les défis du cea

Le magazine de la recherche et de ses applications

169

Avril 2012

GRAND ANGLE

ÉNERGIES EN STOCK

COUP DE PROJECTEUR

CLIMAT : LE XXIe SIÈCLE SERA CHAUD OU NE SERA PAS…

TOUT S'EXPLIQUE

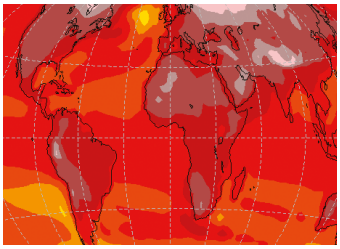
LE VECTEUR HYDROGÈNE

cea

energie atomique • energies alternatives

SOMMAIRE
défis du cea 169

En couverture :
Ensemble de réservoirs dans une raffinerie de gaz



02 ACTUALITÉ

06 COUP DE PROJECTEUR
Le XXIe siècle sera chaud ou ne sera pas… : les deux modèles français s'accordent sur le réchauffement climatique d'ici 2100.

08 À LA POINTE
Un grain de sable dans les rouages du VIH ? 08
Coup de chaud sur l'électrolyse 09
Toujours connectés 09
Micro-aimants pour séances de lévitation cellulaire 10
Une encre sympathique… sauf pour les faussaires 11

12 TOUT S'EXPLIQUE
Le vecteur hydrogène : produire de l'hydrogène à partir d'énergie renouvelable pour le stocker puis l'injecter dans une pile à combustible fournissant une électricité très bas carbone…

14 GRAND ANGLE
Énergies en stock : le développement des énergies renouvelables passe par la mise au point de solutions de stockage performantes pour palier leur intermittence. Réservoirs à hydrogène, batteries, stockage thermique : le point sur les différentes pistes étudiées au CEA.

22 À VOIR, À LIRE, À ÉCOUTER
Le CEA dans les médias 22
Kiosque 23
Sur le Web 23

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.

Éditeur Commissariat à l'énergie atomique et aux énergies alternatives, R. C. S. Paris B77568019 | **Directeur de la publication** Xavier Clément | **Rédactrice en chef** Aude Ganier | **Ont contribué à ce numéro** Louise Aguilée, Claire El Medioni, Patrick Philippon et Vahé Ter Minassian | **Comité éditorial** Susana Bahri, Alexandra Bender, Thierry Bosc, Claire Abou, Elizabeth Lefevre-Remy, Sophie Martin, Brigitte Raffray, Emmanuelle Volant | **Iconographie** Micheline Bayard | **Infographie** Fabrice Mathé | **Photo de couverture** © Thinkstock / Dennis Wise | **Diffusion** Lucia Le Clech | **Conception et réalisation** www.rougevif.fr | N°ISSN 1163-619X | Tous droits de reproduction réservés.
Ce magazine est imprimé sur du papier PEFC Galaxi Keramik, issu de forêts gérées durablement.

ÉDITO

Une nouvelle formule pleine d'énergie !

Les Défis du CEA évoluent ! Quatre pages s'ajoutent au magazine pour conforter sa mission de diffusion et de vulgarisation des sciences à travers les activités et résultats du CEA.

Des rubriques tirent leur révérence pour en accueillir de nouvelles comme le Coup de projecteur que nous dirigeons sur des développements réalisés au sein de partenariats industriels d'envergure ou de programmes internationaux. Les pages institutionnelles sont renforcées pour donner la parole aux femmes et hommes qui portent la stratégie du CEA. L'instant pédagogique du Tout s'explique est consolidé par sa position en cahier central. Et la rubrique À la Une se transforme en un dossier thématique dont le format est mieux adapté au décryptage des grands enjeux scientifiques et sociétaux dans lesquels s'inscrivent les recherches du CEA.

> ***« Un nouveau dossier thématique dont le format est mieux adapté au décryptage des grands enjeux scientifiques et sociétaux. »***

L'occasion en 2012, « Année des Énergies durables pour tous », de consacrer l'ensemble des dossiers à cette thématique. Après les maisons à énergie positive et le stockage de l'énergie, seront ainsi traités les biocarburants de 2e et 3e générations, le nucléaire du futur, les technologies du solaire, les transports « propres », la fusion nucléaire, les smart-grids...

Quant à la photo mystère, si elle disparaît de la dernière page, c'est pour laisser la place aux événements culturels et scientifiques soutenus ou initiés par le CEA qui, plus que jamais, s'ouvre sur le monde. Les belles images de science demeurent toutefois très présentes dans le magazine pour donner à voir et à comprendre les mystères de la science...

Nous vous souhaitons une bonne lecture !

La rédaction

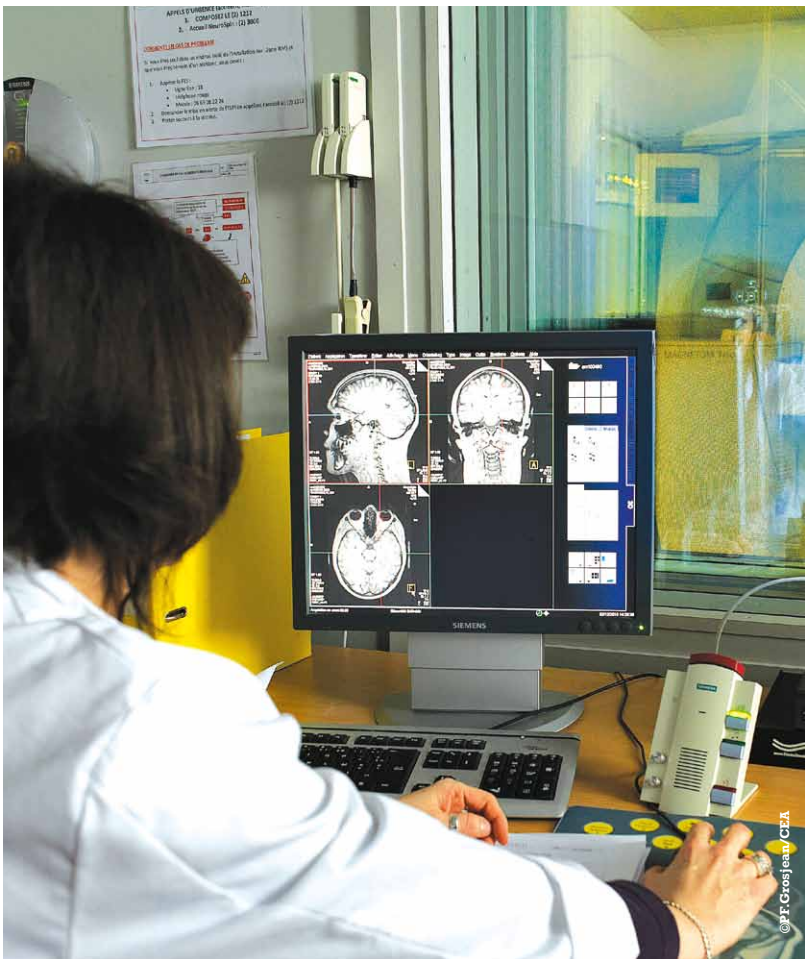
INVESTISSEMENTS D'AVENIR

GRAND EMPRUNT : 6 NOUVEAUX PROJETS POUR LE CEA

Créer des filières d'excellence en développant notamment les énergies renouvelables et les biotechnologies. C'est l'un des axes retenus dans le cadre du grand emprunt de 35 milliards d'euros lancé par le gouvernement en 2009 pour relancer l'innovation en France. Déjà fortement impliqué dans une première série de programmes financés au titre de ces investissements d'avenir, le CEA se distingue à nouveau dans les résultats d'une seconde vague d'appels à projets...

Sur les 24 nouveaux projets retenus, 6 impliquent le CEA, à titre de porteur ou de partenaire.

- **3** projets Infrastructures nationales en biologie et santé : NeurATRIS, FLI et IDMIT, portés par la Direction des sciences du vivant du CEA (CEA-DSV).
- **2** projets Nanobiotechnologies : Diran et Facsbiomaker, portés l'un par CEA-DSV et l'autre par la Direction de la recherche technologique (CEA-Tech).
- **1** projet Bio-informatique dans lequel CEA-DSV est partenaire.



©P.Grosjean/CEA

Le projet NeurATRIS est composé de plusieurs sites qui apportent des compétences différentes, comme celles en neuro-imagerie du centre Neurospin du CEA à Saclay.

CALCUL INTENSIF

DEUX PETAFLOPS POUR CURIE

Deux millions de milliards d'opérations par seconde, soit 2 petaflops. **Telle est la puissance de calcul de la machine CURIE de GENCI[1], mise à disposition des chercheurs français et européens à partir du 1er mars.** Conçu par Bull et exploité par les équipes du TGCC[2] du CEA à Bruyères-le-Châtel, ce supercalculateur unique en Europe est constitué de plusieurs milliers de serveurs (pour un total de plus de 9000 cœurs de calcul) reliés entre eux par des réseaux à très haut débit. Outil d'exception, sa mise en œuvre concrétise l'engagement de la France pris dans le cadre de l'infrastructure européenne Prace (Partnership for Advanced Computing in Europe). L'investissement de 100 millions d'euros sur cinq ans réalisé par GENCI doit permettre des avancées sans précédent dans tous les domaines de la recherche académique et industrielle grâce à la modélisation de phénomènes de plus en plus complexes.

Notes :

1. *Grand équipement national de calcul intensif.*
2. *Très grand centre de calcul.*

Façade du supercalculateur Curie, unique en Europe, exploité au centre CEA de Bruyères-le-Châtel.

NANOTECHNOLOGIES

NANO-INNOV MET LE CAP SUR LES TECHNOLOGIES DU FUTUR

« *Un lieu d'excellence au service de l'innovation.* » C'est en ces termes que **le Premier ministre François Fillon a inauguré le 20 février le centre d'intégration Nano-INNOV Paris Région.** L'occasion d'échanger avec les chercheurs du CEA sur les technologies qui y seront développées pour les systèmes du futur : nanotubes de carbone pour l'électronique, robots pour l'assistance aux personnes handicapées, technologies d'aide aux opérations industrielles, etc. Basé au cœur du Campus Paris Saclay, Nano-INNOV constitue une initiative fédératrice basée sur une recherche intégrative, des nanotechnologies aux grands systèmes. Issu du plan Nano-INNOV, qui déploie deux autres structures à Grenoble et à Toulouse, ce centre va regrouper environ 900 chercheurs, dont 700 du CEA.

