

Rapport annuel 2016



Empa

Materials Science and Technology

Notre mission.

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

4

Préface

6

L'année en rétrospective

11

Projets en mire

57

Axes de recherche

81

De la recherche à l'innovation

107

Faits et chiffres

Photo page de titre: Diffractomètre à rayons X pour l'analyse des matériaux.

Dans le centre d'analyse aux rayons X cet appareil permet de déterminer la structure cristalline des matériaux et aussi d'observer in situ leurs transformations de phase sous des gradients de température. Image: Adrian Moser

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

© Empa 2017 – ISSN 1660-2285 Rapport annuel Empa

ClimatePartner^o
climatiquement neutre

Impression | ID 53232-1704-1002





Les matériaux dans un univers digitalisé

L'année dernière deux conférences qui ont eu lieu à l'Empa m'ont incité à mener une réflexion sur le développement technique et social. Dans l'une d'elles, le président du Conseil suisse de la science et de l'innovation, Gerd Folkers, montrait que le nombre des chercheurs ainsi que leur monnaie qu'est le nombre de publications, n'ont fait qu'augmenter ces dernières années et que dans de nombreux domaines la recherche s'éloigne des questions fondamentales pures pour s'orienter vers le savoir commercialisable. Qu'est-ce que cela signifie pour nos chercheuses et nos chercheurs? Qu'ils devraient garder sans cesse à l'esprit que le but de toute recherche est de repousser les limites du savoir. Ils n'y parviendront que s'ils se ménagent des espaces de liberté pour une pensée et un questionnement créatifs et que s'ils ne se laissent pas inciter par une concurrence globalisée à redorer leur curriculum vitae par des publications «qui font le buzz».

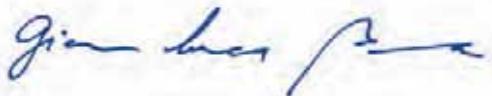
Dans l'autre, le directeur du centre de recherche IBM à Rüschlikon, Alessandro Curioni, présentait les développements actuels en matière d'informatique cognitive – autrement dit des systèmes informatiques qui, comme notre cerveau, sont capables de saisir des données non structurées, de les analyser, d'en tirer des enseignements et de les mettre à disposition sous une forme résumée ou même retraitée. Ceci permet, par exemple, de développer de nouveaux alliages que l'on peut optimiser par la combinaison de différentes classes de matériaux. Mais ceci recèle aussi le risque que les ordinateurs rendent l'homme (et les chercheurs) obsolète pour la résolution de certains problèmes puisqu'ils peuvent tout simplement mieux les résoudre.

L'association des messages de ces deux conférences ouvre des perspectives intéressantes. Le traitement de la masse énorme de données que génère la recherche actuelle – dans la

seule science des matériaux le nombre annuel des publications atteint des centaines de milliers – est une tâche devenue impossible pour le cerveau humain. Un ordinateur qui imite les schémas de la pensée humaine peut apporter là son soutien aux chercheurs et leur ménager ainsi des espaces de liberté pour qu'ils puissent davantage s'aventurer dans des domaines inconnus et laisser jouer leur imagination créatrice au lieu de ne publier que des données sèches qui se vendent bien parce que le thème de recherche est justement à la mode.

L'informatique cognitive n'est toutefois qu'un volet de la digitalisation galopante qui bat aussi son plein à l'Empa. Nous nous investissons de plus en plus dans les simulations et les modélisations sur ordinateur de problèmes scientifiques. Dans le «Coating Competence Center» (CCC) et bientôt dans le «Center for Advanced Manufacturing» (CAM), où naissent de nouveaux matériaux pour la fabrication additive, on anticipe quasiment les procédés de fabrication de l'avenir – et cela en majeure partie de façon digitale, que ce soit dans le développement et le design des produits, le contrôle de qualité ou dans l'optimisation des canaux de distribution. Nous travaillons aussi au couplage énergétique des démonstrateurs NEST et move avec un troisième démonstrateur, ehub, et à doter ces démonstrateurs d'une commande intelligente.

Toutes les plateformes de recherche de l'Empa – NEST, move, ehub, CCC et CAM – sont ouvertes aux projets de l'Internet des objets et de l'industrie 4.0. En commun avec nos partenaires de l'industrie, de l'économie et de la recherche nous désirons créer un «écosystème» pour l'innovation ouverte. L'accélération marquante de la mutation technologique provoquée par la digitalisation nous concerne tous et c'est pourquoi nous devons travailler ensemble à l'aménager et à la gérer. Afin que la Suisse puisse en tirer le meilleur profit. //



Prof. Dr. Gian-Luca Bona, Directeur général

01

Béton résistant au feu
De scientifiques de l'Empa ont développé un procédé de fabrication de béton haute performance auto-compactant qui, grâce à une adjonction de fibres polymères, demeure longtemps stable. En cas d'incendie, les fibres fondent et laissent dans le béton un réseau de canaux qui permet à la vapeur d'eau de s'échapper, la pression interne diminue et l'élément en béton reste intact.

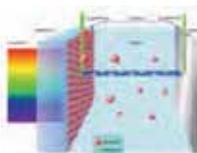
Distinction pour un scientifique de l'environnement

L'agence de presse «Thomson Reuters» cite le chercheur de l'Empa Bernd Nowack dans sa liste des «Highly Cited Researchers» 2015. Dans le domaine «Environnement/Ecologie» Nowack est l'un des 132 chercheurs au monde à être ainsi distingué.



02

De l'électricité produite par photosynthèse artificielle



Pour obtenir de l'électricité propre avec une pile à combustible, la façon dont est auparavant produit l'hydrogène par scission de l'eau est décisive. L'Empa et l'Université de Bâle travaillent ensemble sur une méthode avec laquelle cette scission de l'eau se produit directement à partir de la lumière solaire.

Page 12

Des réacteurs d'avions propres

L'Empa a développé, en collaboration avec SR Technics et l'Office fédéral de l'aviation civile (OFAC), un procédé de mesure des particules fines émises par les réacteurs – et a ainsi établi une référence internationale. A la suite de ces travaux, la Commission de l'environnement de l'Organisation de l'aviation civile internationale (OACI) a émis une première réglementation sur les émissions de poussières fines des réacteurs.

Page 15

03

Achèvement du projet UE «TREASORES»

Une équipe de chercheurs européens placée sous la direction de l'Empa a développé des modules lumineux qui peuvent être imprimés «roll-to-roll», comme un journal. Cette technique pose les bases pour la réalisation de cellules photovoltaïques et de surfaces éclairantes LED peu coûteuses.

Page 18



Plus d'espace pour STARTFELD

Cette plateforme de promotion industrielle fait un grand pas en avant avec l'ouverture d'un centre d'innovation près de l'Empa à Saint-Gall. Ce centre doit devenir un point de cristallisation pour les start-ups et les PME novatrices en Suisse orientale.

04

Inauguration du «Coating Competence Center»



Dans le nouveau centre de revêtement de l'Empa, des technologies des surfaces sur mesure trouvent leur voie du laboratoire de recherche vers les applications commercialisables. Il abrite diverses installations de revêtement pour les revêtements durs, la photovoltaïque flexible et l'électronique organique ainsi que des imprimantes 3-D pour les matériaux métalliques et les biocomposites.

Page 48

Guérison miraculeuse des revêtements bitumineux

Des chercheurs de l'Empa ont développé un procédé avec lequel les revêtements bitumineux fragilisés se guérissent «d'eux-mêmes». Ce procédé s'inspire d'une méthode de traitement des cancers utilisant des nanoparticules.

05

Inauguration du bâtiment du futur



Le 23 mai 2016 le bâtiment expérimental NEST bâti sur le campus de l'Empa et de l'Eawag a été inauguré en présence du Conseiller fédéral Schneider-Ammann.

Page 42

Sur la trace des nanoparticules dans l'environnement

Les nanotubes de carbone restent liés des années dans les matériaux. Les nanoparticules d'oxyde de titane et de zinc sont par contre rapidement délavées et s'enrichissent dans le sol. C'est ce que montre un nouveau modèle développé sous la direction de l'Empa dans le programme de recherche national «Opportunités et risques de nanomatériaux (PNR64) qui permet de simuler le cheminement des nanomatériaux dans l'environnement.

06

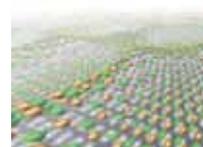
Téra incognita

Le rayonnement térahertz ne présente pas plus de risques qu'une tasse de thé tiède, mais il peut traverser les textiles et permet de palper la peau. Avec cette technique, des chercheurs de l'Empa veulent étudier entre autres les mécanismes des irritations de la peau provoquées par le frottement des vêtements chez les nourrissons, les randonneurs en sueur et les seniors alités.



Gouttes d'eau sur les surfaces

Une équipe internationale de chercheurs à laquelle participait l'Empa a développé un système qui permet de faire commuter électriquement le comportement d'une goutte d'eau sur une surface solide entre comportement d'adhésion et comportement de frottement statique. Ce nouveau système est intéressant par exemple pour les applications en biologie.



07

Collaboration avec la Corée du Sud

Le «Korea Research Institute of Standards and Science» (KRIS) a ouvert un bureau à Saint-Gall et renforce ainsi sa collaboration avec l'Empa dans le domaine de la recherche en nanosécurité.



Nouvelle revue scientifique sur la nanosécurité

Le chercheur de l'Empa Bernd Nowack est un des rédacteurs en chef de la revue scientifique «NanoImpact» lancée en mai dernier, la première revue scientifique consacrée exclusivement à la recherche en nanosécurité. Cette revue s'est donné pour but de couvrir la totalité des multiples facettes de ce domaine de recherche multidisciplinaire.

Page 92

08

4000 hôtes en visite



Depuis 20 ans l'Empa développe dans son bâtiment moderne de Saint-Gall des matériaux et des technologies pour l'avenir. Une bonne raison pour fêter cela et ouvrir ses portes au public. Près de 4000 personnes ont répondu à cette invitation pour découvrir ce à quoi travaille l'Empa dans sa recherche.

Balayeuse à hydrogène

Une balayeuse fonctionnant à l'hydrogène nettoie depuis le mois d'août des rues de Dübendorf. Ce véhicule, développé par l'Empa en collaboration avec l'Institut Paul Scherrer et le fabricant de véhicules municipaux Bucher Municipal, sera testé durant deux ans par la ville de Dübendorf. Son ravitaillement s'effectue à l'Empa avec de l'hydrogène produit à partir d'électricité renouvelable.



09

Un monocristal pour mesurer la radioactivité

Une équipe de chercheurs de l'Empa et de l'EPF de Zurich a développé des monocristaux de pérovskites plomb-halogénures capables de mesurer le rayonnement radioactif gamma avec une grande précision. Cette découverte pourrait permettre d'abaisser nettement le prix des détecteurs de radioactivité – par exemple pour les scanners dans le domaine de la sécurité, les dosimètres individuels dans les centrales nucléaires et sur les appareils utilisés en diagnostic médical.

Page 28



Fin de la mission Rosetta

Douze ans après son lancement, la sonde spatiale Rosetta a terminé sa mission. Cette sonde qui avait aussi à son bord des instruments développés par l'Empa a trouvé son dernier repos en s'écrasant sur la comète «Tschuri».

10

Station service d'hydrogène à 700 bar



L'Empa possède la première station service d'hydrogène de Suisse avec une pression de remplissage de 700 bar pour les voitures de tourisme. Cette station service fait partie du démonstrateur de mobilité «move» et est utilisée pour différents véhicules tests de l'Empa ainsi que par les voitures à hydrogènes de détenteurs privés.

Page 45

Peptides contre superbactéries

Certains peptides possèdent une action antibactérienne – mais ils se décomposent beaucoup trop vite dans le corps humain. Des chercheurs de l'Empa sont parvenus à prolonger leur durée de vie en les enveloppant d'un manteau protecteur. Un pas important car les peptides sont considérés comme une solution possible pour lutter contre les bactéries résistantes aux antibiotiques.

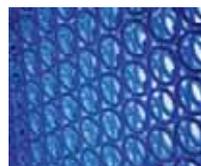
Page 31

11

Fini de trembler

Les structures de cristaux phononiques développées sur ordinateur sont capables d'absorber des vibrations de fréquences définies. Ces matériaux amortisseurs révolutionnaires qui peuvent être produits par impression 3D pourraient sonner le début d'une nouvelle ère en matière d'amortissement mécanique.

Page 34



Distinction pour un retardateur de flammes

Le prix «Empa Innovation Award 2016» a été attribué au chimiste Sabyasachi Gaan et à son équipe pour le développement d'un nouveau retardateur de flammes non toxique et écologique utilisable pour la production des mousses polyuréthanes. Ces mousses s'emploient par exemple dans les matelas, les meubles rembourrés et les isolations des façades d'immeubles.

12

Des aimants au lieu d'antibiotiques

Une nouvelle méthode de traitement des septicémies: des particules de fer magnétiques recouvertes d'anticorps sont injectées dans le sang et lient les bactéries qui sont ensuite éliminées du sang au moyen d'aimants. Les premiers essais de laboratoire réalisés à l'Empa sont prometteurs.

Page 32

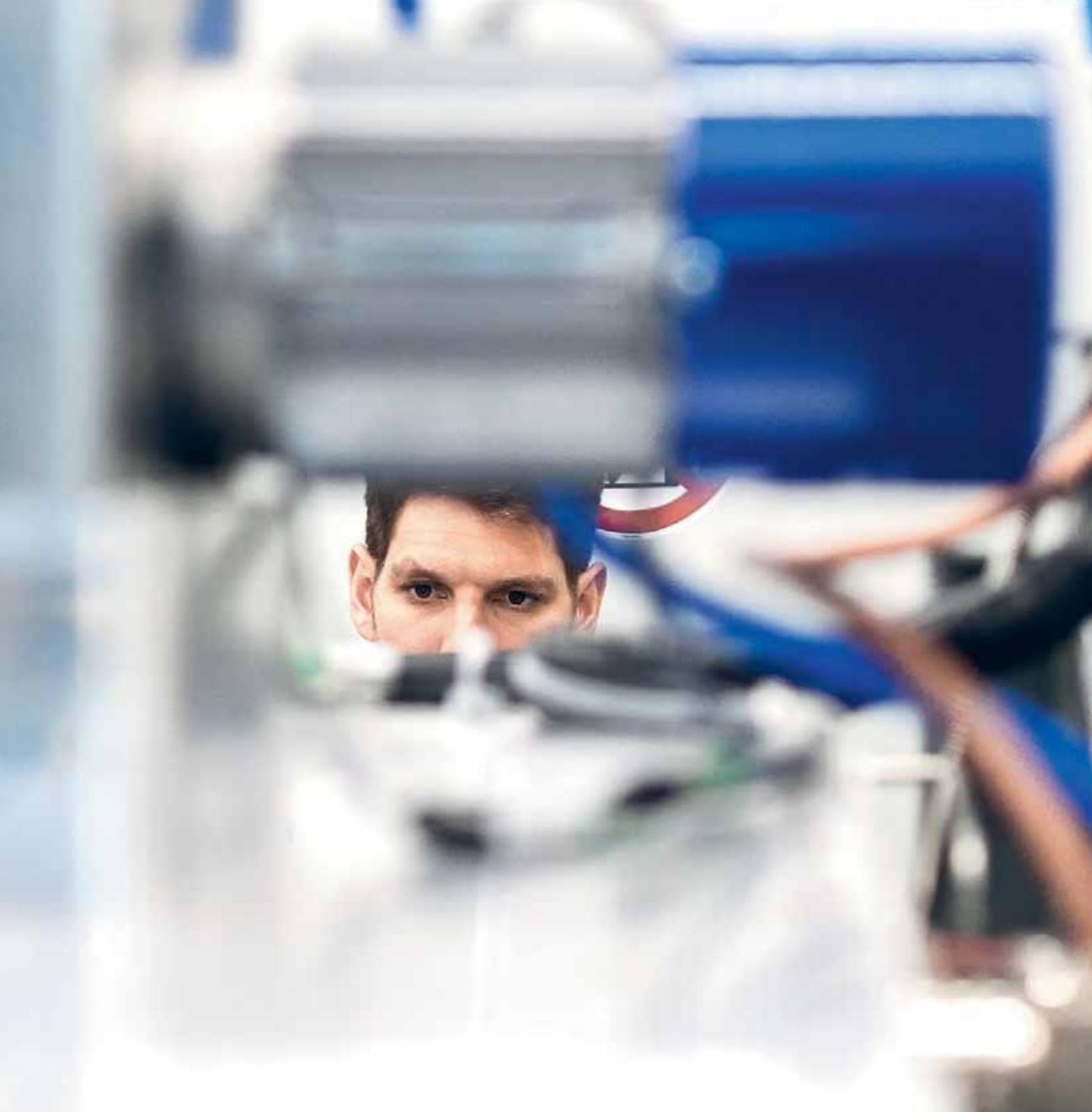
Contre le fluage des câbles



Les lignes à haute tension suisses souffrent de phénomènes de vieillissement qui peuvent provoquer des dommages en cas de surtension. Combien de temps peuvent-elles encore résister? Des chercheurs de l'Empa ont développé un outil qui permet de surveiller ce processus de vieillissement.

Page 70







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 coopérations 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.

De l'énergie propre à partir de l'eau et de la lumière du soleil

Développer des sources d'énergie propres et renouvelables est un des grands défis de notre époque. Dans le monde entier des scientifiques sont à la recherche d'alternatives à la production d'énergie à partir des combustibles fossiles. La photosynthèse artificielle est là une approche prometteuse. Elle permet en effet de décomposer l'eau (H₂O) en ses composants que sont l'hydrogène (H₂) et l'oxygène (O₂) à l'aide de la lumière solaire qui peuvent ensuite être stockés. La réaction ultérieure de ces deux éléments dans une pile à combustible permet alors de produire de l'électricité.

L'exemple de la nature

Les plantes utilisent la photosynthèse depuis des temps immémoriaux et c'est elle que la science utilise comme modèle. Les scientifiques de l'Empa développent dans un projet commun avec des partenaires des hautes écoles de Bâle, Lausanne et Zurich et des partenaires étrangers, des idées pour copier la photosynthèse naturelle. L'approche la plus simple est la décomposition électrolytique de l'eau à l'aide de l'électricité solaire. La collecte de la lumière solaire dans des cellules photovoltaïques et l'électrolyse de l'eau sont des processus qui se dé-

310

milliards de mètres cubes d'hydrogène ont été produits en 1999 à partir de supports énergétiques fossiles. Dans une économie énergétique durable, l'hydrogène peut être produit à partir d'énergies renouvelables telles que l'énergie éolienne, hydraulique ou solaire.

roulent séparément. Ces deux processus peuvent toutefois être réunis au niveau microscopique. On parle alors de «conversion directe». Si l'on fait réagir l'hydrogène ainsi produit avec le gaz à effet de serre qu'est le CO₂, on peut alors produire des hydrocarbures et le cycle photosynthétique complet est ainsi fermé. Au plan technique, cette synthèse d'hydrogène est réalisée

dans ce que l'on appelle des cellules photoélectrochimiques (cellules PEC). L'Empa a déjà présenté une telle cellule en 2012. Ces cellules sont composées d'un récipient rempli d'eau dans lequel sont immergées une photoélectrode et une contre-électrode. Ce système intégré est en principe moins coûteux que la combinaison de cellules photovoltaïques et d'un électrolyseur.

