

Rapport annuel 2014

Notre mission.

**Matériaux et technologies pour
un développement durable.**

4

Préface

6

L'année en rétrospective

11

Projets en mire

51

Axes de recherche

71

De la recherche à l'innovation

97

Faits et chiffres

Editeur: Empa; Conception/Maquette/Graphique: Empa; Impression: Neidhart+Schön AG, Zürich

© Empa 2015 – ISSN 1660-2285 Rapport annuel Empa

ClimatePartner
climatiquement neutre
Impression ID: 53232-1504-1011





Le courage du risque – le succès grâce à l’innovation

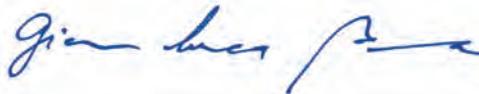
Régulièrement, la Suisse obtient pour ce qui est des innovations des résultats éblouissants dans les classements internationaux, ces fameux «rankings». Les médias sont alors remplis de superlatifs; on parle de la Suisse comme «champion du monde de l’innovation» – et cela en série – de l’économie la plus concurrentielle et bien d’autres louanges encore. Des performances extraordinaires pour un aussi petit pays – et qui montrent avant tout une chose: sa ressource de loin la plus importante, et qui le restera à l’avenir encore, sont les innovations, et avec elles aussi les cerveaux qui les conçoivent.

Mais au fait, comment sont «produites» les innovations? Comment une bonne idée, des résultats de recherche exceptionnels deviennent un produit capable de révolutionner le marché? Une question que se pose sans cesse à nouveau un institut de recherche tel que l’Empa. Nous nous présentons nous-même souvent comme le creuset d’innovations de la Suisse, comme membre important de la scène de l’innovation du pays qui contribue à ce que la Suisse soit depuis des années en tête de rankings tels que le «Global Innovation Index». «The Place where Innovation Starts», ce n’est rien moins que cela que l’Empa désire donner comme image de soi. Comment l’Empa doit-elle se positionner pour relancer sans cesse à nouveau le moteur de l’innovation? Ou formulé autrement: Quelle est la part souhaitable de la recherche fondamentale et quelle est celle indispensable du développement technologique? Les deux étant naturellement absolument nécessaires. Mais où se situe l’équilibre idéal?

Pour pouvoir remplir sans cesse nouveau notre pipeline de projets, une recherche fondamentale de pointe dans notre domaine central qu’est la science des matériaux est décisive. Ceci va de pair avec une collaboration étroite avec les deux EPF et les universités suisses mais aussi avec un échange intense avec d’autres instituts de recherche dans le monde entier. C’est à cette condition seulement que nous pouvons fournir à nos nombreux partenaires économiques de nouvelles impulsions et être un partenaire toujours compétent en matière de technologie.

Pour rester concurrentiel sur la plan international et demeurer en tête de peloton, il ne faut pas craindre les risques. Les grandes avancées ne se produisent pas dans un environnement marqué par des obstacles bureaucratiques sans cesse croissants ni par un isolationnisme hautain. Une mentalité «casco complète» ne conduit pas à des innovations, tout au plus à des améliorations incrémentales.

Ce n’est que grâce à des entrepreneurs courageux, à la vision large, qui font participer leurs collaborateurs à leur succès et grâce à des conditions cadres ouvertes et libérales dans un environnement stable que nous sommes arrivés aussi loin. Il faut aussi avoir le courage d’échouer, et cela vaut aussi plus particulièrement pour l’avenir, pour créer du nouveau avec succès dans un environnement compétitif global. C’est là la vision ambitieuse et orientée vers l’avenir de l’Empa en tant qu’institut de recherche, avec les start-ups de ses incubateurs et son engagement pour le parc d’innovation suisse.



Prof. Dr. Gian-Luca Bona, Directeur

01

Fin d'alerte pour les nano-peintures

Après 42 mois, le projet UE «Nanohouse» s'est achevé avec une fin d'alerte prudente: les nanoparticules que renferment les peintures pour façades ne présentent pas de danger particulier pour la santé.

Collaboration KIST-Empa

A l'occasion de la visite en Suisse de la Présidente de la Corée du Sud, Park Geun-hye, l'Empa a signé un «Memorandum of Understanding» avec le Korea Institute of Science and Technology (KIST). Depuis, de nombreux projets communs ont été lancés dans le domaine de l'énergie.



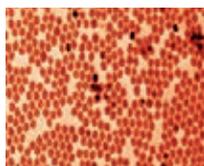
02

Soucis pour la coopération avec l'UE

Après le oui à l'initiative contre l'immigration de masse, les hautes écoles et les instituts de recherche suisses, et donc aussi l'Empa, ont exigé que le Conseil fédéral entreprenne tout ce qui est en son pouvoir pour que la Suisse puisse continuer à participer aux programmes de recherche de l'UE.

Des nanocristaux d'antimoine pour les batteries

Des chercheurs de l'Empa et de l'EPF de Zurich sont parvenus à synthétiser pour la première fois des cristaux d'antimoine qui sont considérés comme une alternative prometteuse pour confectionner les électrodes de batteries à haute capacité de charge.



03

Une tôle qui ne ferraille jamais

Ce matériau pourrait révolutionner l'univers de la mécanique: il est «programmable» et peut, sur simple pression sur un bouton, amortir complètement les vibrations ou encore aussi ne laisser se propager que certaines fréquences définies. Il a été développé par des chercheurs de l'Empa et de l'EPF de Zurich.

Page 31



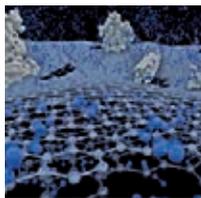
Durabilité et TIC

Le chercheur de l'Empa Lorenz Hilty, qui occupe la chaire Informatique et durabilité à l'Université de Zurich a été nommé en tant que (premier) délégué à la durabilité au sein de la direction de l'université.

04

Le graphène poreux: un ultrafiltre très performant

Une membrane de graphène ultrafine, extrêmement légère et «respirante», développée par des chercheurs de l'Empa et de l'EPF de Zurich pourrait permettre de réaliser de meilleurs vêtements de pluie mais aussi des ultrafiltres très performants, ainsi que l'a rapporté un article publié dans «Science».



Victoire lors du «venture kick»

La nouvelle technologie de chercheurs de l'Empa pour transformer l'énergie éolienne en électricité avec des cerfs-volants high-tech a remporté le «venture kick» doté d'un prix de 130'000 francs. Cette équipe a déjà fondé la spin-off TwingTec AG.



05

La nanocellulose pour lutter contre les marées noires



Un nouveau matériau absorbant issu de la recherche sur le bois de l'Empa pourrait à l'avenir aider à lutter contre les marées noires: la nanocellulose chimiquement modifiée. Cette matière légère absorbe les hydrocarbures, flotte sur l'eau et peut ensuite se récupérer aisément.

Page 28

La technologie de l'Empa dans l'espace

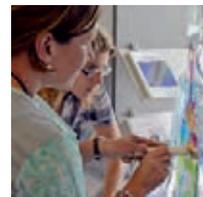
Après son voyage de dix ans à travers l'espace, la sonde «Rosetta» a atteint au mois de mai son objectif: la comète «67P/Churyumov-Gerasimenko». Avec à son bord deux spectromètres de masse comportant des capteurs métal-céramique complexes de l'Empa pour analyser l'atmosphère de cette comète.

Page 25

06

«Expo Nano» hôte de l'Empa

Au mois de juillet, l'«Expo Nano» a fait halte à l'Empa. Cette exposition itinérante thématise les chances et les risques de la nanotechnologie et montre quelles sont les applications des nanomatériaux. L'occasion aussi pour les chercheurs de l'Empa de présenter leurs travaux en nanorecherche médicale.



Un œil de mite artificiel qui fournit de l'électricité solaire

Dans le monde entier, des scientifiques travaillent sur des cellules solaires qui imitent la photosynthèse des plantes. Des chercheurs de l'Empa ont réalisé une telle cellule photoélectrochimique qui s'inspire d'un œil de mite, ce qui accroît considérablement son rendement énergétique.

Page 22

07

Les textiles argentiques dans la machine à laver

Les textiles antibactériens revêtus d'argent sont à la mode. Une équipe de l'Empa a étudié comment les différents types de revêtements argentiques se comportaient au lavage: les textiles nanorevêtus libéraient moins de particules d'argent dans l'eau de lavage que ceux ayant un revêtement conventionnel.



Camp d'été de l'Empa

Près de 20 enfants de collaborateurs de l'Empa ont participé au 11e camp d'été. A côté des expériences de laboratoire, des ateliers de bricolage scientifiques et de différentes excursions, la construction d'un pont par-dessus le ruisseau Chrisbach fut un point fort de ce camp.

Succès pour des chercheurs de l'Empa

Afin de mieux promouvoir la recherche appliquée, le Fonds national a lancé son initiative «precoR». Six projets, parmi les 27 soumis, bénéficieront d'un soutien financier, dont trois émanaient de chercheurs de l'Empa.

09

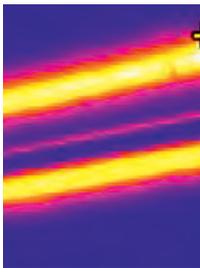
Le trou d'ozone s'est stabilisé

Le chercheur de l'Empa Stefan Reimann a participé en tant que «lead author» à la rédaction du dernier rapport d'experts internationaux de l'ONU sur l'état de la couche d'ozone qui a été présenté le 10 septembre au siège de l'ONU à New-York.

Page 38

Un alliage conscient de sa forme

Après avoir été pliée, une monture de lunettes en alliage à mémoire de forme retrouve rapidement sa forme lorsqu'on la chauffe. Des chercheurs de l'Empa utilisent ce type de matériaux dans la construction pour la précontrainte du béton.



08

Début des travaux pour «NEST»

Le premier coup de pioche du nouveau du bâtiment modulaire de recherche et d'innovation «NEST» a été donné à la fin du mois d'août sur le site de l'Empa à Dübendorf. L'ossature du bâtiment devrait être achevée fin 2015. Les premiers modules de recherche suivront peu après.



Des nanotubes en couverture de «Nature»

Des chercheurs de l'Empa sont parvenus à faire «croître» des nanotubes de carbone avec une structure prédéterminée – et ainsi aussi des propriétés électroniques identiques. Ces nanotubes pourraient à l'avenir s'utiliser dans des détecteurs de lumière ultrasensibles et dans des mini-transistors.

Page 19

10

Un conseiller fédéral lors du coup d'envoi du SCCER

Le conseiller fédéral Johann Schneider-Ammann s'est informé au début du mois d'octobre sur les travaux que l'Empa mène dans le cadre du «Swiss Competence Center for Energy Research» (SCCER) pour l'efficacité énergétique des bâtiments dont l'Empa assume la direction.



Une petite coup de fouet à la caféine pour les prématurés

Des chercheurs de l'Empa ont développé une membrane activable capable d'administrer des substances actives de manière douce à travers la peau. Ceci pourrait permettre par exemple d'éviter un stress aux prématurés lors de l'administration de caféine destinée à prévenir chez eux les arrêts respiratoires intermittents.

Page 12

11

Une équipe de l'Empa honorée aux USA

Les chercheurs de l'Empa Artur Braun, Florent Bou-doire, Rita Toth et Jakob Heier ont été cités par la revue US «Foreign Policy» dans la liste des «100 Leading Global Thinkers 2014» dans le domaine Innovation et ont reçu leur distinction à Washington en présence du ministre des affaires étrangères US John Kerry.



Le Domaine des EPF, un modèle en matière d'énergie

Le Domaine des EPF, dont fait aussi partie l'Empa, prend au sérieux son rôle de modèle en matière d'énergie et soutient la Confédération dans la mise en œuvre de sa Stratégie énergétique 2050, non seulement par l'enseignement et la recherche mais aussi au niveau des infrastructures et de l'exploitation.

12

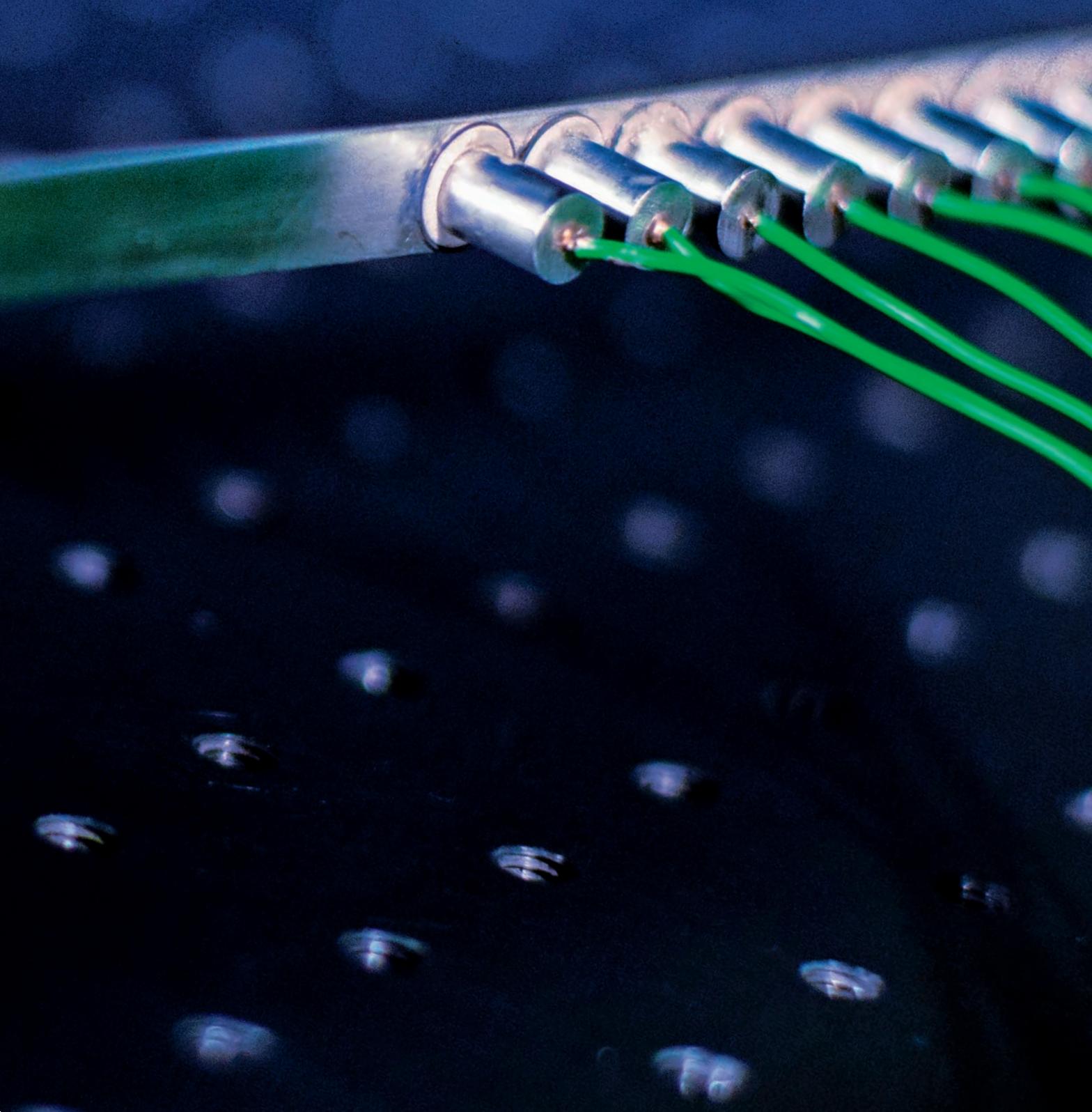
Un guide du bon usage du nano

Le guide «LICARA», élaboré sous la direction de l'Empa dans un projet de l'UE, se propose d'aider les PME de toutes les branches à mieux estimer les avantages et les désavantages des nanomatériaux et à prendre les décisions sur leur utilisation.

Retardateur de flamme pour les avions d'affaire

Un nouveau revêtement protège l'intérieur des avions contre le feu. Ce produit n'est pas seulement plus écologique que les retardateurs de flamme utilisés jusqu'ici mais son application est encore plus rapide.







Projets en mire

Développer de nouveaux matériaux et faire progresser les nouvelles technologies, donner des impulsions pour un développement durable de notre société; créer les bases scientifiques nécessaires aux décisions politiques et sociétales – ce sont là les objectifs centraux que l’Empa poursuit par la recherche et le développement, à travers des co-opérations et des partenariats, par des services, des expertises et des conseils. Les «instantanés» ci-après de ses laboratoires donnent un aperçu de la variété des activités de recherche de l’Empa.

Mesurer le taux de sucre sanguin à travers la peau – sans aucune prise de sang

En Suisse, un enfant sur douze naît avant terme. Chez ces prématurés, une surveillance du taux de sucre sanguin est absolument nécessaire, car s'ils font une hypoglycémie qui dure plus d'une heure, cela peut entraîner des troubles de leur développement cérébral. Il n'est toutefois pas possible de procéder chez ces petits êtres sensibles à des prises de sang répétées durant des heures, les pertes de sang et le stress seraient trop importants. C'est aussi pourquoi l'Empa et l'Hôpital universitaire de Zurich ont développé dans un projet d'une durée cinq ans, financé par le Fonds national suisse, le capteur «Glucolight» qui mesure de taux de sucre sanguin à travers la peau et sans aucune prise de sang.

Il existe certes déjà de tels capteurs cutanés mais ceux-ci doivent être calibrés avant chaque utilisation. Ce qui demande de connaître la perméabilité de la peau. Pour déterminer cette perméabilité, on procède à la mesure du taux de sucre sanguin avec une prise de sang et l'on mesure simultanément le taux de glucose sur la peau. Ces deux mesures permettent alors de calculer la perméabilité de la peau et ainsi de calibrer le capteur.

3

centimètres, le diamètre du capteur qui permet de mesurer le taux de sucre sanguin à travers la peau sans aucune de prise de sang.

Grâce à une membrane «intelligente» et à un nouveau capteur

«Glucolight» est une méthode non invasive de détermination de la glycémie qui épargne aux prématurés les prises de sang jusqu'ici inévitables et qui permet simultanément de surveiller en continu leur taux de sucre sanguin.

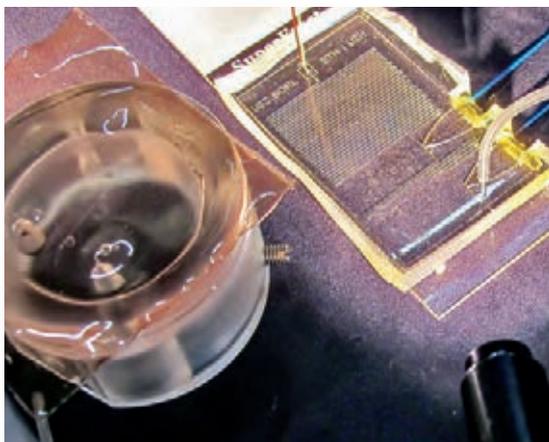
Ceci grâce à une nouvelle technique de

mesure. Le capteur d'une taille d'environ trois centimètres est collé sur la peau du nourrisson et est relié à un fluoromètre placé à côté de la couveuse. Le fluoromètre enregistre les valeurs de mesure et les évalue. Le «Glucolight se compose ainsi de la membrane «intelligente» développée par l'Empa et de la tête de mesure ainsi que du fluoromètre développés par l'Hôpital universitaire de Zurich.

La membrane «intelligente» de l'Empa renferme des groupes fonctionnels photosensibles, dénommés spiropyranes, qui confèrent à la membrane la propriété de s'ouvrir lorsqu'elle est exposée à un rayonnement ultraviolet et de laisser ainsi passer davantage de molécules de glucose que lorsqu'elle est exposée à la lumière normale. La tête de mesure située derrière la membrane enregistre les deux valeurs ainsi obtenues à partir desquelles l'ordinateur calcule la glycémie du prématuré.



© iStockphoto



1

La recherche sur et avec le «Glucolight» se poursuit

A la mi-2014, «Glucolight» a fait l'objet d'une demande de brevet. Les premières études cliniques à l'Hôpital universitaire de Zurich sont prévues pour le courant 2015. Il pourrait toutefois s'écouler encore quelques années d'ici que le «Glucolight» soit utilisé de manière standard. Actuellement l'Empa et l'Hôpital universitaire de Zurich sont en tractation avec des partenaires pour la fabrication industrielle de ce capteur. Les chercheurs pensent qu'à l'avenir le «Glucolight» pourra aussi s'utiliser dans d'autres domaines, par exemple pour les diabétiques.



2

1

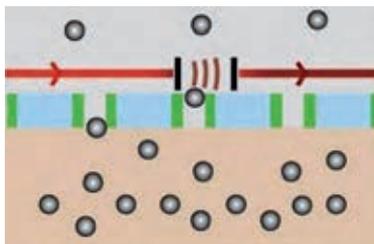
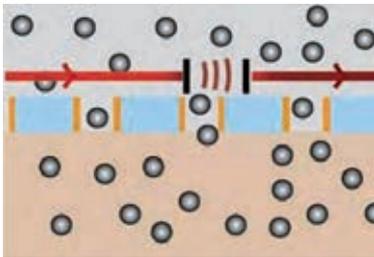
Les deux composants principaux du «Glucolight»: à gauche, le tête de mesure avec la membrane «intelligente» de l'Empa et à droite la puce microfluidique développée par l'Hôpital universitaire de Zurich.

2

La tête de mesure du «Glucolight» avec sa membrane intelligente.

3

Représentation schématique de la perméabilité de la membrane «intelligente» en lumière visible (en bas) et en lumière ultraviolette (en haut).



3

Deuxième domaine d'utilisation de la membrane: un patch à la caféine pour les prématurés

Dans le courant du projet «Glucolight» les chercheurs ont découvert une autre possibilité d'utilisation de leur membrane, sa perméabilité «commutable» peut aussi s'utiliser dans l'autre sens, dans un patch renfermant des substances actives. Derrière la membrane, au lieu d'une tête de mesure, se trouve alors un dépôt de substance active. Lorsqu'elle est soumise à un rayonnement ultraviolet, la membrane devient plus perméable et délivre alors en douceur durant plusieurs heures la substance active à travers la peau. En absence de rayonnement ultraviolet, la membrane retient le médicament dans le dépôt. En utilisant ce principe, les chercheurs de l'Empa ont développé un patch à la caféine pour prévenir les arrêts respiratoires intermittents fréquents chez les prématurés. Ce patch est collé sur la peau du nourrisson et délivre la caféine en continu durant quelques heures à ces petits patients et leur épargne ainsi le stress d'une piqûre. //

Des freins high-tech pour la Cinquecento?

Un projet mûrit actuellement dans le laboratoire Céramiques hautes performances : des disques de freins en céramique pour les voitures de petite cylindrée. Sous la direction du Politecnico di Torino et en collaboration avec le fabricant de freins espagnol Fagor Ederlan, du spécialiste du brasage liechtensteinois Listemann AG et du centre de recherche C.R.F. de Fiat, l'Empa travaille au développement d'un disque de freins novateur pour les petites voitures de grande série. Le financement de la partie du projet réalisée par les partenaires suisses et liechtensteinois est assuré par la CTI.

Alors qu'actuellement les disques de freins sont en fonte résistant bien à la chaleur mais fort lourde, ces disques pourraient à l'avenir être réalisés en aluminium bien plus léger. Ce qui permettrait de gagner du poids et de réduire ainsi la consommation d'essence. De plus le comportement routier s'en trouverait amélioré du fait de la diminution de la masse non suspendue. Mais avant que ces freins légers deviennent réalité, il s'agit de résoudre un problème de matériau: l'aluminium que l'on se propose d'uti-

liser est mou et ne supporte donc pas le serrage brutal des plaquettes sur le disque. Il faut donc protéger l'aluminium par une couche de céramique qui assume le travail de friction et évacue la chaleur. Et c'est l'Empa qui développe cet élément essentiel. Les freins en céramique ne sont en soi pas nouveaux,

on en trouve déjà sur des voitures de compétition et de sport. Seulement, ils sont très chers et la technologie qu'ils utilisent n'est pas transposable aux petites voitures bon marché.

