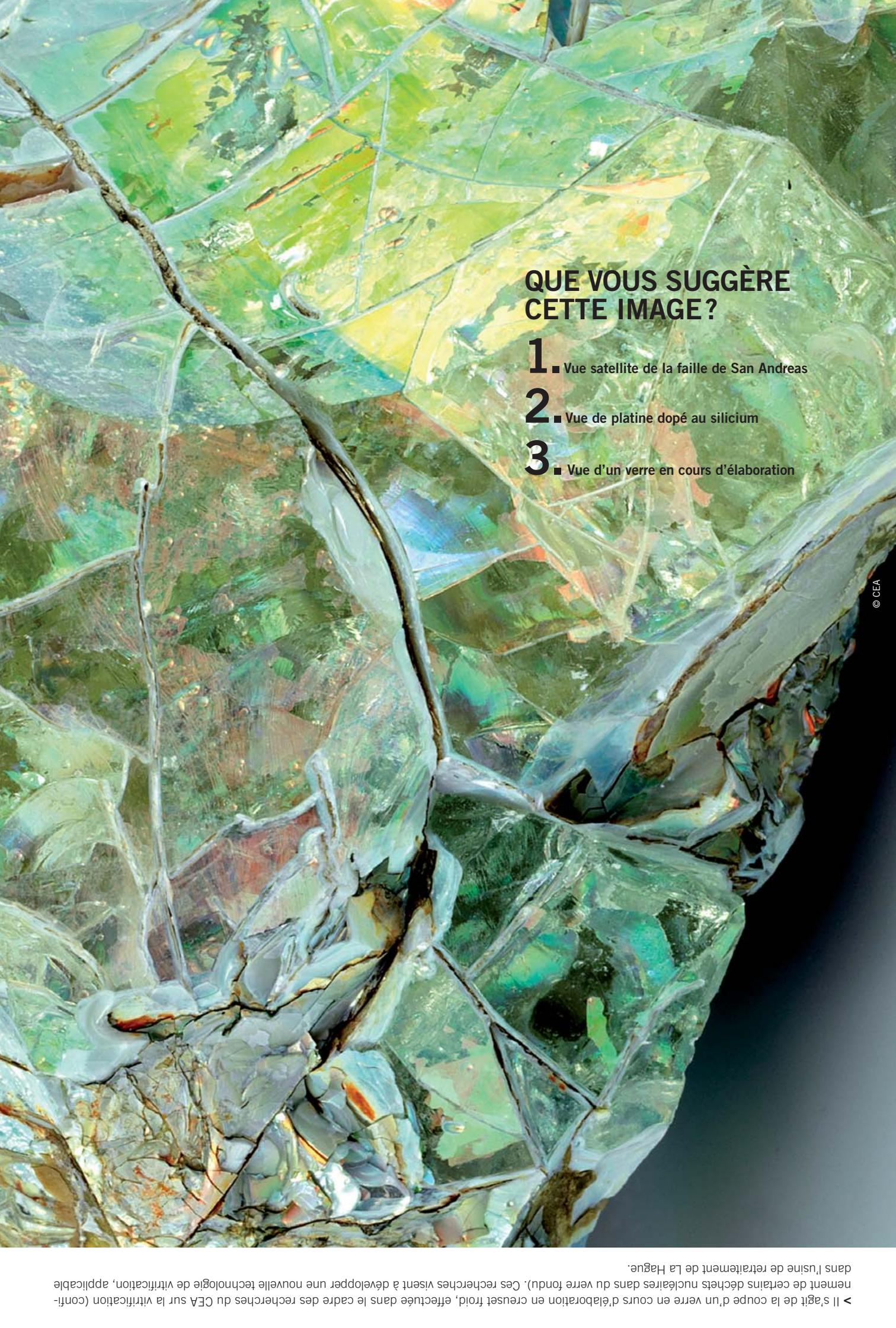
Ils accompagnent et contribuent à l'apparence de chacun, ils constituent un phénomène autant biologique qu'esthétique : les cheveux. De la vie à la matière passée au microscope jusqu'à la science et la recherche les plus avancées, en passant par un panorama des modes et cultures, cette exposition ludique et interactive présente toute une série de dispositifs originaux pour honorer la richesse capillaire. —

Le cheveu de mèche avec la science | Palais de la découverte | Paris | Jusqu'au 26 août 2012

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.



QUE VOUS SUGGÈRE CETTE IMAGE ?

1. ■ Vue satellite de la faille de San Andreas
2. ■ Vue de platine dopé au silicium
3. ■ Vue d'un verre en cours d'élaboration