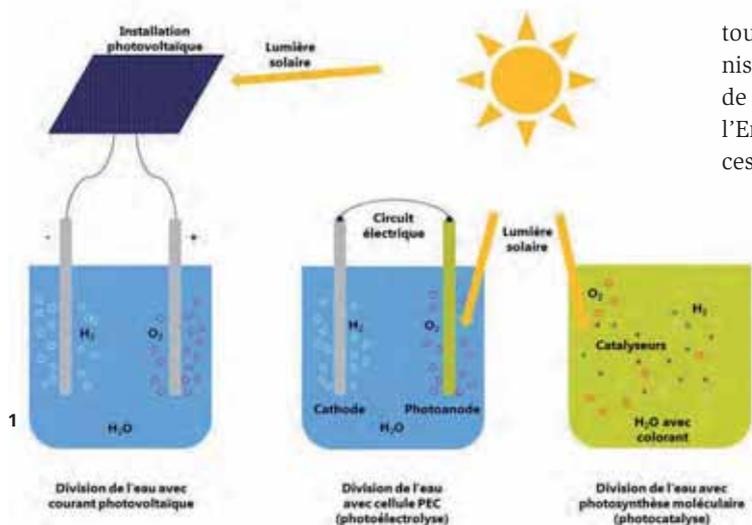
Sur la voie de leur efficacité théorique de 40 pour-cent, les cellules PEC viennent juste d'atteindre une efficacité de 7 pour-cent. 15 pour-cent sont considérés comme un objectif à court terme réaliste. Les facteurs importants pour leur optimisation sont l'agencement précis de leurs différents composants de même que des matériaux photoactifs particulièrement performants et stables. En particuliers les matériaux pour la photoélectrode qui récolte la lumière solaire et les électrocatalyseurs sont actuellement l'objet de travaux de recherche. Cependant

1

Prototype d'une cellule photoélectrochimique (cellule PEC) pour la production d'hydrogène solaire.



1



tous les matériaux déjà utilisés entraînent par divers mécanismes des pertes d'efficacité et diminuent ainsi le rendement de la photoélectrolyse. Récemment, un groupe de chercheurs de l'Empa a présenté une stratégie qui permet d'éliminer une de ces sources de pertes: ces scientifiques ont conféré une structure en forme d'oeil de mite à une photoanode composée d'oxyde de fer et d'oxyde de tungstène. L'efficacité de la photoanode a ainsi pu être doublée.

Un autre procédé à fort potentiel

Récemment les scientifiques de ce projet sont parvenus à réaliser la scission de l'eau dans un système moléculaire en solution aqueuse – ce qui supprime les électrodes utilisées dans les cellules PEC. Avec ce procédé photocatalytique, les chercheurs se rapprochent encore un peu plus du modèle de la nature. Ils se consacrent actuellement à l'optimisation de ces différentes étapes, par exemple en améliorant les colorants semblables à la chlorophylle ou les catalyseurs pour la scission de l'eau. A l'aide des méthodes d'examen

les plus modernes, les scientifiques de l'Empa étudient les mécanismes de réaction au niveau des molécules adsorbantes et des catalyseurs pour mieux comprendre leurs interactions et ainsi aider à amener la production d'énergie par photosynthèse artificielle à sa maturité au marché. //

1

Trois approches différentes de la photosynthèse artificielle: la photocatalyse se rapproche le plus de la photosynthèse naturelle. Toutefois c'est actuellement la photoélectrolyse avec les cellules PEC qui, du fait de sa meilleure efficacité, est la plus utilisée.

Des réacteurs propres pour l'aviation de demain

Depuis les années 1980, les gros moteurs d'avion doivent satisfaire des valeurs limites d'émissions de polluants qui ont été renforcées par étapes au cours des années. Ainsi la contribution du trafic aérien à la pollution atmosphérique est aujourd'hui relativement faible et l'époque où les réacteurs des jets laissaient derrière eux des panaches de fumée bien visibles est révolue. Ce qui n'est par contre pas résolu, ce sont les rejets de particules de suie ultrafines par les réacteurs. Ces particules de taille microscopique peuvent pénétrer profondément dans les poumons et porter ainsi atteinte à la santé. Conformément au principe de précaution, ces émissions du trafic aérien doivent maintenant elles aussi être réglementées et diminuées.

La mesure des particules de suie ultrafines émises par les réacteurs des avions est techniquement des plus complexes. En collaboration avec SR Technics et l'Office fédéral de l'aviation civile (OFAC), les experts de l'Empa ont développé après des années de travail un procédé qui permet de mesurer de manière standardisée les émissions de poussières fines des

réacteurs des avions. Entretemps ils ont perfectionné aussi bien le procédé de mesure que ses instruments qui sont ainsi devenu aptes à l'utilisation pratique. A côté de la masse des particules émises, le système de mesure fournit aussi leur nombre par kilogramme de carburant et il saisit même les particules les plus fines d'un diamètre de cent millièmes de millimètres – soit 10 nanomètres.

Les travaux d'élaboration d'une nouvelle norme mondiale ont été dirigés par l'OFAC en collaboration avec l'administration fédérale américaine de l'aviation FAA. La commission de l'environnement de l'organisation de l'aviation civile internationale OACI a adopté le 2 février 2016 la prescription développée en majeure partie par

l'OFAC, SR Technics et l'Empa. L'adoption de cette prescription par les pays membres de l'OACI aura lieu cette année.

A partir du 1 janvier 2020, tous les réacteurs des avions civils nouvellement fabriqués devront être certifiés selon cette nouvelle norme. La majorité des fabricants de réacteurs d'avion disposent déjà de leurs propres systèmes de mesure conformes à ses prescriptions et ont commencé à de nouvelles

1/100 000
de millimètre, le diamètre des
particules de suie les plus fines
que le système de mesure de
l'Empa est capable de déterminer.



1



mesures de leurs moteurs. Et dans la perspective de la fixation de valeurs d'émissions encore plus sévères, ils développent déjà des mesures pour une réduction encore plus poussée avec l'utilisation de carburants de remplacement et de technologies de combustion plus efficaces.

Par ailleurs, les chercheurs de l'Empa veulent s'attaquer à la question des effets de ces particules fines sur la santé et l'environnement. Cela parce que, au contraire de ce qui est le cas pour les émissions de trafic routier, on connaît relativement peu de choses sur les émissions du trafic aérien. L'Empa examine par exemple si les émissions des réacteurs renferment des substances cancérigènes ou mutagènes. //



1
Mesures par l'Empa des émissions d'un réacteur sur le banc d'essai de SR Technics: en collaboration avec l'Office fédéral de l'aviation civile et SR Technics, l'Empa a largement contribué à l'élaboration de la première norme valable dans le monde entier pour la mesure des émissions de poussières fines des réacteurs d'avion. Photo: iStockphoto

2
Les réacteurs des avions émettent des particules de suie. Ce Boeing 707 laissait derrière lui un panache de fumée nettement visible lors de son décollage en mois de juin 1960 sur l'aéroport de Los Angeles. Photo: Charlie Atterbury, Seattle

Des surfaces lumineuses mûres pour la production de masse

25

lumens par Watt, le rendement lumineux qu'atteignent ces feuilles lumineuses novatrices de grande surface. Cette efficacité énergétique est comparable à celle d'une ampoule halogène.

Dans le projet «TREASORES» (Transparent Electrodes for Large Area Large Scale Production of Organic Optoelectronic Devices) des chercheurs européens sont parvenus à amener à maturité commerciale la technique d'éclairage de la

prochaine génération. Ils ont développé des modules lumineux flexibles qui peuvent s'imprimer par un procédé roll-to-roll, comme un journal sur une rotative. Cette technique pose les bases pour la réalisation de cellules photovoltaïques et de surfaces lumineuses LED bon marché de l'avenir.

TEASORES, dont la coordination était assumée par l'Empa, réunissait le savoir-faire de neuf entreprises et six instituts de recherche de cinq pays européens. Il a été financé à hauteur de 9 millions d'euros par l'UE et de 6 millions supplémentaires par les partenaires du projet. Il a débouché sur le dépôt de huit brevets, une douzaine de publications scientifiques et fournit des bases pour de futures normes internationales.

Electrodes flexibles et feuilles barrières

Son résultat le plus important est le développement de processus de production pour différents types d'électrodes transparentes et de matériaux barrières pour la prochaine génération de l'op-

toélectronique qui, dans une deuxième étape, ont été mis à l'échelle pour une production industrielle. Les sources lumineuses et les cellules photovoltaïques de la prochaine génération seront produites par des procédés roll-to-roll pour lesquels ces nouvelles élec-

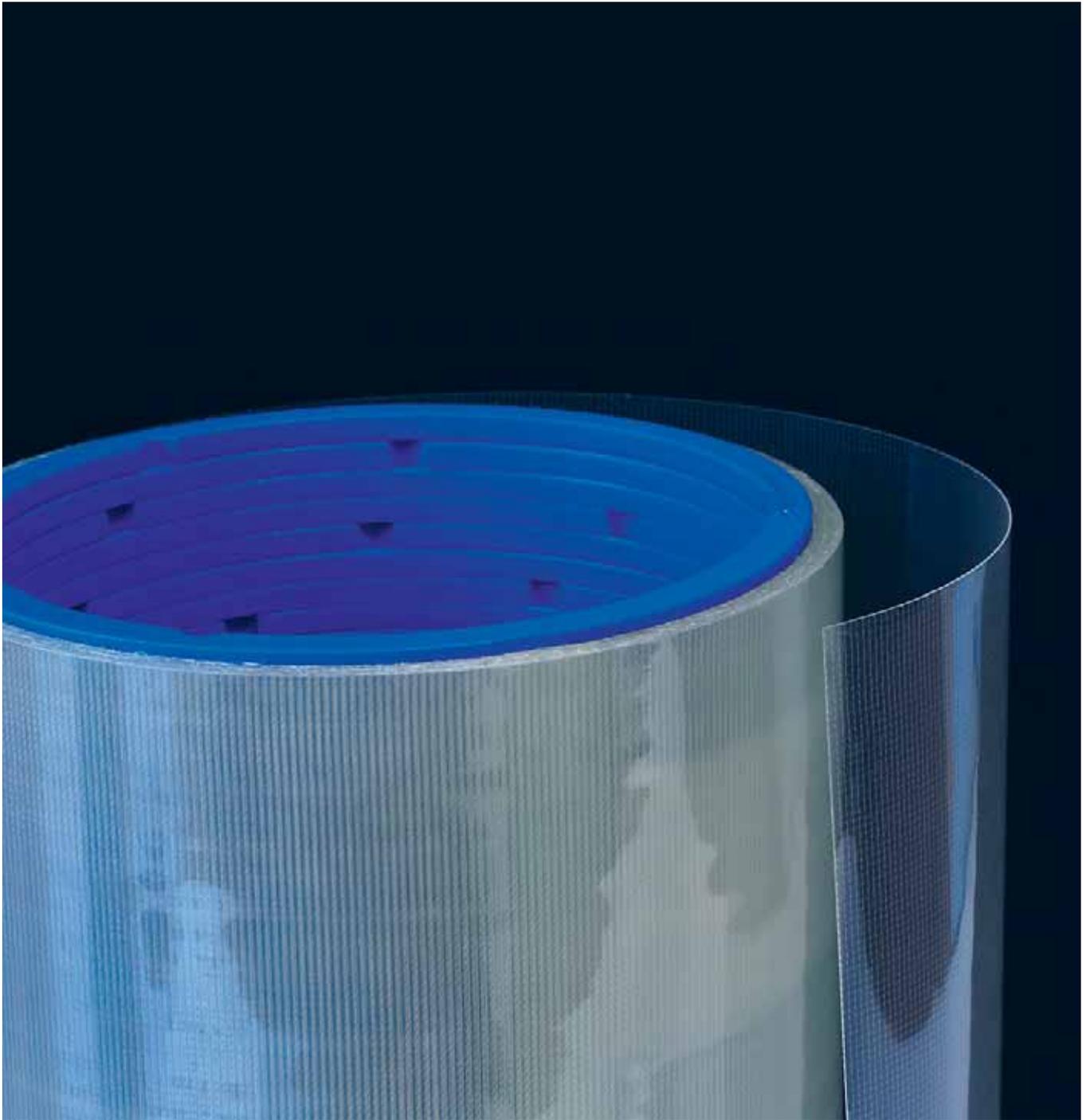
trodes sont particulièrement bien adaptées. Le Fraunhofer-Institut für Organische Elektronik, Elektronenstrahl und Plasma-technik à Dresde a produit avec ce procédé roll-to-roll un rouleau de sources lumineuses OLED reproduisant le sigle du projet.

Des parois lumineuses de haute efficacité énergétique

Les éléments décisifs pour la production de masse future et la durabilité de tels éléments lumineux sont des électrodes flexibles et transparentes ainsi que de nouvelles feuilles barrières elles aussi transparentes - des feuilles polymères qui empêchent l'oxygène ou la vapeur d'eau de pénétrer dans les composants organiques et de les détruire. Les électrodes développées dans le projet TREASORES présentent des performances et une transparence égales, et même parfois supérieures, à celles des électrodes utilisant la technologie OLED actuelle. Elles peuvent cependant être produites à des coûts nettement moindres et n'utilisent pas d'indium, un élément dont les ressources se raréfient.

1

Des électrodes flexibles en textiles électro-conducteurs produites avec un procédé roll to roll peu coûteux ont été développées dans ce projet. Ces électrodes sont d'une grande transparence dans le domaine de la lumière visible et de l'infrarouge et se distinguent encore par leur faible résistance électrique. Photo: Sefar AG



1

Contact

Prof. Dr. Frank Nüesch
frank.nueesch@empa.ch

Ces nouvelles électrodes permettent de réaliser sur de grandes surfaces aussi des sources lumineuses blanches extraordinairement homogènes avec une efficacité de 25 lumens par watt – comparable à celle d'éléments équivalents utilisant la technologie OLED actuelle qui utilisent un procédé plus lent sur des feuilles individuelles. //



1

Une source lumineuse flexible en LED organiques (OLED) développée dans le projet TREASORES. Des électrodes flexibles et des couches barrières imperméables à l'air sont les éléments clés de cette technologie. Cette feuille lumineuse a été produite au Fraunhofer FEP à Dresde par un procédé roll-to-roll peu coûteux. Photo: Fraunhofer FEP

4

kilogrammes, le poids qu'un chat peut avoir pour qu'un hamac en graphène puisse le supporter. Le hamac lui-même ne pèserait pas plus qu'un seul poil de sa moustache.

Des chercheurs de l'Empa, de l'Institut Max-Planck de Mayence et de l'Université technique de Dresde sont parvenus pour la première fois à produire des nanorubans de graphène présentant des bords en forme de zigzag parfait à partir de molécules précurseurs. Les atomes des bords de ces rubans possèdent des électrons dont les sens de rotation («spin») sont différents et couplés. Cela pourrait faire de ces nanorubans de graphène un matériau de choix pour l'électronique du futur qu'est la spintronique.

Comme la taille des composants électroniques ne cesse de diminuer, l'utilisation par l'industrie du silicium comme semi-conducteur traditionnel parvient peu à peu à ses limites. Le graphène, ce matériau aux propriétés «miraculeuses», pourrait lui succéder. Formé d'une seule couche d'atomes de carbone, il est ultraléger, extrêmement flexible et excellent conducteur. Pour pouvoir utiliser le graphène dans des composants électroniques tels que des transistors à effet de champ, il doit être «transformé» en un semi-conducteur. C'est ce à quoi sont parvenus les scientifiques de l'Empa en produisant des nanorubans de graphène (NRG) extrêmement étroits. En effet, plus ces rubans sont étroits, plus leur bande interdite, soit la zone dans laquelle aucun électron ne peut se trouver et qui fait que le semi-conducteur peut fonctionner comme un commutateur élec-

tronique (p. ex. un transistor), est large. Les chercheurs de l'Empa sont aussi parvenus à «doper» ces nanorubans, c'est-à-dire à y introduire à des emplacements précis des atomes étrangers tel que des atomes d'azote, afin d'influencer en-

core davantage les propriétés électroniques de ces nanorubans de graphène.

Des rubans «construits» à partir de molécules précurseur

Ces chercheurs ont de plus réussi, à partir de molécules de carbone appropriées et d'un processus de production perfectionné, à synthétiser des nanorubans de graphène possédant des bords en forme de zigzags parfaits qui présentent une géométrie bien précise sur toute la longueur de leur axe longitudinal. En jouant sur la géométrie des rubans et surtout sur la structure de leurs bords, les chercheurs peuvent conférer diverses propriétés à leurs nanorubans de graphène.

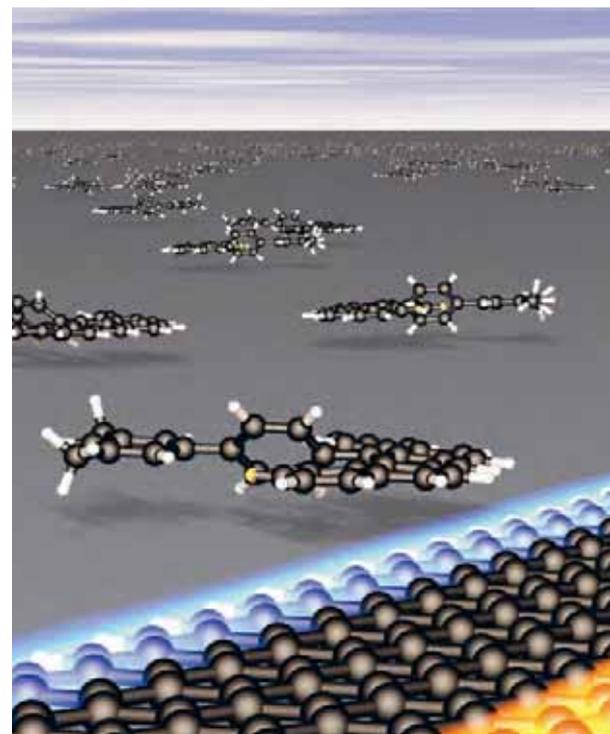
Pour développer la meilleure voie de synthèse possible, les scientifiques ont alterné de manière répétitive simulations sur ordinateur et expérimentations. Avec des molécules en forme de U qu'ils ont laissées s'assembler en une ligne ondulée et l'intégration de groupes méthyle pour perfectionner la forme des bords en zigzag, ils ont finalement établi un «plan» pour la synthèse de nanorubans de graphène possédant des bords en

zigzag parfaits. Les chercheurs ont vérifié la précision à un atome près des bords en zigzag ainsi obtenus à l'aide d'un microscope à force atomique. Ils sont aussi parvenus à caractériser les états électroniques des bords en zigzag au moyen de la spectroscopie tunnel à balayage.

Des possibilités d'application intéressantes en spintronique

Et ce sont particulièrement ces états électroniques qui présentent une particularité prometteuse. Les électrons peuvent tourner sur eux-mêmes à gauche ou à droite, on parle alors du sens de rotation interne («spin») des électrons. Ce qui présente de particulier les rubans de graphène en zigzag: les spins des électrons s'orientent toujours de la même manière le long des deux bords ; il s'agit d'un effet appelé couplage ferromagnétique. Simultanément un couplage antiferromagnétique agit en même temps sur les spins des électrons des bords opposés qui s'orientent de manière inverse. Sur un bord de la bande, les électrons se trouvent en état «spin-up», sur l'autre en état «spin-down».