Le Premier ministre a inauguré le centre d'intégration Nano-INNOV Paris Région qui regroupe 900 chercheurs dont 700 du CEA.

© L. Godart/CEA

QUEL AVENIR ÉNERGÉTIQUE POUR LA FRANCE ?

Le rapport de la commission « Énergies 2050 », commandé par le ministre chargé de l'Industrie, de l'Énergie et de l'Économie Numérique, a été publié le 13 février. Analysant les *scénarii* possibles pour la politique énergétique française, il prépare la prochaine programmation pluriannuelle des investissements de 2013. Le point avec Jean-Guy Devezeau de Lavergne, directeur de l'Institut de Technico-économie des systèmes énergétiques I-Tésé/CEA, rapporteur de cette commission.

Sur quels *scénarii* la commission « Énergies 2050 » a-t-elle travaillé ?

Dans le contexte d'une forte augmentation des besoins en énergie, quatre axes ont été explorés : accélération du renouvellement du parc électronucléaire *via* la troisième génération de réacteurs (EPR, réacteur pressurisé européen) ou la quatrième (RNR, réacteur à neutrons rapides), prolongation de la durée de vie des centrales, réduction progressive de la part du nucléaire dans le mix énergétique, sortie du nucléaire. Ces pistes ont été analysées au regard des coûts d'investissements, des prix de l'énergie, de la protection de l'environnement et de la sécurité d'approvisionnement de la France. Pour chacun des *scénarii*, l'acceptabilité sociétale a fait l'objet d'une évaluation particulière.

Quelle a été la contribution du CEA ?

Le CEA s'est fortement mobilisé, notamment pour produire deux *scenarii* : la sortie du nucléaire avec différentes hypothèses sur ses modalités de remplacement ; l'accélération de la construction de réacteurs nucléaires de 4e génération. Au titre de rapporteur, j'ai organisé des auditions auprès des principaux acteurs des domaines de production et de transformation d'énergie. Le CEA a par ailleurs été auditionné sur le nucléaire, les biocarburants, le solaire…

Quelles sont les principales conclusions du rapport ?

Quel que soit le scénario, la hausse des coûts de l'énergie est inéluctable. La prolongation de la durée de vie des réacteurs nucléaires actuels reste un optimum économique. En effet, les temps du domaine de l'énergie étant très longs, comparés à d'autres industries, changer trop rapidement de structure de production coûte beaucoup plus cher. Mais des marges de manœuvre existent pour les vingt prochaines années. Aussi la Commission a-t-elle émis huit propositions en insistant sur la contribution de la recherche pour décarboner l'économie, augmenter la part des énergies renouvelables et réduire la consommation dans les secteurs du bâtiment et des transports.

Propos recueillis par Aude Ganier

LES HUIT PROPOSITIONS DU RAPPORT

1. Inscrire la sobriété et l'efficacité énergétique comme grande cause nationale.

2. Évaluer l'impact des décisions de politique énergétique sur les finances publiques, la balance commerciale, les émissions de CO_2 et l'emploi.

3. S'interdire toute fermeture administrative d'une centrale nucléaire sans la décision de l'exploitant suite à des injonctions de l'Autorité de sûreté nucléaire (ASN).

4. S'engager dans une politique de vérité des prix de l'énergie et des émissions de CO_2.

5. Proposer aux partenaires européens le réexamen des règles du marché intérieur de l'énergie.

6. Promouvoir l'harmonisation internationale des règles et pratiques de sûreté nucléaire.

7. Accroître l'effort de recherche publique sur les énergies renouvelables et le stockage, *via* des coopérations internationales et avec des entreprises innovantes.

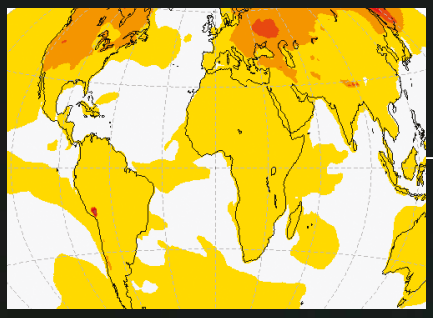
8. Ne pas fixer d'objectif sur la part du nucléaire mais maintenir une perspective de long terme (génération IV) et prolonger la durée de vie du parc actuel, sous condition d'autorisation de l'ASN.

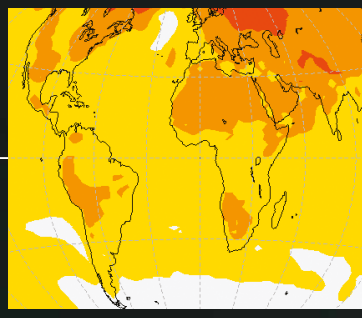
SIMULATIONS D'ÉVOLUTION DU CLIMAT

MÉTÉO-FRANCE

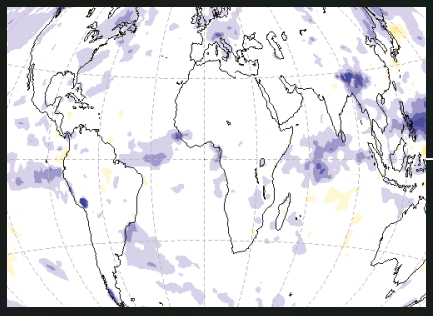
IPSL

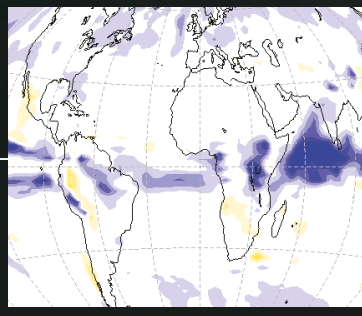
SCÉNARII OPTIMISTES





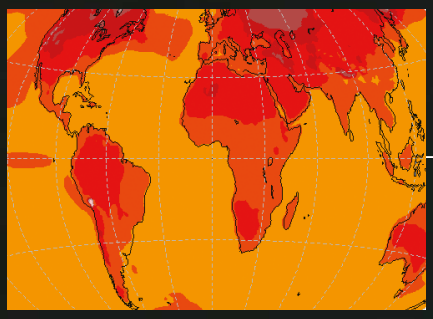
Évolution de la température

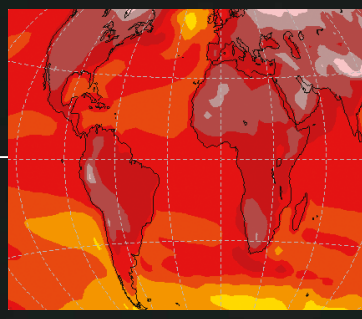




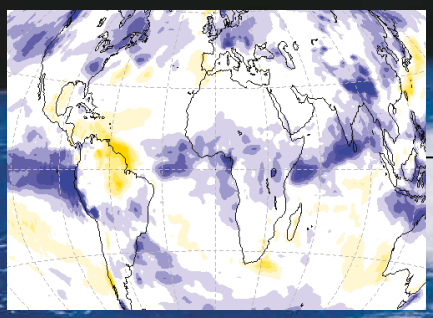
Évolution de la pluviométrie

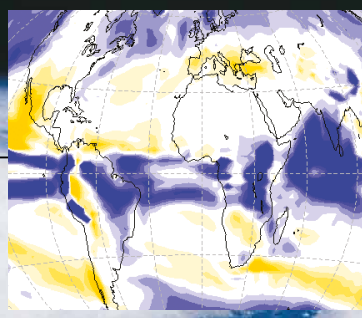
SCÉNARII PESSIMISTES



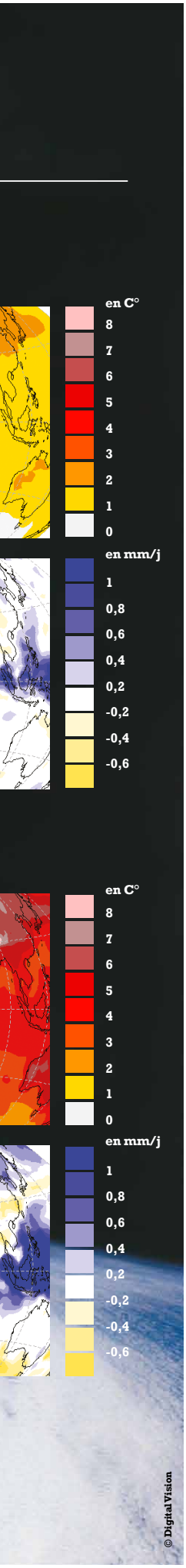


Évolution de la température





Évolution de la pluviométrie



© Digital Vision

+5°c

C'est le réchauffement qui s'opérerait en 100 ans selon le scenario le plus pessimiste, équivalant à celui survenu en 21 000 ans entre la dernière ère glaciaire et aujourd'hui !

CLIMAT : LE XXIe SIÈCLE SERA CHAUD OU NE SERA PAS…

Hausse des températures, augmentation des précipitations : les résultats des deux modèles climatiques français développés, l'un par l'IPSL[1], l'autre par Météo-France[2], sont sans appel pour cette fin de siècle. Et si le réchauffement climatique semble désormais inévitable, son amplitude, et donc ses conséquences, dépendront des mesures prises par les différents gouvernements.

De + 2 °C à + 5 °C d'ici 2100. Les deux modèles climatiques français anticipent clairement une hausse des températures pour cette fin de siècle, confirmant ainsi le réchauffement global annoncé dans les conclusions du GIEC[3] de 2007. Ces simulations s'appuient sur des modèles beaucoup plus sophistiqués qu'à l'époque, décrivant mieux les phénomènes mis en jeux au niveau de l'atmosphère, des océans et des continents. Ils sont également dotés de **mailles de calcul**• plus fines, de 150 km pour celui de Météo-France, de 180 à 260 km pour celui de l'IPSL. Mis à la disposition de la communauté internationale (parmi une cinquantaine d'autres modèles internationaux), les résultats de leur analyse serviront de base pour établir le prochain rapport du GIEC prévu pour 2013.