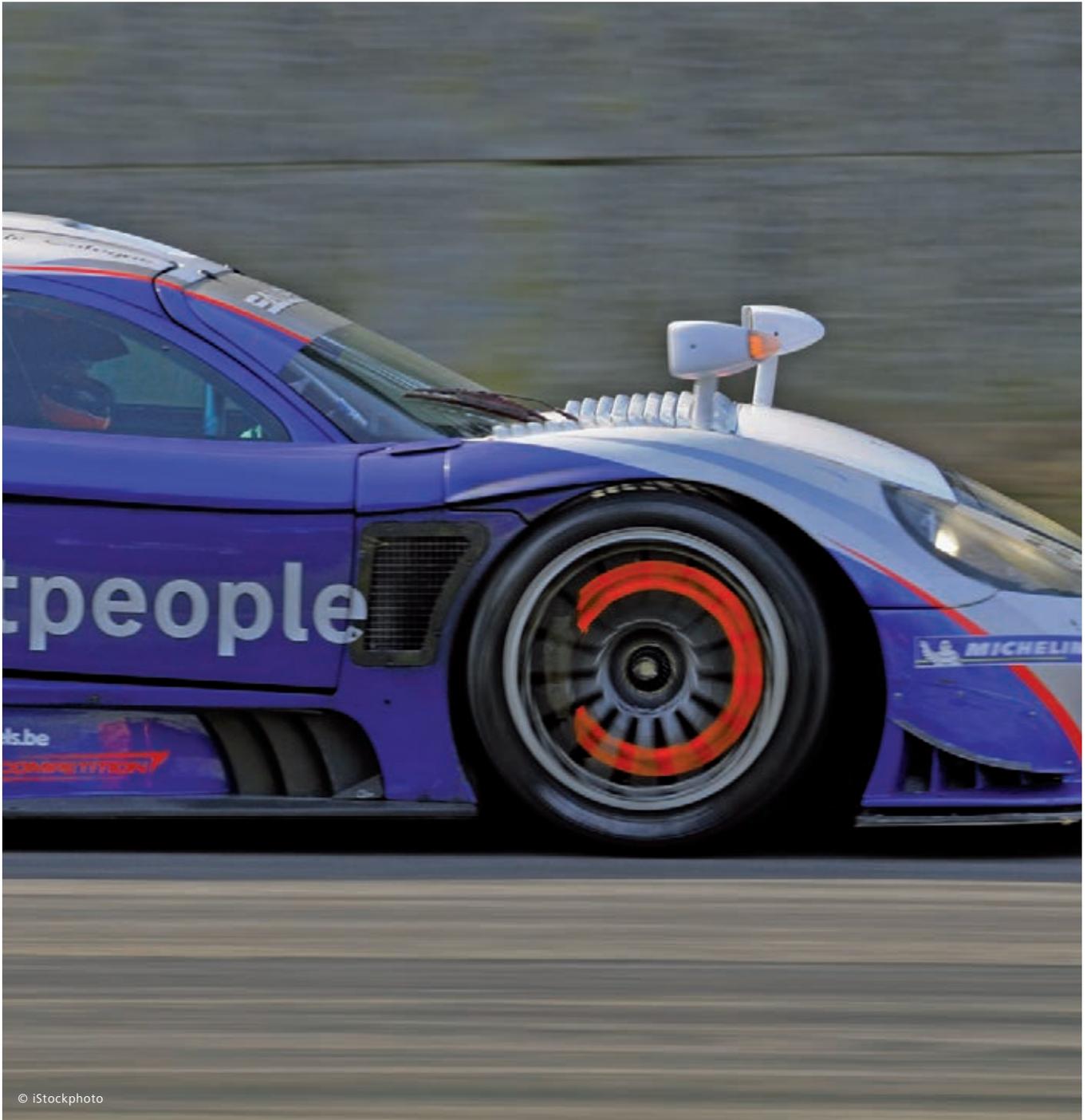
15

**couches forment le stratifié
céramique d'environ 2 mm
d'épaisseur développé par l'Empa
pour ces nouveaux disques de frein.**

Plusieurs obstacles techniques à franchir simultanément

Ce consortium de recherche a donc choisi une voie différente: des disques qui doivent pouvoir être produits facilement en grandes quantités et à bon marché et qui doivent tenir au

moins aussi longtemps que les disques en fonte. Après que l'équipe de l'Empa a testé de nombreux matériaux, le seul candidat restant était l'oxyde d'aluminium. Ce matériau s'utilise déjà pour produire de nombreuses pièces en céramique que l'on trouve un peu partout, du robinet à la prothèse de hanche, et il est en plus bon marché.



Avec ce matériau, les chercheurs de l'Empa ont conçu un stratifié céramique qui, en plus des couches d'oxyde d'aluminium, comporte une couche de carbure de silicium pour augmenter la conductivité thermique et une couche superficielle destinée à réguler l'usure et enfin une couche d'adhésion permettant de brasier la céramique sur l'aluminium. Chaque couche est produite à partir de barbotine étalée sur une feuille de polymère. Les différentes couches sont ensuite empilées puis comprimées à une température de plusieurs centaines de degrés, ce qui calcine les feuilles polymères et assure la liaison des couches entre elles. Le microscope électronique permet ensuite de contrôler la bonne réticulation des couches.

Pas de disque céramique mais des carreaux

Les chercheurs ont opté pour la fabrication de petits carreaux qui sont brasés les uns à côté des autres sur le disque en aluminium, un peu à la manière du carrelage d'une salle de bain. Cela parce que sous l'effet de la chaleur, l'aluminium se dilate trois à quatre fois plus que la céramique. Un revêtement céramique monolithique se dissocierait du support en aluminium du fait des fissures de tension.

Mais le brasage de ces petits carreaux n'est pas simple: l'aluminium fond à environ 700 degrés et il faut donc que le brasage s'effectue à des températures inférieures. Malgré cela, la brasure ne doit pas se ramollir lors d'une freinage brutal sinon les carreaux se décolleraient précisément lorsque on en a le plus urgent besoin. Les chercheurs du Politecnico di Torino ont développé une technique de brasage spéciale dont Listemann AG à Vaduz assure le passage à l'échelle industrielle. A la fin de ce projet, prévue pour avril 2015, une version de démonstration de ce frein sera disponible pour être testée sous toutes ses coutures et être ensuite montée sur une voiture d'essai. //

1

Le chercheur de l'Empa Jakob Kübler a développé l'élément décisif de ces nouveaux freins.



1

Germes moléculaires pour des nanotubes de carbone de structure définie

Les nanotubes de carbone (en anglais carbon nanotubes, CNT) – ces minuscules tubules constitués de feuillets de graphène avec une paroi d’une épaisseur monoatomique formés d’atomes de carbone disposés en nid d’abeilles sont souvent considérés comme l’exemple type d’un nanomatériau. Avec un diamètre situé dans le domaine d’un nanomètre, les nanotubes de carbone monofeuillets (angl. single walled CNT, SWCNT) font partie des structures quantiques; des différences infimes de leur structure, p. ex. de leur diamètre ou de l’orientation de leur grille atomique conduisent à des modifications dramatiques de leurs propriétés électroniques: un SWCNT peut être métallique alors qu’un autre de structure très légèrement différente sera semi-conducteur. D’où un fort intérêt pour les méthodes permettant d’obtenir des SWCNT de structure définie sous une forme aussi pure que possible. Des idées pour y parvenir ont certes déjà été formulées il y a une quinzaine d’années – mais ce n’est que maintenant que des physiciens des surfaces de l’Empa et des chimistes du Max-Planck-Institut für Festkörperforschung sont

parvenus à transposer une de ces idées dans la réalité du laboratoire – avec le soutien financier du Fonds national suisse (FNS).

En été 2014, ces chercheurs ont décrit dans la revue scientifique de renom «Nature» comment ils ont réussi pour la première

fois à faire «pousser» des SWCNT structurellement identiques sur une surface de platine et à déterminer ainsi aussi clairement leurs propriétés électroniques.

Depuis longtemps déjà des chercheurs de l’Empa étudiaient comment faire se transformer ou s’assembler des molécules sur une surface pour obtenir des nanostructures complexes. Avec un mode de synthèse appelé ‘bottom-up’, ils étaient déjà parvenus dans d’autres cas – par exemple pour les rubans de graphène

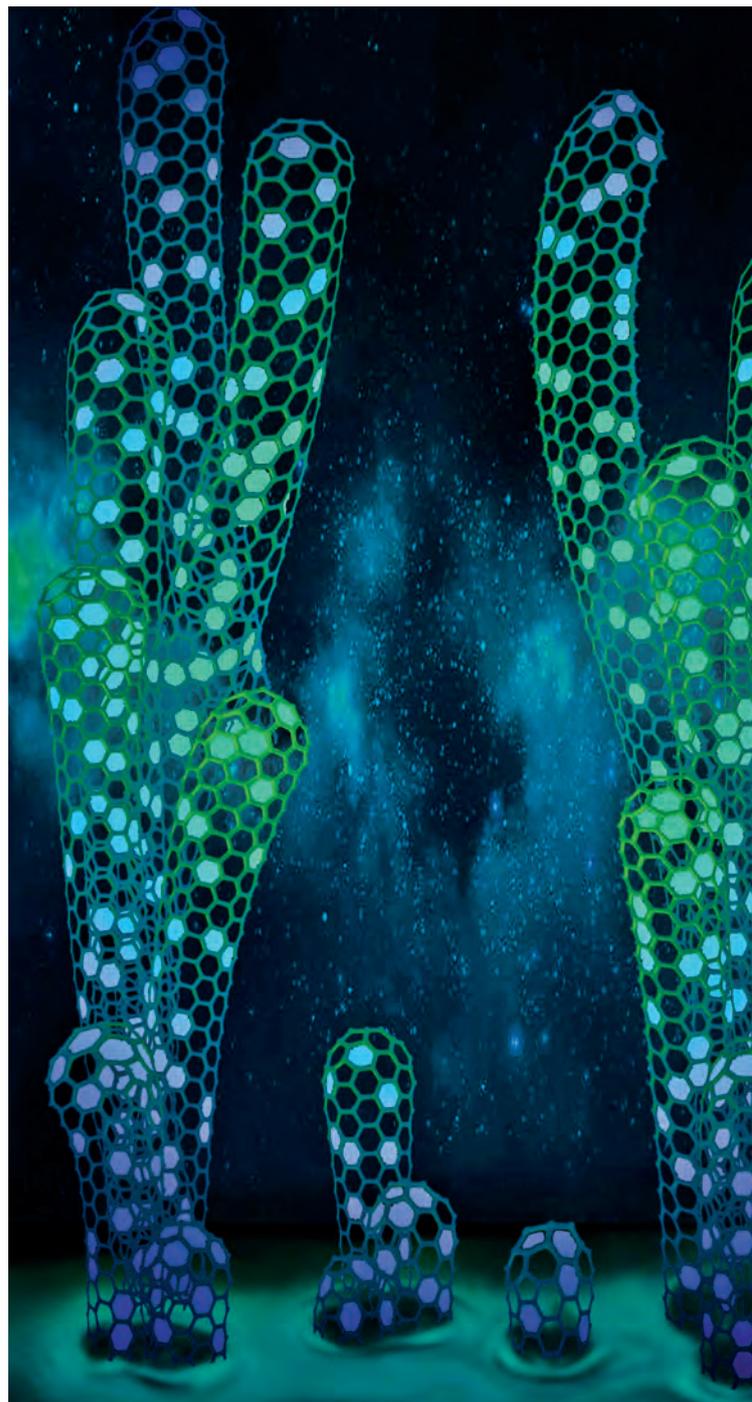
– à produire des nanostructures de manière ciblée. Le défi était ici de trouver les molécules précurseurs adéquates capables de germer effectivement sur une surface lisse. Ce sont finalement leurs collègues de l’Institut Max Planck à Stuttgart qui sont parvenus à synthétiser les molécules appropriées.

150

atomes forment la molécule de carbone – le «germe» – à partir de laquelle croissent les nanotubes de carbone monofeuillets.

Origami moléculaire

Dans une première étape, la molécule de départ plane doit se plier – à la manière d'un origami – pour former un objet tridimensionnel, le germe. Cela a lieu sur une surface de platine (Pt(111)) chauffée grâce à une réaction catalytique lors de laquelle de nouvelles liaisons carbone-carbone se forment par détachement d'atomes d'hydrogène en des points bien précis. La molécule plane se replie alors pour former le «germe»: une petite structure en forme de coupole avec un bord ouvert qui repose sur la surface de platine. Cette coupole forme le «couvrecle» du SWCNT. Au cours d'un second processus chimique, d'autres atomes de carbone, produits par décomposition catalytique de l'éthylène (C_2H_4) sur la surface de platine, viennent se déposer sur le bord ouvert entre la coupole et la surface de platine et soulèvent toujours plus la coupole; le nanotube croît lentement en hauteur. Sa structure atomique est déterminée uniquement par le germe. Les chercheurs ont pu le démontrer par une analyse des modes vibratoires des SWCNT et par des mesures à l'aide du microscope à effet tunnel (STM). D'autres examens avec le nouveau microscope à balayage à ions





1

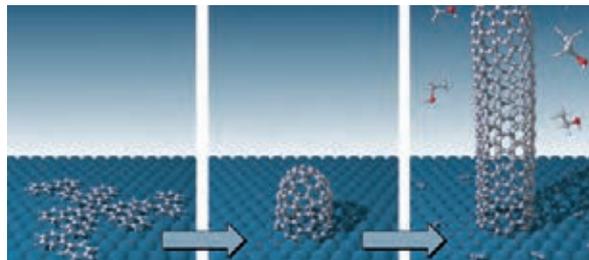
1
 A partir de molécules, il est possible de produire de manière sélective des nanotubes de carbone pour des applications en électronique: cette découverte à même fait la page de couverture de la revue scientifique de renom «Nature».

2
 Sur une surface de platine, la molécule de carbone précurseur plane se replie pour former une coupole qui forme le germe pour la croissance sélective d'un nanotube de carbone (6,6).

d'hélium (SHIM) de l'Empa montrent que les SWCNT créés atteignent une longueur de plus de plus de 300 nanomètres. Et ça marche!

Les SWCNT ainsi synthétisés sont des structures à symétrie miroir. Suivant la manière dont la maille atomique alvéolaire évolue à partir de la molécule de départ (de façon «droite» ou «oblique» par rapport à l'axe du CNT), il est aussi possible d'obtenir des nanotubes sans symétrie miroir, hélicoïdaux, c.-à-d. tournant à droite ou à gauche. Et c'est précisément aussi cette structure qui détermine les propriétés électroniques, thermoélectriques et optiques du matériau. Par le choix de la molécule initiale, les chercheurs peuvent donc créer de manière ciblée des matériaux aux propriétés différentes.

Dans une prochaine étape, ces scientifiques désirent encore mieux comprendre comment les SWCNT colonisent une surface. Car même si plus de 100 millions de nanotubes croissent par centimètre carré sur une surface de platine, seule une partie relativement faible des germes produisent effectivement des nanotubes «adultes». La question qui se pose maintenant est de savoir quels sont les processus qui en sont responsables et comment le rendement peut-il être augmenté. //



2

Un œil de mite artificiel pour capter la lumière

Dans le monde entier, les scientifiques travaillent sur des cellules solaires qui imitent la photosynthèse des plantes et qui produisent des carburants synthétiques tels que l'hydrogène à partir du rayonnement solaire et d'eau. Dans un projet cofinancé par le Fonds national suisse (FNS), des chercheurs de l'Empa ont développé une cellule photoélectrochimique qui imite l'œil des mites et qui accroît ainsi considérablement le taux de transformation du rayonnement solaire. Cette cellule se compose d'oxydes de fer et de tungstène, des matières premières peu coûteuses.

L'oxyde de fer, autrement dit la rouille, pourrait révolutionner la technique solaire: cette substance (le plus souvent indésirable) permet de confectionner des photoélectrodes qui scindent l'eau pour produire de l'hydrogène. Ainsi le rayonnement solaire n'est pas tout d'abord transformé en électricité mais directement en un carburant de valeur. Malheureusement ce matériau de base présente toutefois un défaut: bien que l'oxyde de fer absorbe la lumière précisément dans le domaine de longueur d'onde dans lequel le soleil émet le plus de lu-

30

nanomètres, l'épaisseur de la couche d'oxyde de fer qui recouvre les sphérules d'oxyde de tungstène. La lumière est réfléchi plusieurs fois par les sphérules d'oxyde de tungstène et finalement absorbée par l'oxyde de fer.

mière, il est très mauvais conducteur d'électricité et il doit donc s'utiliser sous forme de films ultraminces pour que la scission de l'eau fonctionne. Le désavantage: ces films minces absorbent trop peu le rayonnement solaire incident.

Des microsphères qui captent de rayonnement solaire

Des chercheurs de l'Empa sont parvenus à résoudre ce problème en développant une microstructure spéciale qui «capture» littéralement la lumière et ne la laisse plus s'échapper. Cette structure innovatrice repose sur de minuscules particules d'oxyde de tungstène qui, du fait de sa couleur jaune profond, peut aussi s'utiliser pour des photoélectrodes. Ces sphérules jaunes sont déposées sur une électrode pour être ensuite recouvertes d'une couche ultramince, de l'ordre du nanomètre, d'oxyde de fer. Lorsque la lumière tombe sur ces particules, elle est réfléchi plusieurs fois pour être finalement entièrement absorbée et la totalité de son énergie est disponible pour la scission des molécules d'eau. Cette cellule photoélectrochimique produit ainsi écologiquement et économiquement à partir de l'eau ce combustible de valeur qu'est l'hydrogène.

1

Florent Boudoire teste le taux de conversion d'une photoélectrode sur un simulateur de rayonnement solaire.

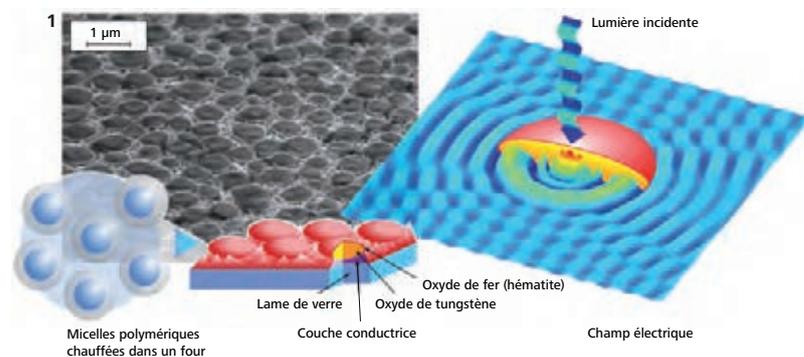


1

Cette microstructure fonctionne en fait à la manière d'un œil de mite, les yeux de ces papillons nocturnes doivent collecter le plus de lumière possible – et en réfléchir le moins possible car sinon le papillon est découvert par ses ennemis naturels qui le dévorent. La microstructure de cet œil est tout spécialement adaptée à la longueur d'onde de la lumière. La cellule photosensible de l'Empa utilise le même effet.

Pour produire des yeux de mite artificiels à partir de sphérules d'oxydes de métaux, les chercheurs ont pulvérisé sur une plaque de verre une suspension de particules de polymère qui renfermaient à leur intérieur une gouttelette d'une solution d'un sel de tungstène. Ces particules recouvrent la surface de verre à la manière d'une couche de billes serrées les unes contre les autres, Après cela, le tout est placé dans un four, le polymère brûle et les gouttelettes de solution de sel se transforment en sphérules d'oxyde de tungstène. Dans une étape de pulvérisation suivante, ces sphérules sont recouvertes d'un sel de fer puis à nouveau passée au four.

Parallèlement à leur expérimentation, les chercheurs ont procédé à une modélisation sur ordinateur et simulé ainsi la «capture de la lumière» dans les sphérules d'oxydes métalliques. Le résultat de ces simulations concordait avec les essais. On distingue clairement pour combien l'oxyde de tungstène et l'oxyde de fer contribuent chacun à la formation du courant photoélectrique. Dans une prochaine étape, les chercheurs désirent étudier quels sont les effets que produisent plusieurs couches superposées de ces sphérules. //



1 Le procédé de production de la «cellule solaire à œil de mite».

Vers les confins de l'univers... long voyage pour la technologie de l'Empa

Il y a dix ans, la sonde spatiale Rosetta entamait son voyage dans l'espace dans le but non seulement d'accompagner durant une année la comète «67P/Churyumov-Gerasimenko» – en abrégé Tschuri – mais aussi de poser pour la première fois un atterrisseur, dénommé «Philae», sur la surface d'une comète -- un défi considérable qui fait la grande fierté de l'Agence spatiale européenne ESA. A bord se trouvent des capteurs métal-céramique hautement complexes conçus par l'Empa qui sont montés dans deux spectromètres de masse. Il y a quelques semaines, la sonde est arrivée à proximité de la comète et l'atterrisseur, malgré une défectuosité de son dispositif

d'ancrage, s'est posé avec succès. Les comètes sont considérées comme les témoins de la matière primitive à partir de laquelle s'est formé le système solaire et elles ont – selon une théorie – peut-être à l'origine de l'eau et même des briques initiales de la vie sur la terre. De nombreuses questions fondamentales sur ces blocs énormes formés de poussière et de glace restent encore ouvertes et «Rosetta» nous aidera à y apporter des réponses.

L'Empa fait partie du voyage

Un des nombreux instruments embarqués sur «Rosetta» a été réalisé avec l'aide de l'Empa. Le groupe d'instruments ROSINA («Rosetta Orbiter Spectrometer for Ion and Neutral Analysis») a été développé sous la direction de l'Université de Berne. Il se

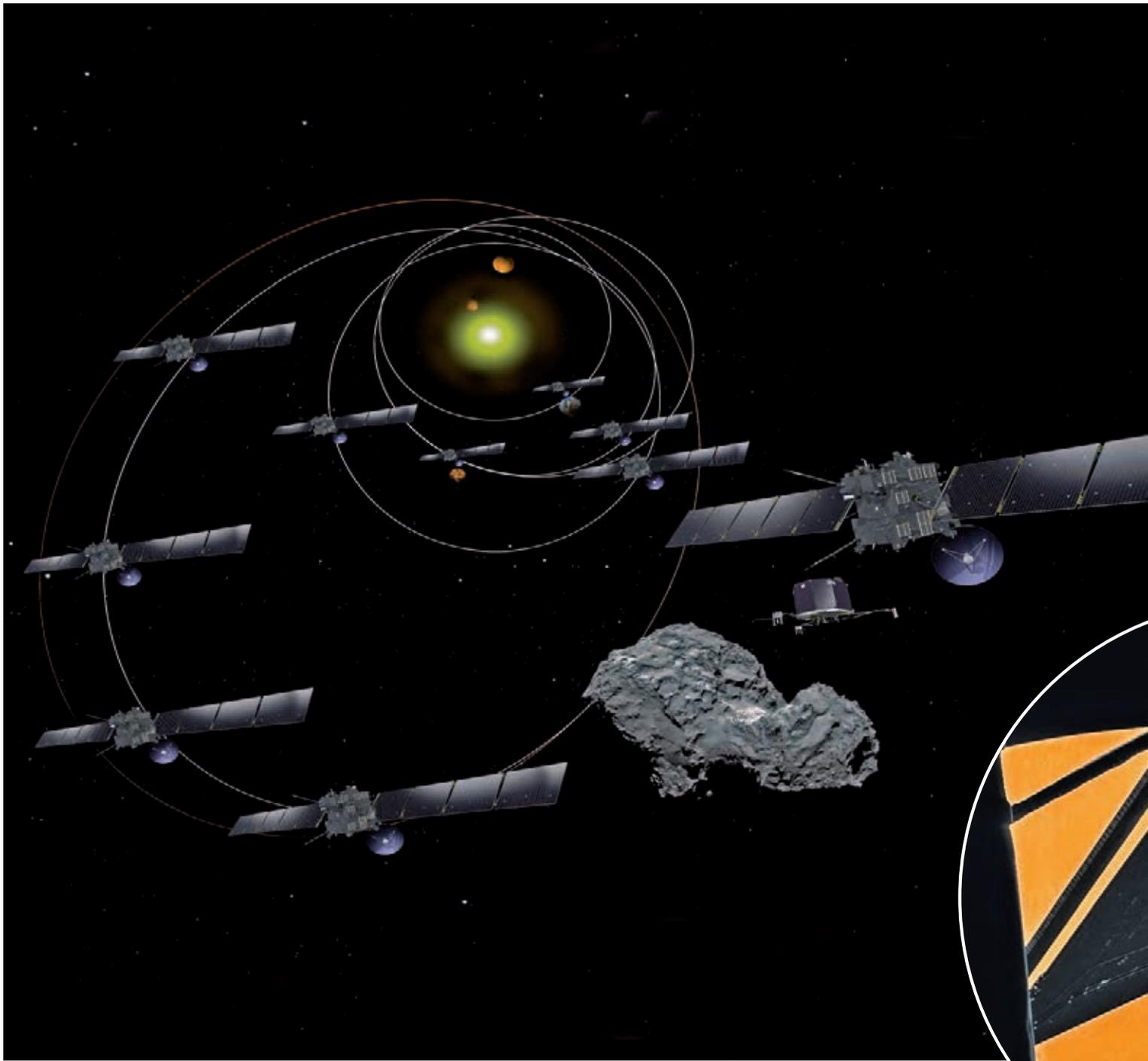
compose de deux spectromètres de masse, d'un capteur de pression (qui mesure aussi la température et la vitesse des gaz émis par la comète) ainsi que d'une unité de traitement des données.

Le groupe de chercheurs bernois a fait appel à la collaboration de l'Empa pour le développement des capteurs optiques d'ions des deux spectromètres. Depuis que Rosetta tourne autour de la co-

mète, ROSINA envoie déjà ses premières données. Sur la base de l'analyse de la composition de ses gaz, l'équipe de l'ESA a pu par exemple constater que la queue de la comète a une odeur d'œuf pourri, d'urine de cheval et d'amande amère. Et – ce qui est beaucoup plus important – que l'eau de cette comète renferme nettement davantage d'eau lourde que l'eau présente sur la terre et qu'il est ainsi peu vraisemblable qu'une

26 400 000 000

kilomètres, la distance parcourue par
Rosetta de la terre jusqu'à sa destination,
la comète 67P/Churyumov-Gerasimenko.



1

2

1

En voyage vers la comète «67P/Churyumov-Gerasimenko». Avec ses deux segments distincts reliés par un «cou», la forme de la comète rappelle un peu celle d'un canard. (Photo: ESA)

2

Le 25 février 2007, «Rosetta» a passé à proximité de Mars. Ce «selfie» de la sonde a été pris à une distance de 1000 kilomètres de Mars, peu avant que celle-ci ne s'approche à 250 kilomètres de la surface de la planète rouge. On y voit une aile solaire de «Rosetta» ainsi que l'hémisphère nord de Mars sur lequel on distingue un détail de la région de Mawrth Vallis (Image: ESA).

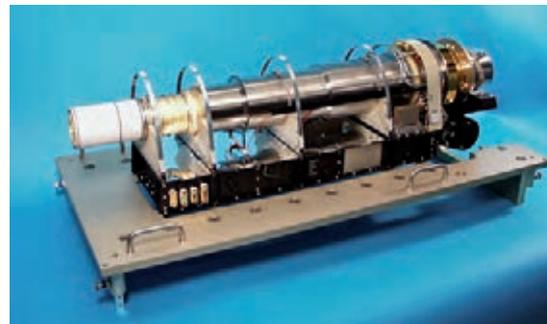
3

Compact et léger : le spectromètre de masse à temps de vol de «Rosetta» avec le réflecteur (à gauche) et les sources d'ions Empa (à droite) mesure presque 1 mètre de long et pèse environ 15 kg. (Image: Université de Berne)

comète telle que Tschuri ait apporté l'eau sur notre planète bleue.