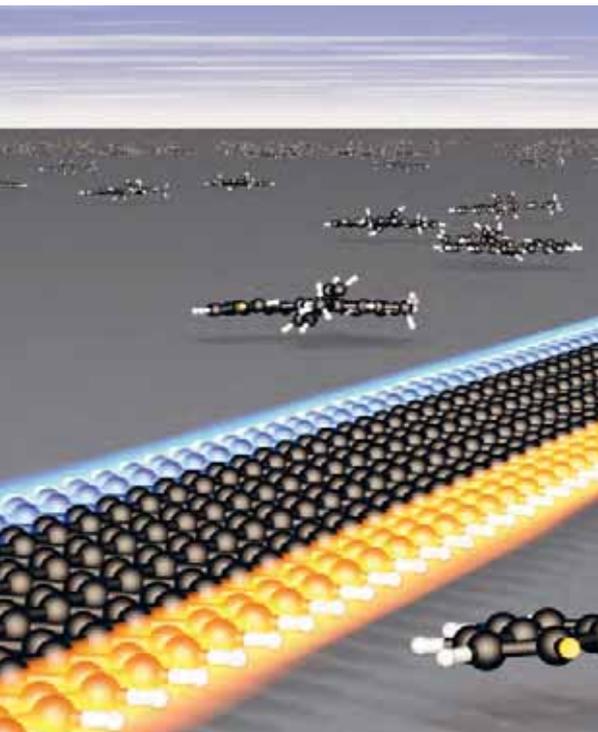
Il en résulte ainsi deux canaux de spin indépendants avec des «sens de marche» différents l'un de l'autre le long des bords du ruban, comme sur une autoroute avec des voies de circula-



1

1
Illustration d'un nanoruban de graphène avec bords en zigzag avec les molécules précurseur nécessaires à sa production. Les électrons sur les deux bords en zigzag possèdent des sens de rotation («spins») opposés – soit « spin-up » sur le bord inférieur (jaune) et « spin-down » sur le bord supérieur (bleu).

2
«Coupe-type» d'un nanoruban de graphène : suivant la direction de l'axe du ruban, les nanorubans de graphène ont un bord en forme de fauteuil («arm-chair», orange) ou en forme de zigzag («zigzag», bleu).

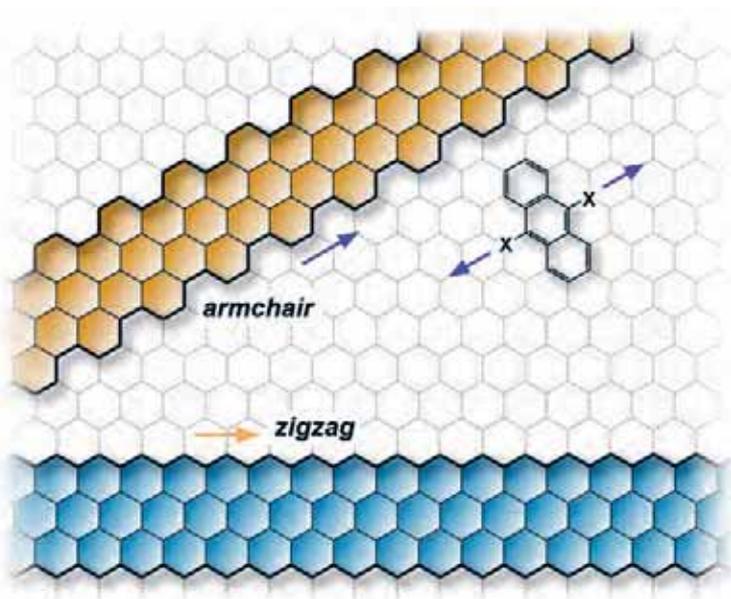


tions séparées. Avec l'inclusion de défauts structuraux précis sur les bords ou – plus élégamment – avec des signaux électriques, magnétiques ou optiques extérieurs, il devrait devenir possible de développer des barrières ou des filtres à spin qui ne demandent de l'énergie que pour leur commutation – un premier pas vers la réalisation d'un nanotransistor présentant une efficacité énergétique extrêmement élevée.

Ces possibilités rendent les nanorubans de graphène particulièrement intéressants pour des applications et composants spintroniques qui utilisent aussi bien la charge que le spin des électrons. Une combinaison que les chercheurs espèrent voir déboucher sur des composants entièrement nouveaux, tels que des mémoires magnétiques adressables capables de conserver les informations stockées même après l'arrêt de l'alimentation électrique.

Le projet phare Graphène

L'Empa participe au projet phare «Graphène» de l'UE. Ce projet paneuropéen lancé en 2013 et d'une durée de dix ans (au moins) réunit les compétences européennes en recherche sur ce nouveau matériau. L'Empa étudie entre autres les propriétés électroniques de ce matériau ultramince à base de carbone ainsi que ses risques potentiels pour la santé et l'environnement. //



La fonctionnalisation du bois

4 551 897

mètres cubes de bois ont été récoltés en
2015 dans les forêts suisses.

1,8 millions ont été utilisés comme bois
de sciage. 23% comme matière première
pour la fabrication de papier, de cellulose,
de panneaux agglomérés ou comme
matière première pour d'autres usages.

Le bois est un matériau robuste aux possibilités d'utilisation variées. Mais même le meilleur des matériaux a ses limites. C'est aussi pourquoi les chercheurs de l'Empa travaillent à transformer

le bois en un matériau high-tech pour élargir le champ d'application de cette ressource naturelle. Leur approche: conférer au bois des propriétés supplémentaires, parfois inattendues.

Il existe déjà d'innombrables méthodes pour améliorer les propriétés du bois, par exemple par l'application de peintures ou de vernis. Les chercheurs de l'Empa franchissent toutefois maintenant un pas supplémentaire et lient chimiquement et de manière durable des produits améliorateurs à ce matériau naturel, modifiant ainsi ses propriétés non seulement en surface mais aussi en profondeur.

Nombre de ces nouveaux développements sont testés dans le module de NEST «Vision Wood» où ils montreront comment ils se comportent dans des conditions réelles.

Pas si sensible à l'eau

L'eau dégrade le bois et, dans les cas extrêmes, provoque même sa pourriture. Pour lutter contre cela, une équipe de l'Empa a

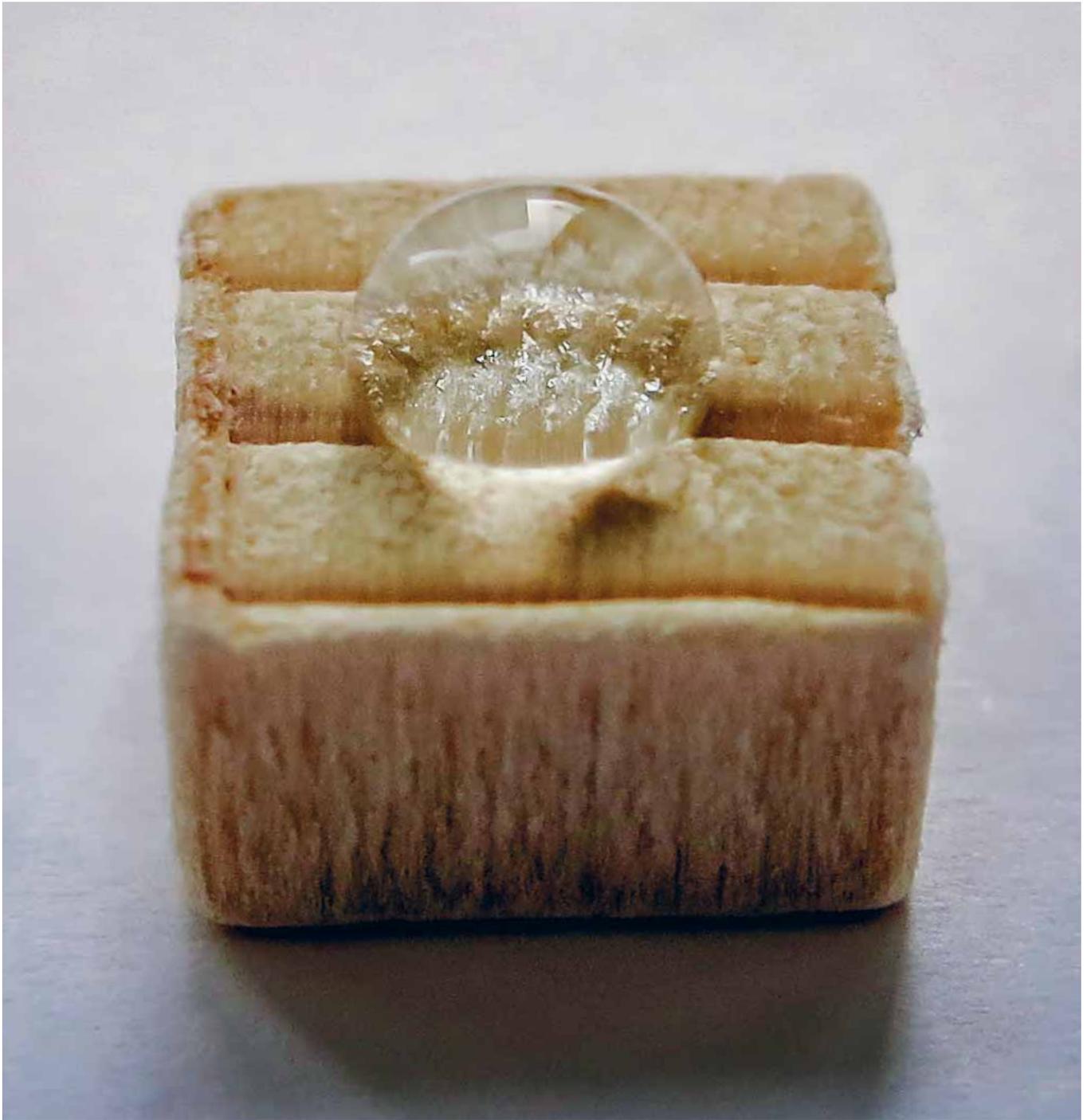
imprégné avec du styrène – la molécule de base du polymère bien connu qu'est le polystyrène – les espaces intercellulaires du bois sur une profondeur de plusieurs millimètres et l'ont lié avec ce dernier par polymé-

risation. Le bois naturel était ainsi devenu un composite bois-polymère. Pour obtenir d'épaisses pièces de bois hydrophobes, ces chercheurs ont découpé le bois en fines lamelles et les ont recollées ensembles après avoir intégré le polymère. Une autre équipe a obtenu sur le bois une sorte d'effet lotus avec un traitement superficiel spécial avec un oxyde métallique: l'eau déperle alors sur le bois comme sur la céramique. Un lavabo en bois réalisés avec ces techniques se trouve dans NEST, le bâtiment modulaire de recherche et d'innovation de l'Empa et de l'Eawag, pour y être testé dans la pratique.

Lutte contre les champignons lignivores

Les champignons et les bactéries qui, en présence d'une humidité «idéale», trouvent sur le bois des conditions de croissance optimales sont une autre cause de la dégradation de ce matériau de construction. Pour lutter contre cela, les chercheurs ont fait appel à une substance qui elle-même provient de champignons.

1 L'imprégnation hydrophobe agit à la perfection – l'eau déperle sur le bois.



1

1

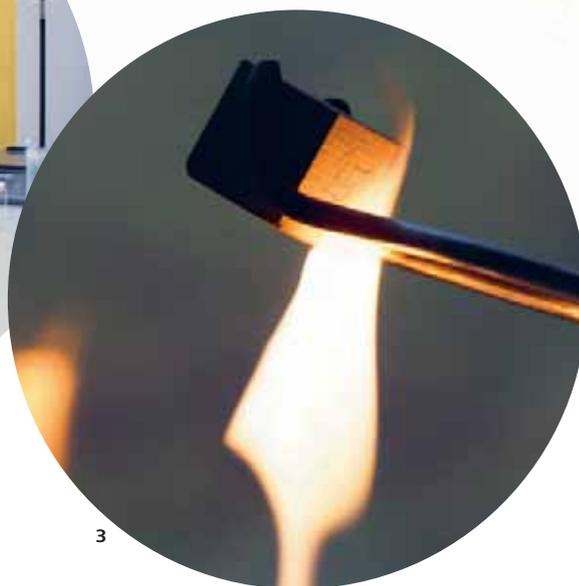
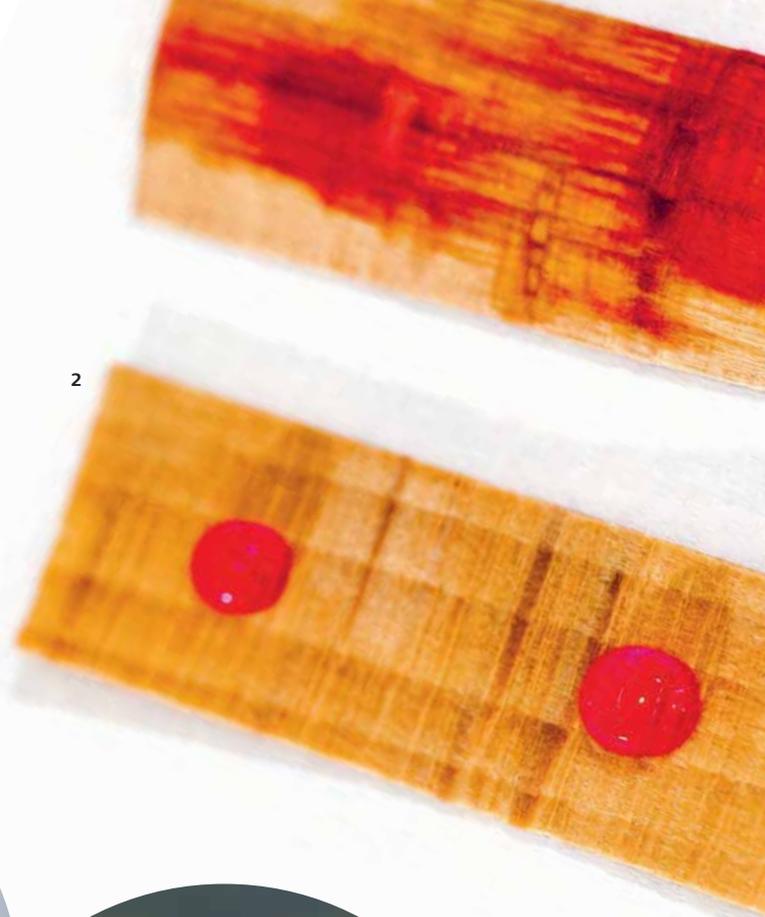
La doctorante Vivian Merk démontre que ce cube de bois adhère en effectivement sur un aimant.

2

Le comparaisn le montre: au contraire de l'éprouvette traitée (ci-dessous), celle en hêtre non traité absorbe l'eau colorée.

3

Des essais au feu aux résultats encourageants: grâce au calcaire déposé dans la structure cellulaire du bois, les chercheurs sont parvenus à réduire d'environ un tiers son degré de combustibilité.



Contact

Dr. Tanja Zimmermann
tanja.zimmermann@empa.ch

Prof. Dr. Ingo Burgert
ingo.burgert@empa.ch

Dans un environnement «artificiel», de la laccase, une enzyme tirée de champignons responsables de la pourriture blanche du bois, est utilisée pour fixer de l'iode par des liaisons covalentes – chimiquement stables - à la surface du bois. Dans une solution aqueuse la laccase oxyde l'iodure (I⁻) en iode hautement réactif (I₂), qui se lie durablement avec la lignine à la surface du bois. Du bois iodisé est utilisé dans deux essais de résistance de longue durée dans NEST: d'une part du bois de sapin et d'épicéa indigène pour le revêtement de façade d'un module et d'autre part du bois de chêne pour les poignées de ses portes intérieures.

Du bois calcifié pour résister au feu

Le bois peut même résister au feu – si sa structure cellulaire est imprégnée de carbonate de calcium, autrement dit de calcaire. Le bois minéralisé, avec sa teinte claire, est difficilement inflammable, même au contact direct de la flamme. Une équipe de l'Empa et de l'EPFZ ont travaillé pour cela sur deux procédés. Avec l'un, le minéral se dépose principalement dans les parois cellulaires et forme de petits pores. Avec l'autre, le calcaire se dépose directement dans les cellules tubulaires du bois pour en quelque sorte les colmater. La différence de ce dernier procédé réside dans l'utilisation de deux solutions avec lesquelles les chercheurs imprègnent alternativement le bois. Pour ce qui est de la protection contre l'incendie, les deux procédés fonctionnent l'un et l'autre également bien. A côté de sa bonne résistance au feu, le bois minéralisé présente encore d'autres avantages. Aussi bien le bois que le carbonate de calcium lient du CO₂, ce qui est très intéressant du point de vue écologique.

Pas plus la production que le produit final ne font appel à des substances dangereuses. Le recyclage du bois hybride est ainsi absolument sans risque au contraire des bois qui ont été traité avec des retardateurs de flamme conventionnels.

Du bois attractif

Enfin, si l'on fait pénétrer des particules d'oxyde de fer dans les cellules du bois, ce dernier devient magnétisable. Pour y parvenir, les chercheurs plongent le bois dans une solution fortement acide qui renferme du chlorure de fer. Une fois que cette solution a pénétré profondément dans le bois, ils l'immergent dans une autre solution fortement basique d'hydroxyde de sodium. Ceci provoque une réaction de précipitation qui déclenche une sorte de tempête de neige à l'intérieur de toutes les cellules du bois. Ces «flocons de neige» ne sont toutefois pas blancs mais presque noirs, car il s'agit là de nanoparticules d'oxyde de fer. Ces particules restent enfermées dans le bois, même si on lave le bois durant des jours. Les particules magnétiques se présentent sous deux formes différentes – la maghémite et la magnétite. La maghémite se forme par oxydation à l'air de la magnétite qui elle est de couleur noire. Il se forme ainsi davantage de lacunes dans son cristal ce qui lui confère une teinte brune. Le bois magnétisé prend ainsi au total une teinte très foncée. Jusqu'ici ce bois est utilisé en intérieur par exemple pour des jouets ou des meubles. Dans NEST il est testé sous forme d'un tableau magnétique. On peut aussi penser à des utilisations dans l'industrie automobile, par exemple pour fonctionnaliser des tableaux de bord en bois foncé d'aspect noble. //

Détecteurs de rayons gamma bon marché

La désintégration radioactive des isotopes instables s'accompagne presque toujours d'une émission de rayons gamma. Il existe ainsi une demande importante de détecteurs gamma peu coûteux, hautement sensibles et fonctionnant à température ambiante, pour reconnaître les substances radioactives. Trouver les substances appropriées n'est pas simple. Les cristaux qui détectent les rayons gamma à température ambiante doivent posséder une qualité électronique élevée; autrement dit, les porteurs de charge dans le cristal doivent être extrêmement mobiles et présenter une durée de vie élevée pour transmettre avec fiabilité le signal sous forme d'une d'impulsion électrique. De plus, le cristal doit être composé d'éléments lourds pour pouvoir capter les photons de haute énergie du rayonnement gamma. Et finalement la substance désirée doit permettre de faire croître des monocristaux de grande taille qui doivent encore résister à la rupture et être insensibles aux variations de température.