Scénarii : des plus optimistes aux plus pessimistes

Le plus optimiste des *scénarii* – pour cause, il imagine une baisse considérable des émissions de gaz à effet de serre, du fait notamment de dispositions internationales immédiatement applicables – indique un réchauffement de 2 °C. À ce niveau, les conséquences resteraient gérables. En revanche, le scénario le plus pessimiste, misant sur une exploitation massive des ressources fossiles (charbon, pétrole), prévoit une hausse de 5 °C d'ici 2100. Les conséquences seraient alors toutes autres : la vitesse et l'ampleur du changement risquent d'entraîner un bouleversement des économies et des ressources alimentaires. Dans tous les cas, les modèles annoncent une augmentation significative des précipitations, en particulier dans la bande tropicale et dans les moyennes et hautes latitudes. Point positif de ces simulations, elles montrent que les gouvernements et les citoyens peuvent changer l'avenir climatique de la planète, en effectuant des choix maintenant et dans les décennies à venir.

Claire El Medioni

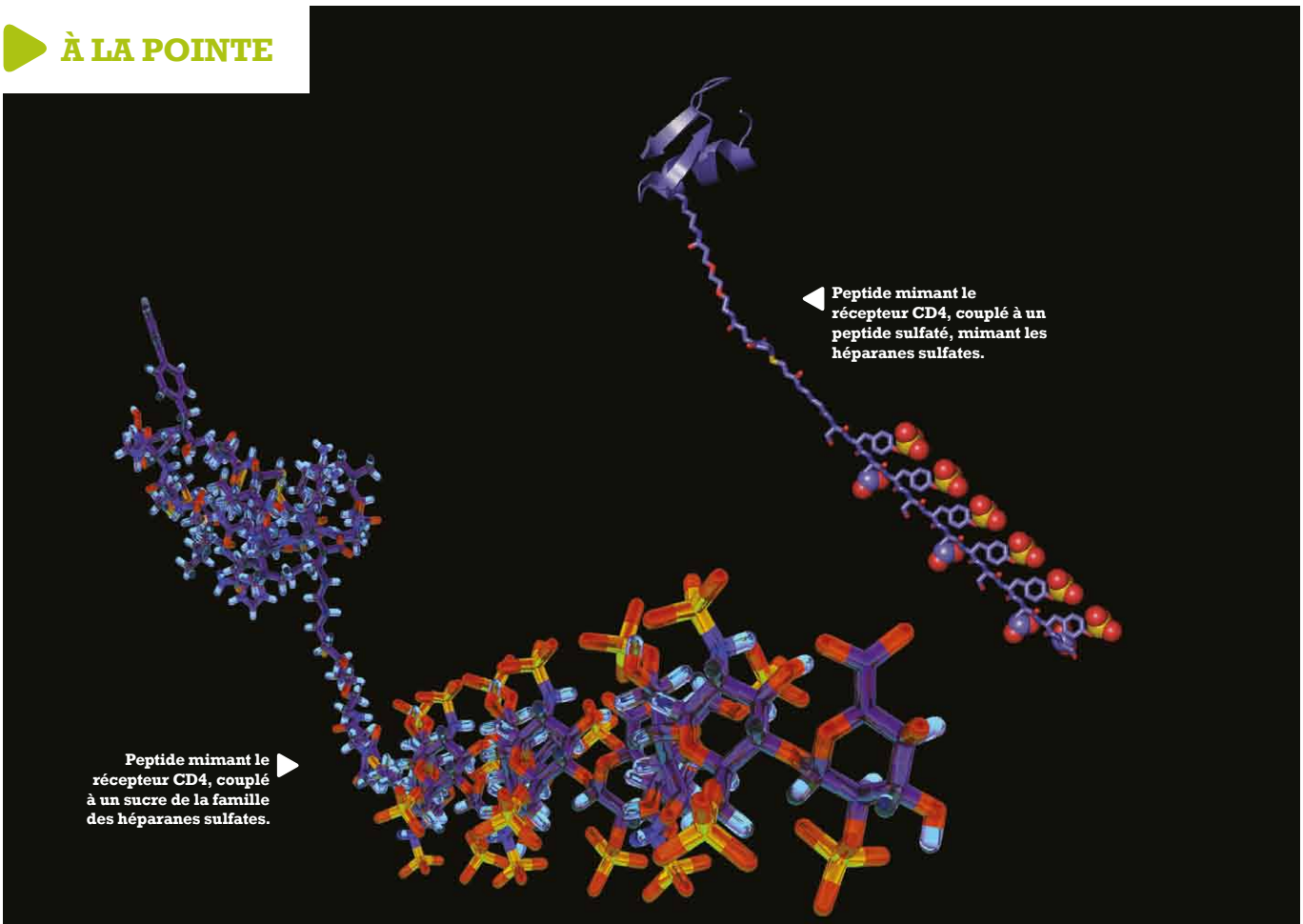
• **Mailles de calcul :** surfaces ou volumes à l'intérieur desquels sont résolues des équations, et dont l'ensemble permet ici de simuler de manière globale les températures, l'humidité, les courants, etc.

Notes :

1. *Institut Pierre-Simon-Laplace comprenant des chercheurs LSCE (Unité mixte CEA/CNRS/UVSQ).*

2. *Avec la participation du Centre européen de recherche et de formation avancée en calcul scientifique (Cerfacs) et du Centre national de recherches météorologiques (CNRM).*

3. *Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat.*



BIOLOGIE CELLULAIRE

UN GRAIN DE SABLE DANS LES ROUAGES DU VIH ?

Pour bloquer l'entrée du virus du Sida à l'intérieur des cellules du système immunitaire, une équipe de l'IBS a l'idée de fabriquer une molécule capable d'enrayer le mécanisme de fixation des protéines du virus sur les cellules…

Une immense famille de sucres très difficiles à synthétiser et à caractériser. Tels sont les héparanes sulfates (HS) qui présentent néanmoins l'intérêt de se fixer à de nombreux agents pathogènes… D'où l'idée de l'équipe d'Hugues Lortat-Jacob de l'IBS à Grenoble et de ses collaborateurs de les utiliser pour bloquer l'entrée du virus du Sida dans les cellules du système immunitaire. Pour pénétrer dans une cellule, le VIH se fixe en deux temps : une fois amarré à son point d'ancrage principal (le récepteur CD4 d'une cellule) par le biais d'une protéine appelée gp120 il doit, *via* la même protéine s'associer à un corécepteur de la cellule. Or, c'est sur cette gp120 que se fixent aussi les HS. Les chercheurs du CEA ont décidé de les modifier pour tenter d'empêcher la double fixation, et donc la pénétration, du VIH.

IBS

L'institut de biologie structurale a pour vocation de développer cette discipline qui représente un champ de recherche capital pour la compréhension des mécanismes biologiques fondamentaux. C'est une unité mixte CEA/CNRS/Université Joseph Fourier.

Un assemblage peptide/sucre à l'activité antivirale démontrée

Il a fallu pour cela résoudre deux problèmes. D'une part, les sites de fixation du VIH aux corécepteurs ne se dévoilent qu'au moment de l'amarrage sur CD4. Solution : créer une molécule comportant aussi une partie mimant CD4. D'autre part, les HS sont une famille décidément trop nombreuse pour pouvoir créer et tester toutes les molécules possibles. *« Nous avons donc greffé des groupes sulfates, caractéristiques des HS, sur des petits peptides beaucoup plus faciles à manipuler et à combiner que les sucres eux-mêmes »* explique le chercheur. Un de ces peptides sulfatés a montré qu'il pouvait se fixer sur gp120. Il a ensuite révélé, *in cellulo*, une activité anti-VIH sur des souches virales de laboratoire. *« Il est même très actif sur plusieurs isolats primaires (isolés chez des patients) du VIH »* ajoute Hugues Lortat-Jacob. Prochaine étape : passer aux essais sur des animaux pour tester, d'une part, la stabilité et la distribution dans l'organisme, et, d'autre part, l'activité anti-VIH. *« Nous espérons ainsi apporter une preuve du concept sur la capacité de ces nouvelles molécules à bloquer l'entrée virale »* précise le chercheur.

Patrick Philipon

© IBS/CEA

MATÉRIAUX

COUP DE CHAUD SUR L'ÉLECTROLYSE

L'hydrogène est un vecteur énergétique très prometteur, tant pour fournir de l'électricité que comme moyen de stockage (voir p. 12-13). Présent abondamment dans l'eau, sa production résulte de l'électrolyse•, réaction chimique qui s'avère très performante à haute température. Des chercheurs parviennent à dompter ces conditions en innovant sur les matériaux des électrolyseurs.

Les hautes températures sont le graal de l'électrolyse, réaction qui décompose l'eau (H_2O) en hydrogène (H_2) et en oxygène (O_2). Car plus les degrés sont élevés et meilleurs sont les rendements de production d'hydrogène (lorsqu'il s'agit de l'électrolyse de l'eau). Mais dans de telles conditions, 800 °C, les matériaux de l'électrolyseur doivent tenir le coup sur le long terme. Un obstacle que les chercheurs du CEA surmontent avec une architecture innovante qui atteint une densité d'énergie de 1,2 W/cm² (soit 1,5 l/h d'hydrogène produit), alors qu'ils étaient à 0,5 W/cm² il y a à peine un an. Ils rivalisent ainsi avec les leaders mondiaux dont les danois qui sont à 1,4 W/cm². Tout réside dans le choix et la structuration des matériaux de la cellule électrochimique, dont l'électrolyte (composant qui permet de séparer l'oxygène de l'hydrogène en ne laissant passer que les ions O^{2-}). *« Nous avons opté pour un électrolyte solide à base de céramique, constitué d'une seule couche mince (10 microns) et entouré d'un empilement de cinq couches aux compositions et morphologies toutes différentes, le tout pour une épaisseur de seulement 350 microns »* annonce Franck Blein, ingénieur du CEA-DAM au centre Le Ripault.

Aude Ganier

• **Électrolyse :** réaction qui permet de séparer des éléments ou des composés chimiques liés, par le passage d'un courant électrique en leur sein.

Test des éléments d'un électrolyseur haute température sur un banc d'essais.

CEA DAM

La Direction des applications militaires met en œuvre tous ses moyens de recherche pour garantir la sûreté et la fiabilité de la dissuasion nucléaire française. Elle a développé ainsi une grande expertise sur les matériaux. Elle contribue également à la surveillance du respect du Traité d'interdiction des essais nucléaires (Tice)

COMMUNICATION

TOUJOURS CONNECTÉS !

Assurer un accès Internet stable et fiable le temps d'un parcours en transport en commun. C'est l'objet du système développé par des chercheurs du CEA-List avec l'Institut Télécom, la RATP et Degetel, dans le cadre du projet SEAMLESS. Le dispositif a été testé avec succès dans un bus.