Succès dans le développement de processus

Les exigences posées par les astrophysiciens bernois à ROSINA étaient des plus sévères: multifonctionnel et adapté à l'environnement spatial, ce groupe d'instruments devait être de plus ultraléger, mécaniquement robuste, résistant aux tensions élevées et ultra-précis. Les procédés et technologies développés par l'Empa ont remporté un tel succès que d'autres projets spatiaux ont bientôt suivi. Les chercheurs de l'Empa développent actuellement un capteur optique d'ions pour un spectromètre de masse encore plus petit et plus léger destiné à la mission lunaire «LUNA», un projet commun de la Russie et de l'Inde, et pour la mission européen-japonaise vers Mercure «BepiColombo» les ingénieurs de l'Empa ont aussi réalisé récemment des composants et des capteurs hautement complexes. //



3

Des éponges en nanocellulose contre les marées noires

Un nouveau matériau absorbant issu de la recherche de l'Empa sur le bois pourrait à l'avenir aider à lutter contre les catastrophes pétrolières: des éponges en nanocellulose chimiquement modifiée. Ce matériau léger absorbe sélectivement tout surnageant huileux à la surface de l'eau tout en gardant une excellente flottabilité et peut ensuite être facilement récupéré. Ce sont des chercheurs de l'Empa qui, en collaboration avec un collègue de l'Université de Bordeaux, sont parvenus à développer ce matériau. La cellulose nanofibrillée (CNF), la matière première de ces éponges, est obtenue grâce à un procédé mécanique dans l'eau conduisant à la désintégration du substrat cellulosique de départ (coton, paille d'avoine, pâte à papier, cellulose microcristalline ou papier recyclé) Cette défibrillation sous haute pression conduit à une suspension aqueuse de fibres nanométriques de cellulose enchevêtrées et interconnectées

Une éponge sélective

Lorsque cette suspension de CNF est lyophilisée – l'eau est alors remplacée par de l'air – on obtient une éponge de nanocellulose

qui absorbe aussi bien l'huile que l'eau et qui n'est donc pas encore appropriée pour l'usage recherché. Les chercheurs de l'Empa sont parvenus à modifier les propriétés chimiques de la nanocellulose en une seule étape par l'adjonction d'un alkoxy silane avant la lyophilisation. Ceci fait perdre à la nanocellulose ses propriétés hydrophiles, elle n'est plus mouillée par l'eau et ne se lie plus qu'avec les composés huileux ou non polaires.

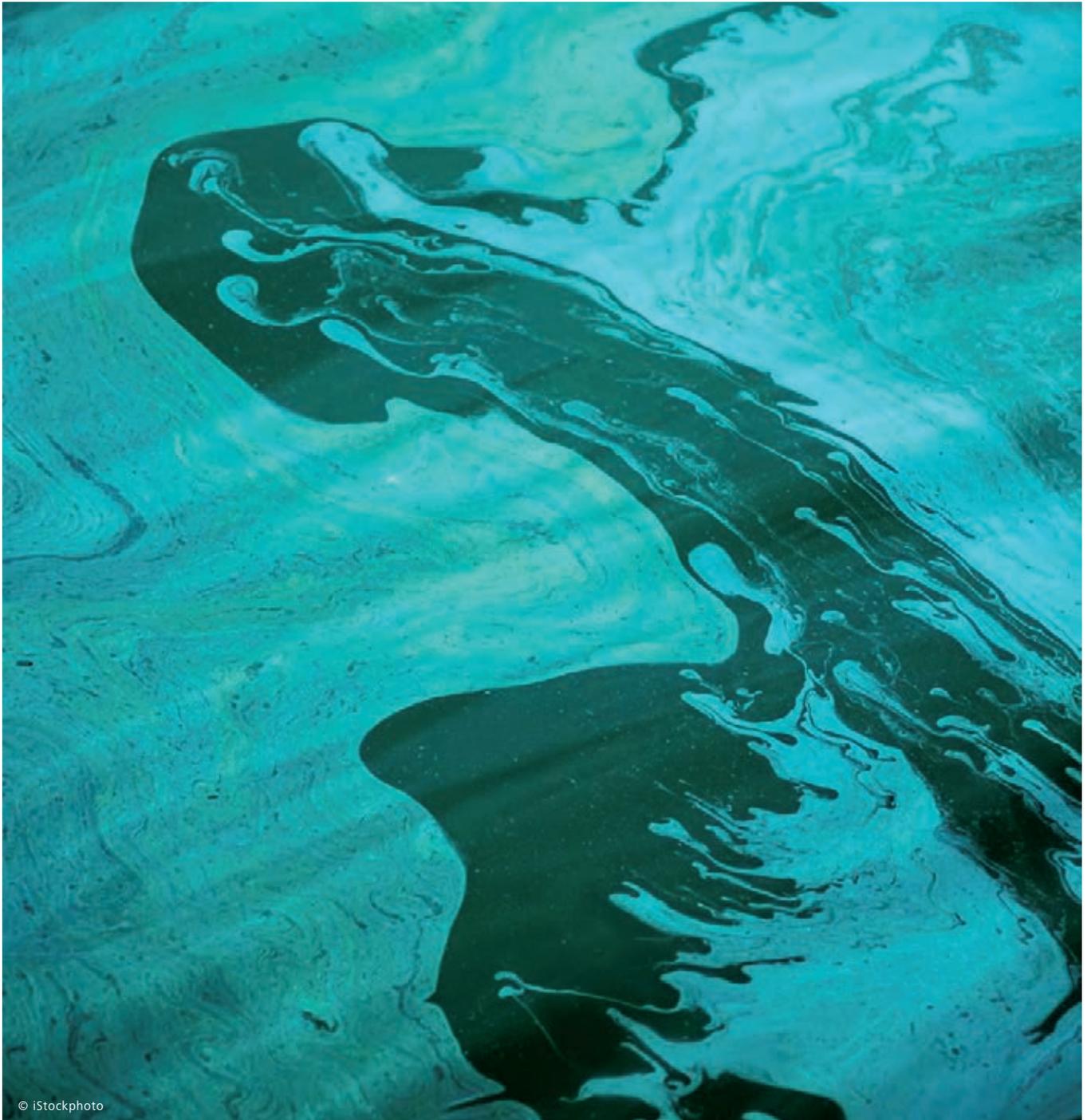
50

fois leur poids, c'est ce que peuvent absorber les éponges de nanocellulose tout en conservant leur forme.

Préparation au lancement sur le marché

En laboratoire, les éponges de cellulose nanofibrillée «silylée» absorbent

en l'espace de quelques secondes jusqu'à cent fois leur poids en différentes substances telles que l'huile pour moteurs, l'huile de silicone, le dodecane ou le chloroforme. Ces éponges de CNF possèdent ainsi plusieurs propriétés recherchées: elles sont fortement absorbantes, flottent à la surface de l'eau même à l'état complètement imbibé et elles sont facilement récupérables et recyclables. Il s'agit maintenant de perfectionner encore ces éponges pour pouvoir les utiliser non seulement en laboratoire mais aussi lors d'accidents réels. Un partenaire industriel suisse



© iStockphoto

Contact

Dr. Tanja Zimmermann
tanja.zimmermann@empa.ch

Dr. Philippe Tingaut
philippe.tingaut@empa.ch



1

a déjà été trouvé en vue de produire cette nanocellulose à grande échelle et d'ouvrir ainsi la voie à sa future commercialisation. Du côté des utilisateurs potentiels, l'Empa a aussi déjà noué des contacts avec différents partenaires qui sont vivement intéressés par ce produit. //



2

1

Un fragment d'éponge de nanocellulose lors d'un essai: le liquide rouge surnageant à la surface de l'eau est de l'huile; grâce à ses propriétés nouvelles, l'éponge va absorber uniquement l'huile.

2

Jusqu'ici les éponges de nanocellulose n'ont été testées qu'en laboratoire. Elles vont maintenant être aussi produites à l'échelle industrielle.

Une tôle qui n'émet aucun bruit de ferraille

Des chercheurs de l'Empa, de l'EPF de Zurich et du «Georgia Institute of Technology» sont parvenus à réaliser un prototype d'un matériau «programmable» qui permet de contrôler de manière ciblée la propagation des vibrations. Un développement qui pourrait révolutionner l'univers de la mécanique. Ce matériau aux propriétés programmables devrait permettre à l'avenir d'amortir totalement les vibrations ou de ne transmettre que des fréquences bien déterminées, et cela d'un simple clic. Dans une première étape, les chercheurs ont prouvé sur un modèle bidimensionnel les capacités particulières de ce matériau. Ce modèle se compose d'une lame d'aluminium d'un mètre de longueur et d'un centimètre de large. Pour contrôler la propagation des vibrations, dix petits cylindres d'aluminium de 7 mm d'épaisseur et de 1 cm de hauteur sont fixés sur la lame de métal. Des disques piézoélectriques, qui peuvent être excités électroniquement et changer ainsi d'épaisseur à la vitesse de l'éclair, sont intercalés entre la lame et les cylindres. Ce dispositif permet aux chercheurs de contrôler avec précision la propagation des vibrations dans la

lame de tôle. La lame d'aluminium s'est ainsi transformée en un cristal phononique adaptatif – un matériau dont on peut faire varier les propriétés de manière ciblée

0,01

millimètres seulement: le mouvement des éléments piézo-électriques qui suffit pour réprimer ou moduler les vibrations dans la tôle.

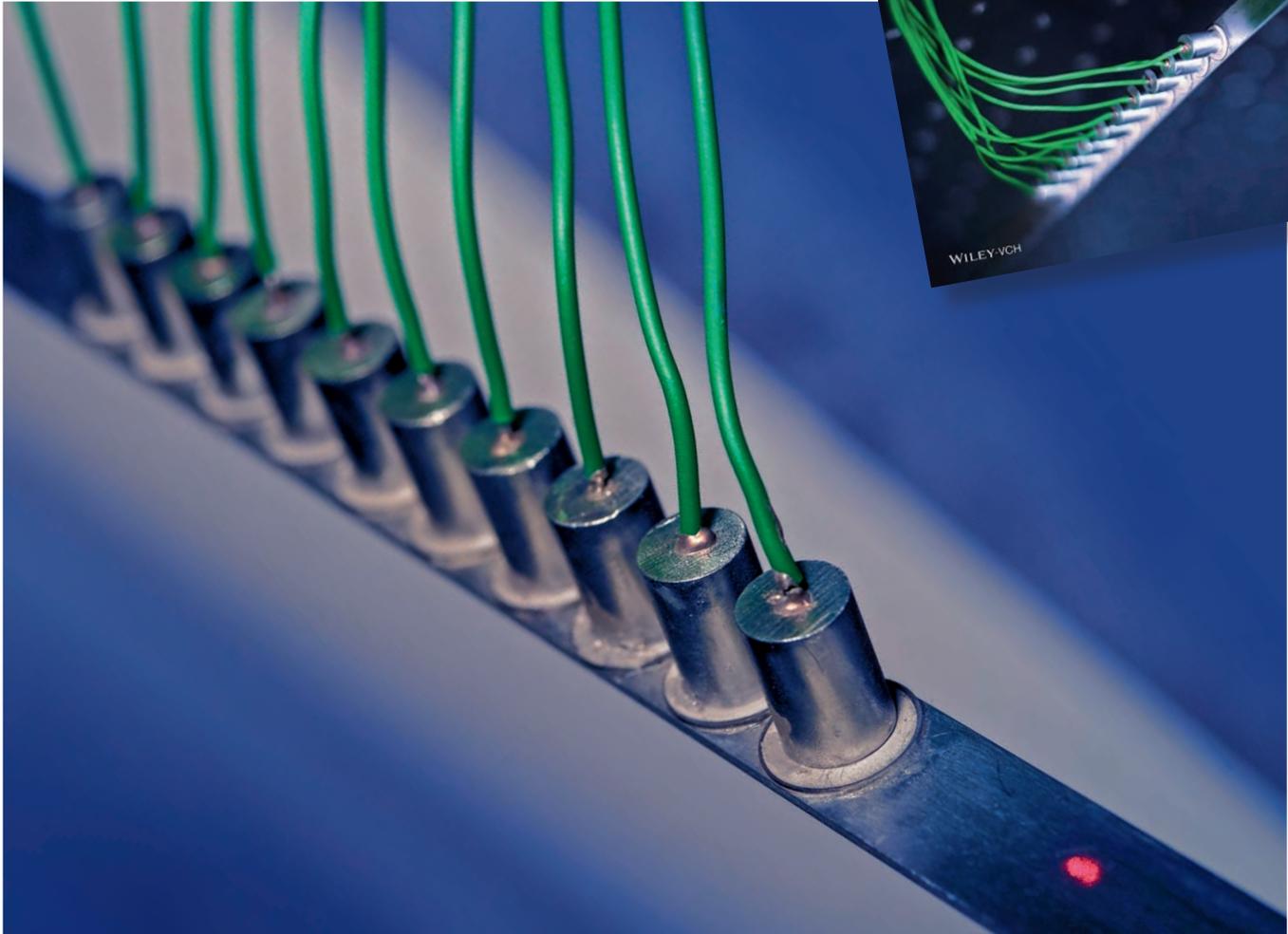
Adaptation aux vibrations momentanées

La commande des disques piézoélectriques peut être réglée de manière à ce que les ondes se propagent sans entrave dans la lame de tôle. Ou elle peut être réglée de manière à n'amortir qu'un spectre de fréquences bien déterminé des ondes. Il est de plus encore possible de faire varier cet amortissement – car les piézo-éléments peuvent changer leurs propriétés élastiques en une fraction de se-

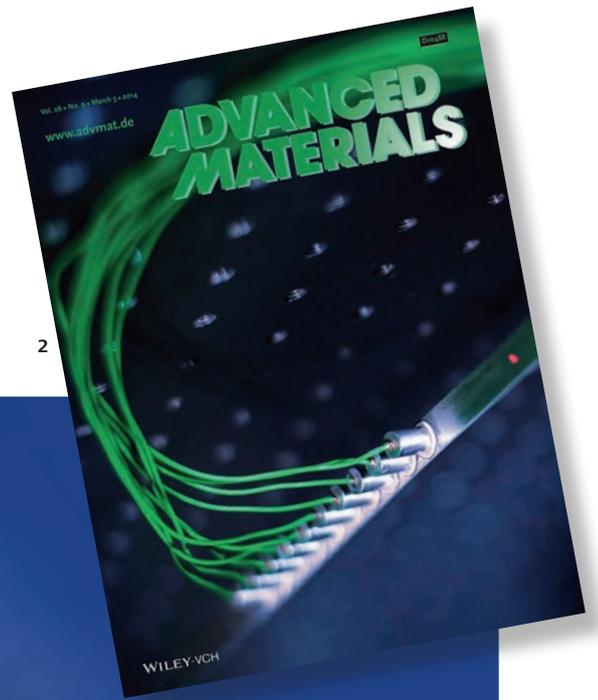
conde – de la flexibilité totale à la rigidité absolue. Et ce qui est intéressant, c'est que même si l'on coupe la tôle en deux, les ondes continuent à se propager de la même manière dans les deux parties.

Cette méthode peut naturellement aussi s'utiliser pour des éléments tridimensionnels et ces matériaux «programmables» pourraient révolutionner la construction des machines et des

1



2



1

Des disques piézo-électriques disposés entre les dix petits cylindres d'aluminium et la tôle peuvent modifier leurs propriétés élastiques à la vitesse de l'éclair.

2

Cette invention a fait la page de couverture de la revue scientifique «Advanced Materials» du 5 mars 2014.

3

Le scientifique de l'Empa, Andrea Bergamini, avec son modèle de matériau programmable.

installations. Jusqu'ici les caractéristiques vibratoires devaient se déterminer au préalable déjà lors de la construction de la structure. A l'avenir le matériau pourrait réagir sans délai à n'importe quel type de vibration et adapter immédiatement en conséquence ses caractéristiques vibratoires. Ce qui permettrait de réaliser des installations plus stables mais aussi de construction plus simple.

Encore du chemin à parcourir

Un projet subséquent sera consacré à l'élargissement de la programmabilité du prototype. Jusqu'ici chaque élément piézoélectrique réagissait aux vibrations seul et indépendamment de ses voisins; dans une prochaine étape, les chercheurs veulent connecter entre eux ces éléments pour pouvoir les commander ensemble ou de manière coordonnée. //



Aussi fines que puissent être les aiguilles des machines à coudre industrielles, elles laissent des trous dans le tissu. Afin d'empêcher que les coutures d'une veste outdoor ne laissent passer l'eau, les coutures sont soudées lors d'une deuxième étape. L'Empa a maintenant développé un procédé qui permet de souder les textiles de manière totalement étanche en une seule opération. Ce procédé repose sur un principe utilisé à l'origine dans l'industrie des métaux et des plastiques: le rayonnement d'une diode laser chauffe les couches de textile de manière à ce qu'elles fondent ponctuellement et que les chaînes de polymères se lient entre elles au niveau moléculaire.

Défis et solutions

Pour que cette fusion soit parfaite, les textiles très minces ou les membranes ne doivent pas être chauffés trop fortement. Un défi supplémentaire: le faisceau laser reste inopérant sur de nombreux matériaux noirs. Ce que l'œil humain perçoit comme noir – soit absorbant la lumière – est quasiment transparent pour les lasers fonctionnant dans le domaine de l'infrarouge.

270

degrés, la température maximale à laquelle les ingénieurs ont chauffé les textiles stratifiés afin de déterminer leur point de fusion et leur énergie de cristallisation.

Dans un projet soutenu par la Commission pour la technologie et l'innovation (CTI), les ingénieurs en textile de l'Empa ont fait varier tous les paramètres du procédé afin de déterminer les meilleurs réglages et combinaisons pour le soudage industriel des textiles. Ils ont de plus évalués différents tissus polymères et les épaisseurs de ceux-ci et déterminés

pour chacun l'énergie optimale du laser. Ils ont ainsi développé un procédé qui permet de souder entre eux de manière durable et étanche des tissus et des membranes de polyester ou de polyuréthane d'une épaisseur allant jusqu'à 10 micromètres.

Les chercheurs de l'Empa ont développé avec leurs partenaires industriels Leister Technologies AG à Kägiswil, Unico Swiss Tex GmbH à Alpnachstad, Schips AG à Tübach, Schoeller Textil AG à Sevelen, Serge Ferrari Terr Suisse SA à Emmenbrücke ainsi qu'avec la Schweizer Textilfachschule Zürich, deux installations de soudage à diode laser: une installation destinée au soudage de lés de tissus continus et une autre qui permet d'assembler entre elles des structures complexes selon deux axes x et y.

1

Le chef de projet Alexander Haag au travail sur un laser de recherche: l'objectif est de pouvoir assembler des membranes d'une épaisseur de 10 micromètres de manière durable et étanche.



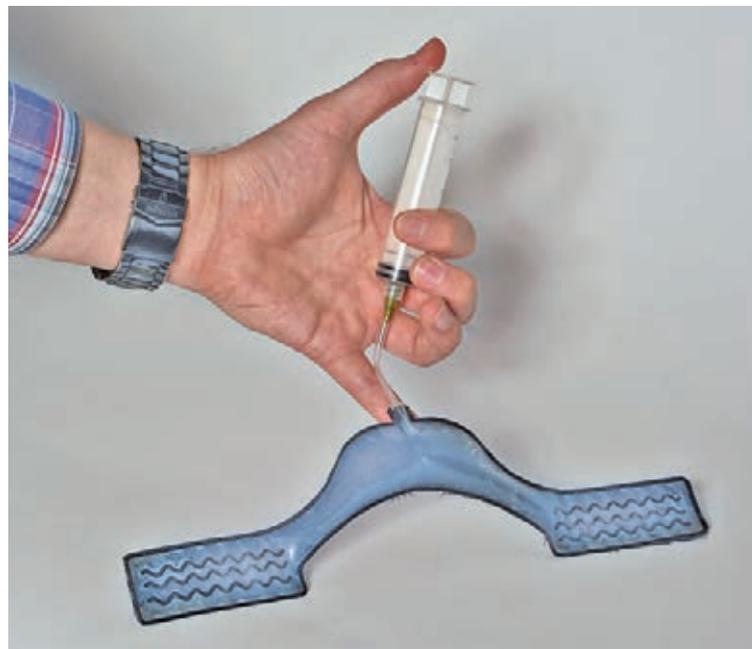
1

Une technologie qui ouvre de nouvelles possibilités

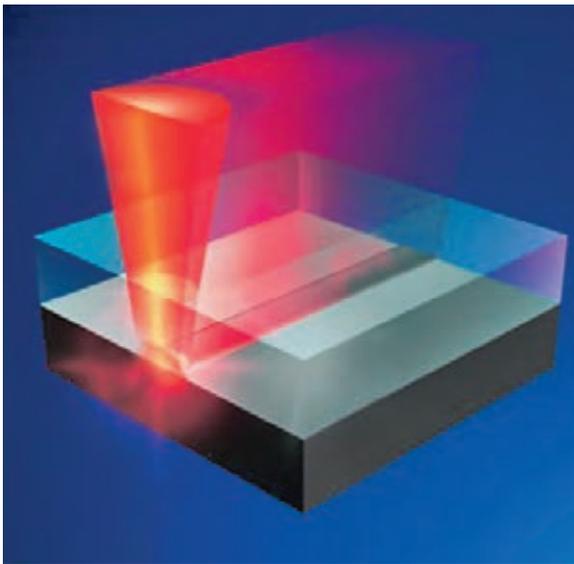
Comme le soudage laser s'apparente davantage à la conception assistée par ordinateur (CAO) qu'à la couture avec une machine à coudre, la commande du procédé est très précise. Le soudage laser permet aussi de réaliser des soudures aux courbes complexes et même des structures tridimensionnelles. Ces dernières sont nécessaires lorsqu'on désire inclure de l'eau entre deux structures, comme, par exemple, sur des pansements réfrigérants comportant un espace rempli d'eau.

Le soudage laser permet aussi de créer des tissus stratifiés possédant des propriétés physiques bien définies qui peuvent absorber plus ou moins fortement la vapeur d'eau, accumuler l'humidité durant une période définie et la céder à nouveau de manière contrôlée. Ces stratifiés sont à ce point stables qu'ils résistent à une pression de plusieurs mètres d'eau.

Grâce à ce savoir-faire, dans un autre projet CTI, les chercheurs de l'Empa ont développé, en collaboration avec l'Université de Bâle et Unico Swiss Tex GmbH, une ceinture ECG pour le monitoring continu des patients souffrant de troubles cardio-vasculaires. Cette ceinture est plus spécialement destinée aux personnes âgées, car celles-ci ne transpirent plus suffisamment pour assurer un bon contact électrique des électrodes. Cette ceinture ECG, pourvue d'un revêtement d'argent-titane, peut être portée sans interruption plusieurs jours sans provo-



1



2

quer d'irritations de la peau. Ses électrodes textiles sont humectées en permanence avec de l'eau distillée contenue dans un réservoir créé par soudage laser. L'humidification contrôlée de la peau permet ainsi à l'électronique de mesure d'enregistrer sans perturbation les signaux ECG. //

1

La ceinture ECG se remplit d'eau à travers une valve.

2

Comment cela fonctionne: La couche de textile supérieure doit être transparente au rayonnement laser, la couche inférieure doit elle l'absorber. Il se produit ainsi un chauffage ponctuel très précis. Les textiles sont alors soudés entre eux par application simultanée d'une pression.

Sur la piste des destructeurs de la couche d'ozone

39 000

tonnes du tueur d'ozone qu'est le tétrachlorométhane sont relâchées encore aujourd'hui dans l'atmosphère cela bien que les émissions de cette substance soient interdites depuis plusieurs années.

Le tétrachlorométhane ne peut être utilisé que comme produit intermédiaire et ne devrait pas s'échapper d'une installation de production intacte.

Les chlorofluorocarbones (CFC) continuent encore à détruire la couche d'ozone. De plus, ces gaz industriels présentent un potentiel de réchauffement planétaire extrêmement élevé. Toutefois ceux qui les émettent ne restent pas indécélables: les chercheurs spécialistes en atmosphère

de l'Empa détectent ces gaz nocifs avec des appareils ultrasensibles et identifient les sources de cette pollution à l'aide de données météorologique.

Le sauvetage de la couche d'ozone a débuté en 1987. Dans un accord international – le Protocole de Montréal, ratifié depuis par les 197 pays membres de l'ONU – ses signataires se sont engagés à interdire les tueurs d'ozone les plus dangereux utilisés jusque là dans les bombes aérosols, les mousses plastiques, comme agent réfrigérant ou comme gaz d'extinction. Et cela fonctionne ainsi que le montrent les modélisations les plus récentes. Vers 2050, la couche d'ozone au-dessus de l'hémisphère sud devrait s'être rétablie à son niveau de 1980 – à condition que nous continuions à prendre garde aux substances destructrices de la couche d'ozone.

Les chercheurs de l'Empa étudient quelles sont les subs-

tances actuellement particulièrement nuisibles pour la couche d'ozone. Pour cela ils se basent sur les données de mesure du réseau mondial AGAGE- «Advanced Global Atmospheric Gases Experiment». En Europe, une des stations de ce réseau se trouve à une altitude de 3580 mètres sur le Jungfraujoch,

une à Mace Head en Irlande et une autre encore à Ny-Ålesund au Spitzberg.

Toutes les deux heures, les instruments de ces stations aspirent deux litres d'air de l'environnement et les font passer à travers un filtre à charbon actif réfrigéré à -170 °C. Ensuite, le filtre est chauffé pour libérer les substances retenues qui passent alors dans un chromatographe à phase gazeuse et un spectromètre de masse où elles sont identifiées sur la base de leur poids moléculaire.