La chimie classique en bécher

Jusqu'ici c'étaient avant tout le tellure de cadmium (CdTe) et le tellure de cadmium et de zinc (CdZnTe) qui étaient connus pour posséder ces propriétés. Ces substances, à partir desquelles on produit aussi des cellules photovoltaïques, ne sont pas hydrosolubles et ne fondent qu'à des températures supérieures à 1000°C. Avec elles, la production de cristaux détecteurs est donc compliquée et coûteuse. Une équipe de chercheurs de l'Empa est maintenant parvenue à produire à partir d'une nouvelle classe substances (pérovskites plomb-halogénure) et au moyen de la chimie classique «en bécher» des monocristaux semi-conducteurs qui présentent les mêmes propriétés que le CdTe et le CdZnTe – mais qui ne coûtent que quelques francs. Une application

possible serait un mini-compteur Geiger raccordable à un smartphone. Les personnes se trouvant dans des régions polluées par la radioactivité pourraient ainsi tester tous leur aliments quant à leur radioactivité. Les cristaux pérovskite pourraient éventuel-

110

**minutes, la demi-vie du
¹⁸F-fallypride, un traceur utilisé
en diagnostic médical – il ne reste
ainsi que peu de temps entre
la production et l'utilisation
de cette substance pour contrôler
sa pureté radiochimique.**

1

Un cristal d'iodure de plomb méthylammonium - un des composants du nouveau semi-conducteur en pérovskite d'halogénure de plomb.
Photo: iStockphoto



lement même détecter les rayons X, ce qui leur ouvrirait le cas échéant un autre champ d'application important, par exemple en médecine et dans le domaine de la sécurité.

Des applications en neurodiagnostic

Une autre application possible de ces nouveaux cristaux est le diagnostic des troubles du métabolisme cérébral. Les troubles des récepteurs de la dopamine peuvent avoir différentes conséquences: maladie de Parkinson, schizophrénie, hyperactivité, phobie sociale et l'addiction à l'alcool et aux drogues. Ces troubles sont diagnostiqués en injectant aux patients des substances radioactives qui permettent d'obtenir une vue de l'activité du cerveau par imagerie par résonance magnétique (IRM). L'administration de substances radioactives n'est toutefois pas sans danger: la présence d'impuretés peut provoquer des atteintes à la santé. La vérification de leur pureté doit cependant s'effectuer extrêmement rapidement parce que ces substances traceurs n'ont qu'une demi-vie relativement courte, elles se désintègrent rapidement.

Afin de démontrer les «capacités» des pérovskites plomb-halogénures, l'équipe de l'Empa a utilisé son nouveau détecteur monocristal pour le contrôle de la pureté isotopique du ^{18}F -fallypride, un traceur utilisée dans des études cliniques sur les récepteurs de dopamine. Ces chercheurs, en collaboration avec leurs collègues de l'Institut des sciences pharmaceutiques de l'EPF de Zurich ont comparé leur nouveau détecteur avec des détecteurs conventionnels – et obtenus des résultats quasiment identiques. //



Des peptides contre les superbactéries

On les trouve dans de nombreux organismes vivants et ils sont considérés comme une arme naturelle contre les bactéries pathogènes: les peptides antimicrobiens. Ils constituent une alternative possible – et désormais urgente – aux antibiotiques conventionnels mais qui n’a pas encore été utilisée à des fins cliniques. La raison est due à leur structure moléculaire qui fait que dans le corps humain ces peptides se décomposent assez rapidement, et cela avant qu’ils n’aient pu déployer leur action antibactérienne.

En collaboration avec l’Université de Copenhague, des chercheurs de l’Empa ont réussi à développer des nanovecteurs en nanomatériaux cristallins liquides qui protègent les peptides et les amènent ainsi intacts jusqu’à l’endroit où ils doivent agir. Ces nanovecteurs sont constitués de lipides dits structurants qui enveloppent les peptides et qui, selon leur structure, les retiennent ou les libèrent. Des premiers tests ont montré que les peptides sont totalement enfermés dans les nanovecteurs et demeurent ainsi stables. Dès qu’ils sont libérés, ils développent leur action et se montrent des

plus efficaces dans la lutte contre les bactéries, jusqu’ici du moins dans des essais de laboratoire sur des cultures de bactéries.

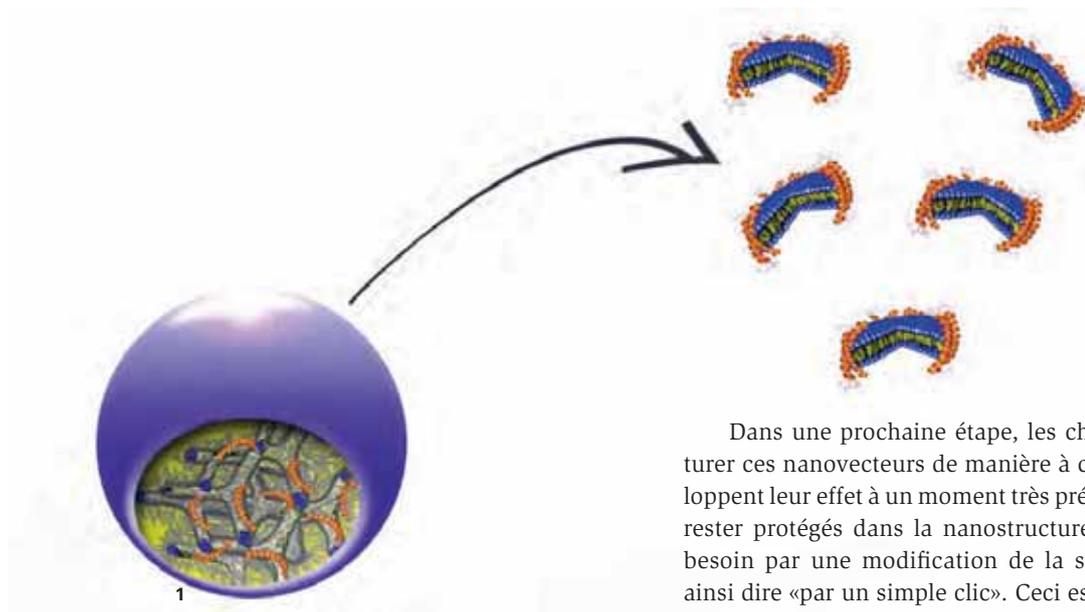
Les peptides agissent bien – les peptides associés aux nanovecteurs encore mieux

Les scientifiques ont constaté une autre propriété de leurs nanovecteurs. Seuls, les peptides sont déjà efficaces contre les bactéries – mais ils sont encore bien plus puissants en combinaison avec ces nanovecteurs d’un type nouveau. L’enveloppe protectrice de lipides développée ne garantit pas seulement qu’ils arrivent intacts où ils doivent déployer leur action, mais elle la renforce encore. Ces travaux de recherche pourraient ainsi constituer un premier pas vers le succès dans la

lutte contre les bactéries résistantes aux antibiotiques car le mécanisme d’action des peptides diffère de celui des antibiotiques conventionnels, ils détruisent la membrane, autrement dit l’enveloppe des bactéries. Même les superbactéries résistantes aux antibiotiques sont sans défense contre cela.

250

**personnes meurent chaque minute
dans le monde des suites
d’infections qui ne sont plus
traitables par les antibiotiques.**



Dans une prochaine étape, les chercheurs désirent structurer ces nanovecteurs de manière à ce que les peptides développent leur effet à un moment très précis. Les peptides doivent rester protégés dans la nanostructure et n'être libérés qu'au besoin par une modification de la structure lipidique. Pour ainsi dire «par un simple clic». Ceci est essentiel, surtout dans le domaine médical, par exemple pour le traitement des infections locales ou des plaies ouvertes.

«Attirer» les bactéries hors du sang

Aujourd'hui encore, une septicémie sur deux à une issue mortelle – cela bien qu'à son stade précoce une septicémie est parfaitement traitable. C'est pourquoi le plus souvent les médecins administrent des antibiotiques déjà au moindre soupçon de septicémie, sans déterminer s'il s'agit effectivement d'une septicémie bactérienne – ce qui à son tour accroît le risque d'apparition de résistances aux antibiotiques. Il s'agit donc de trouver une thérapie rapide et efficace qui évite autant que possible l'administration d'antibiotiques.

L'Empa travaille au développement d'une solution en collaboration avec l'Adolphe Merkle Institut et des chercheurs de la «Harvard Medical School». L'idée: un nettoyage magnétique du sang. Le principe est simple, du moins en théorie. Des particules de fer sont revêtues d'un anticorps qui dépiste les bac-

1
Les peptides antibactériens se trouvent dans l'enveloppe protectrice du nanovecteurs. Dès que la structure de ce dernier se modifie sous l'action d'influences extérieures, les peptides développent leur activité antibactérienne.

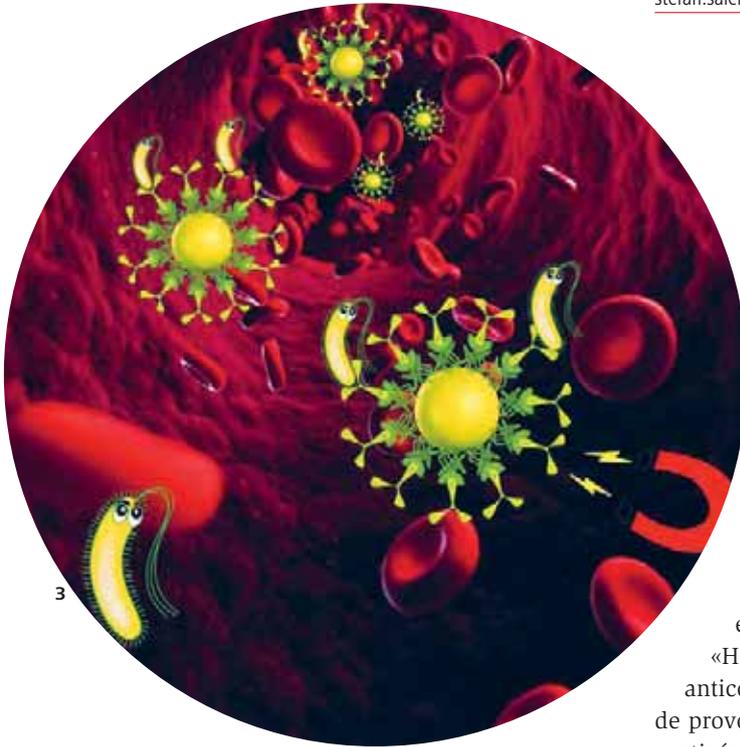
2
Remplissage du nanovecteur dans un tube capillaire pour son examen aux rayons X.

3
Les bactéries peuvent être éliminées du sang par dialyse magnétique.

Contact

Dr. Stefan Salentinig
stefan.salentinig@empa.ch

Dr. Inge Katrin Herrmann
inge.herrmann@empa.ch



téries nuisibles dans le sang et les retiennent. Aussitôt que les bactéries se sont fixées sur les particules de fer, on retire celles-ci du sang à l'aide d'un champ magnétique.

Mais un petit problème subsistait: il n'était jusqu'ici possible de revêtir les particules de fer que d'anticorps pouvant reconnaître un seul type de bactéries – alors que divers agents pathogènes sont en jeu suivant le type de septicémie. Une équipe de la «Harvard Medical School» a maintenant développé un anticorps capable de fixer toutes les bactéries susceptibles de provoquer une septicémie – ce qui, en cas de soupçon de septicémie, permettrait de lancer immédiatement la thérapie magnétique, quel que soit l'agent pathogène présent dans le sang. Avec cet anticorps «universel», les chercheurs de l'Empa sont effectivement parvenus à isoler des bactéries.

Mais cette idée reste encore une musique d'avenir. D'une part, cette méthode est efficace avant tout dans les premiers stades d'une septicémie, lorsque les dommages sont encore limités au sang et ne se sont pas encore étendus à d'autres organes; d'autre part, il reste encore à éclaircir comment les patients instables ou souffrant déjà d'autres pathologies réagissent à ce traitement. Les chercheurs sont toutefois optimistes – et se rapprochent d'une nouvelle thérapie de la septicémie. //



Le cristal antivibratoire

Quand un ingénieur désire amortir des vibrations de basse fréquence, il fait souvent appel à une combinaison de ressorts et d'amortisseurs. Mais ce type d'appuis souples présente des désavantages – par exemple pour la transmission des forces. Des chercheurs de l'Empa ont maintenant trouvé une solution élégante et prouvé sa faisabilité pratique: des structures cristallines macroscopiques qui sont en mesure de supprimer les vibrations indésirables ou de filtrer les bruits – et cela sans électronique ni électricité. Elles sont plus légères que les matériaux amortisseurs usuels, possèdent une résistance mécanique élevée et il est possible de les «tailler sur mesure» pour leurs applications spécifiques.

Ces matériaux novateurs – appelés cristaux phononiques – permettent de réaliser une fondation stable qui est en plus capable d'amortir les vibrations de basse fréquence. Il pourrait ainsi devenir possible de suspendre les moteurs des navires lourds de manière à ce que leur bruit ne se transmette plus à la structure du navire. Des physiciens théoriciens

avaient certes déjà prévu l'existence de tels matériaux mais bien rares étaient les scientifiques du monde entier à avoir tenu dans leurs mains des matériaux artificiels de ce type et à avoir pu tester leurs propriétés sur l'objet réel.

Après trois années de travaux de recherche, une équipe de l'Empa a déposé en 2016 un brevet pour des matériaux de ce type. En septembre 2016 ces chercheurs ont réalisé un prototype d'une structure en alliage d'aluminium sur une imprimante 3D afin d'affiner plus encore cette méthode d'amortissement des vibrations.

10
millions de fois plus grand que la structure originale du diamant, la taille des cristaux phononiques. Les longueurs d'onde qu'ils permettent de contrôler sont elles aussi 10 millions de fois plus élevées. Au lieu des rayons X, ce sont ici les ondes acoustiques qui sont dispersées.

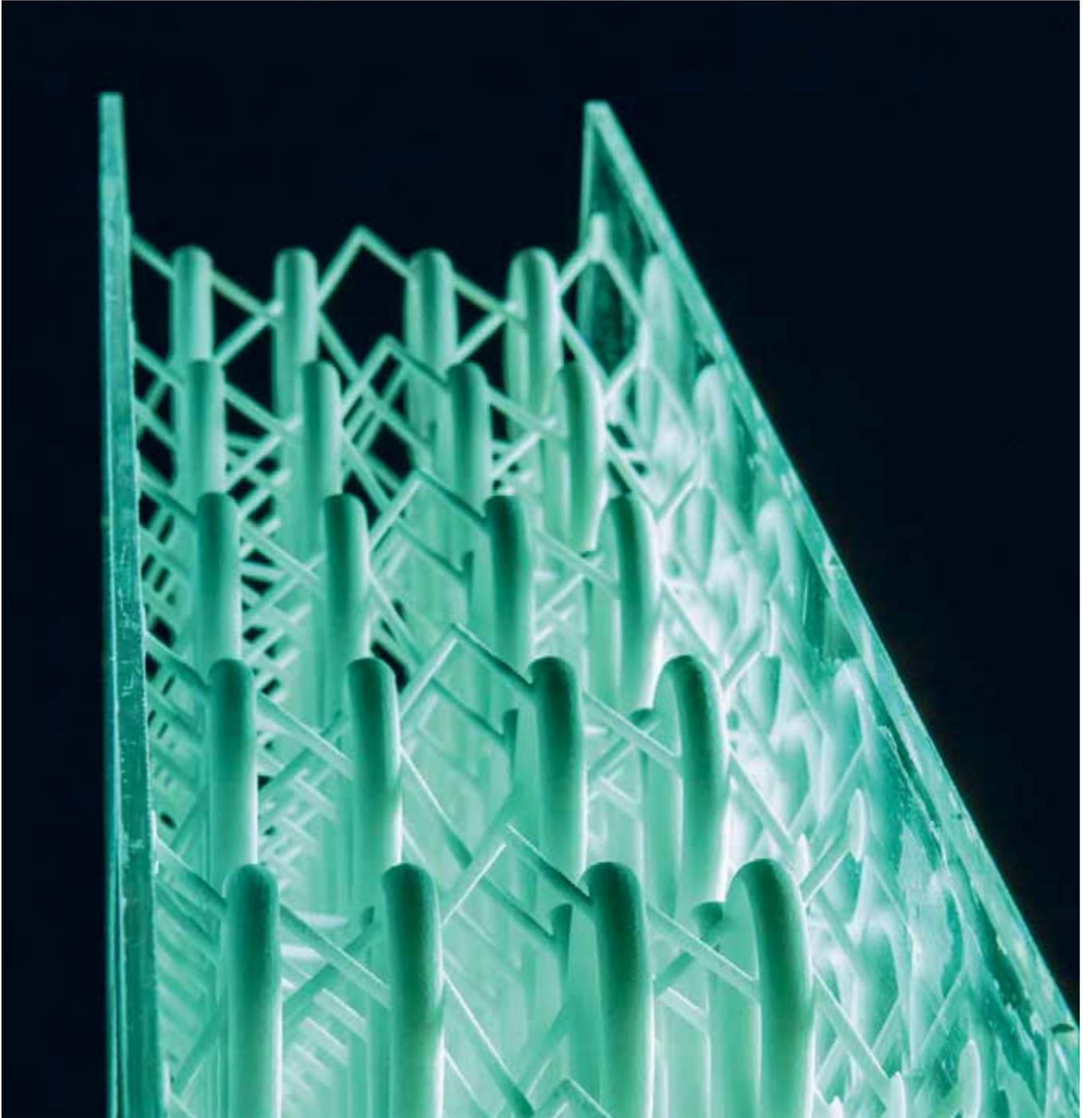
Perfectionnement d'une idée du Caltech

Ce projet a débuté en 2013. Les chercheurs de l'Empa étudiaient alors les caractéristiques de propagation d'onde d'un cristal artificiel qui avait été développé au «California Institute of Technology» (Caltech). Dans un premier temps, ils ont calculé que les structures en

grille tridimensionnelle avec des mailles de taille millimétrique, telles que celles qu'avait développées le Caltech, devaient très

1

Modèle d'un cristal phononique. A l'avenir les basses fréquences pourront elles aussi être amorties avec des matériaux légers.



1

bien amortir les fréquences ultrasonores (100 kHz). La prochaine question qui se posait logiquement: existe-t-il des structures capables d'amortir le bruit dans les fréquences audibles et les vibrations de basse fréquence – ce qui ouvrirait des possibilités d'application considérables? Et est-il aussi possible «d'accorder» de tels matériaux de façon ciblée sur une fréquence de vibration déterminée?

Par la suite, des premiers essais ont été effectués avec un modèle présentant la structure du diamant. Un tel modèle, composés de sphères représentant les atomes de carbone formant des tétraèdres avec un atome central, reliées entre elles par des petits tubes, se trouve dans la plupart des salles de cours de chimie des écoles et des universités. Ce modèle a été placé entre deux tôles d'aluminium et les chercheurs ont ensuite exposé la tôle inférieure à des vibrations de diverses fréquences. Le résultat fut surprenant: le cristal réfléchissait totalement certaines fréquences. Sur le diamant véritable, ce sont les rayons X qui sont infléchis et dispersés de cette manière. Le modèle de diamant d'une taille de plusieurs milliers de fois supérieure influençait de manière totalement semblable des vibrations mécaniques de longueurs d'onde elles aussi plusieurs milliers de fois supérieures.