Tout réside dans l'accès à des réseaux externes qui se relaient durant le trajet. En effet, le système repose sur un routeur mobile offrant un accès TCP/IP WiFi dans le bus et assurant la continuité de l'accès à Internet *via* les différents réseaux externes (WiFi, 3G, 3G+ GPRS) disponibles sur le trajet. Trois verrous technologiques ont été levés : basculement automatique de la connexion entre des réseaux d'accès hétérogène (WiFi/3G), la « transparence » de ces basculements pour les usagers (continuité de communication) et l'augmentation de la bande passante entre le bus et le système sans fil, pour permettre un accès Internet de bonne qualité.

Aude Ganier

CEA LIST

Le laboratoire d'intégration des systèmes et des technologies oriente ses recherches sur tous les systèmes à logiciel prépondérant. Il concentre ses efforts sur trois thématiques : les systèmes embarqués, les systèmes interactifs, les capteurs et le traitement du signal.

BIOTECHNOLOGIES

MICRO-AIMANTS POUR SÉANCES DE LÉVITATION CELLULAIRE

À Grenoble, des chercheurs du CEA iRTSV et de l'INPG mettent au point un dispositif permettant de fixer les cellules circulantes, le temps de les observer au microscope. Comment ? En les maintenant littéralement en suspension dans un champ magnétique créé par de minuscules aimants.

Contrairement aux cellules des tissus et des organes qui peuvent être fixées individuellement sur des surfaces, afin d'être caractérisées au microscope, les cellules circulantes (comme celles du sang) sont difficiles à immobiliser. Comment s'y prendre ? *« En les faisant léviter*, répond Vincent Haguet, chercheur au CEA-iRTSV, à Grenoble. *Nous utilisons pour cela le* ***diamagnétisme**** *des cellules. »*

Utilisant les techniques de la microélectronique, ses collaborateurs physiciens de l'INPG[1] ont gravé sur une puce de silicium, de minuscules aimants permanents (20 microns de côté) disposés selon une grille régulière. Des premiers essais avec des gouttelettes d'eau ou d'huile, puis des particules de graphite, ont montré que ces objets, repoussés par le gradient de champ magnétique des micro-aimants, s'immobilisaient à quelques microns au-dessus de la surface, chacun dans un « creux de champ » entre ces aimants.

Immobiliser sans altérer

Restait à répéter l'exploit avec des cellules vivantes en suspension. Or celles-ci et leur milieu de culture (essentiellement composé d'eau) réagissent de la même façon au champ magnétique, c'est-à-dire qu'ils lévitent tous au même niveau. Ce problème a été réglé en ajoutant au milieu de culture un agent de contraste utilisé en **RMN***, le gadotéridol, créant ainsi une légère différence de susceptibilité magnétique entre les cellules et leur milieu. De plus, cet agent de contraste n'altère pas les cellules, lesquelles sont restées en lévitation pendant plusieurs heures permettant leur caractérisation *in situ*. Ce dispositif permet également de récupérer les cellules, par aspiration, et de les remettre en culture : un avantage pour suivre sur des temps longs l'effet de traitements ou l'évolution de leur comportement.

Patrick Philipon

CEA iRTSV

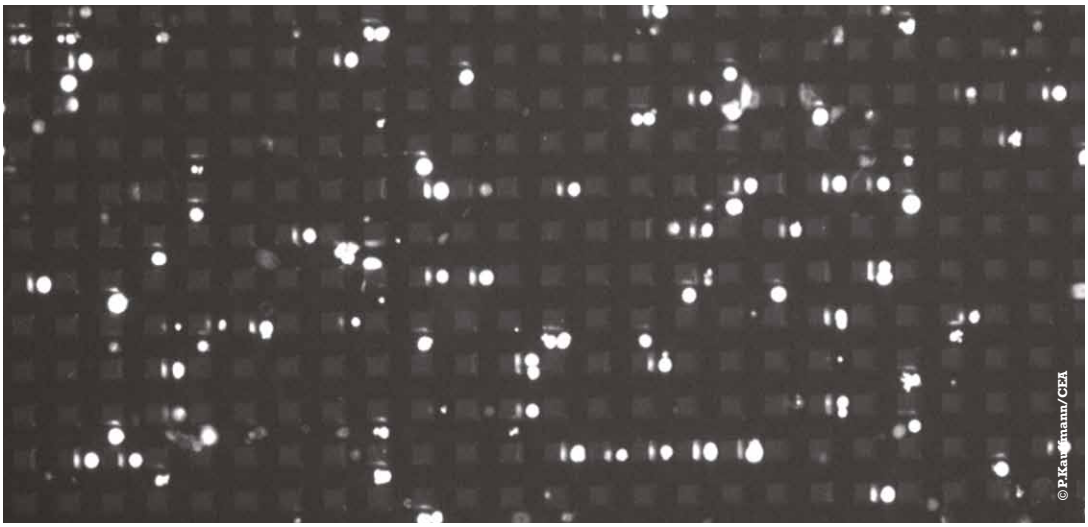
L'Institut de recherches en technologies et sciences pour le vivant s'appuie sur un ensemble de plateaux technologiques modernes pour analyser la diversité et la complexité du vivant. À ces fins, il coordonne les programmes d'unités mixtes CEA/ Université Joseph Fourier/ CNRS/ INSERM et INRA.

*** Diamagnétisme :** phénomène qui conduit tout objet, lorsqu'il est soumis à un champ magnétique, à générer un autre champ magnétique très faible opposé au premier.

*** RMN :** résonance magnétique nucléaire, technique utilisée en imagerie médicale.

Notes :

1. *Institut national polytechnique de Grenoble.*



Cellules marquées par fluorescence (points blancs), en lévitation entre les aimants permanents de 20 microns de côté (carrés gris).

TEXTO

Du *made in France* en Chine

Dans le cadre de recherches sur la fusion nucléaire, le CEA développe et teste deux nouveaux écrans thermiques, en partenariat avec l'Institut ASIPP de l'Académie des sciences chinoise. Activement refroidis et possédant un fin dépôt de cuivre et de carbure, ils recouvriront les faces avant des antennes de chauffage des ions des plasmas longs du tokamak supraconducteur chinois EAST.

L'Europe spatiale voit infrarouge !

Le CEA et la société Sofradir travaillent sur un détecteur infrarouge HgCdTe (mercure, cadnium, tellure) de 512 x 512 pixels, à intégrer dans un plan focal grand format. Une alternative à l'achat de détecteurs américains (actuellement les seuls disponibles sur le marché) pour la mission Euclid de l'agence européenne de l'espace, prévue en 2019 afin d'étudier la matière et l'énergie noires.

© CEA

NANOCHIMIE

UNE ENCRE SYMPATHIQUE… SAUF POUR LES FAUSSAIRES !

Mise au point dans un laboratoire du CEA-Liten, cette encre contenant de minuscules particules luminescentes ne se révèle que sous éclairage ultraviolet.

« *Nous devons proposer la solution la plus "transparente" possible pour l'utilisateur industriel* » souligne non sans humour Bruno Laguitton du CEA-Liten. À la demande de Noamarq, une société française spécialisée dans la lutte contre les contrefaçons, son équipe vient de mettre au point une encre « sympathique » – donc invisible à l'œil nu – qui ne se révèle que sous éclairage ultraviolet. Bien entendu, il ne suffit pas que l'encre en question apparaisse sous UV, elle doit surtout se distinguer de toute autre encre de ce type pour que l'objet ainsi marqué soit authentifiable. « *Il s'agit de mettre au point un mélange de composés, ou trouver un composé spécifique, qui ait une "empreinte digitale" lumineuse unique, lisible par un* ***spectrophotomètre*** • » précise Nicolas Charvet de la même équipe.

Transparente ou colorée, mais toujours détectable !

C'est là que les compétences du laboratoire entrent en jeu. L'équipe a en effet développé des particules de taille nanométrique – pour ne pas boucher les buses des imprimantes industrielles – aux propriétés luminescentes. Ces marqueurs inédits, dont la recette reste évidemment secrète, peuvent se mélanger soit à une base transparente pour faire une encre sympathique, soit à une encre visible. Cette seconde solution demande toutefois des développements supplémentaires car les colorants gênent la lecture du spectre lumineux. Or, comme l'explique Bruno Laguitton, il n'est pas question de changer ces colorants : « *Nous devons utiliser les encres industrielles déjà développées et non les "nôtres" : le produit doit s'intégrer sans heurt au procédé existant.* » C'est ce qu'il entend par « transparent ».

Patrick Philipon

• **Spectrophotomètre :** appareil de mesure de l'absorbance (capacité d'un milieu à absorber la lumière qui le traverse) d'une solution, à une longueur d'onde ou sur une région spectrale donnée.

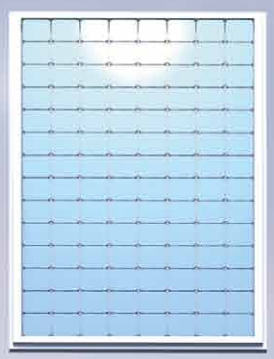
CEA LITEN

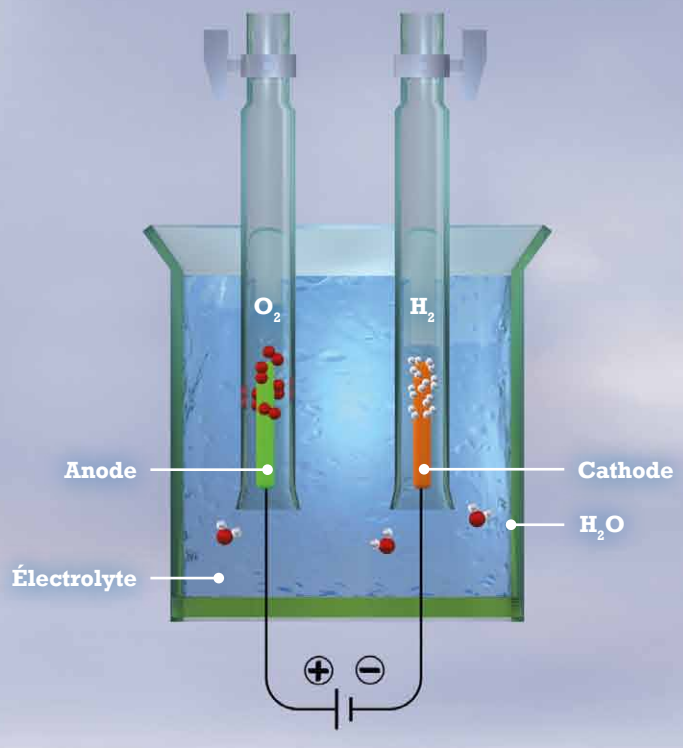
Le laboratoire d'innovation pour les technologies des énergies nouvelles se positionne sur quatre axes : énergie solaire, développement d'une filière hydrogène pour les transports, production d'hydrogène et, innovations technologiques sur les matériaux et les procédés.