Un tueur d'ozone qui ne devrait plus être présent en de telles quantités

Récemment, les chercheurs de l'Empa ont fait une découverte étonnante: le tétrachlorométhane, un liquide d'odeur douce avec un point d'ébullition de 77 °C, utilisé par le passé dans les



© iStockphoto

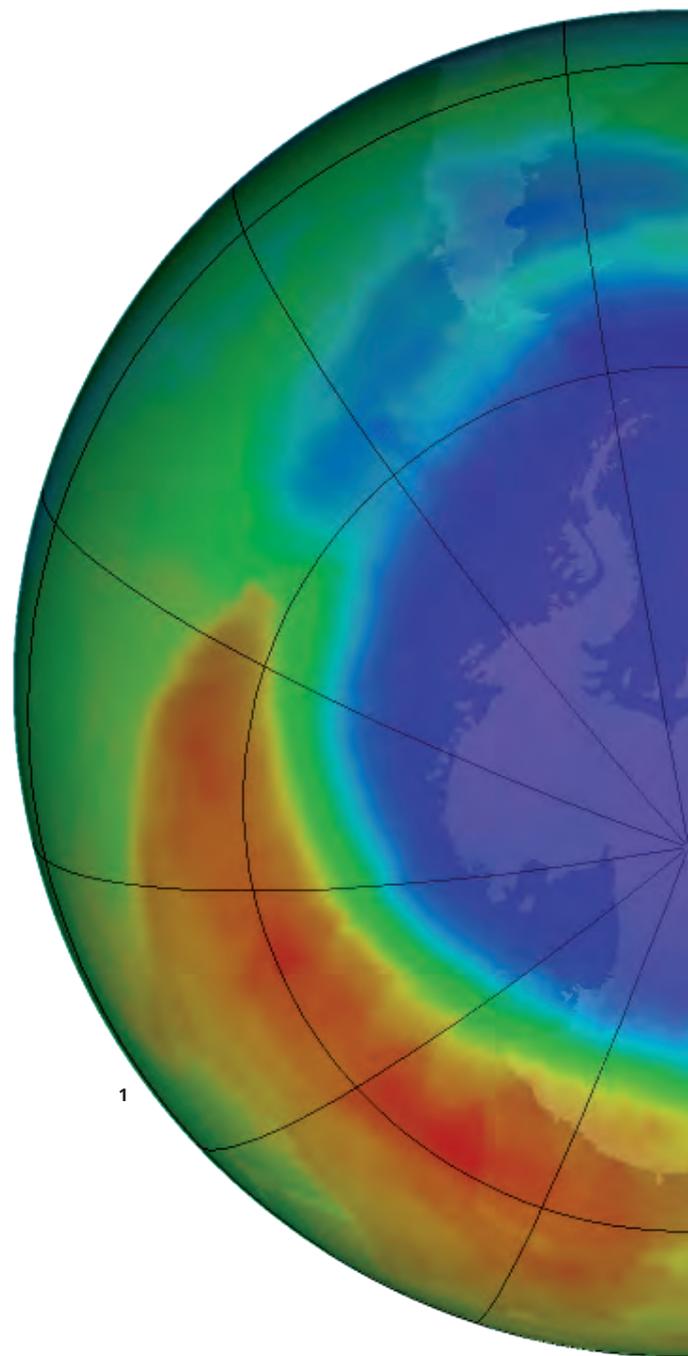
extincteurs et comme dégraissant dans l'industrie et les nettoyages à sec, disparaît beaucoup plus lentement que prévu. Normalement cette substance devrait se décomposer peu à peu dans l'atmosphère et sa concentration diminuer d'environ quatre pour-cent par année. Mais les mesures montrent qu'elle ne diminue que d'un pour-cent par année; il doit donc y avoir quelque part de nouvelles émissions que les chercheurs estiment à 39000 tonnes par année.

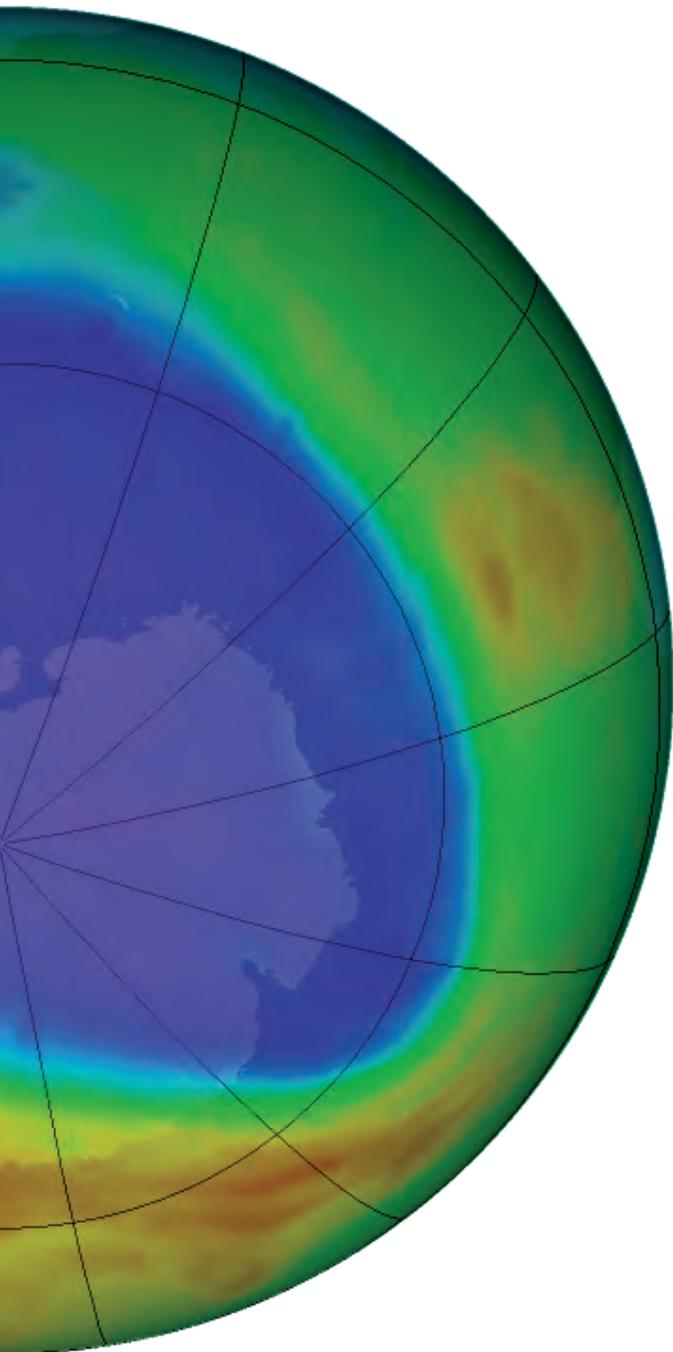
A la recherche des sources à travers l'atmosphère

Chaque fois que des concentrations élevées sont mesurées sur le Jungfraujoch, les chercheurs de l'Empa comparent les pics anormaux de leurs mesures avec les données météorologiques. La direction des vents au cours de la mesure trahit le lieu où la substance a été émise dans l'air. On s'est vite aperçu que ces émissions de tétrachlorométhane ne provenaient pas de l'Europe. Les données du réseau AGAGE ont toutefois fourni un indice: une station de mesure située en Corée du Sud enregistre de nets pics et la source d'une grande partie de ces émissions se situe donc probablement en Asie.

Données transmises à l'Office fédéral de l'environnement

Afin que les résultats les plus récents de la recherche sur l'état et la chimie de notre atmosphère soient aussi portés à la





1

Le trou d'ozone rétrécit – et sa surveillance se poursuit. Son aspect le 18 septembre 2014 (Photo: Nasa).

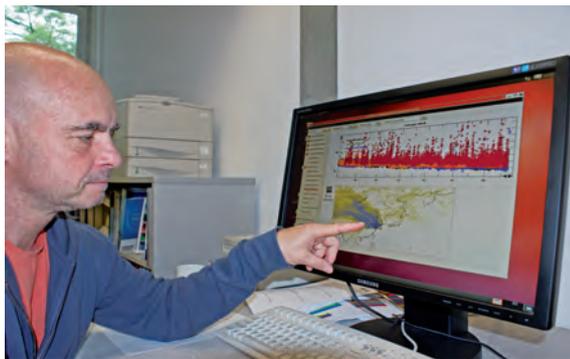
2

Le chercheur spécialiste de l'atmosphère Stefan Reimann analyse les données de la station du Jungfraujoch et du réseau global AGAGE.

Contact

Dr. Stefan Reimann
stefan.reimann@empa.ch

connaissance du public et des instances politiques, les experts de l'Empa et leurs collègues internationaux publient régulièrement des articles dans des revues scientifiques et transmettent les résultats de leurs études à l'Office fédéral de l'environnement (OFEV) qui contribue aussi au financement de cette recherche. Là, les observations de l'Empa sont comparées avec les données officielles des émissions fournies par les pays participants. Ces résultats peuvent alors être pris en compte lors des adaptations du Protocole de Montréal. Les chercheurs rédigent aussi régulièrement des rapports à l'intention de la «World Meteorological Organization» (WMO) à Genève. Dans le dernier, qui remonte au mois de septembre 2014, la WMO met en garde sur l'influence indirecte croissante sur la couche d'ozone exercée par les gaz à effet de serre que sont le protoxyde d'azote, le méthane et le dioxyde de carbone. Le problème n'est donc pas encore définitivement résolu. //



2

Technologie Empa pour des implants de disques intervertébraux durables

Les hernies discales sont très douloureuses. Souvent avec pour suite une intervention chirurgicale lors de laquelle la colonne vertébrale est rigidifiée à l'endroit touché, ce qui porte atteinte à la mobilité des patients. Des implants mobiles sont certes utilisés depuis longtemps déjà pour la hanche et d'autres articulations mais ils doivent être remplacés après un certain nombre d'années du fait de leur usure mécanique. Mais

comme la dépose de la prothèse entraîne chaque fois une perte de matériau osseux, le nouvel implant est ainsi plus gros que son «prédécesseur». Pour les disques intervertébraux, cela n'était jusqu'ici pas possible car la moelle épinière est trop proche et elle pourrait être lésée lors d'une ré-opération. Les chercheurs de l'Empa ont maintenant réussi à appliquer un revêtement sur les implants de disques intervertébraux qui les rend inusables et qui tiennent ainsi toute une vie.

Qu'est ce qui rend les prothèses articulaires durables?

Prolonger la durée de vie des prothèses articulaires était (et est) l'objectif que différents fabricants ont tenté de réaliser par le

100

**millions de cycles, soit environ
100 ans de mouvements, ont été
effectués avec un simulateur
d'articulation construit spécialement
pour tester les nouveaux implants
de disques intervertébraux.
Résultat: aucune abrasion.**

passé avec un revêtement hyper-dur en DLC («diamond-like carbon») – malheureusement avec des suites catastrophiques: près de 80 % de toutes les prothèses de hanche avec un revêtement DLC ont subi une défaillance après seulement huit ans. Des chercheurs du laboratoire «Nanoscale Materials Science» se sont penchés sur ce problème et ont trouvé que la défaillance de ces implants ne provenait pas du revêtement DLC lui-même mais de

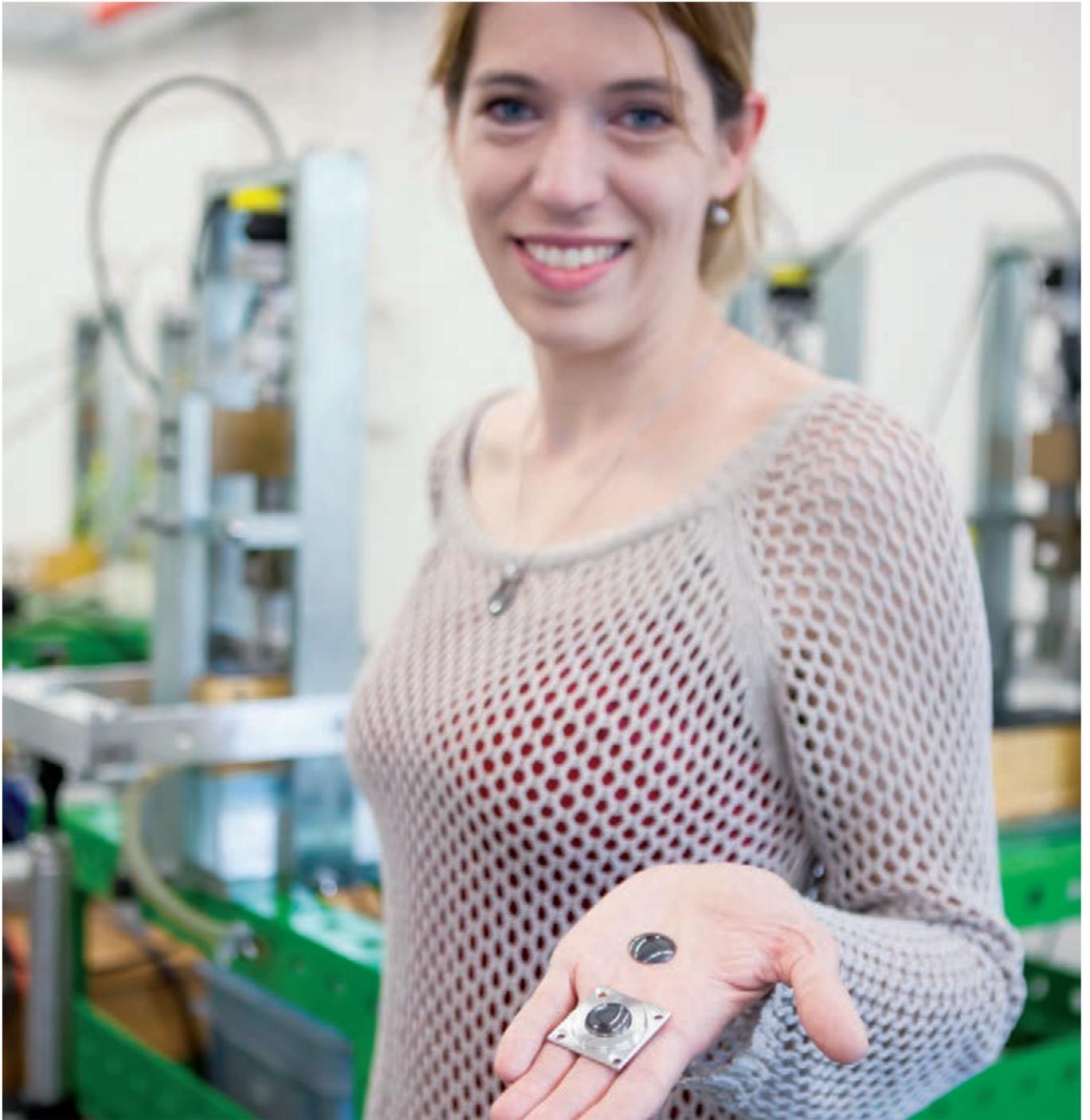
processus de corrosion touchant l'agent d'adhérence utilisé. Celui-ci était jusqu'ici composé de silicium qui se corrodait au fil des années, ce qui conduisait à un écaillage du revêtement, suivi d'une forte abrasion, avec pour conséquence une perte de substance osseuse. Le but était maintenant de trouver un agent d'adhérence qui ne se corrode pas et qui tiennent ainsi toute une vie dans le corps.

Dans une première étape pour les disques intervertébraux

Après que ces chercheurs aient essayé près de la moitié des éléments du système périodique, ils ont finalement trouvé que le tantale était l'élément à utiliser comme agent d'adhérence. Le

1

La chercheuse de l'Empa Kerstin Thorwarth présentant un implant de disque intervertébral confectionné avec l'agent d'adhérence à base de tantale.



1

Contact

Dr. Kerstin Thorwarth
kerstin.thorwarth@empa.ch

Dr. Roland Hauert
roland.hauert@empa.ch

revêtement produit avec cette technique a été testé sur un «Total Disc Replacement», un implant de disque intervertébral mobile. Ce disque intervertébral artificiel a résisté à tous les tests de sollicitation de longue durée en restant exempt d'abrasion et de corrosion. Comme le tantale s'est aussi révélé être une bonne «colle» pour les revêtements DLC, ce nouvel agent d'adhérence va bientôt être utilisé aussi en association avec des revêtement DLC sur d'autres types d'implants. //



1

Trois implants de disques intervertébraux: à droite un implant non revêtu, au centre un implant avec revêtement DLC et un agent d'adhérence inapproprié avec la corrosion qui s'ensuit et à gauche un implant avec revêtement DLC optimisé stable.

Imprimer des cellules solaires comme un journal?

Les cellules solaires flexibles sont une technologie clé qui devrait permettre à l'avenir de transformer l'énergie solaire en électricité à des coûts encore plus bas. L'Empa travaille dans ce domaine avec plusieurs groupes de recherche.

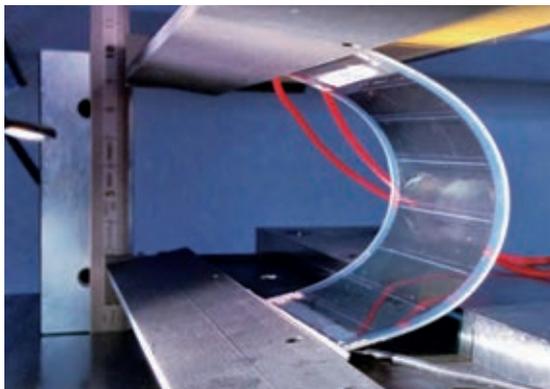
Un de ces groupes se concentre sur les cellules solaires à base de colorants organiques et il a pu présenter à la mi-temps de son projet de recherche un premier prototype fonctionnel. Ce groupe participe au projet UE «Transparent Electrodes for Large Area Large Scale Production of Organic Optoelectronic Devices» (TREASORES), dont la coordination est assurée par l'Empa. TREASORES a débuté en 2012 avec un budget de plus de 14 millions d'euros et son objectif est la production de grandes cellules solaires et de diodes électroluminescentes (OLEDs) à l'aide de procédés dits «roll-to-roll». Les cellules solaires pourraient ainsi être imprimées sur des substrats en rouleaux – à la manière d'un journal sur une rotative. Ceci diminuerait nettement leur coût de production et rendrait leur utilisation possible sur des surfaces jusqu'ici non rentables.

La condition la plus importante pour créer une cellule solaire flexible est de disposer d'une électrode flexible, trans-

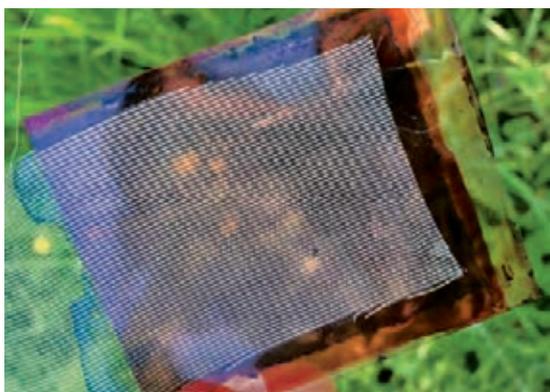
50
**pliages successifs, ce à quoi
résiste sans perte de rendement
le prototype de cellule solaire
organo-minérale flexible.**

parente, qui conduise bien l'électricité mais laisse en même temps passer suffisamment la lumière. Le projet TREASORES se concentre essentiellement sur la technologie de cet élément décisif. Le substrat flexible doit satisfaire simultanément plusieurs exigences: il doit protéger les semi-conducteurs organiques de la cellule solaire en restant étanche à l'air et à l'eau durant toute la durée de vie de la cellule et conduire l'électricité avec une résistance électrique la plus faible possible. De plus, il doit pouvoir être courbé un nombre élevé de fois sans que ses caractéristiques se dégradent. Les chercheurs sont parvenus à relever ce défi en développant une électrode composite multicouche ultramince et transparente à base d'argent dont la performance est supérieure à celle des électrodes d'oxyde mixte d'indium et d'étain (électrodes ITO) jusqu'ici courantes et ceci à un coût de production plus bas.

Avec cette électrode, le groupe de chercheur du projet TREASORES a construit un prototype d'une cellule solaire hybride organo-inorganique qui satisfait les conditions pour une production de masse roll-to-roll: cette cellule est formée d'une couche de perovskite de iodure de plomb méthylammonium



entourée de deux couches organiques spéciales, L'électrode utilisée est la nouvelle électrode composite formée d'une couche d'argent et de deux couches d'oxyde de zinc dopé à l'aluminium (AZO).



Un prototype avec un rendement record

Ce prototype n'a pas seulement battu, avec 7 pour-cent, le record de rendement des cellules solaires organiques flexibles mais il est de plus extrêmement souple et durable. En conclusion: bien que le cœur de cette cellule soit formé d'une perovskite, soit d'une structure organo-minérale, elle est adaptée à la production roll-to-roll. Les cellules solaires de ce type pourraient à l'avenir être produites en grande quantité et à bas prix et se poser aussi simplement que du carton bituminé.

La prochaine étape du projet TREASORES consistera à perfectionner encore les technologies qui présentent le plus grand potentiel pour la production à grande échelle de matériaux barrières et d'électrodes, soit sur des rouleaux d'une longueur de plusieurs centaines de mètres

Dans la deuxième moitié du projet, le développement d'autres technologies prometteuses sera aussi poursuivi. Entre autres celui d'électrodes flexibles en textiles, en nanofils et en nanotubes de carbone (CNT). //

1

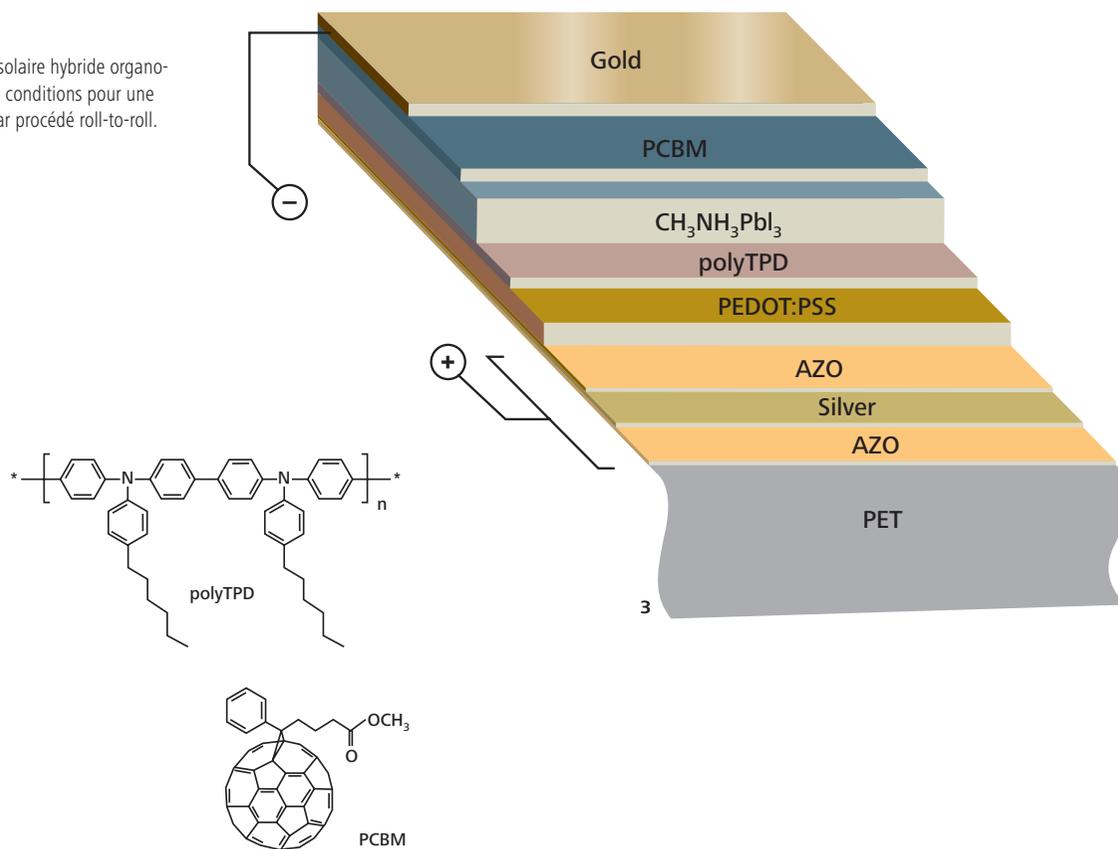
Une cellule solaire organique flexible du projet TREASORES lors d'un test mécanique dans le «National Physical Laboratory» (NPL) en Angleterre: la cellule est pliée plus de 50 fois avec un rayon de 25 millimètres alors que l'on contrôle simultanément ses performances. La durée de vie vérifiée de ces prototypes atteint plus de 4000 heures (Photo: NPL).

2

Les électrodes transparentes pour les cellules solaires flexibles du projet TREASORES ne demandent pas de terres rares telles que l'indium pour leur production. L'électrode montrée ici utilise des textiles électroconducteurs développés par l'Empa en collaboration avec la firme Sefar AG.

3

Structure d'une cellule solaire hybride organo-minérale qui remplit les conditions pour une production de masse par procédé roll-to-roll.





Axes de recherche

Où se situent les grands défis de notre époque? Certainement dans les domaines de la santé et du bien-être des personnes, de l'environnement et du climat, de l'épuisement des matières premières, des ressources énergétiques sûres et durables et du renouvellement de nos infrastructures. Dans ses cinq axes de recherche, l'Empa conjugue le savoir-faire de ses plus de 30 laboratoires et centres pour offrir à la société et à l'industrie des solutions adaptées à la pratique.

Ingénierie au niveau atomique

Travailler à la recherche et au développement de matériaux nanostructurés, cela signifie comprendre et concevoir des interfaces – parfois au niveau atomique. C’est à travers leurs interfaces que les nanocomposants des matériaux s’accordent entre eux. Et ce n’est qu’avec l’ingénierie des interfaces qu’il devient possible de développer des matériaux nanostructurés possédant des propriétés nouvelles et exceptionnelles.

Amélioration du transport des charges

Les composants optoélectroniques tels que les photodétecteurs ou les cellules solaires se composent de différentes couches minces, au minimum d’une couche photo-active pour la production des charges et de deux électrodes qui collectent ces charges. Le transport des charges est plus ou moins fortement gêné aux interfaces et l’efficacité de l’ensemble du système est donc en majeure partie déterminée par les propriétés électroniques des interfaces. C’est aussi pourquoi des chercheurs de l’Empa se consacrent depuis des années à la caractérisation et à l’optimisation de ces interfaces dont l’épaisseur n’atteint en règle générale qu’un à deux nanomètres.

Des travaux qui ont déjà été couronnés par de beaux succès dans le développement de cellules solaires inorganiques à couches minces et de photodétecteurs organiques. Les chercheurs de l’Empa ont montré qu’un traitement à base de fluo-

rure de potassium permettait d’améliorer de façon décisive l’interface entre la couche absorbante CIGS (séléniure de cuivre indium gallium) fraîchement déposée et l’électrode transparente. Le rendement des cellules solaires CIGS a ainsi pu être amélioré de 18.7% à 20.4%, un record mondial absolu pour les cellules solaires flexibles. Pour les cellules solaires CIGS sur verre, d’autres groupes de chercheurs ont même réussi à accroître ce rendement à 21.7% en utilisant ce nouveau procédé de l’Empa.