La règle des ingénieurs ne s'applique plus

Jusqu'ici la règle pour l'amortissement des vibration était la suivante: les vibrations et les sons de fréquence élevée s'amortissent avec des matériaux légers, les sons et les vibrations de fréquence basse demandent eux des matériaux avec une masse

1

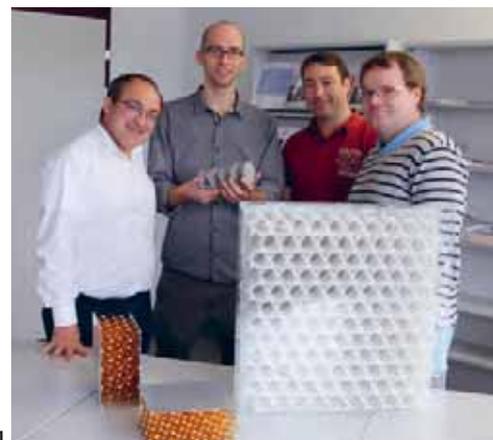
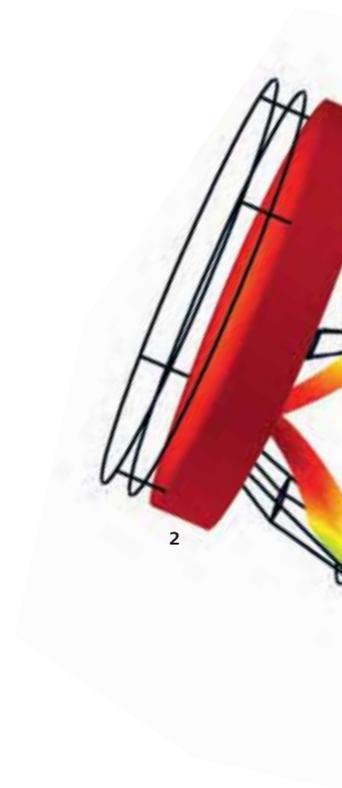
Ils se réjouissent de leur succès: le chef de projet Andrea Bergamini avec Ivo Leibacher, Armin Zemp et Stefan Schoenwald (de gauche à droite).

2

Le modèle de simulation montre comment les différentes mailles du cristal peuvent réprimer les vibrations.

3

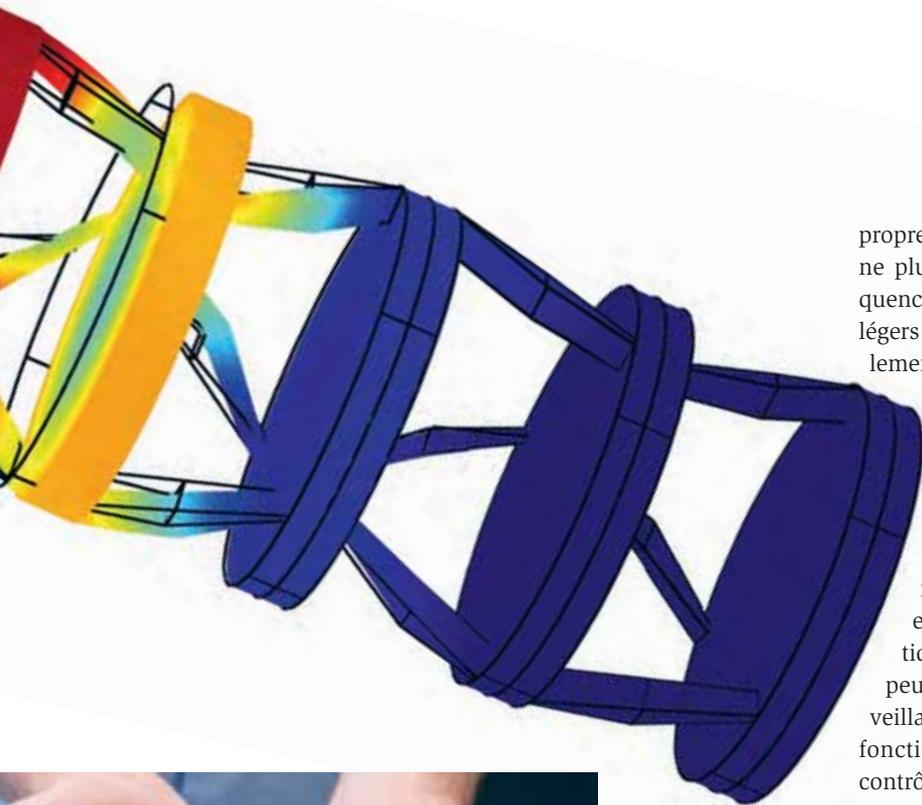
Modèle en aluminium réalisé par impression 3D dont les caractéristiques vibratoires correspondent bien avec leur calcul sur ordinateur.



1



3



propre élevée. Cette règle empirique des ingénieurs va bientôt ne plus être strictement applicable: à l'avenir les basses fréquences pourront elles aussi être amorties avec des matériaux légers – à savoir avec des cristaux phononiques calculés spécialement pour cela. De plus, les cristaux phononiques sont rigides et peuvent supporter du poids – ils ne sont pas des supports mous et élastiques.

Perspectives nouvelles en construction mécanique

Des perspectives totalement nouvelles s'ouvrent ainsi en construction mécanique. Jusqu'ici les fréquences indésirables étaient réprimées à l'aide de systèmes adaptatifs – exigeant une technique de mesure et de régulation sophistiquée. Les ingénieurs aiment bien construire des choses peu compliquées et durables qui ne nécessitent pas une surveillance continue en exploitation. Les cristaux phononiques fonctionnent tout seuls sans électricité ni électronique de contrôle – et toujours comme calculé par avance.

Un grand groupe industriel allemand, qui voit dans cette méthode d'amortissement une promesse d'avantages concurrentiels, a contacté les chercheurs de l'Empa. Et à côté de l'amortissement des vibrations en construction mécanique, on peut aussi envisager des applications en protection sismique. Il faudrait pour cela construire les bâtiments sur des structures cristallines spéciales capables d'amortir les vibrations sismiques dont la fréquence est très basse. On peut encore imaginer des cristaux phononiques calculés pour réprimer les fréquences des voix humaines pour protéger les salles de conférence contre les écoutes illicites. //



Géométrie au lieu du hasard: le catalyseur imprimé 3D

C'est au cours des premières minutes après le démarrage à froid qu'un moteur à essence moderne émet les 95% de ses polluants. Exprimé autrement: les premiers 500 mètres polluent autant que les prochains 5000 kilomètres, en supposant qu'ils soient parcourus non-stop.

Il est donc décisif pour améliorer la qualité de l'air de disposer de catalyseurs de voitures qui atteignent aussi rapidement que possible leur température de fonctionnement ou, mieux encore, qui épurent efficacement les gaz d'échappement déjà lors des premiers tours du moteur. L'Empa travaille sur une technologie pour y parvenir. Le catalyseur en mousse céramique développé à l'Empa en 2012 est un premier pas dans ce sens. A la différence des catalyseurs nid d'abeille usuel, sa mousse céramique présente des pores ouverts qui provoquent une meilleure turbulence des gaz d'échappement et ne demande ainsi qu'une quantité réduite de métaux nobles catalytiques. Le meilleur tourbillonnement dans le catalyseur compense la faible quantité de métaux nobles, ce qui conduit à un taux de conversion des polluants comparable. Toutefois ce meilleur tourbillonnement provoque aussi une élévation de la contre-pression des

95
**pour-cent de la totalité des polluants
des gaz d'échappement sont émis
dans les premières minutes après le
démarrage à froid.**

gaz d'échappement qui peut entraîner une légère augmentation de la consommation de carburant. Pour résoudre ce problème, les chercheurs ont procédé à des simulations détaillées sur ordinateur afin d'optimiser la géométrie des pores.

Un désavantage du catalyseur mousse réside dans l'agencement

au hasard de ses pores. Cette mousse est produite à partir de mousse polyuréthane qui est plongée dans une suspension de céramique puis passée au four. Le polyuréthane se carbonise et il reste la structure de céramique. La structure aléatoire du catalyseur mousse est un obstacle à son implémentation technique car ses taux de conversion, sa contrepression des gaz d'échappement et ses caractéristiques de résistance varient trop fortement.

De la conception sur ordinateur au modèle réel.

Afin d'obtenir un modèle calculable, les chercheurs de l'Empa ont procédé à une radiographie d'une de ces mousses et ont entré ses données géométriques dans un programme de simulation qui permet de calculer l'écoulement du flux de gaz d'échappement. Comme géométrie, les chercheurs ont choisi

1

Exemple de structure céramique de polyèdres optimisée d'un des premiers catalyseurs au monde produit par impression 3D.



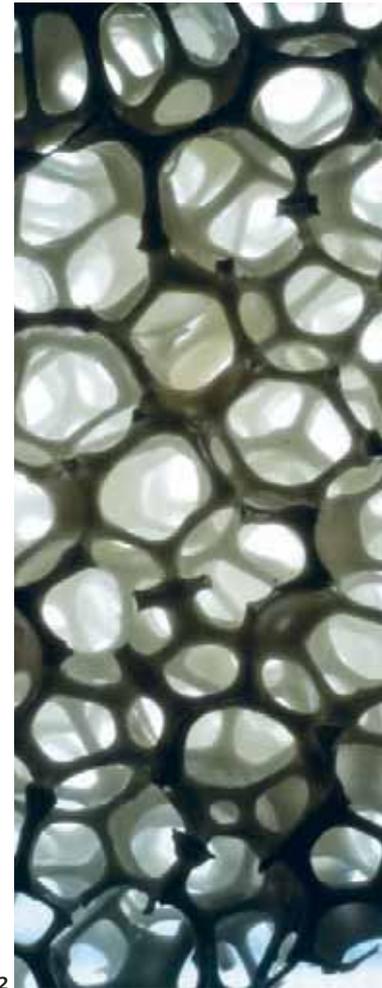
1



1

1
Le chef de projet de l'Empa Panayotis Dimopoulos Eggenschwiler (à droite) avec Alberto Ortona, l'expert en impression 3D de la Haute école spécialisée du Tessin.

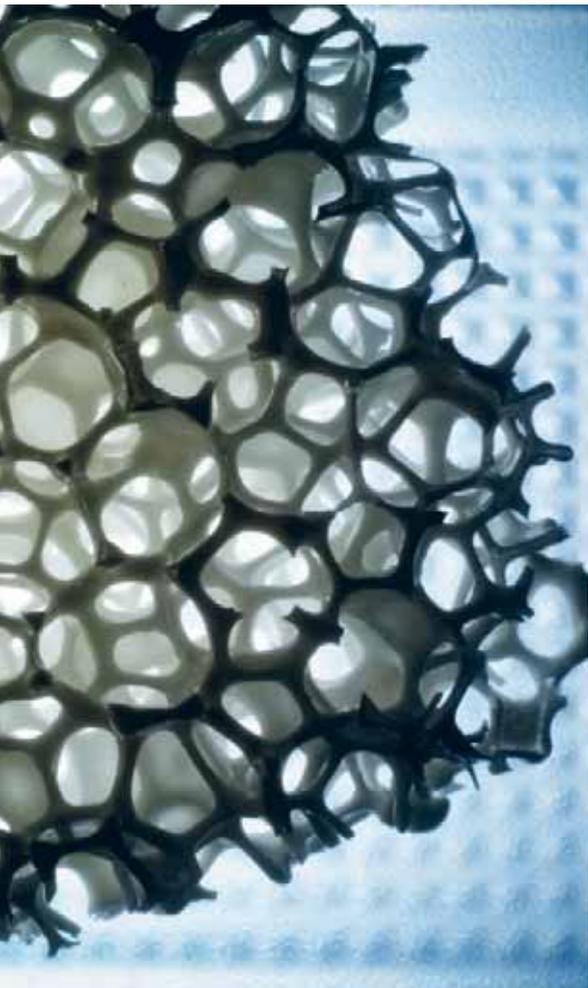
2
Le catalyseur mousse développé à l'Empa qui a servi de modèle pour le nouveau catalyseur produit par impression 3D.



2

Contact

Dr. Panayotis Dimopoulos Eggenschwiler
panayotis.dimopoulos@empa.ch



une structure à pores ouverts de polyèdres réguliers. Le résultat étonnant de leur simulation: la structure formée de polyèdres présentait une meilleure action catalytique pour l'épuration des gaz d'échappement que la mousse céramique et cela encore avec une contre-pression des gaz d'échappement inférieure. Les chercheurs de l'Empa ont donc reproduit dans la réalité cette structure: des spécialistes de la Scuola universitaria professionale della Svizzera italiana (SUPSI) à Lugano ont tout d'abord reproduit par stéréolithographie, un genre d'impression 3D dans un liquide, cette structures de polyèdres optimisée. Après imprégnation de céramique et cuisson, les chercheurs de l'Empa l'ont revêtue de carbure de silicium, d'oxyde de zirconium et d'oxyde d'aluminium ainsi que d'une couche de métaux nobles actifs en platine, rhodium et palladium.

Pour réduire les émissions au démarrage à froid particulièrement critiques, les chercheurs ont eu l'idée de recourir à une méthode de chauffage rapide présente dans toutes les cuisines: les micro-ondes. Comme le carbure de silicium se chauffe aisément avec cette méthode, l'Empa en a ajouté au revêtement de son catalyseur. Par rapport au catalyseur nid d'abeille conventionnels, à taux de conversion égal, les catalyseurs polyèdres nécessitent moins de matériaux de revêtement, ce qui signifie aussi une demande d'énergie de chauffage moindre. Un facteur décisif pour amener en quelques secondes le catalyseur à sa température de fonctionnement. Les premiers essais réalisés sur un modèle de ce catalyseur chauffé par micro-ondes ont confirmé les résultats des simulations. Et déjà les chercheurs envisagent le montage d'un prototype sur une voiture. //

NEST vit et fait bouger les choses

6000

personnes ont visité NEST lors de visites organisées et de manifestations entre son inauguration au mois de mai et la fin 2016.

A la fois habitation, lieu de travail et laboratoire d'essai: NEST est un «laboratoire vivant» dans tout le sens du terme. Celui qui y habite est en même temps

testeur et celui qui y travaille est part intégrante de l'installation d'essai. Sept ans après que les premières idées de sa réalisation soient nées, ce bâtiment de recherche et d'innovation modulaire a été inauguré officiellement le 23 mai 2016 en présence du Président de la Confédération Johann Schneider-Ammann. Des personnalités des entreprises et des instituts de recherche partenaires du projet ainsi que des représentants des pouvoirs publics ont fêté ensemble la réalisation de ce projet phare.

Avec le bâtiment expérimental NEST, l'Empa et l'Eawag poursuivent un but ambitieux: accélérer les processus d'innovation et de recherche dans les domaines de la construction et de l'énergie par le développement, en commun avec la recherche, l'économie et les pouvoirs publics, de technologies, matériaux et systèmes durables tout en les testant dans des conditions réelles. En même temps NEST est une plateforme de démonstration qui présente les nouveautés dans les secteurs de la construction et de l'énergie et en informe ainsi les preneurs de décisions dans ces secteurs mais aussi le grand public. Entre son

ouverture et la fin de l'année 2016, plus de 6000 personnes ont visité NEST à lors de visites organisées et de manifestations.

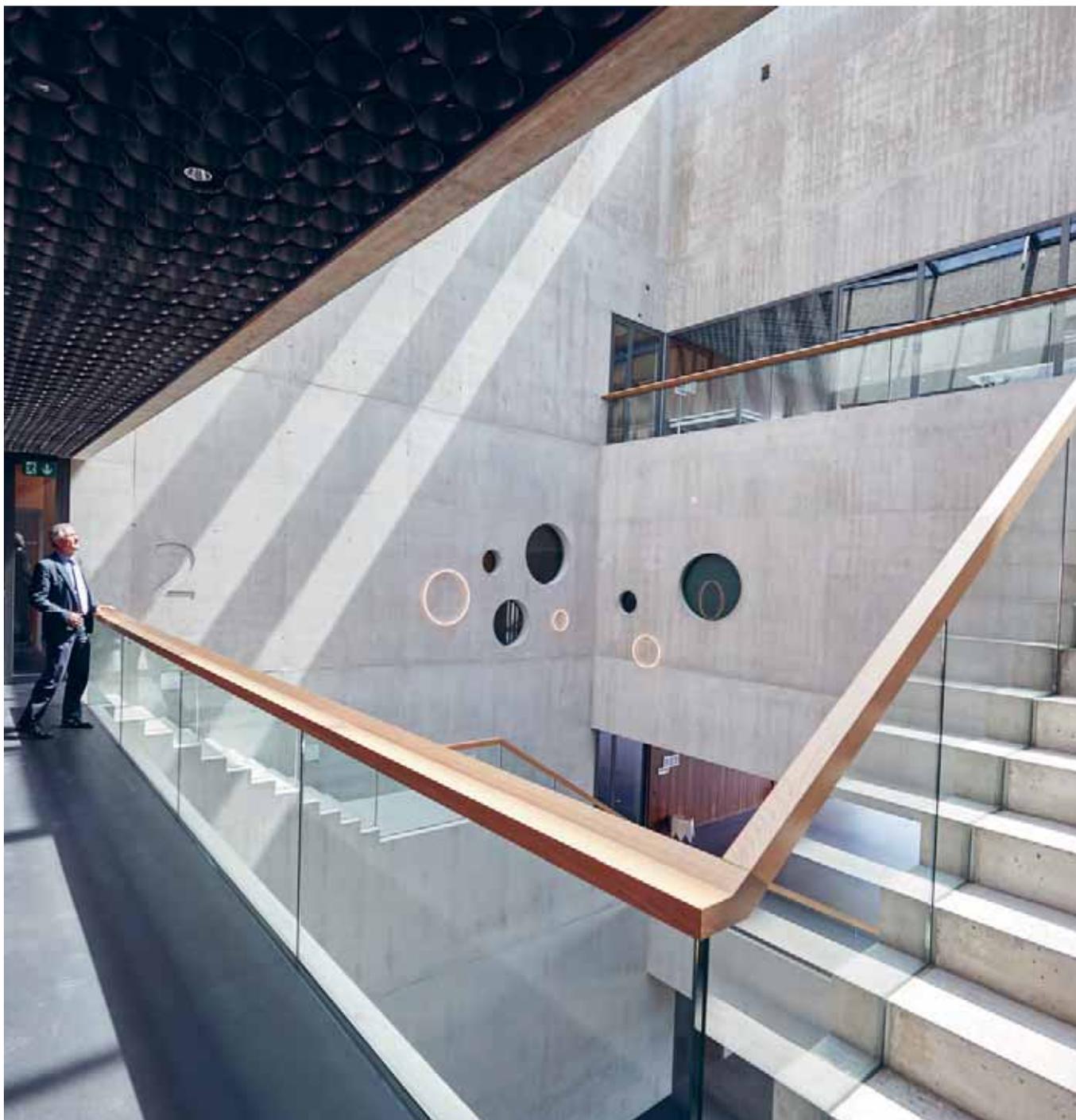
Le «living lab» s'emplit de vie

Au cours du deuxième semestre, à côté des visites organisées et des manifestations, NEST s'est aussi continuellement rempli de vie. Avec l'emménagement de la centrale téléphonique et de la réception à la mi-août, NEST est devenu le point d'accueil de tous les visiteurs du campus. Début novembre, l'équipe de NEST a pris possession de ses bureaux dans le module «Meet2Create» et des locaux de réunion sont aussi à disposition des collaborateurs de l'Empa et de l'Eawag ainsi que de tous les partenaires de NEST dans ce bureau-laboratoire novateur. Dans «Meet2Create» les chercheurs du département Technique & Architecture de la Haute école de Lucerne mènent, en collaboration avec des partenaires des milieux économiques, leurs travaux sur les environnements de travail du futur.