Impression d'un logo sur une feuille de papier avec une encre « sympathique », mise au point au CEA pour ne se révéler que sous éclairage ultraviolet.

LE VECTEUR HYDROGÈNE

Vecteur d'énergie et moyen de stockage, l'hydrogène est le protagoniste idéal d'une chaîne vertueuse permettant de stocker une énergie intermittente (solaire) et de la restituer *via* un dispositif électrochimique (pile à combustible). Le tout avec pour seules ressources, le soleil, l'eau et l'air…





Panneau photovoltaïque
Les cellules du panneau convertissent l'énergie solaire en électricité par l'absorption des photons (grains de lumière) qui perturbent l'équilibre des électrons du matériau : libérés, ils circulent dans la cellule en générant un courant continu, lequel est transformé en courant alternatif par un onduleur.

Électrolyseur
Dans l'électrolyseur, le courant continu traverse l'eau (électrolyte) pour décomposer ses molécules (H_2O) en ions hydrogène (H^+) et ions oxygène (O^{2-}). À l'anode, où se déroule l'oxydation de l'eau, les ions se recombinent en oxygène O_2. À la cathode (réduction de l'eau), ils se recombinent en hydrogène H_2 qui peut ainsi être récupéré. Les rendements sont augmentés lors d'électrolyses hautes températures (700 – 1 000 °C).

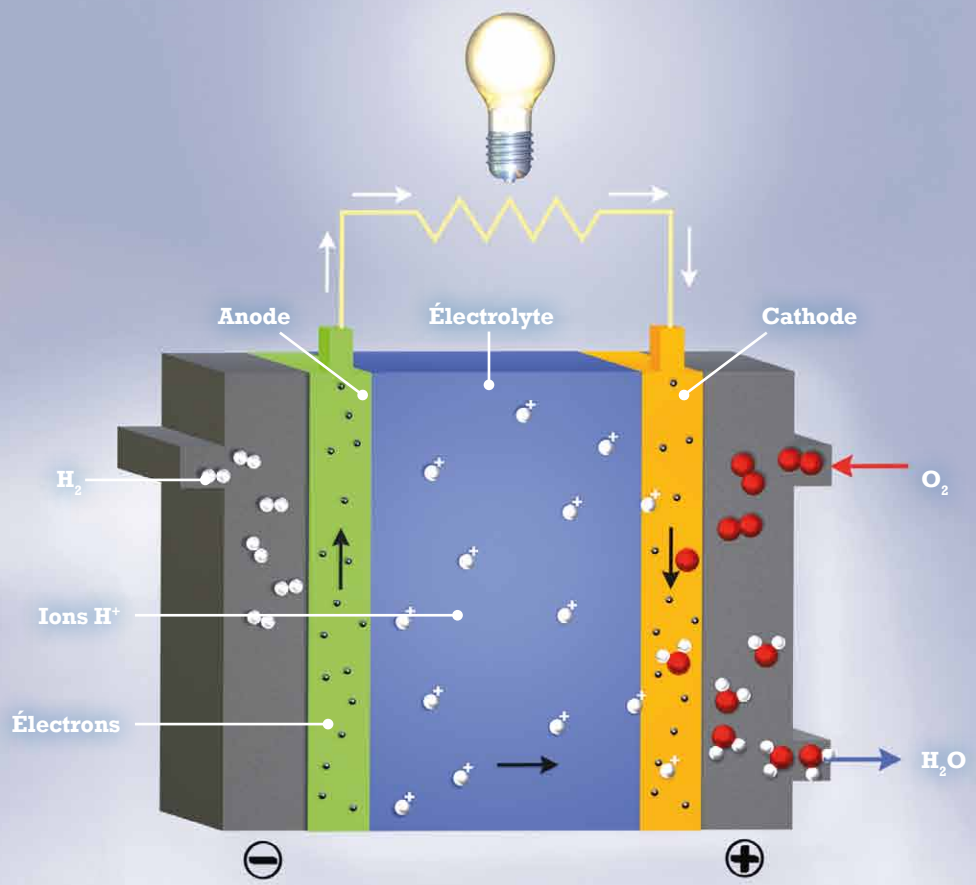
Texte : Aude Ganier / Infographie : Fabrice Mathé

À SAVOIR

La pile à combustible fonctionne selon le principe inverse de l'électrolyse.
L'anode est l'électrode où a toujours lieu « l'oxydation » (réaction dans laquelle un atome ou un ion perd des électrons).
La cathode est toujours le siège de la « réduction » (réaction dans laquelle un atome ou un ion gagne des électrons).

$$H_2 \rightarrow 2H^+ + 2\,e^-$$

$$\tfrac{1}{2}\,O_2 + 2H^+ + 2\,e^- \rightarrow H_2O$$



Réservoir
L'hydrogène est conditionné dans un réservoir selon différentes technologies dont le stockage solide : l'hydrogène est absorbé par des matériaux métalliques sous la forme de pastilles solides placées dans le réservoir. En relâchant la pression, ces matériaux le dégagent sous forme gazeuse.

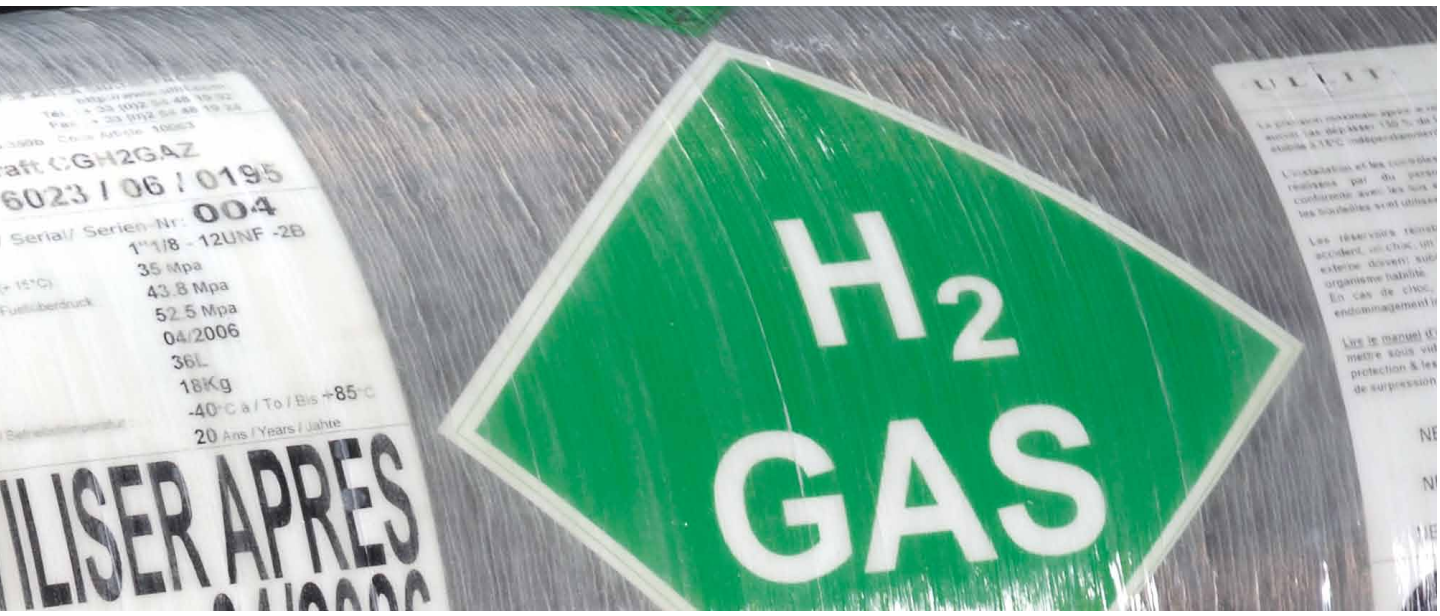
Pile à combustible
L'hydrogène est injecté à l'anode de la pile à combustible. Là, les molécules H_2 se dissocient en ions H^+ qui migrent vers l'électrolyte et en électrons qui sont contraints de circuler dans un circuit qui génère un courant et donc de l'électricité. À la cathode, ces électrons se recombinent avec les ions H^+ et les molécules O_2 (issues de l'air ambiant) pour former de l'eau H_2O, unique « déchet » de cette réaction qui produit également de la chaleur.

AU CEA

Des équipes du CEA-Liten et du CEA-DAM développent des technologies et des matériaux innovants pour les dispositifs de production et de stockage des énergies renouvelables. Des expérimentations sont par exemple menées sur l'installation Myrte à l'Ines en Corse et sur la centrale solaire de Cadarache pour produire de l'hydrogène à partir d'électricité « renouvelable ».

ÉNERGIES EN STOCK

Réservoirs d'hydrogène pour des applications utilisant les piles à combustible.



Indispensable au déploiement des énergies renouvelables, le stockage est le seul moyen pour pallier leur intermittence. Qu'il s'agisse de stocker au plus près des lieux de consommation, de faciliter l'intégration dans le réseau électrique ou d'alimenter des véhicules électriques, les solutions choisies dépendent de l'usage envisagé. Dans ce cadre, le CEA-Liten travaille sur un large panel de technologies : utilisation de l'hydrogène pour le stockage stationnaire, développement de dispositifs électrochimiques, optimisation de vieilles recettes comme le stockage thermique… toujours d'actualité dans le menu énergétique. *Dossier réalisé par Aude Ganier*

HYDROGÈNE, LA QUÊTE DU RÉSERVOIR IDÉAL

LES BATTERIES FONT LE PLEIN

LE STOCKAGE THERMIQUE OU LE PRINCIPE DE LA PIERRE AU COIN DU FEU

INTERVIEW : ISABELLE NOIROT-LE-BORGNE

Le stockage stationnaire de l'énergie, un enjeu pour le développement des énergies renouvelables

© CEA

Revêtement en fibres de carbone d'un réservoir hyperbare dans lequel l'hydrogène est comprimé à 700 bars.