Une autre équipe de l’Empa a développé des photodétecteurs organiques absolument transparents qui détectent sélectivement la lumière dans le domaine de l’infrarouge proche (PIR). La sensibilité d’un photodétecteur est avant tout déterminée par ce que l’on appelle le courant d’obscurité. En ayant recours à des couches tampons spéciales ultra-minces, les chercheurs de l’Empa sont parvenus à réduire le courant d’obscurité de plusieurs ordres de grandeur. Ce qui rend ces nouveaux photodétecteurs organiques aussi sensibles et rapides que les détecteurs conventionnels base de silicium – avec en plus de nombreux avantages sur ces derniers: ils sont légers, bon marché à produire et peuvent être appliqués en grandes surfaces sur des supports flexibles. Ceci leur ouvre des possibilités d’utilisation intéressantes, par exemple comme capteurs sur des écrans interactifs, dans le contrôle de qualité ou en imagerie médicale.

1

Cellule solaire CIGS à couche mince avec un rendement de 20,4 pour-cent – le record du monde pour les cellules solaires flexibles!

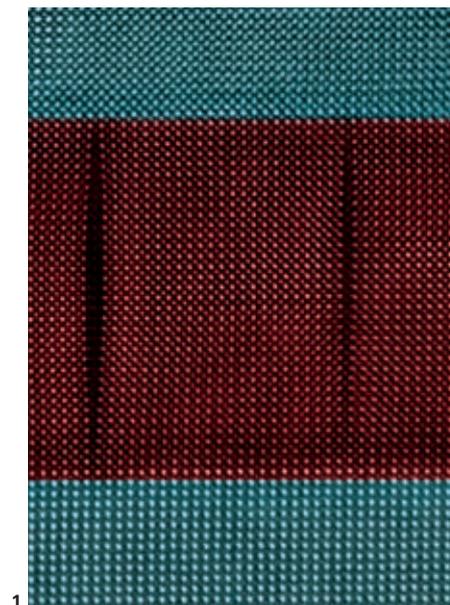
Photo ronde: Photodétecteur organique flexible et optiquement transparent.



La catalyse sélective – moins de hasard, davantage de contrôle

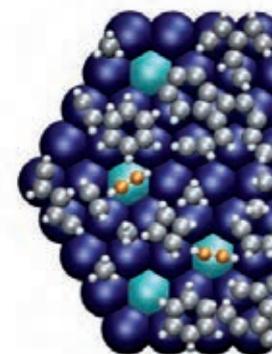
Dans la synthèse chimique par catalyse hétérogène, la sélectivité, soit la prédominance d'une des nombreuses réactions possibles, est un défi majeur. Les réactions accessoires indésirables réduisent l'efficacité du processus, conduisent à des contaminations du produit et peuvent même empoisonner le catalyseur. L'hypothèse actuelle est que le processus catalytique se déroule sur des centres de réaction isolés au niveau atomique à la surface du catalyseur. Les catalyseurs utilisés sont principalement des alliages de métaux précieux. Dans ces alliages, les atomes des différents éléments, par exemple de platine ou de palladium, sont distribués au hasard dans les mailles du réseau cristallin, y compris à sa surface – et les centres de réaction se créent ainsi eux aussi au hasard.

Pour accroître la sélectivité du processus catalysé, il faudrait pouvoir créer de manière contrôlée des centres de réaction isolés. Une possibilité consiste à utiliser les composés intermétalliques dans lesquels les différents atomes de métal ne sont pas répartis au hasard mais occupent des positions bien définies dans le réseau cristallin. En faisant alterner expérimentation et simulation sur ordinateur, les chercheurs de l'Empa ont étudié les propriétés catalytiques du composé intermétallique PdGa. Les résultats montrent que sur ses surfaces, les centres catalyti-



1

5 nm



2

1

Micrographie électronique à balayage en transmission en résolution atomique montrant la conformation d'une structure magnéto-électrique stratifiée d'un type nouveau. Les dislocations (lignes noire) dans la couche magnéto-électrique (rouge) sous tension mécanique se produisent par relaxation lors de la préparation de l'éprouvettes MET extrêmement mince (En collaboration avec Prof. P. Yu, Tsinghua University, Chine).

2

Différentes agencements spatiaux des centres catalytiquement actifs sur la surface d'un catalyseur:

(a) Sur du palladium pur (atomes de Pd bleu et cyan), déposition de carbone (gris) qui crée des centres actifs isolés pour les adsorbats (orange et blanc).

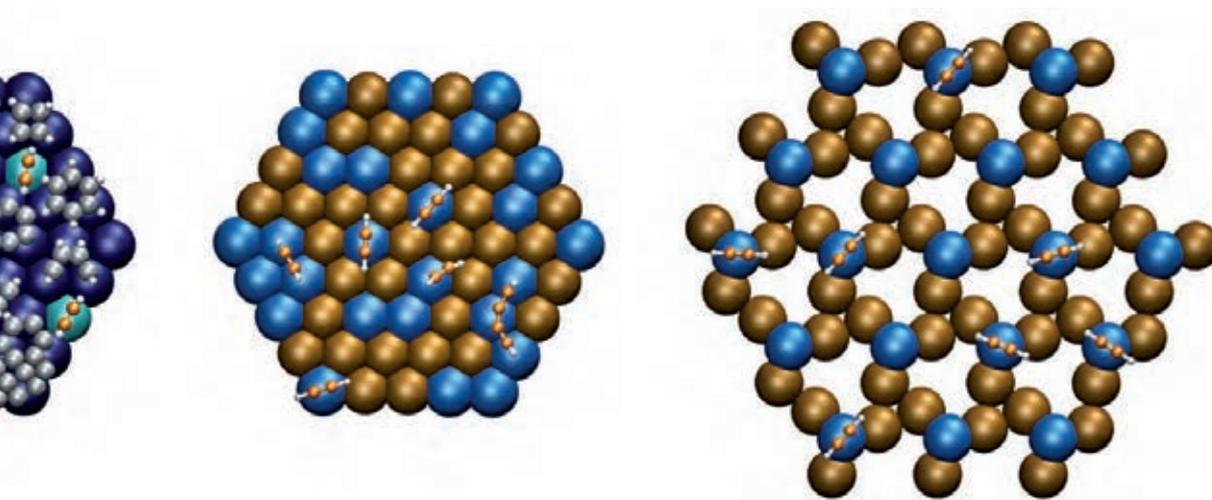
(b) La «dilution» des atomes de Pd (bleu) avec un élément inerte (brun) sur une surface d'alliage conduit à la formation de petits ensembles fonctionnant comme points d'accrochage.

(c) Séparation des centres actifs sur une surface intermétallique où, du fait de la structure cristalline, les points d'adsorption (bleu) sont distribués de manière bien définie sur toute la surface et sont séparé par des atomes catalytiquement inertes (brun).

Contact

Dr. Pierangelo Gröning
pierangelo.groening@empa.ch

quement actifs de palladium sont séparés dans l'espace par des atomes inertes de gallium, ce qui améliore notablement les propriétés catalytiques du composé par rapport au palladium pur ou à ses alliages. De plus le PdGa a une structure chirale (symétrie miroir) et les catalyseurs PdGa pourraient donc s'utiliser pour la production de certains produits pharmaceutiques pour lesquels seul un des énantiomères est biologiquement actif ou présente l'effet désiré. Jusqu'ici il fallait isoler par des opérations compliquées le composé actif du mélange des deux formes. //



Des solutions pratiques avec une plus-value sociétale

La qualité élevée des ouvrages de construction dans notre pays est un élément important de notre qualité de vie. Des infrastructures sûres et performantes ainsi que des espaces de travail et d'habitation attrayants et confortables nous semblent aller de soi. Pour conserver ce niveau à l'avenir aussi, il nous faut trouver des solutions économiquement, écologiquement et socialement compatibles pour la conservation et l'extension de notre environnement construit. Ceci implique une utilisation économe des ressources non renouvelables, et en particulier des matériaux de construction importants que sont le béton et le bitume. Il est encore tout aussi important d'entretenir les structures existantes et, le cas échéant, de les adapter à de nouvelles exigences de manière à ce qu'elles puissent continuer à assurer leurs fonctions. L'Empa contribue par ses travaux de recherche au développement de solutions praticables pour cela et qui créent ainsi une véritable plus-value pour la société.

Le bitume – quasiment totalement recyclable

Le bitume est quantitativement le matériau de construction le plus important après le béton, et par là d'une grande importance non seulement sur le plan économique mais aussi écologique. En même temps, le bitume se distingue par une recyclabilité presque idéale. L'année dernière, l'Empa a démontré dans plusieurs travaux de recherche qu'il est possible de produire, pour

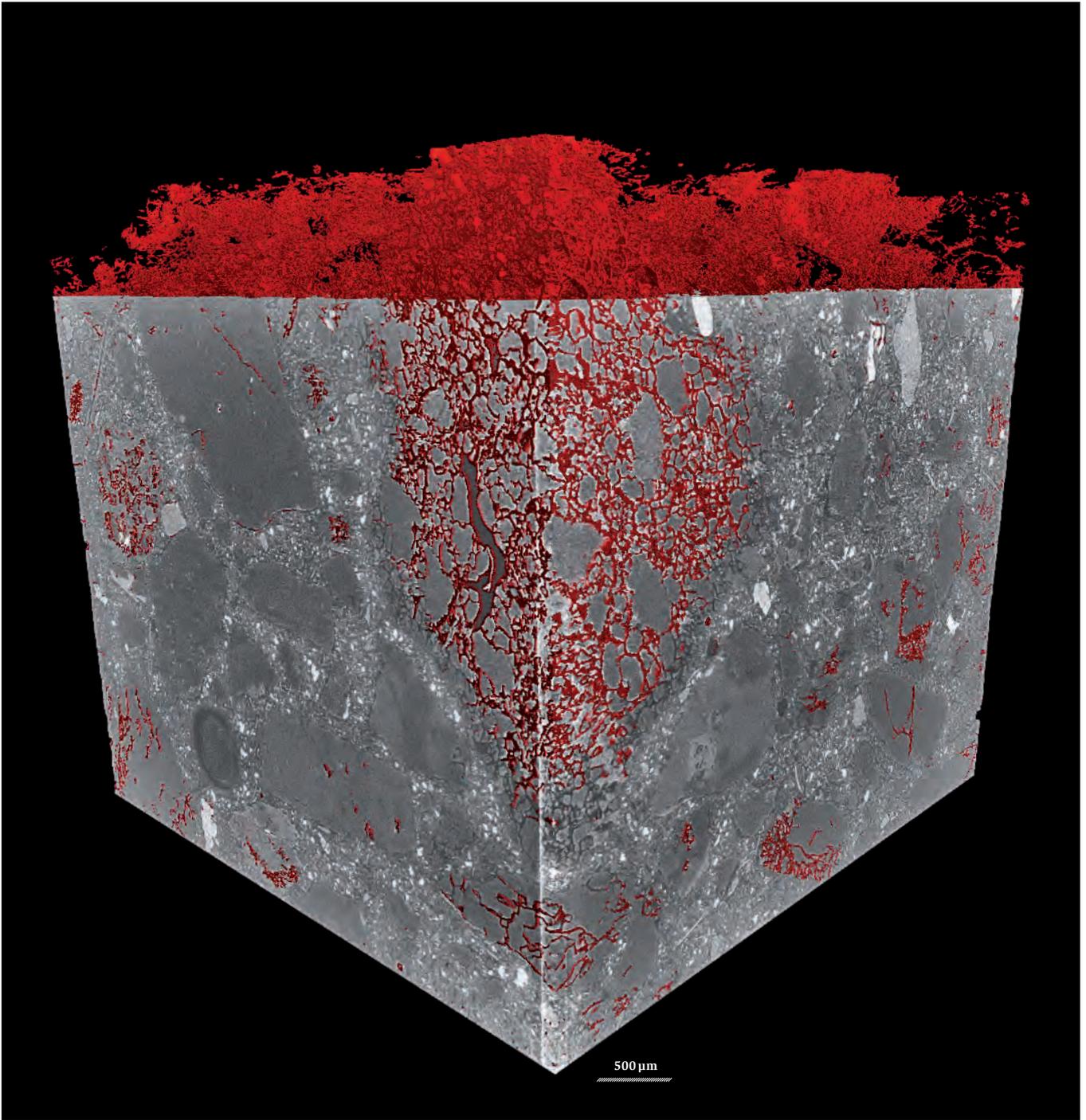
l'instant en laboratoire, des enrobés à chaud de haute qualité renfermant jusqu'à 80 pour-cent d'agrégats d'enrobés recyclés. Une recyclabilité totale est ainsi en passe de devenir réalité. Toutefois il faut également pour cela impérativement assurer la qualité des agrégats recyclés par un triage précoce, un meilleur traitement et un stockage adéquat.

Des améliorations pour le béton haute performance aussi

Les bétons hautes performances permettent de réaliser des formes extrêmement élancées, cela principalement en association avec une armature en polymères renforcés de fibres de carbone (PRC) qui permet de renoncer à la couverture de béton nécessaire pour la protection contre la corrosion des fers d'armature. Malheureusement la structure dense du béton haute performance est un désavantage en cas d'incendie car la pression exercée par la vapeur d'eau libérée au sein du béton peut conduire à des éclatements de ce dernier. Une stratégie possible consiste à ajouter au béton des fibres de polypropylène qui fondent en cas d'incendie et créent ainsi des canaux qui permettent de relâcher cette pression. Toutefois dans le béton autocompactant une adjonction de ces fibres en quantité suffisante est impossible. Pour remédier à cela, l'Empa a développé une solution, brevetée, qui consiste à associer une quantité de fibres réduite à des polymères superabsorbant (PSA), qui permet de

1

La tomographie aux rayons X met en évidence les fissures dans une éprouvette de béton (en rouge).



1

Contact

Dr. Peter Richner
peter.richner@empa.ch

Dr. Giovanni Terrasi
giovanni.terras@empa.ch

confectionner un béton autocompactant. En cas d'incendie, les particules de PSA forment des micropores qui, en association avec les fibres, créent un système de canaux percolants qui diminue nettement le risque d'éclatements. C'est ce qu'a démontré aussi expérimentalement la réalisation d'une poutre en T mince armée de fils de PRC précontraints.

Les PRC redonnent une jeunesse aux ponts affaiblis par l'âge

De plus en plus de ponts en acier doivent être remplacés ou renforcés suite à des phénomènes de fatigue. Dans un projet financé par la CTI, l'Empa a développé une solution avec laquelle les éléments porteurs sont renforcés à l'aide de lamelles de PRC. Au contraire de ce qui est le cas avec les solutions usuelles, les lamelles ne sont pas collées sur la structure, et cette solution est donc adaptée aux constructions rivetées ou encore aux surfaces rendues très rugueuses par la corrosion. Ce système a déjà été appliqué avec succès sur le pont de Münchenstein âgé de 120 ans. L'efficacité de ce renforcement a été contrôlée et vérifiée à l'aide d'un réseau de capteurs sans fils. Les exploitants de ponts disposent ainsi d'une variante notablement moins coûteuse qu'un remplacement qui, du fait de l'intervention minimale sur la structure, est des plus intéressantes pour la protection du patrimoine bâti. //

1

Vue de la face inférieure du pont de Münchenstein avec son renforcement transversal en bandes de PRC précontraintes.

2

Le pont de Münchenstein construit il y a 120 ans a été renforcé à l'aide de bandes de PRC précontraintes.



Utilisation efficiente et responsable des ressources

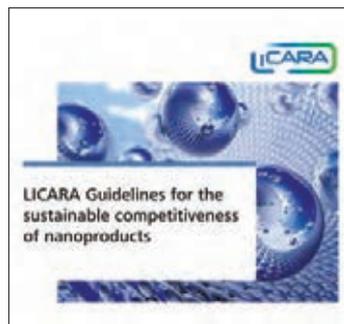
La demande sans cesse croissante de notre société, que ce soit dans le domaine des biens de consommation ou de la mobilité individuelle, conduit à une utilisation accrue de ressources non renouvelables. Pour faire face à ce défi, il faut développer de nouveaux processus plus efficaces visant la fermeture des cycles de matériaux ainsi que des nouveaux matériaux pour la satisfaction des besoins de la vie quotidienne. Simultanément, nous devons changer notre comportement pour parvenir à une utilisation responsable des ressources. Un but central de l'Empa est de promouvoir cette évolution et de développer des processus et des matériaux novateurs qui tiennent compte de la nécessité d'une gestion durable de l'environnement.

Un guide pour des produits durables qui accroissent la compétitivité

Du fait de leurs propriétés spécifiques, les nanomatériaux peuvent conduire des améliorations décisives des produits et procurer un avantage concurrentiel aux entreprises productrices. Toutefois il s'agit aussi simultanément d'éviter d'éventuelles atteintes à la santé de l'homme et à l'environnement

dues à cette nouvelle classe de matériaux. Comme nombreuses sont les questions encore ouvertes sur les avantages et les risques des nanomatériaux et que la législation européenne dans ce domaine est stricte, dans le cadre du projet européen

LICARA des chercheurs de l'Empa ont élaboré, avec l'institut de recherche hollandais TNO, le Nano-Cluster Bodensee et des partenaires de l'industrie, un guide sur les nanomatériaux (www.empa.ch/licara). Ce guide conduit en sept étapes à travers une analyse systématique des avantages et des inconvénients des nanomatériaux et aide ainsi à préparer la décision sur leur utilisation; il favorise ainsi aussi la communication entre les différents acteurs tout au long de la chaîne de valorisation. Ce guide aide ainsi l'industrie dans son estimation des avantages généraux et des risques de ces nouveaux matériaux pour l'homme et l'environnement pour développer ainsi des nanoproduits durables et concurrentiels.



Technique d'analyse des gaz novatrice pour la réduction des émissions

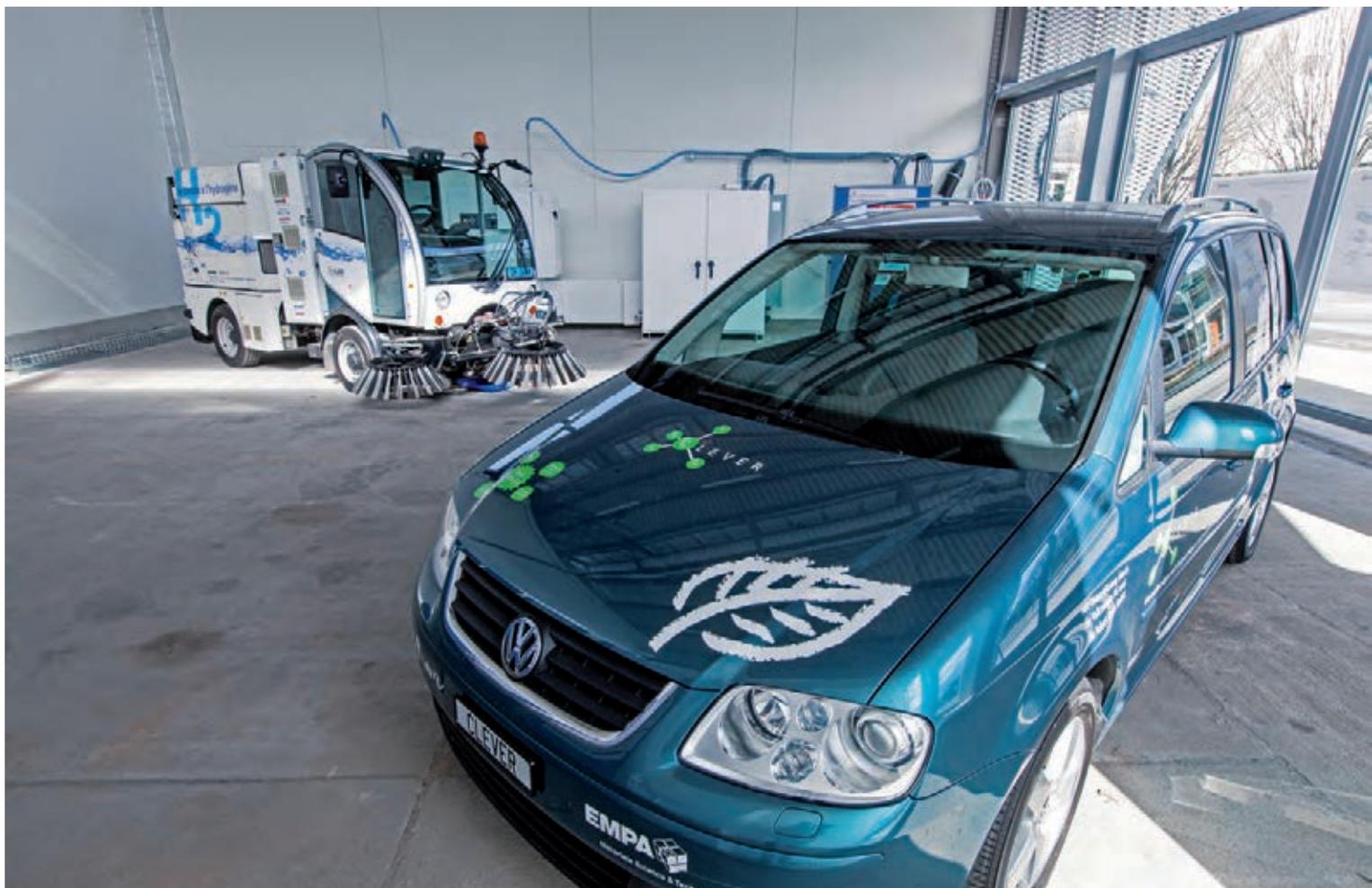
Les émissions provoquées par les processus industriels sont

1

Le démonstrateur «Future Mobility», une plateforme de recherche sur la mobilité de l'avenir: à côté de gaz naturel/biogaz et d'électricité, cette station distribue aussi de l'hydrogène et un mélange gaz naturel/biogaz/hydrogène.

2

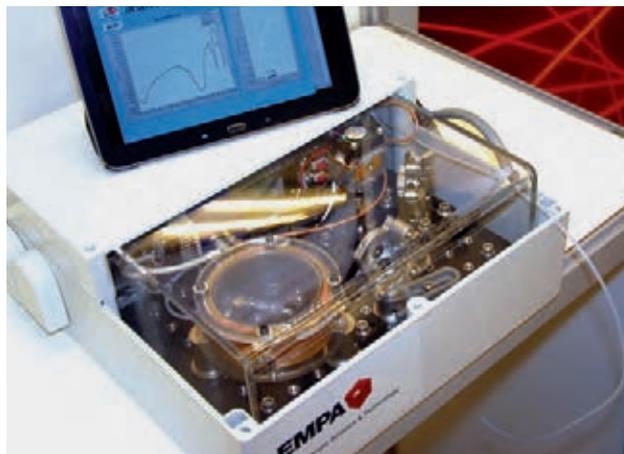
Un appareil d'analyse utilisant un laser à cascade quantique permet de déterminer les polluants atmosphériques avec une précision et une sensibilité extraordinaire. Ce prototype a été primé dans la catégorie «Best Innovation» lors de l'exposition «Photonics Europe». Cet appareil se prête par exemple à la mesure des isotopes du CO₂.



souvent un mélange de différents gaz. L'évaluation de ces émissions ainsi que l'optimisation des processus qui les provoquent demandent ainsi en règle générale plusieurs instruments de mesure souvent coûteux. Une équipe de chercheurs de l'Empa a développé, en collaboration avec des chercheurs de l'EPFZ, un instrument de mesure qui utilise un laser à cascade quantique et qui est capable de détecter simultanément plusieurs gaz par mesure dans l'infrarouge moyen. Ce spectromètre multi-espèces est réalisé avec une seule puce laser qui a été optimisée pour plusieurs domaines de fréquence. Il permet ainsi, par exemple, de détecter simultanément et avec une résolution temporelle élevée quelques ppb («parts per billion», parties par milliard) de NO_2 et de NO , ce qui est un gros avantage tant pour les observations environnementales que pour l'étude de processus de combustion.

Les énergies renouvelables réduisent les émissions de CO_2 de la mobilité

La production d'électricité à partir de sources renouvelables telles que l'énergie solaire ou éolienne est soumise à des fluctuations temporelles – qui ne concordent pas toujours avec celles de la demande. L'utilisation directe ou pour la synthèse de carburants de ces excédents temporaires des installations solaires et éoliennes permettrait de faire circuler 100000 véhicules à biogaz/gaz naturel, à piles à combustible ou électriques avec de l'énergie locale neutre en CO_2 . L'Empa a construit sur le site de Dübendorf son démonstrateur «Future Mobility» qui présente les différentes technologies qui permettent de transformer de manière économiquement judicieuse l'électricité excédentaire en carburant pour économiser ainsi des quantités importantes de carburants fossiles. //



2

Soutien efficace pour la politique énergétique suisse

En 2014, le développement de l'axe de recherche «Energie» a été poursuivi. Les centres de compétence («Swiss Competence Centers for Energy Research», SCCER) lancés par la Confédération dans le cadre du plan d'action «Recherche énergétique suisse coordonnée» sont entre temps tous devenus opératifs. L'Empa dirige le SCCER «Future Energy Efficient Buildings & Districts» (FEEB&D) et fournit des contributions importantes dans les domaines Stockage et Mobilité. Le montant budgété de ces travaux pour les années 2014-2016 atteint 10 millions de francs, dont un tiers est fourni par la Commission pour la technologie et l'innovation (CTI), un tiers provient des moyens propres de l'Empa et un tiers de moyens compétitifs. L'Empa fournira ainsi une contribution importante à la réalisation des objectifs de la politique énergétique suisse et au renforcement de la force innovatrice de l'industrie de notre pays.

Les bâtiments – efficaces, intelligents et en réseau

Le SCCER FEEB&D a pour but de développer des concepts et des technologies aptes à réduire d'un facteur cinq la consommation d'énergie du parc immobilier suisse d'ici 2050. Pour cela, les bâtiments doivent devenir efficaces, intelligents et réseautés. Pour ce qui est de l'efficacité, les travaux de recherche se concentrent sur de nouveaux matériaux isolants hautes performances qui permettent un assainissement éner-

gétique efficace et peu coûteux des bâtiments existants ainsi que sur de nouvelles fenêtres qui permettent de tirer le maximum de profit des gains solaires en hiver sans pour autant conduire à une surchauffe en été. Une fois la consommation d'énergie de base réduite à un niveau raisonnable, il faut encore assurer une exploitation optimale du bâtiment, autrement dit, tirer tout le profit de son potentiel d'efficacité. Ici, les thèmes vont de l'automatisation des bâtiments et de la commande prédictive jusqu'à l'intégration des utilisateurs.