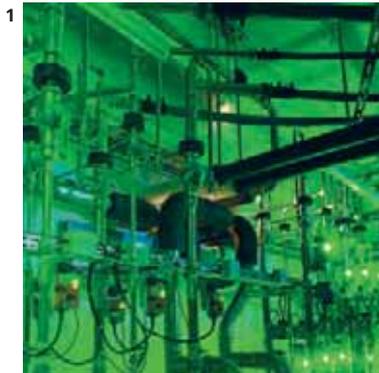
Le deuxième module entré en fonction est l'unité d'habitation «Vision Wood». Début janvier 2017 le premier habitant de NEST a pris possession d'une des trois chambres de ce module et teste depuis dans leur usage quotidien les innovations issues de la recherche sur le bois de l'Empa et de l'EPFZ.

1

Architecture attrayante, modularité unique, technologies et matériaux novateurs: NEST est devenu un pôle d'attraction pour les visiteurs intéressés par les thèmes de la construction et de l'énergie.



La plateforme de recherche énergétique ehub est destinée à l'optimisation de la gestion de l'énergie au niveau de quartiers et à l'étude de l'influence de différentes technologies sur l'ensemble du système énergétique (détail).



Contact

Reto Largo

reto.largo@empa.ch

Les activités de recherche dans le «Energy Hub» (ehub, page 51) sont menées par un groupe formé dans ce but. Jusqu'en décembre 2016, ce groupe était fortement occupé à la mise en exploitation de ses installations mais aussi déjà par leurs premières extensions et il a débuté ensuite ses travaux de recherche. A côté de l'énergie, la ressource «eau» est aussi un thème de recherche central dans NEST. L'Eawag étudie dans le «Water Hub» le recyclage de l'eau et la récupération des nutriments dans les eaux usées.

Efficiéce énergétique en fitness et wellness et construction à partir de déchets

Avec les deux modules «Meet2Create» et «Vision Wood», le ehub et le «Water Hub» NEST n'en est qu'à ses débuts. Les trois plateformes ouvertes de ce bâtiment offrent de la place pour environ 15 modules et en 2017 les travaux vont encore avancer: le troisième module en cours de construction abritera une unité «Fitness & Wellness» dont l'exploitation sera assurée totalement avec des énergies renouvelables.

Un autre module, développé par un consortium réunissant l'EPFZ, l'Université de Stuttgart et le groupe Werner Sobek, a pour thème les «mines urbaines» et le recyclage. Ce module utilise les déchets comme ressource de matériaux et utilise des produits prototypes afin de déterminer le potentiel de cette source de matériaux. Dans une deuxième phase, des matériaux de construction dits «cultivables» seront aussi inclus dans ce module. Ces matériaux utilisent le mycélium de champignons

et des déchets organiques à partir desquels on peut faire «croître» des éléments de construction de formes variées.

Robots sur les chantiers et façades productrices d'énergie

Un autre module est développé dans le cadre du Programme national de recherche (PNR) «Fabrication numérique» dont la direction et la gestion est assumée par l'EPFZ. Le but poursuivi par les chercheurs est l'intégration des technologies digitales dans les processus physiques de la construction. NEST servira d'environnement d'essai réel pour tester des technologies totalement nouvelles de fabrication numérique sur place et de préfabrication numérique d'éléments de construction.

A l'EPF de Lausanne, les travaux d'étude du module «SolAce» progressent à grands pas. Ce module comprendra des locaux d'habitation et de travail pour deux personnes. Dans «SolAce», la recherche porte principalement sur les façades et l'intégration de la photovoltaïque et de la photothermique. Mais un accent est aussi mis sur l'accroissement du confort à l'intérieur du module – avec une gestion optimale de la lumière du jour et d'autres éléments de façade actifs.

Le futur module «HiLo» fera la démonstration du potentiel de la construction légère. Dans ce penthouse de deux étages destiné à l'hébergement des hôtes de l'Empa et de l'Eawag, des chercheurs et des architectes de l'EPFZ expérimenteront les possibilités de la construction ultralégère pour les planchers et le toit associée à une façade solaire avec un système de gestion adaptatif du bâtiment. //

La clé du succès: stocker les énergies renouvelables

500 – 600

kilomètres, l'autonomie d'un véhicule
à pile à combustible typique avec
un plein d'hydrogène à 700 bar.

En automne 2016, l'Empa Dübendorf a mis en exploitation la première colonne de

distribution d'hydrogène sous pression de remplissage de 700 bar de Suisse pour les voitures de tourisme. Cette colonne fait partie du démonstrateur de mobilité move et est utilisée pour différents véhicules de projets de l'Empa ainsi que par des voitures à hydrogène des propriétaires privés.

Station-service à hydrogène sous 700 bar

Le démonstrateur de mobilité move, qui est cofinancé par l'Office fédéral de l'énergie (EFEN) et différents partenaires industriels, est en exploitation depuis le mois de novembre 2015; A côté d'une station de recharge pour les véhicules électriques, move dispose d'une colonne pour le gaz naturel/biogaz (gaz naturel comprimé, GNC) et d'une colonne qui délivre un mélange de gaz naturel/biogaz et d'hydrogène (HGNC). Durant une première phase, de l'hydrogène était disponible sous une pression de remplissage de 350 bar. Cette pression est avant tout adaptée pour le plein des véhicules utilitaires qui disposent de gros réservoir. Avec la colonne d'hydrogène sous 700 bar mise en service en 2016, l'Empa désire étudier plus avant les voitures de tourisme à pile à combustible sur lesquelles un réservoir compact, un remplissage rapide et une autonomie aussi grande

que possible jouent un rôle de premier plan. Avec ce type de colonne, un plein leur conférant une auto-

nomie de 500 à 600 kilomètres ne demande que 2 à 3 minutes. Ainsi les voitures à pile à combustible deviennent tout à fait concurrentielles par rapport aux voitures à essence ou diesel pour ce qui est du confort de remplissage du réservoir.

Pour permettre un remplissage rapide du réservoir, l'hydrogène comprimé est pré-refroidi à moins 40°C. Ceci est nécessaire pour que la chaleur de compression ne provoque par une trop grande augmentation de la température dans le réservoir au cours du remplissage. Au cours du plein, le véhicule communique avec le pistolet de remplissage à travers une interface intelligente qui lui transmet par exemple des indications sur la température et le degré de remplissage.

Rendre utilisables les excédents saisonniers

La filière de l'hydrogène devient quasi incontournable dans la production à grande échelle d'électricité renouvelable. Comme la production de cette électricité excède souvent temporairement ce que le marché de l'électricité est capable d'absorber, ces excédents doivent être transformés en un support énergétique stockable et utilisable en dehors du marché de l'énergie électrique. Pour l'équilibrage entre le jour et la nuit, il est pos-





1

1 L'installation de compression et de stockage d'hydrogène de move. Depuis l'automne 2016, en plus du stockage à 440 bar, l'hydrogène est aussi comprimé et stocké à 900 bar, ce qui permet un remplissage des réservoirs à 700 bar.

Contact
Christian Bach
christian.bach@empa.ch

sible de recourir à des batteries d'accumulateur de petite taille au niveau le plus bas du réseau et à des centrales de pompage-turbinage à son niveau le plus élevé. On constate cependant une demande croissante de technologies dont la capacité et la puissance se situent entre-deux et qui sont reliées au réseau à son niveau moyen.

De telles installations rendent utilisables les excédents saisonniers. Parmi elles, on peut citer les installations «power-to-gas» qui sont capables de transformer en carburants, tels que l'hydrogène ou le méthane, l'électricité renouvelable chaque fois que celle-ci n'est pas utilisable ou pas rentable sur le marché de l'électricité et remplacer ainsi des énergies fossiles tels que l'essence, le diesel ou le gaz naturel.

Ceci est plus particulièrement judicieux pour les «grands rouleurs»: près de 20% des véhicules circulant en Suisse parcourent plus de 20'000 kilomètres par année et sont ainsi responsables de presque la moitié du kilométrage annuel du parc automobile. Pour faire passer ces «grands rouleurs» des énergies fossiles aux énergies renouvelables, il est nécessaire de leur offrir des autonomies élevées et des temps réduits pour faire le plein, ce que ne peuvent pas assurer, du moins dans un proche avenir, les voitures purement électriques équipées de batteries. Les véhicules à hydrogène ou à méthane sont eux par contre adaptés aux longs parcours. L'Empa étudie avec sa nouvelle station-service élargie différents modes d'utilisation de l'hydrogène: utilisation directe sur des véhicules utilitaires et des voitures de tourisme, sur des véhicules communaux tels que des balayeuses à pile à combustible ainsi qu'en mélange au gaz naturel/biogaz sur des véhicules à gaz. //

10

micromètres, l'écart maximal, lorsque la machine d'impression spéciale «nsm C600» imprime plusieurs couches superposées dans le «Coating Competence Center» de l'Empa.

Dans le nouveau centre de revêtement de l'Empa, le «Coating Competence Center» (CCC), les revêtements conçus sur mesure trouvent leur voie du laboratoire de recherche vers les applications industrielles aptes au marché. Ce centre ouvert au mois d'avril dispose de diverses installations de revêtement pour les revêtements durs, la photovoltaïque flexible et l'électronique organique ainsi que d'imprimantes 3D pour les matériaux métalliques et les biocomposites. Ces installations sont proches de celles utilisées dans l'industrie pour ce qui est de la technique des processus mais elles présentent des modifications qui permettent aux chercheurs une analyse détaillée des processus. Ceci afin de faciliter à l'industrie suisse le passage à l'échelle et de lui assurer ainsi un avantage technologique dans la concurrence internationale.

Pour rester concurrentiel sur le marché mondial, il est de plus en plus souvent nécessaire d'offrir des solutions sur mesure. Ceci vaut en particulier aussi pour les revêtements, que ce soit des revêtements durs novateurs encore plus résistants à l'usure ou des systèmes multicouches «intelligents» aux propriétés fonctionnelles spécifiques. Les cellules photovoltaïques flexibles elles aussi, une technologie d'avenir prometteuse, sont formées d'une

succession de couches minces appliquées par vaporisation sous ultraviolette. Le CCC est capable de réaliser même de tels revêtements complexes sur ses installations quasi industrielles.

Une interface importante entre recherche et industrie

Dans le CCC, des scientifiques et des ingénieurs travaillent en commun sur des installations pilotes qui utilisent les technologies des processus industriels. Les processus développés, et le cas échéant optimisés, peuvent alors être transférés avec un travail de développement ultérieur relativement réduit sur des installations industrielles pour la production en série.

Plusieurs projets sont déjà en cours de réalisation ou à l'étude. Ainsi, par exemple, on étudie et développe sur une installation de pulvérisation «Ingenia S3p» des revêtements en carbone tétraédrique amorphe qui permettent d'appliquer sur des pièces un revêtement adamantin doté d'extraordinaires caractéristiques tribologiques pour des applications sur des composants de moteurs ou de transmissions.

Dans le domaine de l'impression 3D d'alliages métalliques, les chercheurs de l'Empa travaillent au développement d'un système de détection acoustique permettant de déceler l'apparition de fissures de contrainte à l'intérieur de la pièce

1 Exemples de géométries réalisables par impression 3D.



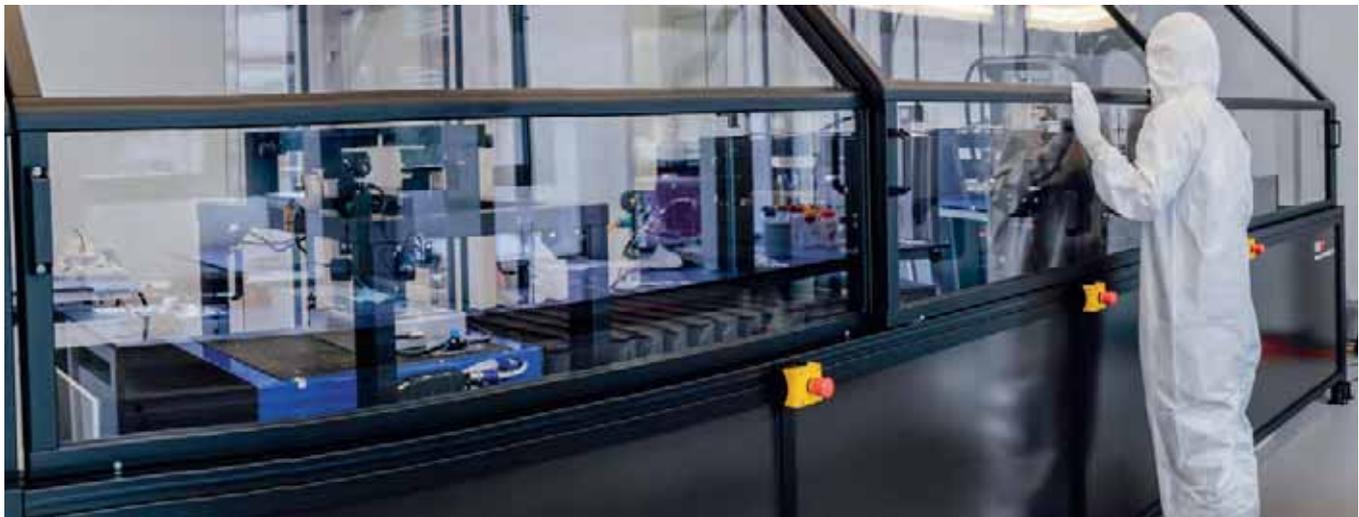
en cours de fabrication. Un progrès essentiel dans la gestion de la qualité du processus de fabrication par impression 3D.

L'installation d'évaporation par faisceau d'électrons «BAK 501 Uni» et l'installation de pulvérisation magnétron «Sputter Cluster CT200» sont utilisées pour la production de cellules photovoltaïques multicouches à couches minces novatrices. Et la machine d'impression «nsm C 600» permet d'imprimer avec

une précision de positionnement supérieure à 10 micromètres plusieurs couches sur des substrats rigides ou flexibles. Cette dernière installation doit servir, entre autres, à l'étude et au développement de nouveaux matériaux et formulations d'encre pour l'électronique imprimable, de batteries à couches minces et de diodes lumineuses organiques (OLED). //

1

L'installation d'impression et de revêtement unique en son genre du Coating Competence Center avec ses unités d'impression pour la flexographie, la rotogravure et la sérigraphie permet de réaliser des impressions multicouches de haute précision sur des supports rigides ou flexibles.



13

installations pour la production, le stockage et la conversion de l'énergie sont reliés entre elles dans le quartier énergétique intelligent du site de l'Empa.

Comment assurer l'approvisionnement en énergie dans l'ère post-fossile? Comment stocker l'énergie de manière efficace? Et comment organiser sa distribution aussi économiquement et confortablement que possible? La plateforme de recherche «Energy Hub» – en abrégé ehub – cherche des réponses à ces questions. ehub est un réseau énergétique particulièrement flexible qui relie les modules du démonstrateur de construction NEST (page 42) et du démonstrateur de mobilité move (page 45). Ainsi réunis les démonstrateurs de l'Empa simulent un quartier de l'avenir et fournissent les bases pour la recherche énergétique au niveau de quartiers entiers.

Les bâtiments et les quartiers de l'avenir pourraient assurer eux-mêmes durant de longues périodes leur approvisionnement en énergie. Bien que cela soit déjà techniquement possible, cette autarcie totale n'est pas judicieuse. Ils s'alimentent en courant provenant par exemple d'installations photovoltaïques ou, lors des pointes de charge ou sur de plus longues périodes comme en hiver, font appel à l'énergie de réseaux publics. Ceci ne vaut pas seulement pour l'électricité mais aussi pour la chaleur ainsi que, pour la mobilité, pour l'hydrogène ou le gaz naturel synthétique.

Mais comment réguler tout cela de manière optimale? Et quels sont finalement les intérêts en jeu? Comment réaliser cela sans accroissement des charges de pointe et devoir augmenter pour cela la capacité des réseaux de distribution et construire de nouvelles centrales. Ces questions n'ont pas seulement une incidence économique et sociale; les solutions techniques pour la régulation de l'alimentation et de la consommation d'énergie n'ont été jusqu'ici que peu étudiées. ehub doit fournir des réponses et proposer des solutions. Lorsque NEST sera entièrement occupé, jusqu'à 15 modules d'habitation, de bureau et de loisir seront alimentés en énergie à travers ehub – assurant la couverture des besoins énergétiques de 40 habitants et de jour en plus de 40 personnes travaillant dans des modules. La consommation d'énergie des différents modules variera au cours du jour et ainsi aussi la direction des flux d'énergie. Ainsi, par exemple, lorsque le soleil brillera sur les toitures solaires des modules d'habitation où personne ne consommera d'énergie alors que simultanément de l'énergie sera nécessaire pour le l'exploitation des modules de bureau. Le soir, la chaleur excédentaire provenant façades exposées au sud-ouest des modules pourra être récupérée pour le chauffage et aussi servir à chauffer le sauna du module spa et fitness.

Stockage saisonnier de l'énergie

Parallèlement à la gestion de l'énergie sur le cours de la journée, des accumulateurs d'énergie permettant un stockage journalier, hebdomadaire ou même saisonnier de l'énergie seront testés. ehub dispose d'un accumulateur de glace de 65 mètres cubes, de deux sondes géothermiques verticales avec une profondeur de forage de 200 m et d'une sonde horizontale enterrée à douze mètres de profondeur. En été, la glace est fondue avec la chaleur solaire et en hiver une pompe à chaleur refroidit l'eau jusqu'à ce qu'elle gèle, permettant ainsi d'utiliser la chaleur de cristallisation de l'eau.

En été, les trois sondes géothermiques sont parcourues avec de l'eau à une température atteignant jusqu'à 80°; la chaleur ainsi accumulée dans le sol peut être utilisée en hiver pour le chauffage. De plus, NEST dispose de supercondensateurs pour le stockage rapide de l'électricité et d'une batterie d'accumulateur d'une capacité de 96 kWh. Selon les calculs, ces moyens de stockage devraient permettre de couvrir pour un jour la consommation de NEST à l'état d'occupation complet.

Lorsque ces accumulateurs sont totalement chargés, le courant excédentaire est dirigé sur move pour produire de l'hydrogène dans un électrolyseur. Cet hydrogène peut être stocké durant des semaines dans des réservoirs sous haute pression ou s'utiliser directement sur des véhicules à pile à combustible. NEST peut aussi utiliser cet hydrogène: ses caves abritent une pile à combustible haute température qui normalement transforme du gaz naturel en électricité et en chaleur. Cette pile sera utilisée pour étudier combien d'hydrogène autoproduit peut être ajouté au gaz naturel.