HYDROGÈNE, LA QUÊTE DU RÉSERVOIR IDÉAL

L'hydrogène constitue un bon moyen de stocker l'énergie. Encore faut-il trouver un réservoir adapté à ce gaz particulièrement turbulent, car hautement inflammable, et surtout très encombrant. Différents modes de stockage sont à l'étude : sous forme gazeuse, liquide, voire solide grâce à un matériau capable de l'absorber dans un premier temps et de le libérer au moment voulu.

Les technologies de l'hydrogène ont de l'avenir ! Une perspective qui explique l'investissement du CEA sur cette thématique depuis vingt ans, et qui propose aujourd'hui des solutions innovantes pour produire, transporter et aussi stocker ce précieux gaz. L'une des applications ciblées est le stockage stationnaire avec l'objectif de valoriser les énergies renouvelables. En effet, l'électricité de source solaire ou éolienne peut être stockée dans des batteries (voir p. 18-19) mais peut aussi servir à alimenter des **électrolyseurs**• (voir p. 9) qui produisent de l'hydrogène. L'intérêt ? Cet hydrogène peut être durablement stocké et réinjecté à n'importe quel moment dans une **pile à combustible**• pour fournir une électricité « propre » (voir p. 12-13).

Hydrogène compressé, hydrogène liquéfié…

Pour relever le défi de cette « chaîne » vertueuse, les réservoirs stockant l'hydrogène doivent être compétitifs, sûrs et compacts. En effet, ce gaz est difficile à maîtriser : avec une **densité d'énergie**• très élevée, il reste très léger. Dans des conditions normales de température et de pression (20 °C, 1 bar), il occupe un volume de 333 litres/kWh, quand l'essence en occupe 0,1 litre/kWh. Des pistes sont étudiées pour réduire son encombrement. La première consiste à le comprimer : à 700 bars, son volume atteint 0,47 litre/kWh. *« La compression est très gourmande en énergie avec une dépense qui peut atteindre 25 %. Nous poursuivons nos développements, notamment grâce aux innovations de nos collègues du CEA-DAM sur les matériaux des réservoirs pour leur garantir une meilleure étanchéité et une meilleure tenue mécanique »* explique Olivier Gilla, chercheur au CEA-Liten.
La liquéfaction est la deuxième solution pour optimiser le volume, qui passe à 0,38 litre/kWh ; mais cela exige de refroidir le gaz en dessous de 20,3 kelvins (- 253,15 °C), ce qui suppose des moyens onéreux.

• **Électrolyseur :** dispositif de séparation chimique d'éléments grâce à un courant électrique. En l'état, il s'agit de décomposer l'eau en oxygène et hydrogène.

• **Pile à combustible :** dispositif produisant de l'électricité grâce à l'oxydation de l'hydrogène sur une électrode avec de l'eau pour seul produit de réaction.

• **Densité d'énergie :** énergie par unité de volume. Plus elle est élevée, plus il y a d'énergie pouvant être stockée ou transportée pour un volume ou une masse donnés.

Plus d'informations sur www.cea.fr

Des granules de magnésium « farcis » à l'hydrogène

Dès lors, les chercheurs investiguent une troisième voie dite de stockage solide *via* un matériau qui absorbe l'hydrogène. Dépendant des matériaux (principalement métalliques), le volume peut être de 0,25 litre/kWh. Avec la société McPhy Energy, le CEA s'intéresse à l'hydrure de magnésium qui offre de bonnes perspectives : *« Ces composés permettent un stockage de l'hydrogène sécurisé, du fait des basses pressions, qui plus est avec un matériau abondant sur terre »* énonce le chercheur. Le procédé consiste à mettre en présence de l'hydrogène, des poudres de magnésium nanostructurées et des catalyseurs dans une réaction (à 340 °C et moins de 10 bars) qui donne de l'hydrure de magnésium. L'hydrogène peut y être durablement stocké sous forme solide et il suffit de baisser la pression pour le relâcher sous forme gazeuse, avec un rendement de 97 %. Le système se présente sous la forme de cartouches pouvant stocker chacune 4 kg d'hydrogène, soit l'équivalent de 132 kWh. Les chercheurs travaillent à présent sur de nouveaux réservoirs dont une version de 15 kg (500 kWh) testée récemment avec succès.

Au niveau du stockage embarqué, si le secteur de l'automobile reste hors de portée des **hydrures métalliques**•, des réservoirs sont développés pour des applications « lourdes » comme des engins agricoles ou maritimes, où le poids n'est pas rédhibitoire. Dans ce cas, les chercheurs ont recours à des hydrures plus basses températures, compatibles avec les PAC basse température qui alimentent les engins.

• **Hydrures métalliques :** composés chimiques formés lorsque l'hydrogène réagit avec certains métaux.

Pastilles d'hydrures de magnésium ayant absorbé de l'hydrogène pour le stocker (à gauche).

Réservoir de stockage d'hydrogène sous forme d'hydrures métalliques, conçu par le CEA-Liten.

CEA Liten

Fondé en 2006, le laboratoire d'innovation pour les technologies des énergies nouvelles est devenu l'un des principaux centres européens de recherche sur les nouvelles technologies de l'énergie. Implanté sur le site CEA de Grenoble et à Chambéry au sein de l'INES (Institut national de l'énergie solaire) dont il est membre fondateur, ses activités sont centrées sur les énergies renouvelables (énergie solaire, biomasse), l'efficacité énergétique (véhicules et bâtiments basse consommation, filière hydrogène, gestion des réseaux électriques) et les matériaux haute performance pour l'énergie. Sa mission : soutenir l'effort français de diversification énergétique et participer à l'amélioration de la compétitivité des entreprises.

900 **chercheurs, ingénieurs et ingénieurs-chercheurs**

400 **contrats de recherche partenariale menés chaque année**

600 **brevets étendus au niveau international avec 150 dépôts de brevets en 2010**

LES BATTERIES FONT LE PLEIN

Stocker les énergies renouvelables pour les restituer en temps voulu, quelle que soit la météo ! Telle est la quête des différentes technologies de batteries en développement, en fonction des applications nomades (transports), stationnaires (industries) ou autonomes (habitations) envisagées. Zoom sur certains projets qui mobilisent les équipes du CEA-Liten.

Non émettrices de gaz à effet de serre, les énergies renouvelables présentent également l'avantage de provenir de ressources naturelles inépuisables comme le soleil ou le vent. Mais dès que le temps se couvre ou qu'il n'y a plus de vent, la production d'électricité s'arrête net. Cette intermittence appelle des solutions de stockage que les **batteries**• peuvent apporter. Une fois chargées, grâce à l'énergie fournie par exemple par des **panneaux photovoltaïques**•, elles peuvent restituer de l'électricité. Si de nombreux types de batteries existent, selon la nature chimique de leurs composants, les performances diffèrent en termes de densité d'énergie, durée de vie, temps de recharge, voire coûts de production.

• **Batterie :** dispositif composé d'accumulateurs qui stockent de l'énergie électrique sous forme chimique et la restituent sous forme de courant.

• **Panneaux photovoltaïques :** dispositifs qui convertissent la lumière du Soleil (photons) directement en électricité.

Dimensionner les technologies pour les industriels

Au CEA-Liten, les équipes se positionnent en amont et en aval des technologies qu'ils développent et qu'ils dimensionnent pour les différentes applications des industriels. Ils gèrent notamment l'électronique des batteries pour en améliorer la sécurité et la durée de vie : il s'agit en effet de piloter individuellement les tensions, états de charge et décharge des accumulateurs. Objectif : optimiser leur intégration dans le réseau électrique, les véhicules ou les systèmes autonomes. *« Sur la plate-forme Steeve à Grenoble, nous avons la maîtrise de toute la chaîne de production de batteries lithium-ion (de la chimie des poudres des électrodes jusqu'à la connexion des batteries dans des voitures test). Au sein d'un partenariat avec Renault, nous cherchons à gagner en autonomie et à dépasser la moyenne actuelle de 150 km sans recharge »* déclare Florence Lambert, chef du Département dédié aux transports électriques au CEA-Liten.

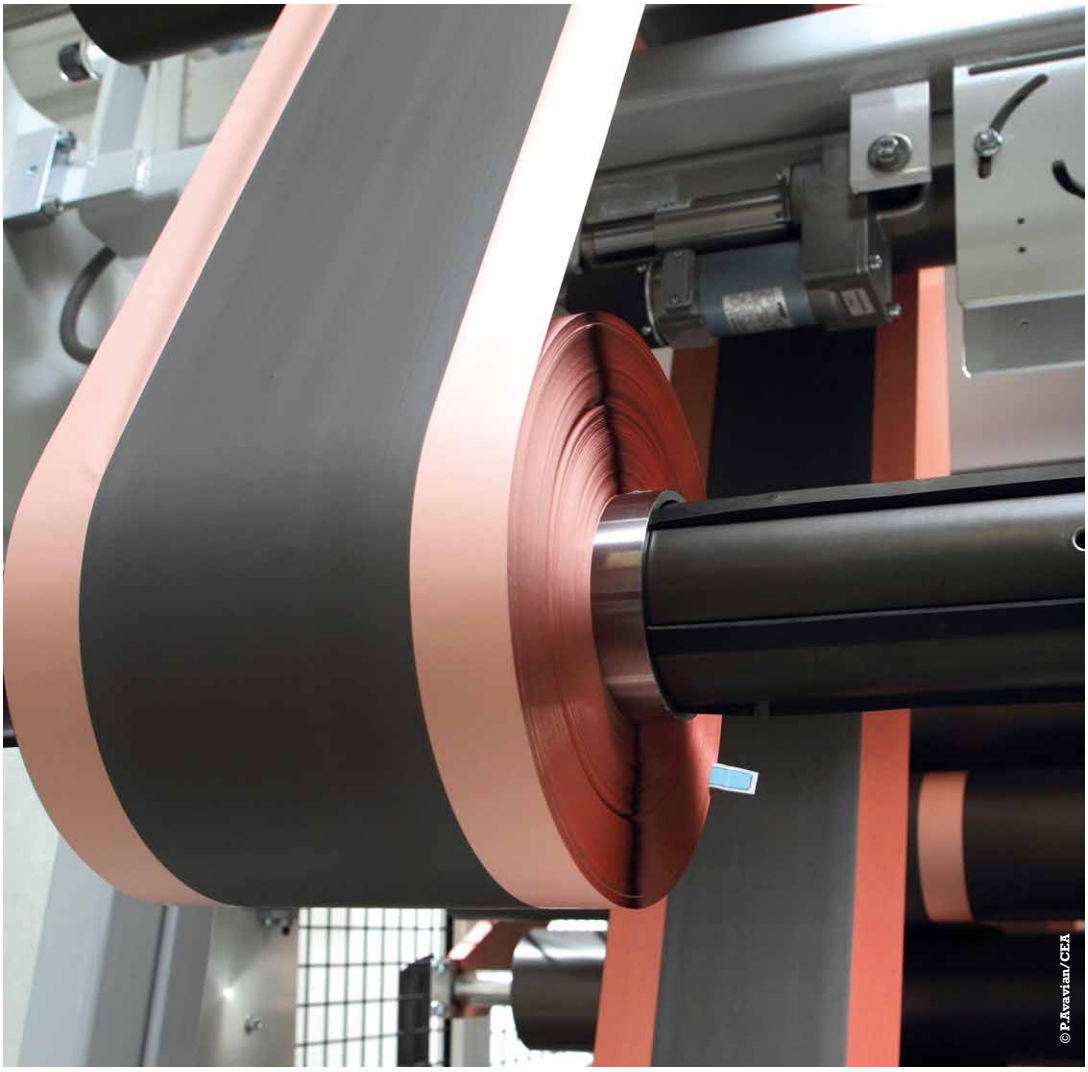
Garantir la production d'énergie solaire