Le troisième axe de ce SCCER vise l'intégration des bâtiments dans des réseaux multi-énergies locaux, dans lesquels la chaleur, le froid, l'électricité et le gaz sont répartis entre différents bâtiments à l'aide d'un hub énergétique. Il s'agit là de développer un outil de simulation qui permette un dimensionnement optimal de ces types de réseau ainsi que de déterminer quelles sont les technologies utilisables pour la transformation et le stockage des énergies dans le hub. Le potentiel de ces réseaux interconnectés réside dans l'utilisation optimale des énergies renouvelables produites localement et dans une décharge du réseau par suppression des pointes d'offre et de demande. Dans tous ces aspects, les questions socio-économiques jouent aussi un rôle important qui sera traité dans un projet ad hoc. Finalement un grand nombre de partenaires industriels sont aussi associés à ce SCCER car ce sont eux seuls qui seront en mesure de lancer de nouvelles solutions sur le marché.

1

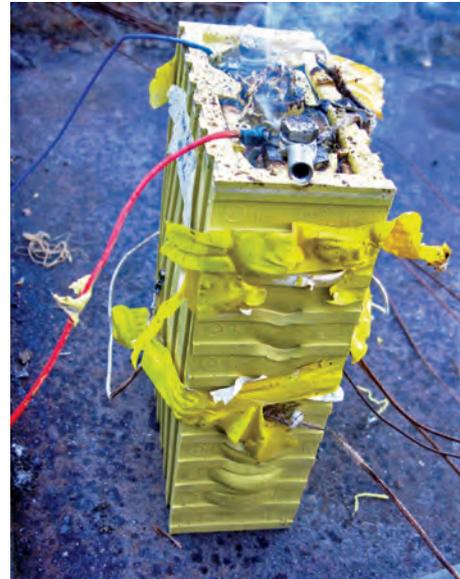
Le projet européen FP7 COMTES étudie le stockage à long terme de l'énergie solaire avec des accumulateurs de chaleur à sorption. Un partenaire du projet contrôle l'échangeur de chaleur à l'intérieur de l'installation.



Densité de charge accrue pour les batteries – efficacité plus élevée en photovoltaïque

Dans le SCCER Mobilité, l'Empa poursuit ses travaux dans le domaine des véhicules à gaz alors que dans le SCCER Stockage, elle se concentre sur les thèmes de l'hydrogène et des batteries. Pour ces dernières, il s'agit du développement de nouveaux matériaux pour leurs électrodes, reposant sur l'utilisation de matériaux nanocristallins monodispersés qui possèdent un potentiel pour obtenir des densités de charge élevées. De plus, l'Empa a mis en place et exploite une infrastructure qui permet d'étudier la fiabilité et la durée de vie des grosses batteries utilisées dans l'électromobilité ou en photovoltaïque.

A côté de ces activités menées dans le cadre des SCCER, des travaux importants ont aussi été réalisés dans de nombreux autres domaines. Par exemple avec le développement de cellules photovoltaïques tandems formées de deux couches possédant des bandes interdites différentes qui permettent de transformer en électricité une plus grande partie du rayonnement solaire; ce qui conduit à une efficacité totale dépassant les 30 pour-cent. Toutefois cette technologie n'a de chances commerciales qu'avec l'utilisation de matériaux et de processus de production peu coûteux. L'Empa mise ici sur une technologie des couches minces où une couche de perovskite semi-transparente est appliquée sur une couche CIGS. //



1

1
Test de surcharge d'une batterie lithium-phosphate de fer: les cellules elles-mêmes ne brûlent pas mais le dégazage peut toutefois conduire à l'inflammation de matières combustibles qui se trouveraient au voisinage.

Un Suisse sur deux doit se faire poser une prothèse de hanche au cours de sa vie. Et avec l'augmentation de l'espérance de vie due aux progrès de la médecine, ce nombre pourrait même encore augmenter à l'avenir. Les implants doivent ainsi rester fonctionnels plus longtemps; et en même temps les matériaux utilisés pour ceux-ci sont nettement plus sollicités du fait de la poursuite d'activités sportives jusqu'à un âge avancé. Les exigences posées aux implants de demain ne cessent donc de s'accroître.

Interactions entre matériaux et systèmes biologiques

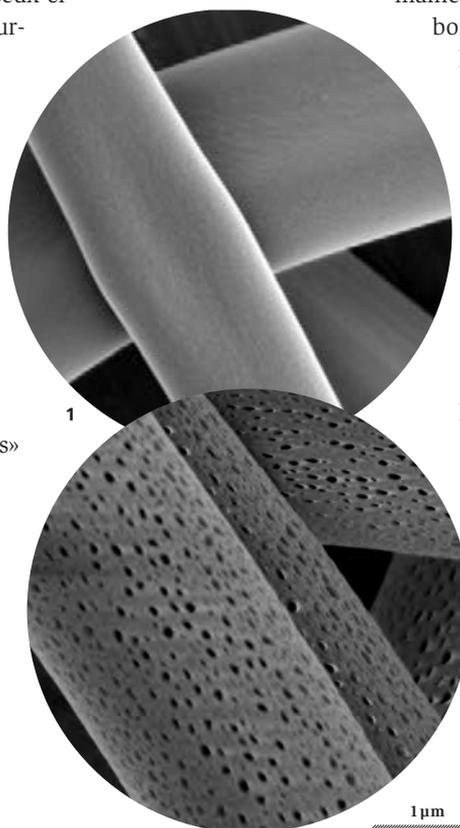
A côté de l'amélioration des propriétés mécaniques des nouveaux matériaux, leurs interactions avec les systèmes biologiques – les cellules, les tissus et les organes – jouent elles aussi un rôle important. Ce sont elles qui sont au centre des activités des nouveaux laboratoires de recherche «Biointerfaces» et «Particles-Biology-Interactions» créés l'année dernière. Les matériaux des implants peuvent par exemple provoquer des allergies; des bactéries multirésistantes apparaissent

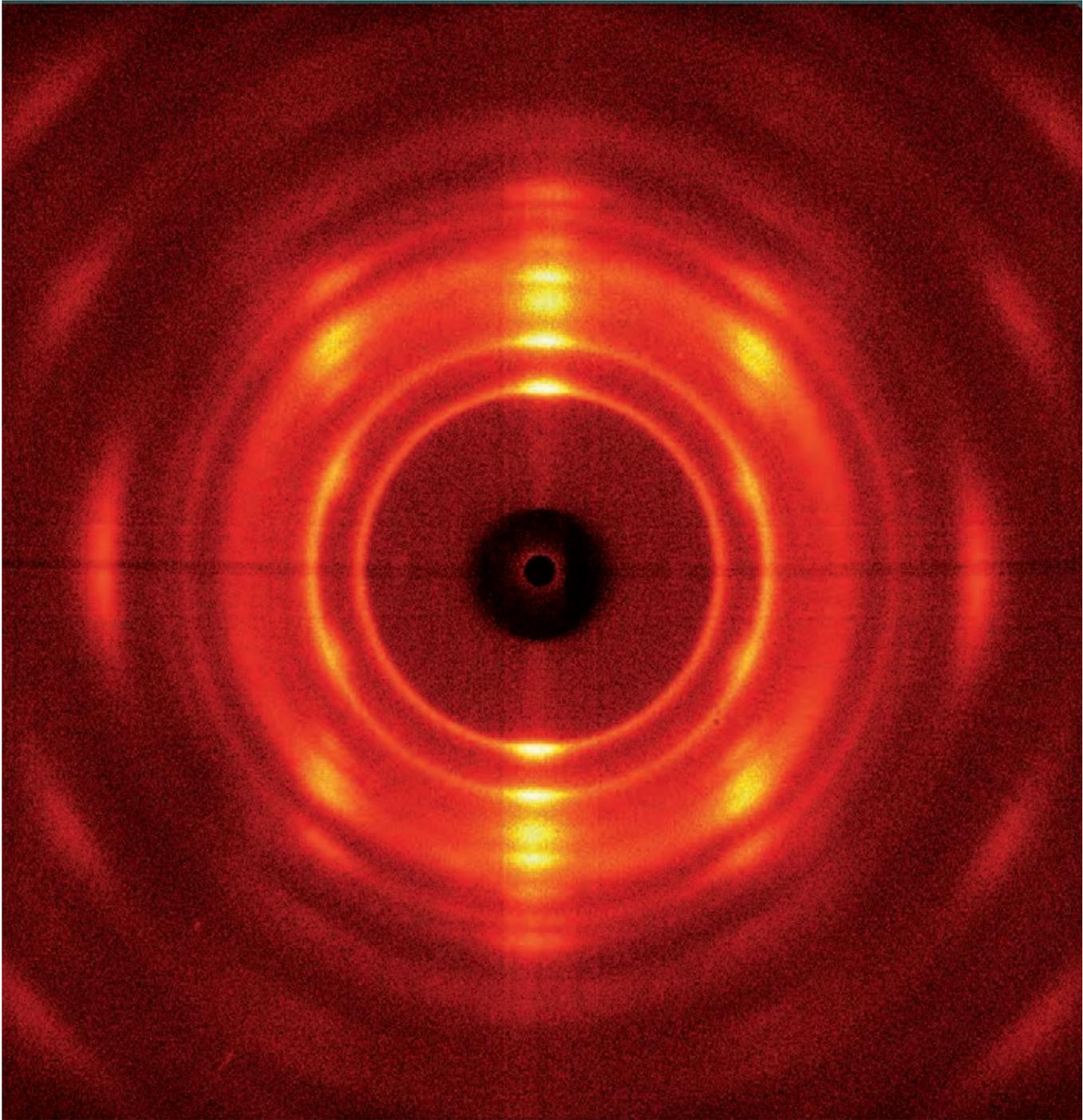
1

Les fibres produites par le procédé d'électrofilage présentent des surfaces différentes suivant les conditions environnementales: une faible humidité de l'air conduit à des surfaces lisses, une humidité de l'air élevée confère aux fibres une surface poreuse. Ceci peut être mis à profit pour produire des fibres délivrant des substances de manière contrôlée (médicaments, parfums, etc.).

de plus en plus fréquemment à leur surface. Le but des activités de recherche de l'Empa est d'améliorer la compréhension des mécanismes complexes sur les surfaces et aux interfaces et de développer grâce à des technologies novatrices de nouvelles méthodes thérapeutiques et de diagnostic. Ce domaine interdisciplinaire implique une collaboration étroite avec des médecins des hôpitaux universitaires ou cantonaux et une association des compétences dans les domaines de la biotechnologie, de la microbiologie et de la biologie cellulaire.

Afin tirer encore mieux profit du potentiel des textiles dans des domaines où les aspects de la durabilité et de la biologie sont importants – et pour développer ainsi des applications innovantes – l'Empa a lancé, avec des partenaires de l'industrie textile et d'autres branches, l'initiative de recherche «SUBITEX». Le développement et les applications de nouveaux matériaux, fibres, tissus et pro-





1

cédés, doivent assurer à long terme la compétitivité des firmes textiles suisses sur le marché global. Des applications particulièrement intéressantes se situent dans le domaine de la sensorique optique, avec par exemple des fibres photoconductrices ou des biocapteur innovants, ou encore aussi dans le domaine des fibres polymères multicomposants à noyau liquide ou des nanofibres possédant des propriétés anti-oxydatives ou encore des membranes pour l'administration contrôlée de médicaments à travers la peau (voir aussi pages 10).

Développement d'un sphincter artificiel

Dans les pays industriels, l'incontinence est, avec une prévalence atteignant jusqu'à 10 pour-cent, un mal largement répandu avec des conséquences physiques et surtout sociales importantes. L'Empa développe dans le cadre d'un projet NanoTera avec le «Biomaterials Science Center» de l'Université de Bâle et l'«Institute for Surgical Technology and Biomechanics» de l'Université de Berne, l'électronique de commande et de puissance d'un muscle sphincter artificiel ainsi que sa batterie d'alimentation rechargeable par induction. Le sphincter lui-même se compose d'un actuateur en fibres polymères électro-actives. Les essais cliniques sont réalisés dans les hôpitaux cantonaux de Schaffhouse et de St-Gall ainsi qu'à l'Inselspital à Berne.

Un nouveau centre d'analyses par rayons X

Pour pouvoir mieux caractériser les échantillons biologiques, le Centre d'analyse aux rayons X nouvellement créé utilise des méthodes analytiques telles que la tomographie aux rayons X (XCT), la diffractométrie aux rayons X (RXRD) et des méthodes de diffusion des rayons X aux petits angles (SAXS, XPCI); il développe de plus des algorithmes pour l'analyse d'images tridimensionnelles et la simulation sur ordinateur.

Les travaux de recherche se concentrent sur les applications en biologie et en biotechnologie ainsi que sur le développement de techniques d'analyse in situ. Les nouveaux instruments XRD et SAXS du centre se prêtent particulièrement bien à la caractérisation de matériaux tels que les nanoparticules, les polymères et les fibres. Le but de ces travaux est en premier lieu de parvenir à une meilleure compréhension des propriétés mécaniques des matériaux examinés afin de les optimiser. Par ailleurs, les chercheurs et chercheuses de Centre de radiologie développent des détecteurs de rayons X ultrasensibles qui permettent de diminuer la dose de rayonnement lors des examens médicaux et réduisent ainsi notablement les risques pour les patients. //

1

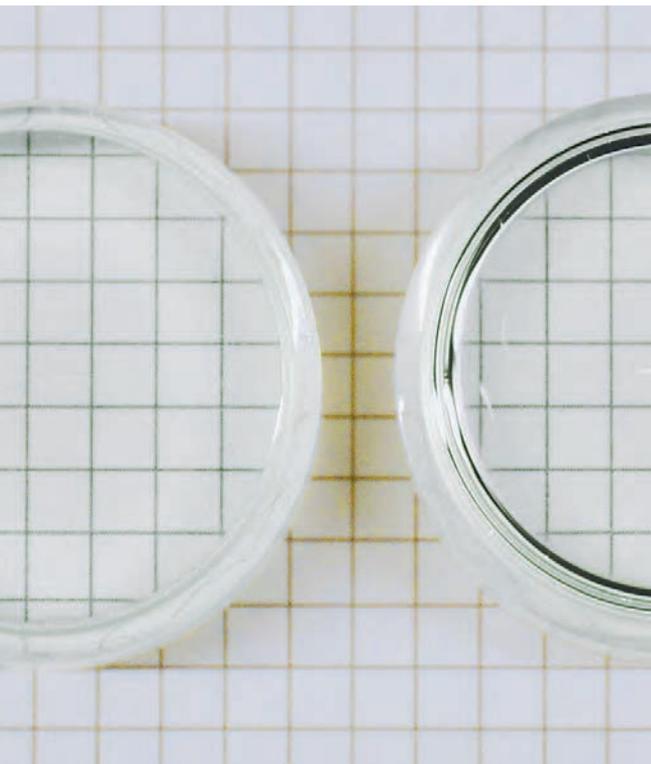
Figure de diffraction X d'une fibre textile obtenue par analyse SAXS qui permet de déterminer la structure moléculaire de la fibre (Photo: Bruker Corp.).



De la recherche à l'innovation

La recherche de haut niveau et la proximité de l'industrie – tels sont les deux «pôles» entre lesquels l'Empa se meut. Grâce à des formes de collaboration individuelles et efficaces et à une offre de services étendue, l'Empa est en mesure d'offrir des solutions sur mesure à ses partenaires. Qu'il s'agisse du développement de nouveaux produits et applications, de l'optimisation de technologies, de la résolution de problèmes concrets ou encore de la remise au niveau des connaissances les plus récentes de personnel technique, l'Empa est la bonne adresse avec ses quelque 550 scientifiques hautement qualifiés et sont infrastructure technique de haut niveau.

Une source d'innovation pour l'industrie



La liste des entreprises qui coopèrent avec l'Empa dans des projets de recherche et de développement communs ne cesse de s'allonger; ces partenaires industriels utilisent les compétences interdisciplinaires des chercheurs de l'Empa comme source d'innovation dans le développement de leurs produits. C'est ainsi que l'année dernière, avec juste 130, le nombre des nouveaux accords de recherche augmenté de 14 pour-cent par rapport à l'année précédente. De plus, l'Empa a déposé 18 demandes de brevet et conclu 16 contrats de licence et de transfert de technologie avec des partenaires économiques.

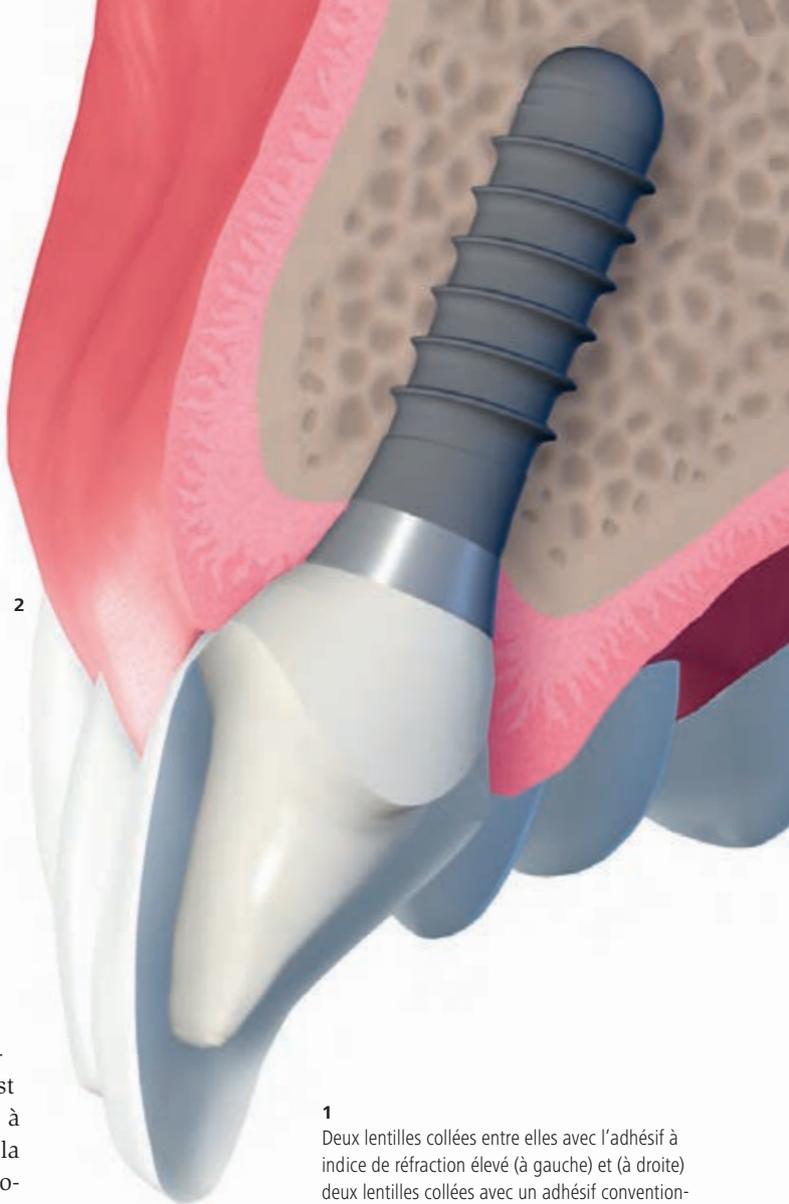
Nouveaux adhésifs en polymères structurés

Des chercheurs de l'Empa, de la Interstaatlichen Hochschule für Technik Buchs (NTB) et du Centre Suisse d'Electronique et de Microtechnique (CSEM) ont développé de nouveaux polymères structurés multifonctionnels dans le cadre d'un projet CTI d'une durée de deux ans mené avec les firmes APM Technica AG, Fisba Optik AG, Baumer Electric AG, Unisensor AG et le groupe UCP. Ces polymères s'utilisent sous forme de films adhésifs minces et de masse de coulage pour le «packaging» des composants optiques et optoélectroniques. Quatre nouveaux adhésifs ont été ainsi développés, deux qui présentent une transparence optique élevée, un avec une forte conductibilité thermique et un avec un indice de réfraction très

élevé et des propriétés adhésives et d'application optimales. Ces adhésifs seront à l'avenir produits et distribués par la firme APM Technica AG. Les entreprises Fisba Optik AG et Baumer Electric AG ont déjà produit avec eux des objets de démonstration et débuté le développement de nouveaux produits.

Des noyaux céramiques optimisés pour la coulée de précision des métaux

De nombreuses pièces métalliques – telles que, par exemple, les aubes des turbines – comportent des vides complexes qui sont nécessaires pour assurer leur fonctionnement correct. Ces pièces sont produites par moulage de précision avec des noyaux en céramique qui servent à ménager ces vides. Le comportement de ces noyaux céramiques à des températures allant jusqu'à 1550 degrés est d'une importance décisive. Le problème: les noyaux céramiques sont souvent formés de dioxyde de silicium et de zirconium et ils peuvent se déformer lorsque la température est trop élevée lors de la coulée. C'est ce qui a conduit l'Empa à développer, dans un projet CTI mené en collaboration avec la firme Engimics SA, des noyaux céramiques spéciaux aux propriétés thermomécaniques améliorées. Les aspects les plus importants étaient là d'une part une meilleure stabilité de forme à

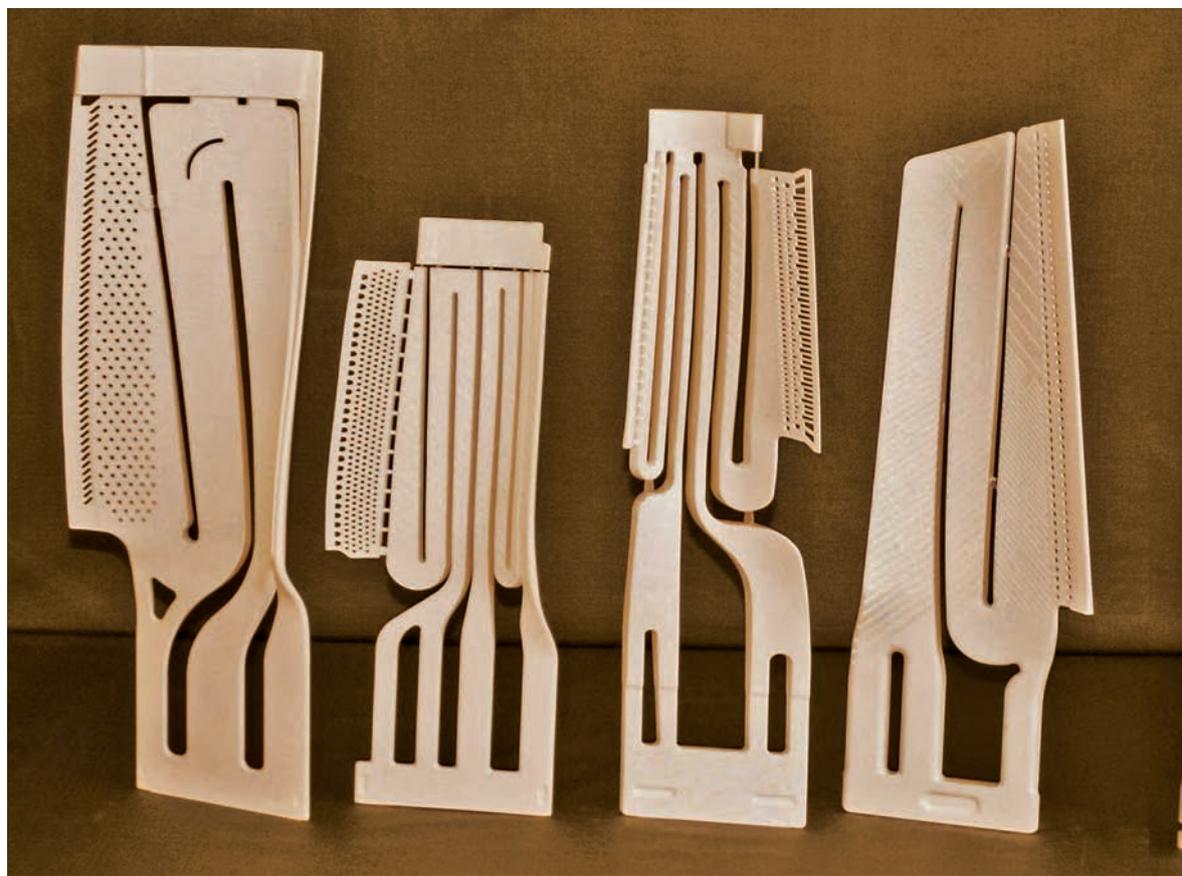
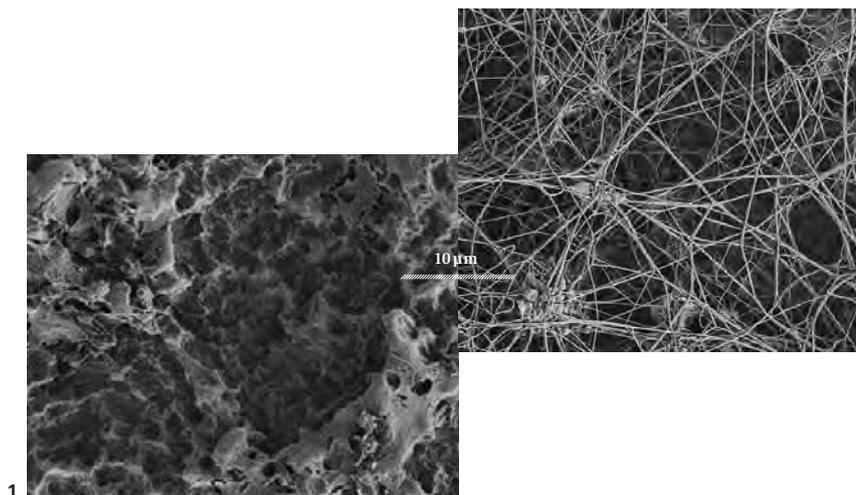


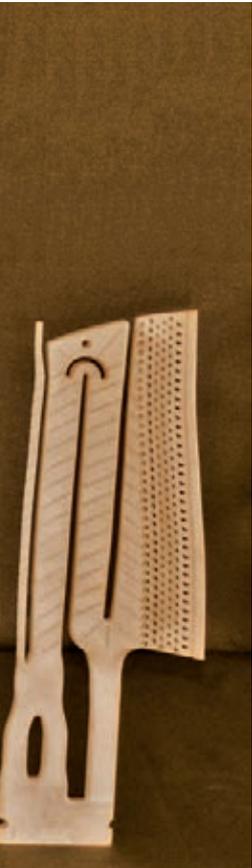
1
Deux lentilles collées entre elles avec l'adhésif à indice de réfraction élevé (à gauche) et (à droite) deux lentilles collées avec un adhésif conventionnel. (Photo: Fisba Optik AG)

2
Des chercheurs de l'Empa collaborent avec des partenaires industriels pour rendre les implants «plus biocompatibles» (Illustration: Institut Straumann AG 2015).