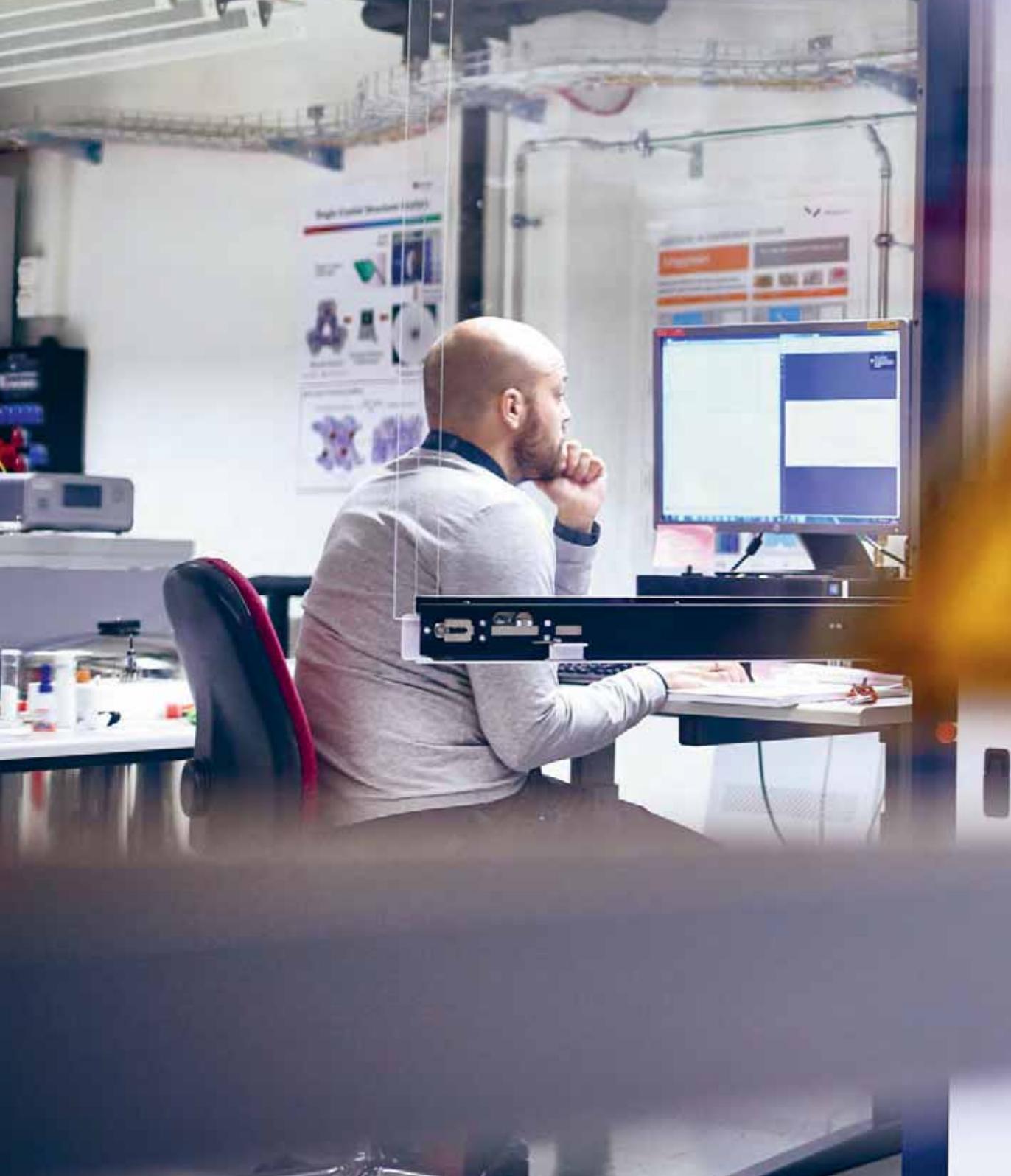


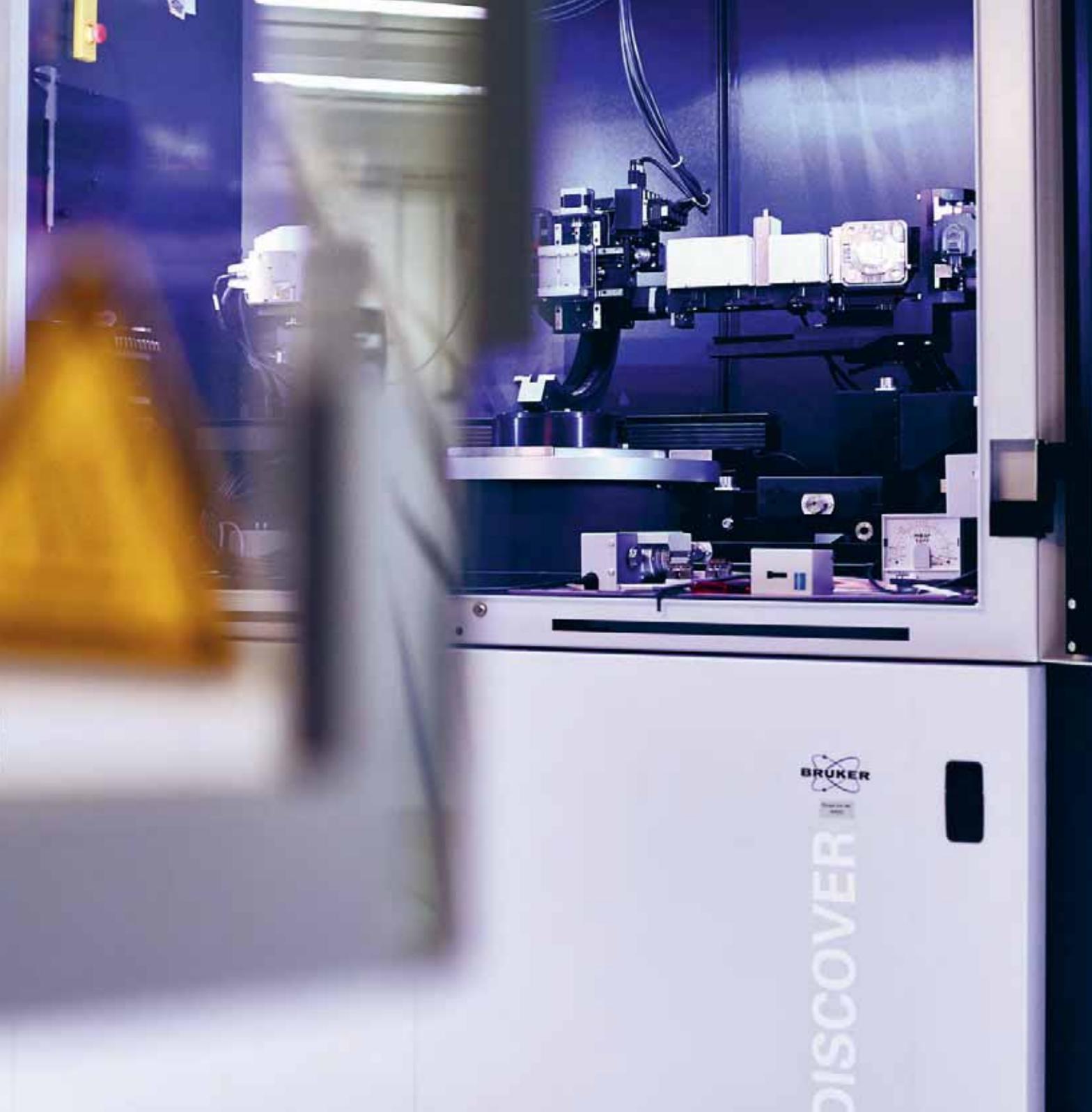
1
Les treize sources et moyens de stockage d'énergie du ehub sont connectés à trois différents réseaux d'énergie reliés entre eux.

La flexibilité comme objet de recherche

Les différents composants de la technique du bâtiment installés dans NEST ne sont pas des prototypes mais pour leur majorité des appareils du commerce correspondant au niveau actuel de la technique. La particularité réside dans une mise en réseau totalement novatrice de ces composants grâce à laquelle les chercheurs peuvent évaluer avec une grande flexibilité de nouveaux scénarios de gestion de l'énergie et analyser leur efficacité. Les chercheurs et leurs partenaires industriels ne peuvent pas seulement installer et valider des modules de régulation nouveaux ou des prototypes mais leur commande est elle aussi des plus flexible: toutes les installations qui en exploitation normale fonctionnent automatiquement peuvent être commandées séparément, équipées de nouveaux algorithmes ou réunies en de nouveaux groupes de consommateurs.

Les travaux de recherche dans ehub ont débuté en novembre 2016. Les différents projets de recherche doivent fournir des connaissances sur les quantités d'énergie et les pointes de puissance nécessaires au niveau de quartiers entiers et sur les moyens de minimiser ces quantités d'énergie avec des moyens raisonnables. Ils permettront en outre de réunir des informations sur la mesure dans laquelle des quartiers d'habitation et de travail peuvent assurer de manière autonome leur approvisionnement en énergie – et dans quelle mesure aussi un comportement des utilisateurs utile au réseau de distribution peut être atteint à travers des lois et des ordonnances. ehub n'est ainsi pas seulement un projet de recherche technique et écologique mais a aussi une portée politique. //





DISCOVER



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.

Les couches minces – peu de matériau – grand effet

Le célèbre physicien et prix Nobel Wolfgang Pauli a déclaré un jour «Dieu a créé le volume, le diable la surface». On ne peut pas mieux exprimer les difficultés techniques et méthodologiques rencontrées dans le développement, l'optimisation et la caractérisation des surfaces ou des revêtements. Mais ce sont précisément sa surface et ses propriétés qui font d'un solide un matériau fonctionnel. Une approche élégante et efficace pour optimiser les pièces usinées et les outils et rendre tout simplement possible certaines utilisations consiste à leur appliquer des revêtements – d'une épaisseur de quelques micromètres et souvent même de quelques nanomètres seulement.

Les couches minces ne permettent pas seulement d'améliorer la surface des matériaux, elles permettent aussi de confectionner des matériaux fonctionnels complexes en «construisant» le matériau couche par couche. Un exemple classique est la cellule photovoltaïque à couches minces qui se compose d'au minimum trois, mais le plus souvent de davantage de couches minces avec une épaisseur totale de moins de cinq micromètres.

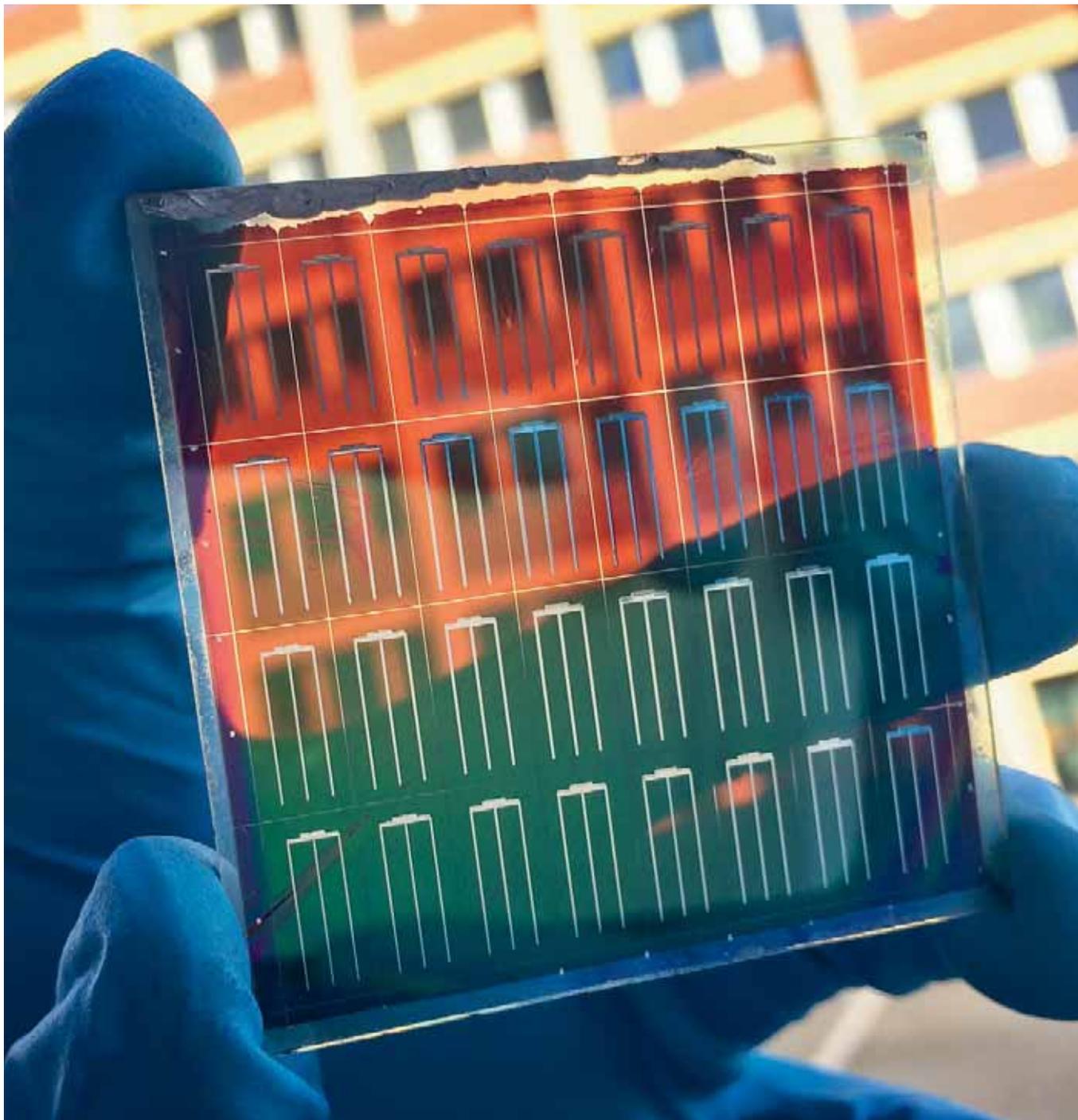
Les skyrmions – des tourbillons magnétiques pour le stockage des données

Les disques dur à semi-conducteur, appelé Solid State Disks

(SSD), ont chassé les disques durs conventionnels (dits magnétiques) hors des ordinateurs. Mais les connaissances les plus récentes sur les structures magnétiques tourbillonnaires, appelées skyrmions, pourraient signer le retour des disques magnétiques dans l'électronique de loisir. Les skyrmions sont des tourbillons magnétiques stables d'un diamètre de quelques nanomètres seulement que l'on peut créer et à nouveau effacer de façon ciblée avec une fine pointe magnétique. Ceci en fait des candidats pour la prochaine génération de mémoires de données. Les skyrmions peuvent se former dans des couches ferromagnétiques d'une extrême minceur. Leurs propriétés sont définies par une couche ferromagnétique (p.ex. de cobalt) et plus particulièrement par ses interfaces avec deux couches non-magnétiques, de platine ou d'iridium, entre lesquelles elle est incorporée. Le grand défi technique réside dans la déposition de couches ultraminces qui doivent être homogènes et fermée – et ceci pour des couches d'une épaisseur de moins de cinq atomes! Ceci n'est guère réalisable avec les sources de déposition chimique en phase vapeur ou de vaporisation cathodique conventionnelles. C'est aussi pourquoi l'Empa développe actuellement avec un partenaire industriel un nouveau type de source de vaporisation cathodique qui permet de mieux contrôler et maîtriser la croissance de couches ultraminces.

1

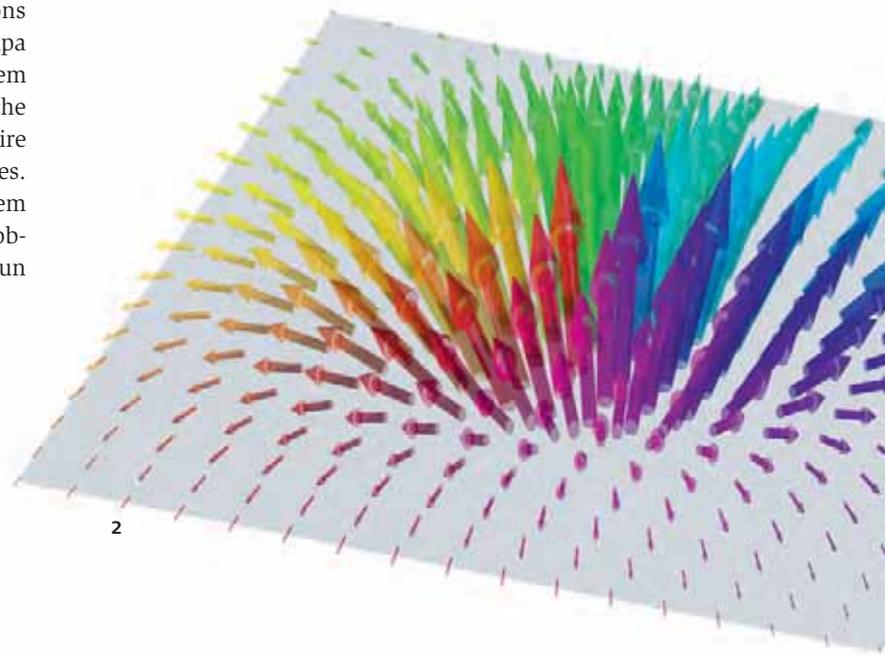
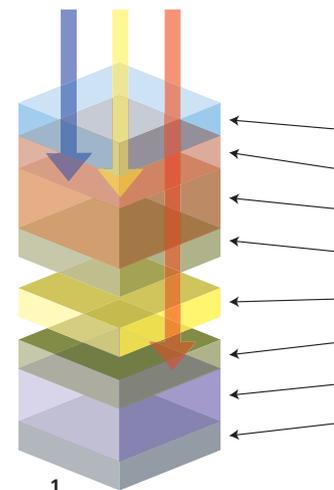
Cellule photovoltaïque pérovskite semi-transparente, absorbant l'ultraviolet et la lumière visible mais transparente à l'infrarouge proche, qui sert de cellule supérieure dans la cellule photovoltaïque tandem pérovskite/CIGS.



1

Les cellules photovoltaïques – plus efficaces en tandem

Le maximum théorique de l'efficacité d'une cellule photovoltaïque formée d'un seul matériau absorbant est de 33 pour-cent. Aucun matériau n'est capable de convertir directement plus d'énergie solaire en électricité. Pour atteindre une efficacité plus élevée, il est nécessaire de superposer au minimum deux matériaux absorbants. Ces matériaux doivent cependant être accordés entre eux de manière à ce qu'ils absorbent une part aussi élevée que possible du rayonnement solaire et le transforment en électricité. Les composés pérovskite ($\text{CH}_3\text{NH}_3\text{PbI}_3$) associés au diséléniure de cuivre indium gallium (CIGS) sont de bons candidats pour cela. C'est avec eux que des chercheurs de l'Empa développent actuellement une cellule photovoltaïque tandem flexible. A côté de l'optimisation des matériaux, leur recherche se concentre sur la technique des procédés afin pouvoir produire en masse et à bas prix ces cellules photovoltaïques complexes. Les premiers prototypes de cette cellule photovoltaïque tandem atteignent un taux de conversion de plus de 22 pour-cent; l'objectif, réaliste, des chercheurs est d'atteindre d'ici deux ans un taux de conversion dépassant les 25 pour-cent.



Feuille d'encapsulation
Electrode transparente
Pérovskite
Couche transparente IRP & conductrice
Feuille laminée
Couche transparente IRP & conductrice
CIGS
Substrat

1
Structure schématique de la cellule photovoltaïque tandem pérovskite/CIGS. La cellule pérovskite absorbe et convertit en électricité l'ultraviolet et la lumière visible et est transparente pour l'infrarouge proche. Ce dernier est ensuite absorbé et lui aussi converti en électricité par la cellule CIGS sous-jacente.

2
Signature de champ magnétique mesurée par microscopie à force magnétique d'un skyrmion dans un revêtement mince multicouche d'iridium, de cobalt et de platine d'une largeur de 100 nanomètres.