Pour le stockage massif, destiné à prendre le relais des énergies renouvelables à l'échelle d'un quartier et/ou pour des industries, les chercheurs ont d'autres cartes en main, celles des batteries au plomb et des « Redox Flow ». Même si leur densité d'énergie est plus faible et leur temps de recharge plus lent que les batteries lithium-ion, leur coût d'investissement est trois fois moindre et leur usage tout à fait adapté aux applications stationnaires. En effet, point besoin ici de fortes montées en puissance, ce qui importe c'est que la batterie stocke un maximum d'électricité pour en injecter un peu lors des pics de consommation. C'est en tout cas le pari des ingénieurs avec leur projet de photovoltaïque (PV) « garanti » : *« Il s'agit de coupler 20 kW de PV avec une batterie Redox Flow de 10 kW et 100 kWh. L'objectif est que la batterie puisse venir en soutien de la production d'électricité annoncée 24 heures à l'avance par la centrale solaire pour compenser ses fluctuations, liées notamment aux conditions météorologiques. Et ce, afin d'optimiser le réseau à grande échelle »* explique Marion Perrin du CEA-Liten.

© P.Avavian/CEA

Contrôle des interfaces de chargement des composants sur la ligne assemblage des batteries lithium-ion de la plateforme Steeve du CEA.

Plus d'informations sur www.cea.fr



Banc d'enduction des électrodes sur la ligne assemblage des batteries lithium-ion de la plateforme Steeve du CEA.

Alimenter au-delà du réseau

Autre projet, celui mené sur des systèmes autonomes visant l'électrification de zones rurales éloignées. Les contraintes sont différentes puisqu'aucun réseau électrique ne peut venir en support. Là encore, le photovoltaïque, *via* un lampadaire solaire, est un précieux allié. Mais à quel type de batterie le coupler ? « *Le projet concernant des pays du sud, la technologie doit opérer dans des conditions de température élevée. Plusieurs tests sont en cours selon différentes chimies des électrodes. Nous devons également travailler sur la gestion de l'électronique afin de limiter le vieillissement de la batterie, c'est-à-dire ne pas la charger quand cela n'est pas nécessaire* » explique la chercheuse. Toutes ces expérimentations, ainsi que des travaux de modélisation (voir encadré) et de simulation (voir ITW), permettent aux chercheurs d'assembler peu à peu les briques technologiques des dispositifs électrochimiques de stockage.

L'ÉLECTROCHIMIE EN 3D

Des mordus de la 3D livrent une nouvelle approche de modélisation des batteries, électrolyseurs et Piles à combustible (PAC). Grâce à leur code de calcul Memphis, ils peuvent prédire la durée de vie de ces dispositifs électrochimiques en fonction de leur nature chimique et de leurs conditions d'utilisation.

À ce jour, des chercheurs du CEA détiennent 29 brevets sur des recommandations d'utilisation et de conception de ces dispositifs. Ils travaillent actuellement à l'optimisation des batteries lithium-ion de nouvelle technologie graphite/fer-phosphate (matériaux employés pour les électrodes) pour le secteur de l'automobile. Parallèlement, ils collaborent avec Nissan depuis trois ans sur l'utilisation des PAC, toujours dans le domaine du transport. « *Nous apportons un gain de temps considérable aux industriels puisque nos modèles permettent de réduire la quantité et les coûts des expérimentations. Il s'agit de proposer, grâce à la 3D, une meilleure compréhension des phénomènes électrochimiques afin d'améliorer les performances, la durabilité et la rentabilité économique des systèmes développés* » confie Alejandro Franco, responsable de l'équipe de modélisateurs au CEA-Liten.

LE STOCKAGE THERMIQUE OU LE PRINCIPE DE LA PIERRE AU COIN DU FEU

Si l'énergie solaire permet de fournir de l'électricité, elle produit également de la chaleur. Celle-ci peut aussi être stockée au sein de matériaux capables de la restituer pour chauffer des fluides. À la clé, la production d'électricité grâce à ces fluides caloporteurs qui génèrent suffisamment de vapeur d'eau pour activer des turbines…

Mettre une pierre à côté du feu et la déplacer, chaude, vers l'endroit à réchauffer. Si le stockage thermique est aussi vieux que la découverte du feu, il n'en demeure pas moins une solution d'avenir pour générer chaleur et électricité. L'approche porte déjà ses fruits, à l'instar de la centrale **solaire à concentration thermique**• Gemasolar en Espagne qui peut fournir de l'électricité 24h/24.

• Solaire à concentration thermique : technologie de conversion de la lumière du Soleil (Photons) directement en chaleur grâce aux miroirs des panneaux thermiques qui la captent.

Trois phénomènes physiques

Le stockage thermique repose sur plusieurs phénomènes physiques. Le premier, appelé « chaleur sensible », est très présent dans notre quotidien. Il consiste à utiliser la chaleur pour augmenter la température d'un matériau solide ou liquide qui peut à son tour chauffer un fluide : *« Cela se fait déjà avec les ballons d'eau chaude qui, couplés à des panneaux solaires thermiques, alimentent un édifice en eau chaude sanitaire »* indique Jean-François Fourmigué du CEA-Liten. Le deuxième phénomène repose sur les **Matériaux à changement de phase (MCP)**•, comme les sels ou la paraffine, qui, selon la température appliquée, accumulent ou restituent la chaleur. Enfin, le troisième phénomène résulte de réactions chimiques réversibles qui, dans un sens, ont besoin d'un apport de chaleur pour se réaliser et, dans l'autre sens, dégagent une chaleur équivalente. Le stockage thermique permet également de stocker l'électricité, notamment par pompage thermique dans un système actuellement à l'étude par le CEA-Liten avec la société SAIPEM dans le cadre du projet ANR SETHER.

• Matériaux à changement de phase : matériaux qui changent d'état physique (solide/liquide) à une certaine température. Si son point de fusion est de 20 °C, le matériau accumule la chaleur des rayons du soleil lorsqu'elle excède 20 °C, et il la restitue lorsque cette température baisse.

Les échanges thermiques au cœur du dispositif

Avec le développement des centrales solaires concentrées, de nouveaux dispositifs voient le jour ; notamment pour le stockage massif de l'électricité ou la valorisation énergétique des rejets thermiques industriels. Pour proposer des technologies matures, ces systèmes font l'objet d'une R & D importante afin d'être mieux adaptés aux niveaux de températures, tel que l'explique le chercheur : *« Les aspects transfert de chaleur sont très importants car l'énergie solaire est toujours absorbée par un fluide et doit être cédée à un solide pour être stockée. Les capacités de stockage et le temps de réponse des systèmes sont conditionnés par la qualité de ces échanges thermiques. Nous travaillons par exemple à l'optimisation de dispositifs basés sur la chaleur sensible d'un solide ou sur l'utilisation concrète des MCP dont le taux de transfert de chaleur reste à améliorer. »*

Plusieurs matériaux à l'essai

À ce titre, des équipes du CEA analysent différents matériaux pour en déterminer les propriétés physiques thermiques, la tenue dans le temps et la compatibilité avec les fluides caloporteurs. Ils disposent de plusieurs installations expérimentales comme la boucle CLAIRE à Grenoble. Dédiée aux hautes températures (supérieures à 500 °C) avec de l'air comme fluide caloporteur, elle est déjà à l'échelle semi-industrielle avec des volumes de stockage (10 m^3) et des puissances thermiques (1 MW) significatifs. De même, l'installation STONE, préfiguration de la centrale solaire de Cadarache, permet d'étudier en détail le parcours d'un fluide caloporteur dans un lit de roche grâce à une instrumentation très fine (220 mesures de température pour 3 m^3 de stockage) et des simulations numériques. Parcours que résume Patrice Tochon du CEA-Liten : *« Envoyé chaud dans un réservoir de stockage, le fluide cède progressivement sa chaleur aux cailloux (du haut vers le bas) puis ressort froid ; lorsque le Soleil n'est plus suffisant pour apporter de l'énergie à la centrale, le fluide est injecté froid en bas du réservoir, se réchauffe au contact du lit de roche puis est récupéré en haut du réservoir pour produire de l'électricité*[1]*. »* De la pierre posée sur le feu, aux cailloux installés près d'une centrale solaire, cette vieille recette est toujours d'actualité…

Notes :

1. *L'électricité est produite grâce au fluide caloporteur qui chauffe un liquide dont la vapeur active des turbines.*

Vérification d'un panneau solaire thermique.

Plus d'informations sur www.cea.fr

LE STOCKAGE STATIONNAIRE DE L'ÉNERGIE, UN ENJEU POUR LE DÉVELOPPEMENT DES ÉNERGIES RENOUVELABLES

Avec son équipe, Isabelle Noirot-le-Borgne, chercheuse au Département Biomasse et Hydrogène du CEA-Liten, a mis au point un outil de modélisation permettant de simuler l'insertion des énergies renouvelables dans un réseau électrique en fonction de différentes solutions de stockage.