1
Le réseau de fibrine important pour le processus de guérison croît mieux sur un matériau optimisé (à droite) que sur une surface d'implant non fonctionnalisée (à gauche).

2
Des noyaux céramiques pour le moulage de précision de pièces métalliques.





haute température et le procédé dit de décochage par voie chimique après la coulée –, soit l'élimination du noyau de la pièce métallique par dissolution avec une solution de soude caustique pour ménager le vide prévu. En faisant varier les matières premières des noyaux céramiques, les chercheurs de l'Empa sont parvenus à en améliorer la formulation. Cette nouvelle formulation permet de réaliser des noyaux qui présentent des propriétés à hautes températures bien définies pour différents types de pièces coulées.

Fonctionnalité et compatibilité des implants dentaires

Dans différentes études effectuées avec l'Institut Straumann AG, entre autres dans deux projets financés par la CTI, des chercheurs de l'Empa ont déterminé dans des essais in vitro la fonctionnalité et la compatibilité biologique de différents matériaux d'implants. La réaction du corps à un matériau «étranger» immédiatement après l'implantation est décisive pour savoir si et comment les cellules des tissus coloniseront la surface de l'implant – et ainsi finalement si l'implant, par exemple une prothèse articulaire, va s'ancrer ou non de façon ferme dans l'os. Afin de pouvoir mieux étudier ces propriétés extrêmement importantes pour les implants, les chercheurs de l'Empa ont développé des modèles in vitro qui leur permettent d'examiner comment différents types de cellules, par exemple des cellules osseuses ou des fibroblastes, se développent sur la surface des implants. //

Au service des jeunes entreprises

L'année écoulée, les deux pépinières d'entreprises glaTec et tebo ont à nouveau soutenu de nombreuses jeunes entreprises. Avec des résultats fructueux comme le montrent les excellents placements de leurs start-ups dans des classements et des concours nationaux. La jeune entreprise du glaTec QualySense, qui développe des installations de triage et de contrôle de la qualité des céréales et autres produits alimentaires, a amélioré son classement de cinq rangs par rapport à l'année précédente et occupait en 2014 la cinquième place parmi les 100 meilleures start ups suisses. La spin-off de l'Empa TwingTec, qui propose d'utiliser l'énergie éolienne avec des cerfs-volants novateurs, a remporté toutes les trois étapes du concours de l'initiative «VentureKick» et faisait aussi partie l'année dernière des trois finalistes du «Swiss Technology Award» dans la catégorie «Inventors». Et l'ancienne jeune entreprise du glaTec Optotune a eu le grand honneur de se voir décerner en 2014 le «Swiss Economic Award».



1

1
Un drone de la firme de STARTFELD Meteomatics GmbH, qui permet d'établir des prévisions météorologiques à 24 heures très précises (Photo: Meteomatics GmbH).

Mûres pour le marché après quatre ans

En 2014, le glaTec abritait au total 13 jeunes entreprises sur le site de l'Empa à Dübendorf, dont cinq issues de l'Empa. Ces start-ups occupent au total plus de 70 collaborateurs. Après avoir passé avec succès les différentes étapes du processus de sélection, ces jeunes entreprises peuvent s'établir pour trois à quatre ans dans le glaTec où elles bénéficient du soutien de l'Empa jusqu'à ce qu'elles atteignent leur maturité pour le marché. Après quoi elles vont s'installer dans la région comme jeune PME. C'est ainsi que l'année dernière, après Optotune, avec compliant concept AG qui occupe 15 collaborateurs, une deuxième entreprise performante a quitté l'incubateur de l'Empa pour lancer depuis son nouveau siège à Fehraltorf la vente dans les hôpitaux et les EMS de son équipement de soins assisté par capteurs «Mobility Monitor».

Etroite collaboration avec l'Université et la Haute école spécialisée de Saint-Gall

Dans le cadre de son initiative «STARTFELD», l'Empa collabore étroitement avec l'Université et la Haute école spécialisée de

2

Un centre d'innovation va naître sur le site actuel du Tagblatt, à droite le bâtiment de l'Empa à Saint Gall (Photo: St. Galler Tagblatt, Ralph Ribi).



Contact

Mario Jenni
mario.jenni@empa.ch

Peter Frischknecht
peter.frischknecht@empa.ch

Saint-Gall. En 2014, quelque 100 projets de création d'entreprise ont été évalués. Onze d'entre eux ont bénéficié d'une promotion sous forme de chèques de service et d'un coaching. La firme Meteomatics GmbH s'est de plus vue octroyer un prêt de 300'000 francs pour son réseau de drones. Créée en 2012, Meteomatics, est spécialisée dans le domaine des besoins informatiques spécifiques des branches de la météorologie, de l'énergie et du commerce de matières premières. Son équipe, qui compte actuellement sept membres, a développé un drone qui permet d'établir des prévisions météorologiques très précises sur 24 heures. De telles prévisions sont d'une importance considérable pour les producteurs d'énergie, la branche des assurances, dans le domaine de l'aviation et pour les traders en matières premières ainsi que pour le trafic ferroviaire et routier. Dans ces branches, la différence entre une prévision exacte et une prévision erronée peu rapidement se chiffrer en millions de francs. Afin de pouvoir saisir les données météorologiques sur la totalité de la Suisse, Meteomatics prévoit de créer un réseau d'une douzaine de drones. Cette jeune entreprise bénéficie du soutien de MétéoSuisse et de l'Office fédéral de l'aviation civile (OFAC). Ce projet de réseau de capteurs pourrait aussi dans l'avenir présenter un intérêt pour des projets de l'Empa dans le domaine de la pollution atmosphérique.

Un centre de technologie et d'innovation dans l'immeuble du Tagblatt

Afin de disposer de davantage de locaux à proximité immédiate de l'Empa à Saint-Gall, le tebo a conclu au mois de novembre 2014 un contrat de location pour une surface de 1000 mètres carrés dans l'immeuble du «Tagblatt» voisin. En 2015, un accès direct sera créé depuis l'Empa et ce nouveau centre d'innovation et de technologie ouvrira ses portes à la fin de cette même année. //



Succès dans l'innovation grâce à la collaboration

1

Premier coup de pioche pour NEST le 26 août 2014: Walter Steinmann, directeur de l'Office fédéral de l'énergie (OFEN); le directeur de l'Empa Gian-Luca Bona; Janet Hering, directrice de l'Eawag; le président de la ville de Dübendorf Lothar Ziörjen; le conseiller d'Etat zurichois Markus Kägi et Fabio Gramazio, l'architecte de NEST.

NEST 
exploring the future of buildings

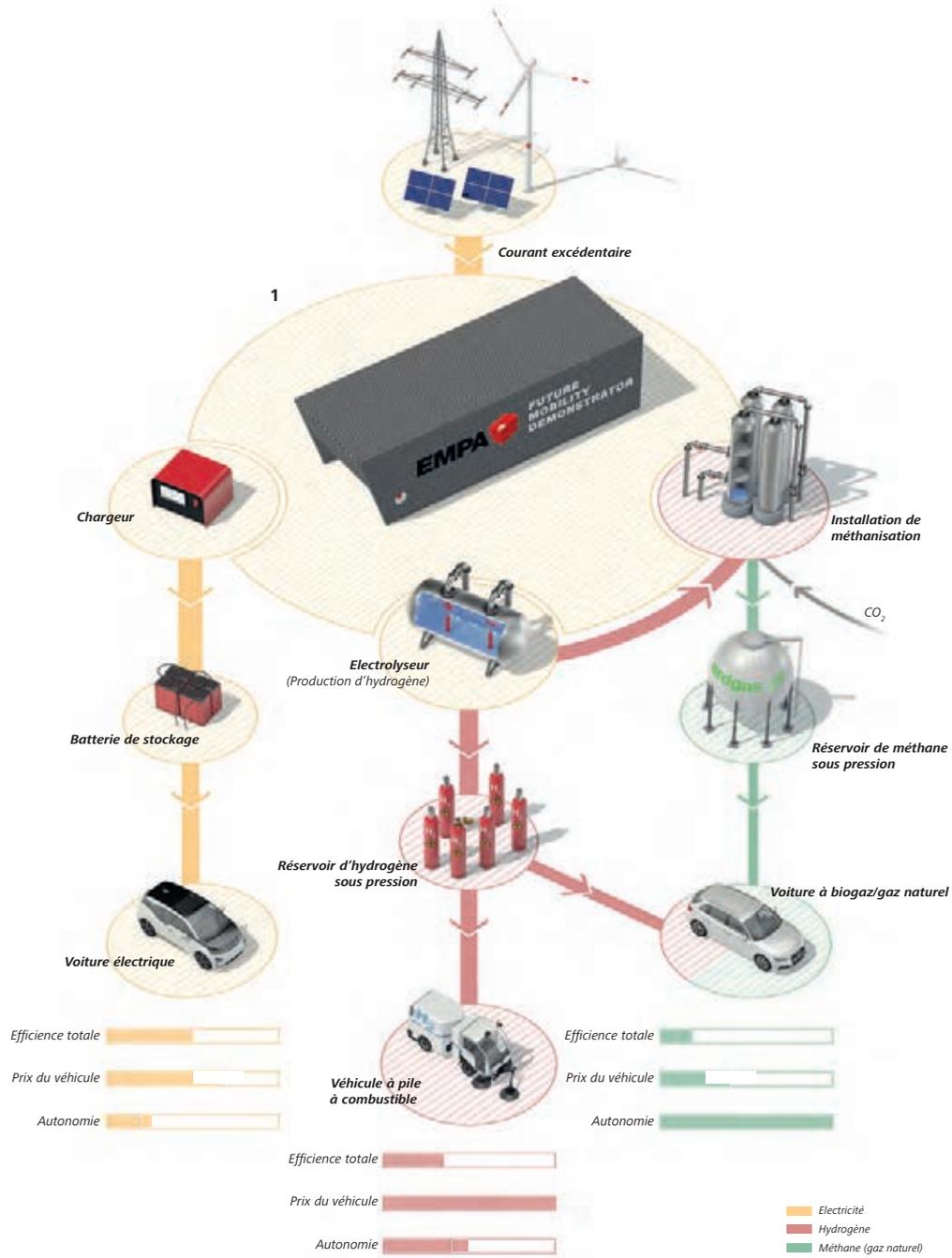


1

La collaboration étroite avec des partenaires de l'économie et de l'industrie a toujours eu une grande importance pour l'Empa. A côté d'une intense collaboration dans de nombreux projets de recherche, en 2014 l'Empa s'est avant tout concentrée sur le développement commun de plateformes et de démonstrateurs dans le but d'amener de nouvelles technologies (encore) plus rapidement à leur stade de commercialisation.

«NEST» – mise en chantier du catalyseur d'innovation pour le domaine de la construction

C'est lors d'une petite cérémonie qu'à la fin du mois d'août a été donné le premier coup de pioche de la construction sur le site de l'Empa à Dübendorf du bâtiment modulaire de recherche et d'innovation «NEST», un projet commun de l'économie, de la recherche et des pouvoirs publics placés sous la direction de l'Empa et de l'Eawag. Ce bâtiment expérimental de plusieurs étages se compose d'un noyau central, le «backbone», et de trois plateformes ouvertes sur lesquelles peuvent être «enfichés» des modules de recherche et d'innovation. Ces modules permettront d'étudier, de tester et de perfectionner les formes d'habitat et des bureaux de l'avenir. Cinq équipes ont déjà commencé la réalisation de leurs modules.



«Future Mobility» – le soleil dans le réservoir

Avec son grand projet «Future Mobility» l'Empa désire montrer comment l'énergie produite localement et de façon durable peut s'utiliser pour remplacer les carburants fossiles importés. Pour cela, l'Empa a construit, en collaboration avec des partenaires industriels sur son site de Dübendorf un démonstrateur qui permet de développer des concepts novateurs et de tester leur applicabilité pratique avec des utilisateurs réels. «Future Mobility» doit montrer comment dimensionner, exploiter et avec quelles applications combiner ces installations pour qu'elles soient économiquement et écologiquement sensées.

«Empa Innovation Award»

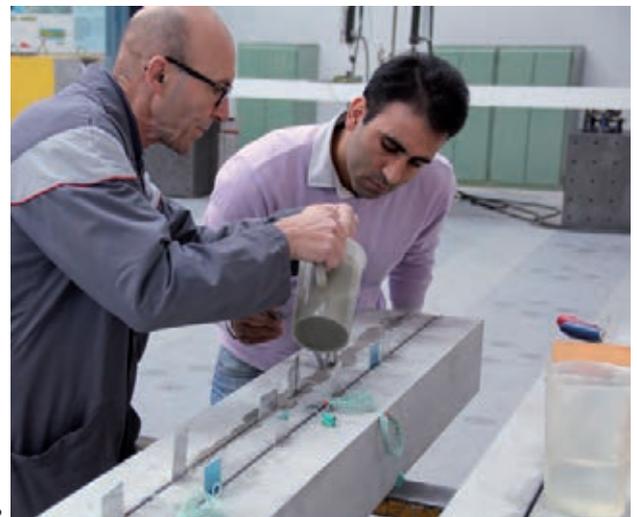
C'est déjà pour la septième fois que l'Empa attribue cette distinction à des équipes de chercheurs qui ont lancé avec succès des ponts entre la science et l'économie avec leurs travaux de recherche appliquée orientés vers le marché. Le projet récompensé cette année utilise les alliages à mémoire de forme, jusqu'ici trop coûteux, pour la précontrainte de grands ouvrages en béton. Le nouvel alliage à mémoire de forme développé à cet effet utilise le matériau bon marché qu'est le fer et remplit toutes les exigences concernant sa température de changement de phase et son comportement à la corrosion pour être utilisable dans des structures en béton. Cette technologie est actuellement lancée sur le marché par la spin-off de l'Empa re-Fer AG. //

1

«Future Mobility»: comment l'électricité excédentaire peut être transformée de façon économiquement la plus judicieuse en carburants durables à l'aide de différentes technologies.

2

Les alliages à mémoire de forme peuvent aussi s'utiliser pour des application dans le domaine de la construction: des ingénieurs de l'Empa scellent des lamelles en acier à mémoire de forme dans une poutre de béton.



Un réseau mondial sous le signe de l'innovation

Le savoir et les connaissances techniques sont des biens globaux. Pour leur acquisition et leur transfert à la pratique, l'Empa coopère aussi avec de nombreux partenaires internationaux. C'est ce que montrent entre autres les publications scientifiques des chercheurs de l'Empa: nettement plus de la moitié sont publiées avec des partenaires étrangers.

Projet phare européen ...

Le graphène est considéré comme un matériau possédant un potentiel énorme pour le développement de technologies innovatrices dans des domaines aussi différents que l'électronique, la photonique ou la sensorique. Raison pour laquelle entre autres l'UE soutient la recherche sur le graphène dans l'un de ses deux seuls «projets phares». Et l'Empa participe elle aussi à ce grand projet. Au mois de novembre, les scientifiques du groupe de travail «Santé et environnement» de neuf pays européens se sont retrouvés à l'Empa à Saint-Gall à l'occasion de leur réunion annuelle pour y discuter des possibilités d'applications biomédicales des matériaux à base de graphène ainsi que des aspects sécuritaires et toxicologiques de cette nouvelle classe de matériaux.

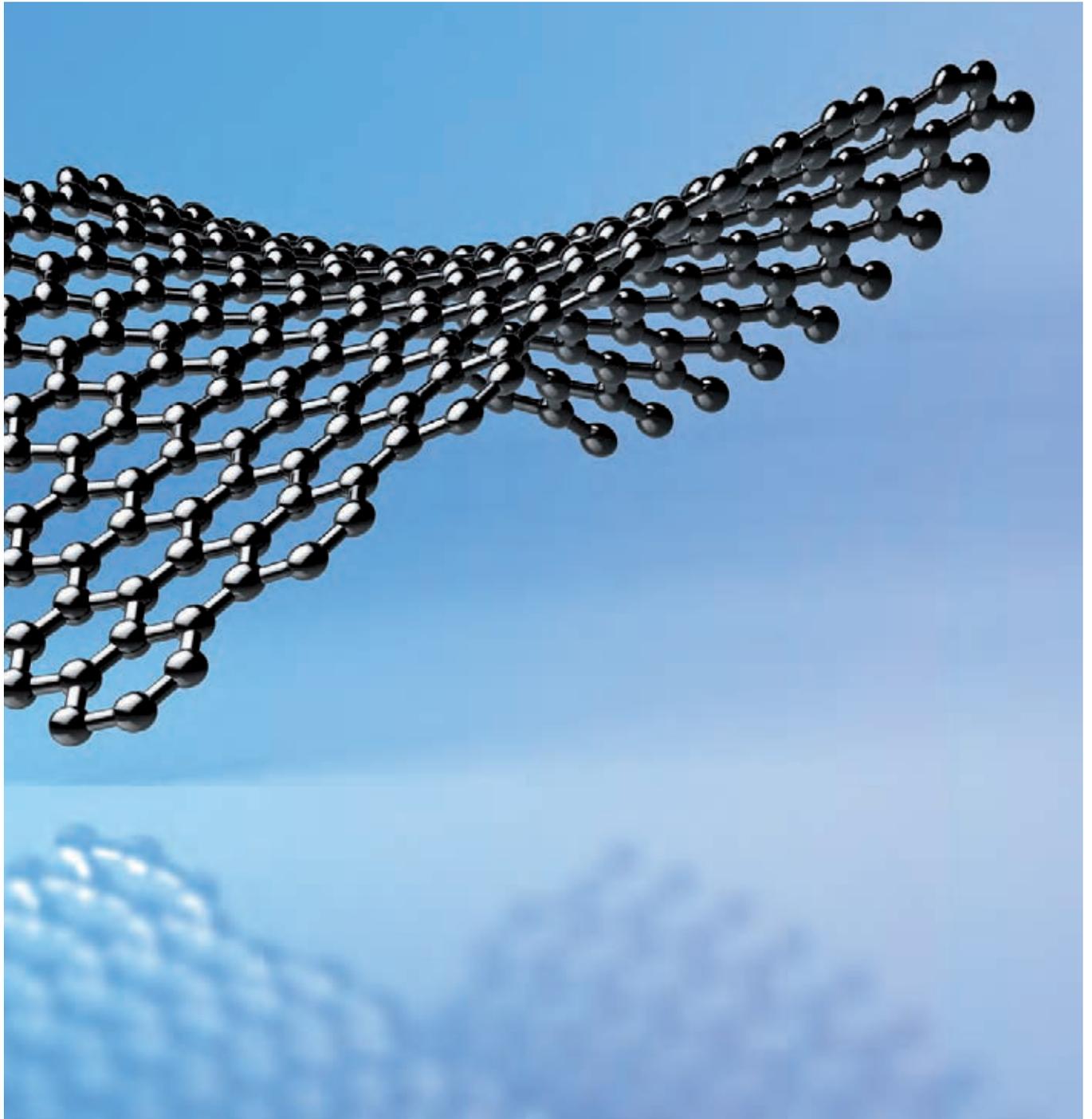
Au mois de mai 2014, un hôte important de Bruxelles, Anne Glover, «Chief Scientific Adviser» de José Manuel Barroso, alors président de la Commission européenne, a aussi fait halte à

l'Empa. Cette biologiste, qui occupe la chaire de biologie moléculaire et cellulaire de l'Université d'Aberdeen, a discuté lors de sa visite des laboratoires de l'Empa et de l'Eawag avec le directeur de l'Empa Gian-Luca Bona de thèmes tels que l'internationalisation de l'enseignement et de la recherche et l'amélioration de l'efficacité du transfert entre la recherche et l'industrie.

Le directeur de l'Empa Gian-Luca Bona a lui participé à la réception annuelle du Fonds national suisse (FNS) à Bruxelles dans les locaux de SwissCore, le bureau de liaison du FNS avec les instances de la recherche et de l'innovation de l'UE, ainsi qu'à une manifestation de la Mission permanente de la Suisse auprès de l'UE à Bruxelles pour s'y entretenir avec des partenaires de l'UE du transfert des résultats de la recherche de pointe vers des innovations pour le marché. C'est aussi avant tout grâce au soutien reçu dans des projets de l'UE que l'Empa a pu développer de nouvelles applications à partir d'approches novatrices dans l'utilisation des matériaux, comme par exemple des piles solaires à couche mince flexibles, dont le développement a bénéficié durant plus de 15 ans d'une aide publique pour finalement aboutir à un succès avec une efficacité de plus de 20 pour-cent.

... et rapport de l'ONU sur la couche d'ozone

Le Programme des Nations Unies pour l'environnement (UNEP) publie régulièrement des rapports d'experts sur l'état actuel et



l'évolution de la couche d'ozone – cela depuis 1987, année de la signature du Protocole de Montréal qui interdit différentes substances destructrices de la couche d'ozone. Le dernier de ces rapports, présenté le 10 septembre 2014 au siège de l'ONU à New-York et auquel le chercheur de l'Empa Stefan Reimann a contribué pour une grande part en tant que «Lead Author», constate que le trou d'ozone au-dessus de l'antarctique s'est stabilisé depuis le début du siècle. Des modélisations sur ordinateur montrent encore que la couche d'ozone pourrait retrouver d'ici 2050 l'état qu'elle présentait en 1980.

Un pont jeté vers l'Amérique du Nord

En collaboration avec swissnex et l'Eawag, l'Empa a organisé au mois d'octobre le premier «North American Science Day», une manifestation consacrée à l'échange d'expérience entre les chercheurs et entrepreneurs du Canada et des USA et les milieux de la recherche et les start-ups suisses. A côté de l'ambassadeur canadienne en Suisse, Jennifer MacIntyre, des représentants du Secrétariat d'Etat à la formation, à la recherche et à l'innovation (SEFRI), de l'Office fédéral de l'énergie (OFEN) ainsi que les directeurs de l'Empa et de l'Eawag ont présenté à cette réunion des exposés sur la collaboration internationale, principalement dans le domaine de l'exploitation durable des ressources de matières premières et de l'énergie.

En contrepartie, au mois d'octobre, le directeur de l'Empa Gian-Luca Bona a prononcé l'allocution d'ouverture d'une conférence des principales universités des USA sur la transformation de l'énergie solaire. Un honneur particulier, Bona étant le seul non-américain invité à cette conférence qui s'est tenue en Arizona sur des thèmes tels que la photovoltaïque, la photocatalyse et les nouveaux concepts énergétiques. Cette réunion a aussi servi à élaborer des projets de coopération qui bénéficieront d'un financement de lancement.



1



2

1

La conseillère scientifique principale auprès du président de la Commission européenne, Anne Glover, s'entretient avec le responsable de la communication de l'Empa, Michael Hagmann, des activités de recherche de l'Empa dans le domaine «Materials meet Life».

2

Tanja Zimmermann, cheffe du laboratoire «Recherche appliquée sur le bois» de l'Empa (à gauche) explique à l'occasion du «North American Science Day» à l'ambassadeure du Canada en Suisse, Jennifer MacIntyre (au centre) et à la directrice de l'Eawag, Janet Hering, comment des éponges en nanocellulose modifiée permettent d'absorber les hydrocarbures polluants dans les eaux.

3

«Biosphere 2» en Arizona où les chercheurs des USA ont discuté avec le directeur de l'Empa Gian-Luca Bona des possibilités de transformation de l'énergie solaire.



3

Contact

Prof. Dr. Harald Krug
harald.krug@empa.ch

Suisse – Asie: de forts liens

Depuis quelques temps déjà l'Empa entretient des relations avec différents pays d'Asie. A côté de l'étroite collaboration avec le «National Institute for Materials Science» (NIMS) japonais avec lequel l'Empa publie aussi depuis 2014 la revue scientifique en accès ouvert «Science and Technology of Advanced Materials», les contacts ont été intensifiés l'année dernière avec la Corée du Sud et la Chine, principalement dans le domaine de la nanotechnologie. C'est ainsi que l'Empa apporté son soutien à la création du nouveau centre coréen de nanosécurité et de métrologie et a participé à plusieurs conférences à Séoul, à Tokyo et à Bangkok. Lors d'entretiens menés sous la conduite du vice-premier ministre thaïlandais en charge de la technologie et de la recherche, Yongyuth Yuthavong, une délégation internationale de chercheurs – à laquelle participaient, à côté du représentant de l'Empa, Harald Krug, le directeur du NIMS, Ikatsu Ushioda, le directeur de la «National Nanotechnology Initiative» des USA, Mihail Roco, le directeur du «Korea Research Institute of Bioscience and Biotechnology», Bong Hyun Chung, et le directeur de l'institut NANOTEC thaïlandais, Sirirurg Songsivilai – ont discuté de l'évolution de la nanotechnologie dans les différentes régions du monde. //

Un programme varié avec de nombreux moments forts

1
Visages souriants lors du «North America Science Day»

2
Quelle est au fait la taille d'une nanoparticule? Une comparaison le montre: le rapport entre le diamètre d'une nanoparticule et celui d'un ballon de football est le même que celui entre le diamètre de ce ballon et celui de la terre (Photo: Exponano).

3
«Comment les nanoparticules pénètrent-elles dans le corps humain?» - c'est à cette question et à beaucoup d'autres que répondait l'exposition «Expo Nano» que l'Empa avait accueilli à Saint-Gall en 2014.



En 2014 une fois encore, le programme de l'Académie Empa offrait un mélange réussi de congrès, de conférences, de cours et d'expositions. Plus de 4000 personnes intéressées ont suivi ses manifestations dont le nombre dépassait 80.

Le nano à toucher du doigt et un pont jeté vers l'Amérique du Nord

Du mois de mai au mois d'octobre, l'exposition itinérante «Expo Nano» a séjourné sur le site de l'Empa à Saint-Gall. Cette exposition thématise de manière aisément compréhensible les chances et les risques de la nanotechnologie et montrait où sont utilisés aujourd'hui déjà des nanomatériaux. Dans le cadre de cette exposition, l'Empa a organisé deux manifestations d'information lors desquelles les chercheurs de l'Empa ont entraîné l'assistance dans l'univers fascinant de la nanotechnologie.

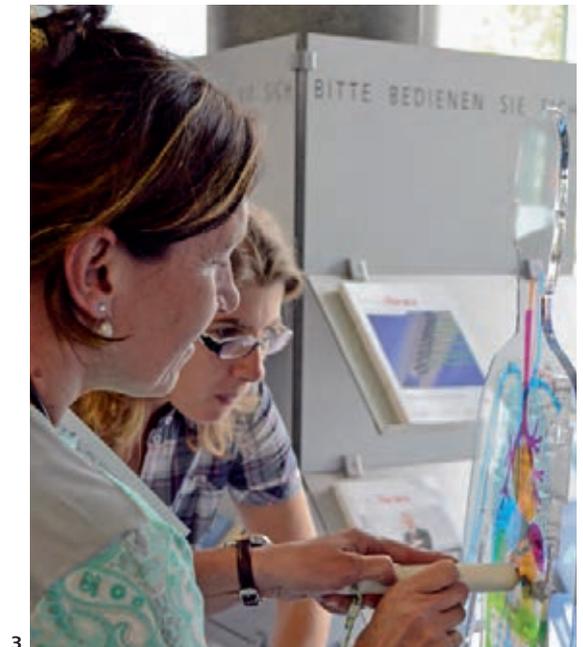
En collaboration avec swissnex et l'Eawag, l'Académie Empa a organisé au mois d'octobre le «North America Science Day», une rencontre d'échange d'informations entre des chercheurs et des entreprises du Canada et des USA et la scène de la recherche et des start-ups suisses. Lors de cette rencontre, des exposés ont été présentés par l'ambassadeur du Canada en Suisse, ainsi que, entre autres encore, par des représentants du Secrétariat d'Etat à la formation, à la recherche et à l'innovation ainsi que par des chercheurs de l'Empa et de l'Eawag.

Des cours pour l'industrie

L'année écoulée, le vaste programme de cours spécialisés a rencontré un écho particulièrement favorable. Le cours consacré à la technique de collage a en particulier rencontré un très vif intérêt. Ce cours, organisé en commun avec la «Fondation Suisse pour la recherche en microtechnique» (FSRM), a même dû être donné à deux reprises suite à une très forte demande. Ce cours a permis à des spécialistes de l'industrie suisse de se faire une idée de la diversité de l'univers de la technologie du collage, de discuter de certains de leurs problèmes dans ce domaine et d'utiliser le savoir acquis lors d'essais concrets.

50 ans de recherche en acoustique à l'Empa

Le laboratoire «Acoustique et réduction du bruit» de l'Empa a fêté en été 2014 ses 50 ans d'existence avec un grand symposium; depuis le début des années 1960, ses scientifiques contribuent à l'innovation dans la lutte et la recherche sur le bruit. Bien que des progrès considérables aient été faits ces dernières années en matière de lutte contre le bruit - ainsi que l'a montré aux quelque 150 participants une rétrospective détaillée très intéressante - il reste encore beaucoup à faire. C'est ce qui est aussi ressorti de la vue générale sur les activités actuelles et les perspectives du laboratoire. //



Communiquer la recherche et l'innovation

L'année dernière, l'Empa a mené un dialogue intense plus particulièrement avec deux groupes. D'une part avec la relève, autrement dit les élèves des classes gymnasiales, dont le nombre de visites a augmenté de manière réjouissante. D'autre part avec des délégations «officielles» étrangères ainsi que des administrations suisses de différents niveaux avec lesquelles l'Empa a lié et entretient des contacts étroits.

Eveiller la fascination pour la recherche

Dans ses contacts avec les écolières et les écoliers - les chercheurs de demain - l'Empa désire en premier lieu faire connaître à cette relève scientifique l'univers fascinant de la recherche. Ce qui fonctionne le mieux avec des visites de ses laboratoires. L'année passée, l'Empa a compté près de 3000 visiteurs, un chiffre jamais atteint jusqu'ici, et parmi eux 400 gymnasiennes et gymnasiens - cela aussi un nouveau record. Les chercheurs de l'Empa et de ses spin-offs leur ont montré avec enthousiasme - et avec des exemples personnels - combien il est passionnant et motivant de se trouver au premier rang lorsque naissent des innovations.

C'est aussi plus particulièrement à la relève scientifique que s'adresse le portail de l'Empa iTunesU, la plateforme de iTunes-Store pour les institutions internationales de la recherche, entré en activité au mois de mai. L'Empa offre sur ce portail (en tant

qu'une des premières institutions de recherche suisses) un aperçu de ses activités de recherche sous forme de podcasts ainsi que des exposés et des cours donnés par des chercheurs de l'Empa et par des chercheurs invités de renom.

Délégations gouvernementales et administratives suisses et étrangères

A côté de l'industrie, les représentants de gouvernements et d'administrations sont les partenaires les plus importants avec lesquels l'Empa entretient des contacts réguliers. C'est ainsi qu'au début du mois d'octobre, le Conseiller fédéral Johann Schneider-Ammann a rendu visite à l'Empa à l'occasion d'une réunion d'information sur les travaux menés dans le domaine «Future Energy Efficient Buildings and Districts» organisée par le «Swiss Competence Center for Energy Research» (SCCER) dont l'Empa assume la direction.

Le ministre de tutelle de l'Empa s'est informé à cette occasion sur les travaux menés dans le cadre du plan d'action «Recherche énergétique suisse coordonnée» qui sont financés par la Commission pour la technologie et l'innovation (CTI). Travaux qui portent principalement sur les méthodes pour l'assainissement énergétique des immeubles anciens, sur la recherche en soufflerie dans le domaine de l'urbanisme ainsi que sur les concepts de mobilité basés sur les énergies renouvelables.

1

Le portail de l'Empa sur iTunesU, la plateforme de iTunes-Store pour les institutions de recherche internationales.

Mein iTunes U Neu Listen iTunes Store

iTunes U > EMPA - Swiss Federal Laboratory for Materials Science & Technology

EMPA

Materials Science & Technology

Lectures, Courses and Education Highlights ▾

EMPA

Empa Colloquia,
Seminars & Events

EMPA

Education @ Empa

EMPA

Swiss
NanoConvention...

Research and Innovation Highlights ▾

EMPA

Energy

EMPA

Environment &
Sustainability

EMPA

Functional Fibres and
Textiles

EMPA

Investigative Material
Science

EMPA

Life Sciences, Health,
Bio- & Medtech

EMPA

Mechanical and
Structural Engineering

EMPA

Mobility

Welcome Highlights ▾

EMPA

Empa in Brief

EMPA

Empa's Annual
Reports

EMPA

EmpaNews –
Magazine for Resear...

EMPA

EmpaNews – Das
Forschungsmagazin...

Contact

Dr. Michael Hagmann
michael.hagmann@empa.ch

Ce sont aussi les thèmes de l'énergie et de la recherche qui ont été abordés lors de la visite à la fin du mois d'août de Thomas Zwiefelhofer, le vice-président et ministre de l'économie de la Principauté du Liechtenstein. A cette occasion, les possibilités d'une collaboration plus étroite entre le Liechtenstein et l'Empa ont été discutées, que ce soit dans le domaine de la recherche en général ou plus spécifiquement dans celui de l'énergie. L'Empa entretient déjà actuellement des liens avec le Liechtenstein à travers de coopérations avec des entreprises de ce pays ou encore comme partenaire de recherche du centre de recherche et d'innovation «RhySearch» à Buchs.

A côté de cela, différents offices fédéraux ont aussi rendu visite à l'Empa, par exemple l'Office fédéral de l'énergie (OFEN) et l'Office fédéral de l'environnement (OFEV) avec lesquels l'Empa collabore étroitement depuis déjà des années. Mais aussi une douzaine de délégations étrangères, entre autres de Russie, de Chine et de Corée du Sud, ont été accueillies par l'Empa en 2014 sur ses sites de Dübendorf et de Saint-Gall.

La matière d'un roman

Et il y a encore eu la première apparition de l'Empa, et du chercheur de l'Empa Marcel Gauch ainsi que de l'ancien membre de la direction Xaver Edelmann, dans un roman: le roman d'espionnage «Projekt Black Hungarian» s'inspire d'événements réels lors du rallye des voitures électriques «WAVE 2013» et associe les développements actuels dans le domaine de la e-mobilité et de la sécurité en informatique avec une histoire d'espionnage fictive qui se déroule sur les lieux du rallye WAVE, entre autres à l'Empa à Saint-Gall. On peut ici demander qui imite qui: la vie, l'art ou l'inverse? //

1

Le Conseiller fédéral Johann Schneider-Ammann lors de sa visite à l'Empa au début du mois d'octobre.



2

Au mois d'août, le directeur de l'Empa, Gian-Luca Bona, a abordé les thèmes de la recherche et de l'énergie lors d'entretiens avec le vice-président et ministre de l'économie du Liechtenstein, Thomas Zwiefelhofer. Sur la photo avec le membre de la direction de l'Empa, Peter Richner, et Simon Biedermann, conseiller personnel de Thomas Zwiefelhofer (depuis la gauche).



3

Le roman d'espionnage «Projekt Black Hungarian» s'inspire des développements actuels dans le domaine de la e-mobilité et de la sécurité en informatique pour développer une histoire d'espionnage fictive qui se déroule entre autres à l'Empa à Saint-Gall.



Sur la bonne voie

L'égalité des chances et la diversité jouent un grand rôle à l'Empa. De nombreuses activités, telles que le camp d'été et la journée de l'avenir, sont déjà presque devenues des «points fixes» dans la planification annuelle de l'Empa. A cela sont venus s'ajouter l'année dernière quelques événements qui sortaient de l'ordinaire.

Le «Prix Balance^{ZH}» pour l'Empa

Avec le «Prix Balance^{ZH}» le Bureau pour l'égalité entre femmes et hommes ainsi que le Service de la promotion économique du canton de Zürich récompensent des organisations qui facilitent par des conditions de travail particulières la compatibilité entre travail et vie privée de leurs employés. Le jury s'est laissé convaincre par l'offre large et flexible de l'Empa dans ce domaine et lui a décerné cette année son «Prix Balance^{ZH}».

La compatibilité entre travail et vie privée était aussi au centre du deuxième rencontre de réseaux du «Bureau UND, Equilibre entre famille et emploi pour les hommes et les femmes» qui a débuté au mois de mars par une visite du pavillon des enfants de l'Empa et de l'Eawag. Les participantes et participants ont ainsi pu

1

Le chef des ressources humaines de l'Empa, André Schmid, lors de la remise du «Prix Balance^{ZH}», avec la directrice de la Chambre du commerce zurichoise, Regine Sauter (à droite) et Christinae Löwe de l'Empa.



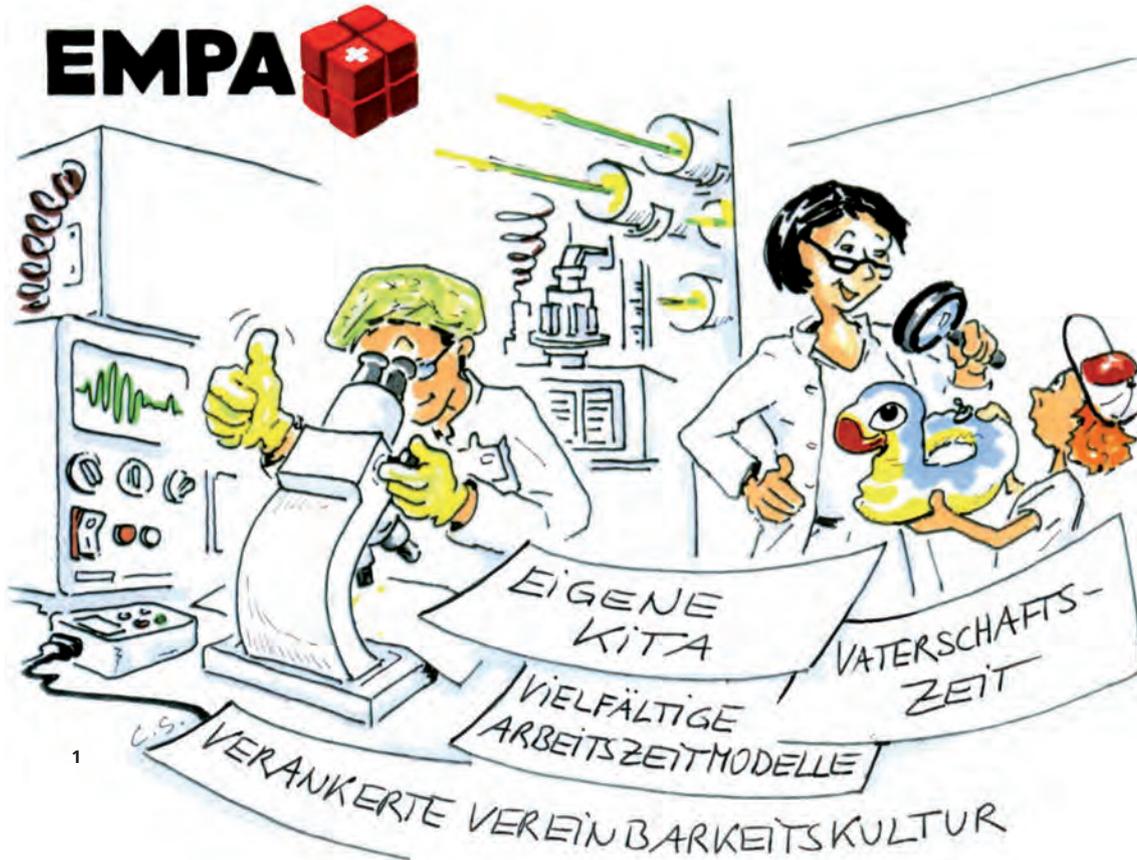
1

1

Le cartoon sur le diplôme du «Prix BalanceZH» montre quelques-uns des avantages qu'offre l'Empa dans le domaine de la compatibilité entre travail et famille.

2

L'exposition itinérante «Check your Stereotypes», qui était l'hôte de l'Empa et de l'Eawag en 2014 a rencontré un vif intérêt.





connaître ce que faisaient d'autres organisations et ont échangé des conseils et des suggestions pour améliorer la compatibilité entre travail et famille et promouvoir l'égalité entre femmes et hommes.

Au printemps, la première édition du programme de promotion des carrières féminines «Fix the leaky pipeline» pour les jeunes scientifiques du Domaine des EPF s'est achevée avec succès et sa deuxième édition a déjà débuté. 235 participantes ont saisi cette occasion d'élargir leur réseau professionnel lors de manifestations d'informations. Dans le cadre de ce programme, la scientifique de renom et cheffe d'un laboratoire de l'Empa, Tanja Zimmermann, a dirigé un atelier de discussion sur le thème «Carrières féminines dans les milieux académiques».

Une exposition itinérante en visite

Au mois de décembre, l'exposition itinérante «Check your Stereotypes» a fait halte à l'Empa et à l'Eawag. Cette exposition montrait à travers de nombreux exemples quels sont les stéréotypes les plus marquants dans le choix des études et des professions et quelles sont les relations entre stéréotypes de genre et carrière. Lors du vernissage, Monika Keller, une des commissaires de l'exposition, a expliqué la genèse, les motifs et les buts de «Check your Stereotypes», qui a été créée à l'occasion des 20 ans du bureau de l'égalité des chances de l'EPF de Zürich en 2013. //



Faits et chiffres

Les chercheurs aiment bien mesurer, entre autres aussi leurs propres performances: en 2014 les chercheurs, chercheuses, ingénieures et ingénieurs de l'Empa ont publié près de 500 articles dans des revues scientifiques et déposé 20 brevets pour leurs développements. A la fin de l'année, 120 projets financés par le Fonds national suisse (FNS), 100 projets soutenus par la Commission pour la technologie et l'innovation (CTI) et plus de 60 projets UE étaient en cours à l'Empa, un nouveau record. De plus, l'année passée, l'Empa a pour la première fois acquis plus de 70 millions de francs de fonds de tiers. Et ses 21 spin-offs occupaient avec les autres start-ups de ses deux incubateurs d'entreprises au total près de 300 collaborateurs, avec une tendance à la hausse.

EFFECTIFS DE PERSONNEL (AU 31. DÉCEMBRE 2014)

	2013	2014
Personnel scientifique	516	537
dont professeurs	25	23
dont doctorants	131	143
dont personnel scient. sans prof./doctorants	360	371
Personnel technique/administratif	442	456
dont apprentis	38	43
Total	958	993

COMPTE DE RÉSULTATS (EN M. CHF)

	2013	2014
Recettes		
Contribution de la Confédération	97,3	106,9
Mesures « franc fort »	0,0	0,0
Fonds secondaires / fonds de tiers	61,4	72,6
dont recettes des services	14,6	15,3
Divers	2,0	2,1
Recettes financières	0,4	0,2
Total des recettes	161,1	181,8
Charges		
Charges de personnel	106,5	107,2
Charges de matériel	5,1	5,7
Autres charges de fonctionnement	36,3	35,1
Variation des provisions pour prestations promises	0,0	2,7
Formation de provisions pour projets en cours	4,6	19,1
Total des charges pour activités en cours	152,5	169,8
Résultat	8,6	12,0
Investissements		
Biens immobiliers	4,3	5,3
Biens mobiliers	8,3	9,1
Informatique	0,5	0,5
Total des investissements	13,1	14,9

PRODUCTION SCIENTIFIQUE

	2013	2014
Publications ISI	527	486*
Contributions à des conférences	1134	1222
Thèses de doctorat achevées	26	32
Doctorats en cours	188	171
Activités d'enseignement (en heures)	3885	3732
Prix/distinctions	45	62

* Nouvelle méthode de comptage

PRÉSENCE DANS LES MÉDIAS

	2013	2014
Radio & TV	100	73
Presse écrite	845	1000
Online	1795	2750
Total	2740	3830
Langues	31	30

ACADÉMIE EMPA

	2013	2014
Manifestations de Empa	88	81
Participants	4500	4100
Congrès scientifiques	13	15
Manifestations spécialisées pour l'industrie	35	33

TRANSFERT DE SAVOIR ET TECHNOLOGIE

	2013	2014
Nouveaux accords de recherche et développement	111	127
Contrats de valorisation actifs (licences/options/ventes)	83	75
Nouveaux contrats de valorisation	19	16
Nouveaux dépôts de brevet	14	18

SPIN-OFFS ET START-UPS (tebo et glaTec)

	2013	2014
Entreprises total	32	37
dont spin-offs	18	21
Collaborateurs total	250	281
dont collaborateurs spin-offs	94	102

PROJETS EN COURS

	2013	2014
SNF	110	119
CTI	108	103
Projets UE	62	63

Conseil des EPF

Le conseil des EPF dirige le Domaine des EPF qui comprend les deux Ecoles polytechniques fédérales et les quatre établissements de recherche PSI, WSL, Eawag et Empa.

PRÉSIDENT

Fritz Schiesser *Dr. iur., Haslen GL*

VICE-PRÉSIDENT

Paul L. Herrling *Prof. Dr., Novartis, Bâle*

MEMBRES

Patrick Aebischer *Prof. Dr., EPF Lausanne*

Lino Guzzella *Prof. Dr., EPF Zurich*

Beatrice Fasana Arnaboldi *Dipl.-Ing. Lm, Sandro Vanini SA, Rivera*

Barbara Haering *Dr. Dr. h.c., Econcept AG, Zurich*

Beth Krasna *Dipl.-Ing. ETH, membre du conseil d'administration indépendante*

Joël Mesot *Prof. Dr., PSI, Villingen*

Jasmin Staiblin *Dipl.-El.-Ing., Alpiq Holding, AG, Lausanne*

Markus Stauffacher *Dr., EPF Zurich*

Olivier Steimer *lic. iur., Banque Cantonale Vaudoise (BCV), Lausanne*

Conseil consultatif de l'industrie

Commission formée de personnalités de premier plan qui conseillent la direction de l'Empa sur les questions fondamentales.

PRÉSIDENT

Henning Fuhrmann **Dr.**, Siemens, Zug

MEMBRES

Kurt Baltensperger **Dr.**, Conseil des EPF, Zurich

Andreas Hafner **Dr.**, BASF, Bâle

Markus Hofer **Dr.**, Bühler, Uzwil

Peter Kupferschmid **Dr.**, Meggitt Sensing Systems, Fribourg

Robert Frigg **Prof. Dr. mult. h.c.**, MEDTECinside, Bettlach

Urs Mäder **Dr.**, Sika, Zurich

Jan-Anders Manson **Prof. Dr.**, EPF Lausanne

Markus Oldani **Dr.**, ALSTOM, Baden

Andreas Schreiner **Dr.**, Novartis, Bâle

Eugen Voit **Dr.**, Leica Geosystems, Heerbrugg

Comission de la Recherche

La commission de la recherche conseille la direction de l'Empa sur la recherche, sur le choix des activités R + D et dans l'évaluation des projets R + D internes.

MEMBRES

Thomas Egli **Prof. Dr.**, Eawag, Dübendorf

Karl Knop **Dr.**, Zurich

Dimos Poulidakos **Prof. Dr.**, EPF Zurich

Heike Riel **Prof. Dr.**, IBM, Rüschlikon

Marcus Textor **Prof. Dr.**, EPF Zurich

Alexander Wokaun **Prof. Dr.**, PSI, Villigen

Organigramme

Etat avril 2015

RESEARCH FOCUS AREAS

(Axes de recherche)

Matériaux nanostructurés

Dr. Pierangelo Gröning

Sustainable Built Environment

Dr. Peter Richner
Dr. Giovanni Terrasi

Santé et performances

Dr. Alex Dommann

Ressources naturelles et polluants

Dr. Brigitte Buchmann

Energie

Dr. Peter Richner
Urs Elber

DIRECTION

Directeur général	Suppléant	Membres
Prof. Dr. Gian-Luca Bona	Dr. Peter Richner	Dr. Brigitte Buchmann Dr. Alex Dommann Dr. Pierangelo Gröning Dr. Urs Leemann

DÉPARTEMENTS

Matériaux modernes et surfaces	Génie civil et mécanique	Materials Meet Life
Dr. Pierangelo Gröning	Dr. Peter Richner	Dr. Alex Dommann
Centre de microscopie électronique Dr. Rolf Erni		Center for X-ray Analytics Dr. Antonia Neels
LABORATOIRES		
Céramiques hautes performances Prof. Dr. Thomas Graule	Construction routière/Etanchéités Prof. Dr. Manfred Partl	Protection et physiologie Dr. René Rossi
Technologie des assemblages et corrosion Dr. Lars Jeurgens	Recherche appliquée sur le bois Dr. Tanja Zimmermann	Advanced Fibers Prof. Dr. Manfred Heuberger
Nanoscale Materials Science Prof. Dr. Hans Josef Hug	Ingénierie des structures Prof. Dr. Masoud Motavalli	Particles-Biology Interactions Dr. Peter Wick
Advanced Materials Processing Prof. Dr. Patrik Hoffmann	Mechanical Systems Engineering Dr. Giovanni Terrasi	Biointerfaces Dr. Katharina Maniura
nanotech@surfaces Prof. Dr. Roman Fasel	Multiscale Studies in Building Physics Prof. Dr. Jan Carmeliet	Reliability Science and Technology Dr. Urs Sennhauser
Mécanique des matériaux et nanostructures Dr. Johann Michler	Mechanical Integrity of Energy Systems Prof. Dr. Edoardo Mazza	
Films minces et photovoltaïque Prof. Dr. Ayodhya N. Tiwari	Center for Synergetic Structures Dr. Rolf Luchsinger (PPP Empa – Festo)	
Polymères fonctionnels Prof. Dr. Frank Nüesch	Béton / Chimie de la construction Prof. Dr. Pietro Lura	
	Building Energy Materials and Components Dr. Matthias Koebel a.i.	
	Urban Energy Systems Viktor Dorer	

TRANSFERT DU SAVOIR ET DE TECHNOLOGIE

NEST

Reto Largo

Académie Empa

Anja Pauling

glaTec – Parc technologique de Dübendorf

Mario Jenni

tebo – Parc technologique de St-Gall

Peter Frischknecht

Réseau fiabilité

Dr. Urs Sennhauser

International Research Cooperations

Prof. Dr. Harald Krug



portal@empa.ch

Tél. +41 58 765 44 44

www.empa.ch/portal

Mobilité, énergie et environnement

Dr. Brigitte Buchmann

Materials for Energy Conversion

Dr. Corsin Battaglia

Advanced Analytical Technologies

Prof. Dr. Davide Bleiner

Polluants atmosphériques/Techniques de l'environnement

Dr. Lukas Emmenegger

Technologies de propulsion automobile

Christian Bach

Matériaux pour les énergies renouvelables

Prof. Dr. Andreas Züttel (Antenne Sion)

Technologie et société

Heinz Böni a.i.

Acoustique / Contrôle de bruit

Kurt Eggenschwiler

Support

Dr. Urs Leemann

Bibliothèque (Lib4RI)

Dr. Lothar Nunnenmacher

Informatique

Stephan Koch

Bureau d'étude/atelier mécanique

Stefan Hösli

Finances/controlling/achats

Heidi Leutwyler

Communication

Dr. Michael Hagmann

Facility Management

Peter Wegmann

Ressources humaines

André Schmid

Marketing, transfert du savoir et de technologie

Gabriele Dobenecker

Construction 3 IR/Service technique

Hannes Pichler

Empa – The Place where Innovation Starts

Empa
www.empa.ch

CH-8600 Dübendorf
Überlandstrasse 129
Téléphone +41 58 765 11 11
Fax +41 58 765 11 22

CH-9014 St. Gallen
Lerchenfeldstrasse 5
Téléphone +41 58 765 74 74
Fax +41 58 765 74 99

CH-3602 Thun
Feuerwerkerstrasse 39
Téléphone +41 58 765 11 33
Fax +41 58 765 69 90