Pourquoi le stockage stationnaire de l'énergie électrique est-il déterminant pour les énergies renouvelables ?

Le stockage stationnaire de l'énergie électrique est une solution pour pallier l'intermittence des Énergies renouvelables (EnR) et surtout pour optimiser leur intégration dans le réseau électrique. En effet, ce dernier ne doit pas être déstabilisé par l'injection de volumes de production ou de consommation non anticipés. Le stockage permet d'absorber les fluctuations et les productions ne respectant pas les prévisions. L'objectif est bien d'accroître le taux de pénétration des EnR mais, pour cela, nous devons maîtriser l'insertion complexe de ces énergies dans les systèmes électriques. En partenariat avec l'Ademe, nous avons développé un outil dénommé Odyssey, capable de simuler ces insertions.

Comment déterminer les meilleures technologies de stockage ?

Plusieurs paramètres sont à prendre en compte dans le stockage : vecteur énergétique (électricité, chaleur, hydrogène), application (système autonome, nomade ou stationnaire), conditions météorologiques (ensoleillement, vent), fonctions (lissage, report, garantie ou effacement de production), profils de charge et de décharge, taux d'utilisation ou de non-satisfaction en énergie et en temps... Nous avons testé notre outil de simulation sur le cas concret d'un appel d'offres pour la production d'électricité à partir de l'énergie solaire photovoltaïque dans une région insulaire. Au regard de différents critères, nous avons analysé trois systèmes de stockage : le premier constitué de batteries plomb-acide, le deuxième étant une chaîne « hydrogène » avec un électrolyseur, un module de stockage et une pile à combustible, le dernier combinant ces deux technologies de stockage.

Quelles sont vos conclusions ?

Cette étude de cas nous a permis de tester avec succès notre outil, lequel a confirmé l'intérêt que représente l'hybridation d'une chaîne hydrogène avec des batteries. Il a surtout révélé que l'optimisation du dimensionnement du stockage de l'électricité couplé aux EnR n'est pas chose aisée. D'autant que le critère économique n'a pas été encore pris en compte (coûts d'investissement, de fonctionnement, de remplacement des composants, etc.). D'autres projets sont en cours, notamment pour proposer une approche systémique d'évaluation de l'intérêt technique, économique et environnemental des technologies de stockage.

Propos recueillis par Aude Ganier

LE CEA DANS LES MÉDIAS

SE FORMER AU DÉMANTÈLEMENT

MIDI LIBRE / 12 MARS 2012

Le quotidien régional présente une licence professionnelle sur le démantèlement, la gestion des déchets, de la dépollution et des risques industriels. Proposée par l'Institut national des sciences et techniques (INSTN), le CEA/Marcoule et l'Université de Nîmes-Montpellier 1, elle connaît un regain d'intérêt car 100 % des étudiants trouvent un emploi à son issue.

Formation de gestion des déchets et des effluents appliquée au démantèlement.

DÉCRYPTER L'APPRENTISSAGE DE LA LECTURE

LE PARISIEN / 5 MARS 2012

Les scientifiques de la plate-forme Neurospin du CEA/Saclay préparent une étude inédite. Objectif : comprendre comment évolue le cerveau d'un enfant apprenant à lire pour, notamment, combattre certains troubles comme la dyslexie. L'étude, tel que le précise le journal, portera sur douze volontaires qui seront soumis à des iRM en fin de grande section maternelle puis tout au long du CP.

FUKUSHIMA, UN AN APRÈS

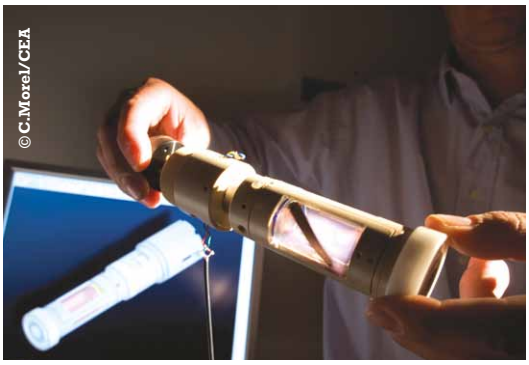
LIBÉRATION / 3 MARS 2012

De retour du site de Fukushima, l'administrateur général du CEA, Bernard Bigot revient sur les causes et les conséquences de l'accident survenu il y a un an. Il rappelle au quotidien que la conception d'une installation doit préserver les fonctions de sûreté en toutes circonstances. Car pour maîtriser le risque nucléaire, même en cas de fusion du cœur, la radioactivité doit être confinée, ce que garantissent les réacteurs de 3e génération tels l'EPR.

MESURER LE BOUCLIER MAGNÉTIQUE

LE FIGARO / 23 FÉVRIER 2012

Les trois satellites européens Swarm, fabriqués par l'industriel franco-allemand Astrium, seront lancés cet été depuis la base russe de Plesetsk. À leur bord, cinq instruments dont le magnétomètre ASM fourni par le CEA-Léti et le Cnes, mesureront avec une précision de 1 milliardième de Tesla les variations d'intensité du champ magnétique terrestre indique le quotidien.



Magnétomètre pour la mesure du champ magnétique terrestre.

PLAQUER LE PLATINE

WWW.ENVIRO2B.COM / 7 MARS 2012

Le site d'informations revient sur des catalyseurs sans platine mis au point par le CEA. Ils pourraient donner un nouvel essor aux Piles à combustible (PAC) contraintes aujourd'hui par le coût élevé du platine, matériau le plus efficace pour catalyser des réactions électrochimiques. Ces nouveaux catalyseurs sont développés à partir de nanotubes de carbone aussi performants que le platine.

Micropile à combustible à faible chargement en platine.

KIOSQUE

À la découverte des territoires invisibles

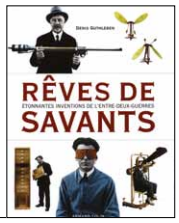
Sylvie Captain-Sass, artiste plasticienne, explore les rivages complexes du cerveau dans une exposition inédite. S'inspirant de l'imagerie médicale et des dernières découvertes des neuroscientifiques, dont ceux du CEA à Neurospin, elle cartographie la plasticité neuronale sous forme de territoires invisibles. Son investigation l'amène à comprendre la grande malléabilité du système neuronal qui permet à l'homme de s'adapter, de transformer et de créer.

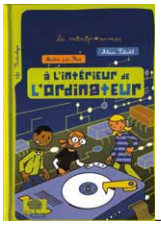
Le cerveau plasticien. Cité des sciences et de l'industrie. Paris. Jusqu'au 29 avril 2012

Petite invention deviendra grande

Voyager à travers le temps et découvrir le monde scientifique de l'entre-deux-guerres. De la chaise pliante, à l'extincteur d'incendie en passant par la voiture électrique, toutes les origines des inventions de l'Office au lendemain de la Première Guerre mondiale sont ici consignées. *« Derrière la petite histoire se dissimule ainsi souvent la grande, et chaque invention, aussi modeste soit-elle, cache une réalité historique inestimable. »*

Rêves de savants. Denis Guthleben. Ed. Colin. 25 €





Mais qu'y a-t-il dans les ordinateurs ?

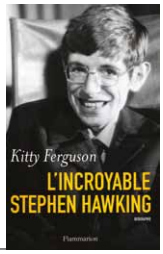
Quatre enfants s'adonnent à une partie vidéo lorsque l'ordinateur s'éteint subitement. Un incident qui leur donne l'occasion de s'interroger sur cet outil du quotidien. Si son utilisation est intuitive, son fonctionnement l'est beaucoup moins. Ce petit livre illustré donne l'occasion de comprendre ce qu'est une puce, un disque dur, un microprocesseur, les différents langages utilisés, un programme. Écrit pour les petits il ne manquera pas d'intéresser les plus grands.

À l'intérieur de l'ordinateur. Alain Schul. Les minipommes. 8,90 €

Mieux connaître Stephen Hawking

Stephen Hawking est l'un des scientifiques les plus importants de notre temps. Il a bouleversé notre compréhension de l'Univers en travaillant sur l'espace-temps, le big bang, les trous noirs, les bébés univers... Ces avancées, on les doit à son intelligence exceptionnelle, à son esprit aventureux et à sa force de caractère face à la maladie et au handicap. Voici une biographie captivante sur la vie et l'œuvre d'un des plus grands physiciens depuis Einstein.

L'incroyable Stephen Hawking. Kitty Ferguson. Flammarion. 23 €



SUR LE WEB

FICTION PÉDAGOGIQUE

Suspens et ambiance « 24 h Chrono » pour cette vidéo fiction pédagogique ! Son scénario repose sur 20 concepts physiques, dont huit développés au CEA, à découvrir au cours d'une enquête anti-terroriste. Il suffit pour cela de cliquer dès qu'ils sont évoqués, que ce soit dans un objet high-tech ou du quotidien, une action ou encore un décor. À vous de jouer !

www.cea.fr/jeunes/mediatheques/

© F.Rhodes/CEA

© Kanpai

LES LEÇONS DE FUKUSHIMA

Un an après Fukushima, le CEA livre dans un dossier spécial les enseignements qu'il a tiré de l'accident de la centrale nippone. Évaluations complémentaires de sûreté de ses installations, recherches qu'il mène dans le domaine la sûreté nucléaire, position sur la part du nucléaire dans un mix énergétique... Le CEA fait le point sur toutes ses questions sur son site.

www.cea.fr/energies/

ANTICIPER LE CLIMAT FUTUR

Quel sera le réchauffement de notre planète à la fin de ce siècle ? En complément du Coup de projecteur de ce mois (voir p. 6-7), retrouvez les explications détaillées des simulations des possibles climats futurs réalisées par les experts français, selon différents *scénarii* d'émission de gaz à effet de serre. Un travail qui sera exploité pour le rapport 2013 du GIEC.

www.cea.fr/presse

© F.Rhodes/CEA

EXPO EXEO²

Grenoble. Minatec. Jusqu'au 19 avril 2012

De novembre 2009 à janvier 2011, la plasticienne Valérie Legembre a partagé le quotidien des chercheurs de quatre instituts du CEA-Grenoble. Comme témoignage de son immersion, elle expose ses réalisations photographiques développées selon une technique qu'elle a brevetée : des peaux-de-photos® obtenues par l'empilement de différentes couches de gélatine contenant l'image (gélatine arrachée au support papier initial).