Nano-brasures novatrices: la minceur pour abaisser le point de fusion

Le brasage est une opération qui provoque un stress dans les éléments à relier entre eux, en particulier dans la production des semi-conducteurs dont les structures deviennent de plus en plus minuscules et sensibles. Une voie radicalement nouvelle, reposant sur des matériaux nanostructurés se dessine dans le développement de brasures à bas point de fusion. On sait depuis longtemps déjà qu'aux très petites dimensions le point de fusion des matériaux dépend de la taille. L'or, par exemple, possède un point de fusion de 1064°C mais sous forme de particules de trois nanomètres il fond à environ 500°C déjà. Ce phénomène s'observe aussi sur les couches d'épaisseur nanométrique. La raison à cela est l'élévation du rapport entre les interfaces et le volume total. Les interfaces sont énergétiquement défavorables et augmentent ainsi l'énergie totale du système. Cela signifie que l'apport d'énergie nécessaire pour provoquer la fusion est moins élevé sur les systèmes possédant de nombreuses interfaces internes. Les chercheurs de l'Empa désirent utiliser cet «effet nano» pour développer des brasures à point de fusion particulièrement bas. L'approche choisie est d'accroître le nombre des interfaces dans la brasure en créant un système multicouche alternant des couches nanométriques de brasure et d'un matériau inerte. Du fait de la grande proportion d'interfaces internes dans ce multicouche nanométrique la brasure fond à des températures notablement plus basses. Il se forme alors à partir du système multicouche original un composite de brasure et de matériau inerte. //

Hautes performances pour la construction durable

Dans cet axe de recherche, l'Empa se concentre sur le développement de nouveaux matériaux, la conception de systèmes techniques complexes et leur intégration dans les bâtiments et d'autres structures. Elle étudie encore les interactions de villes entières avec leur environnement. Un thème central à tous les niveaux est la minimisation des effets sur l'environnement et l'amélioration du confort et de la sécurité des utilisateurs de l'environnement construit.

«Urban Physics» – le climat urbain dans le collimateur

En été, il se forme régulièrement dans les villes ce qu'on appelle des îlots de chaleur urbains où la température de l'air est plus élevée que dans leur périphérie. Avec le réchauffement climatique, ces îlots de chaleur urbains pourraient à l'avenir constituer une menace sérieuse pour le confort dans les villes, la santé de la population urbaine et accroître la consommation d'énergie pour la climatisation. L'Empa a lancé d'importants projets de recherche afin de mieux comprendre la physique du climat urbain et de développer des mesures contre ses effets indésirables et plus particulièrement de comprendre comment se forment les îlots de chaleur urbains.

Pour cela, l'Empa procède à des mesures en soufflerie et dans un canal hydrodynamique sur des modèles de bâtiment, de rues «canyons» et d'ensembles de bâtiments. Ces modèles

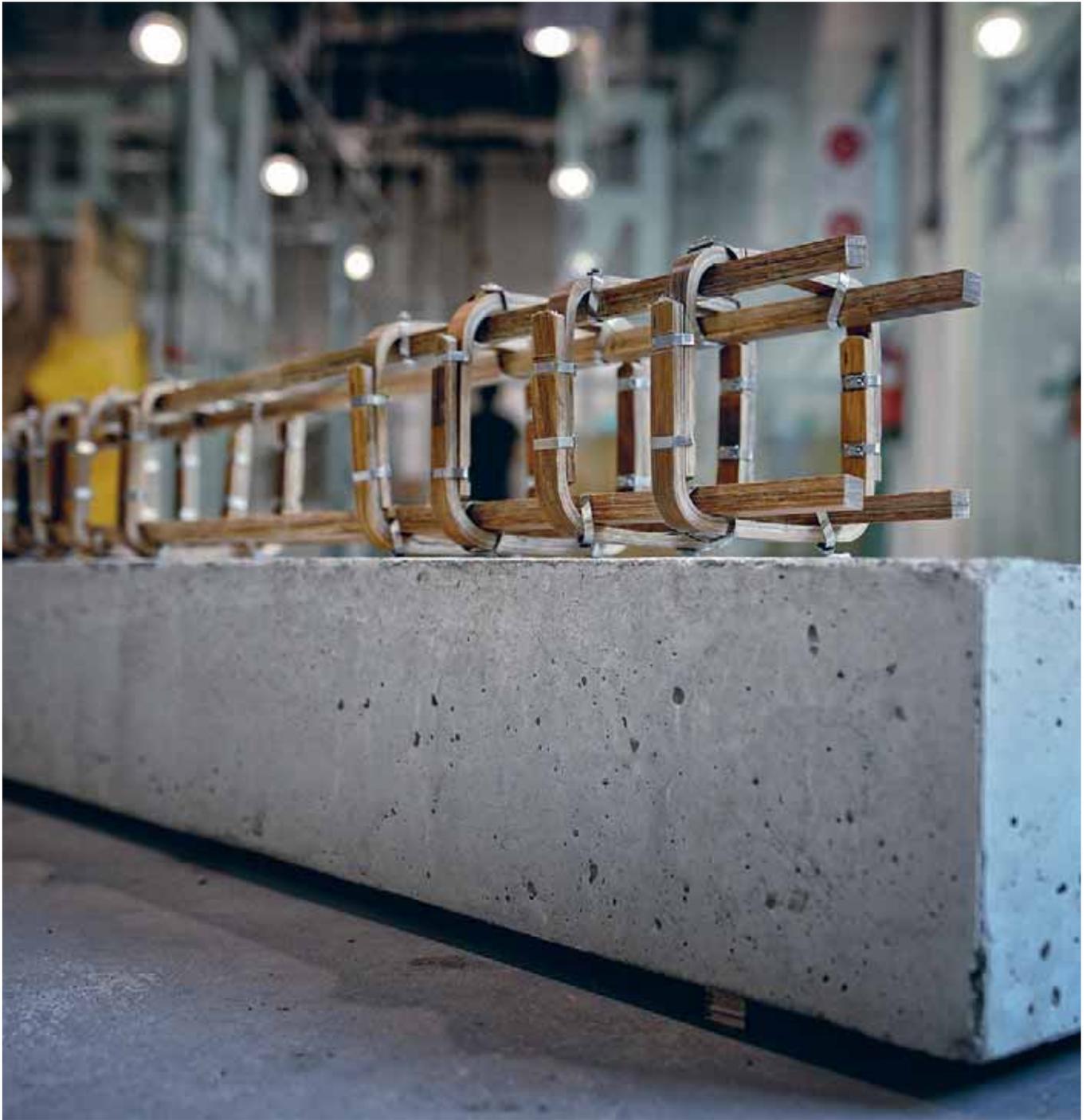
peuvent être chauffés ou refroidis localement ce qui permet de simuler des toitures ou des façades réchauffées par le soleil ou des zones plus froides tels que les toitures-jardins où les cours d'eau. La vélocimétrie par image de particules permet de mesurer les vitesses d'écoulement et les tourbillons; dans la soufflerie, les températures superficielles et les températures de l'air sont mesurées par thermographie infrarouge, dans le canal hydrodynamique, la température de l'eau est mesurée par fluorescence induite par laser.

Le bambou au lieu de l'acier pour armer le béton

Les pays émergents tels que la Thaïlande, le Vietnam, l'Indonésie, l'Inde, la Colombie et le Brésil possèdent d'importantes ressources en bambou que de nouvelles technologies permettent d'utiliser à des fins très variées. C'est ainsi que l'Empa a conçu et développe actuellement avec la firme REHAU et le «Future Cities Laboratory» (FCL) de l'EPFZ à Singapour des matériaux novateurs qui pourraient contribuer à couvrir les besoins en matériaux d'armature pour le béton dans ces pays émergents. Le bambou est un matériau écologique alternatif durable provenant de ressources renouvelables locales et qui lie de plus de grandes quantités de CO₂ durant sa croissance. Par rapport aux fibres synthétiques, telles que les fibres de verre ou de carbone, les fibres de bambou sont moins chères et leur production né-

1

Poutre de béton avec une armature longitudinale et transversale en composite de bambou.



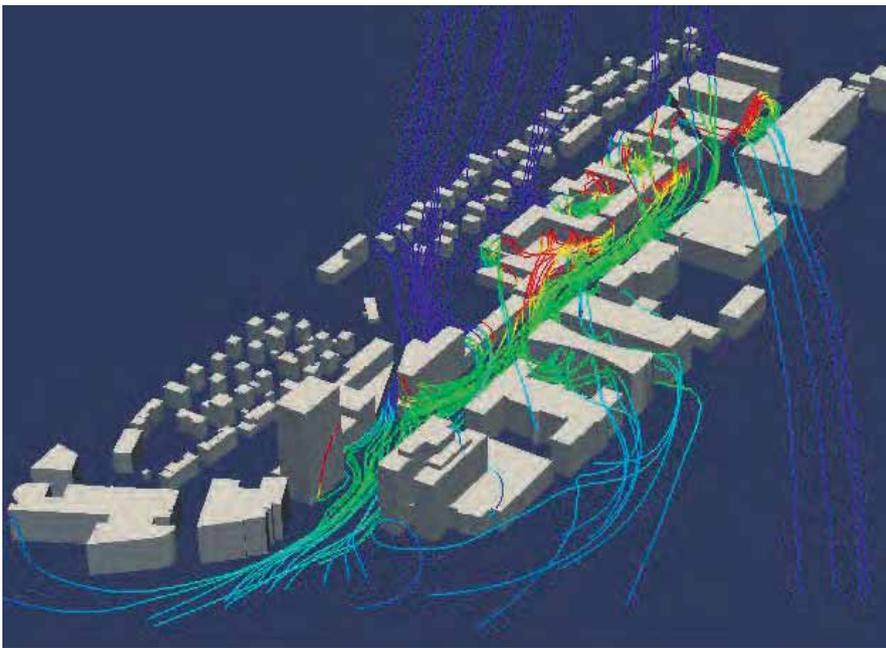
1



1



3



2

1

La soufflerie et le canal hydrodynamique que l'Empa exploite en commun avec l'EPFZ permettent par exemple d'étudier comment éviter la formation d'îlots de chaleur urbain dans les villes.

2

Simulation du climat local dans un quartier de la ville de Zurich: la couleur des lignes d'écoulement indique les augmentations de température et fournit des informations sur la présence d'îlots de chaleur urbains. Cette simulation assistée par ordinateur a été réalisée à partir de modèles associant l'énergie des bâtiments et la dynamique des écoulements.

3

Façade du collège de Fallettsche à Zürich (2006): Le béton haute performance précontraint au moyen de polymère renforcé de fibres de carbone (PRFC) a permis de réaliser ses éléments verticaux d'une grande finesse. Photo: SACAC AG, Lenzburg, Suisse

cessite notablement moins d'énergie que par exemple l'acier d'armature. Un premier prototype très prometteur d'un élément d'armature en composite de fibres de bambou pour des poutres en béton a déjà été réalisé. Pour ce qui est de la résistance à la traction et à la flexion ainsi que de son module d'élasticité, ce nouveau matériau composite atteint certes des valeurs inférieures à celles de l'acier mais sa masse volumique n'est que de 1,3 tonnes par mètre cube, ce qui est bien inférieur à celle de l'acier.

Un béton haute performance armé de fibres de carbone que se précontraint «lui-même»

Dans le monde entier, la tendance en architecture est aux formes minces et élancées, ce qui se reflète particulièrement sur les façades. De telles formes ne sont que partiellement réalisables avec les bétons armés ou précontraints usuels. Dans un projet CTI passé, l'Empa a développé des éléments en béton haute performance précontraints avec des torons en polymère renforcé de fibres de carbone (PRFC). Ces éléments de précontrainte sont légers, extrêmement résistants à la fatigue, élastiques et de plus résistants à la corrosion. Ils sont ainsi à plus d'un égard plus performants que les éléments de précontrainte en acier. Les éléments de précontrainte en PRFC permettent de réaliser des éléments en béton nettement plus fins et élancés. Et, au contraire de l'acier, sur les éléments de précontrainte en PRFC les pertes de contrainte par relaxation sont quasiment nulles.

Par contre, les installations de mise en précontrainte sont aussi compliquées que pour le béton précontraint usuel. Dans un projet lancé récemment, les chercheurs de l'Empa utilisent un béton qui s'expande après durcissement et provoque la mise sous contrainte des torons en PRFC et ainsi une contrainte de compression dans le béton; ceci supprime la nécessité d'une précontrainte extérieure, le processus de fabrication serait alors nettement plus simple et meilleur marché. Ce procédé, dénommé précontrainte chimique par auto-précontrainte, n'avait cependant permis jusqu'ici que d'atteindre des précontraintes peu élevées. Grâce à une nouvelle formulation du béton et des éléments de précontrainte en PRFC présentant un module d'élasticité dépassant 460 GPa, cette équipe de l'Empa a obtenu des valeurs de précontraintes nettement plus élevées et durables.

Les poutres en béton confectionnées avec cette nouvelle technique font jeu égal avec celles réalisées par précontrainte traditionnelle pour ce qui est de la résistance à la flexion et la déformabilité. Cette auto-précontrainte permet même de précontraindre des éléments dans deux directions et de réaliser des poutres courbes. Une demande de brevet a déjà été déposée pour cette invention et l'Empa est à la recherche d'un partenaire industriel pour poursuivre son développement et pour sa commercialisation. //

Réduire les émissions – pour un avenir durable

La croissance démographique conduit inévitablement à une intensification des activités humaines au niveau régional et global. Les émissions qui en résultent, les polluants provenant des processus industriels ainsi que les polluants et le bruit provoqué par l'accroissement de la mobilité, portent atteinte à l'environnement et à la santé des personnes. La réduction de ces émissions est ainsi décisive pour un avenir durable avec un environnement intact et une population saine. Un des objectifs majeurs de l'Empa est d'analyser la provenance des émissions et de développer le savoir nécessaire à l'élaboration de mesures techniques de réduction et pour la prise de décisions politiques.

Des capteurs «low-cost» aux possibilités considérables

Des capteurs novateurs, bon marché, fonctionnant sur pile et pouvant être utilisés à large échelle recèlent un potentiel considérable pour la collecte d'informations environnementales avec une résolution spatiale et temporelle jamais atteinte jusqu'ici. Ceci ouvre des perspectives nouvelles pour la détermination directe des émissions et pour l'évaluation de leurs effets préjudiciable sur la santé de la population dans les zones urbaines.

Des chercheurs de l'Empa ont développé avec différents partenaires un concept pour transposer dans la pratique cette nouvelle approche encore peu étudiée jusqu'ici. Participent à

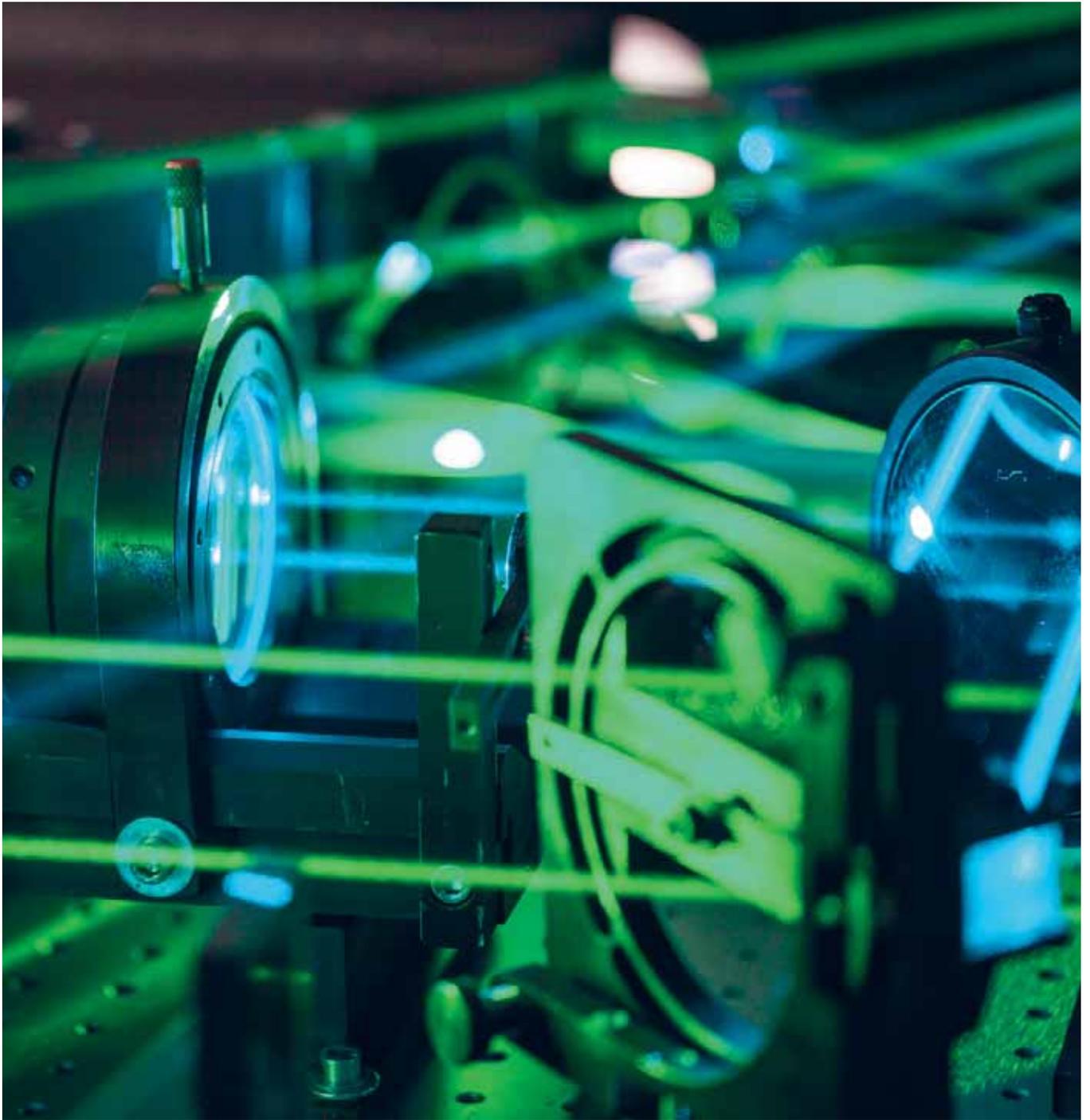
ces travaux la spin-off de l'Empa Decentlab pour l'intégration des capteurs et la transmission des données, Swisscom en tant que spécialiste des télécommunications ainsi que le nouveau «Swiss Data Science Center». Plus de 300 de ces capteurs simples ont été installés sur quelques stations hautement précises du réseau de mesure existant pour y être validés à l'aide d'algorithmes statistiques et de modèles de transport des polluants. Ce projet pourrait ouvrir des perspectives encore plus grandes dans l'avenir avec les nouveaux concepts de transmission des données tels que les réseaux sans-fil à très basse consommation et l'Internet des objets qui révolutionneront encore davantage cette approche.

Réduire les rejets d'oxydes d'azote

Les systèmes de réduction catalytique sélective sont la solution la plus efficace pour réduire les rejets d'oxydes d'azote des moteurs diesel et des moteurs à gaz à mélange maigre. Avec l'adjonction correcte d'un agent réducteur, généralement liquide, tel qu'une solution d'urée, ces systèmes transforment les oxydes d'azote en azote (N_2) inoffensif et en eau (H_2O). Le dosage correct de l'agent réducteur est cependant extrêmement compliqué car son injection doit être ajustée de manière à ce qu'il n'y ait pas formation de produits accessoires indésirables.

1

Des appareils de mesure laser tels que cet anémomètre laser doppler permettent de déterminer la taille et les mouvements des gouttelettes de l'agent réducteur lors de la réduction catalytique des oxydes d'azote sur les moteurs diesel.



1

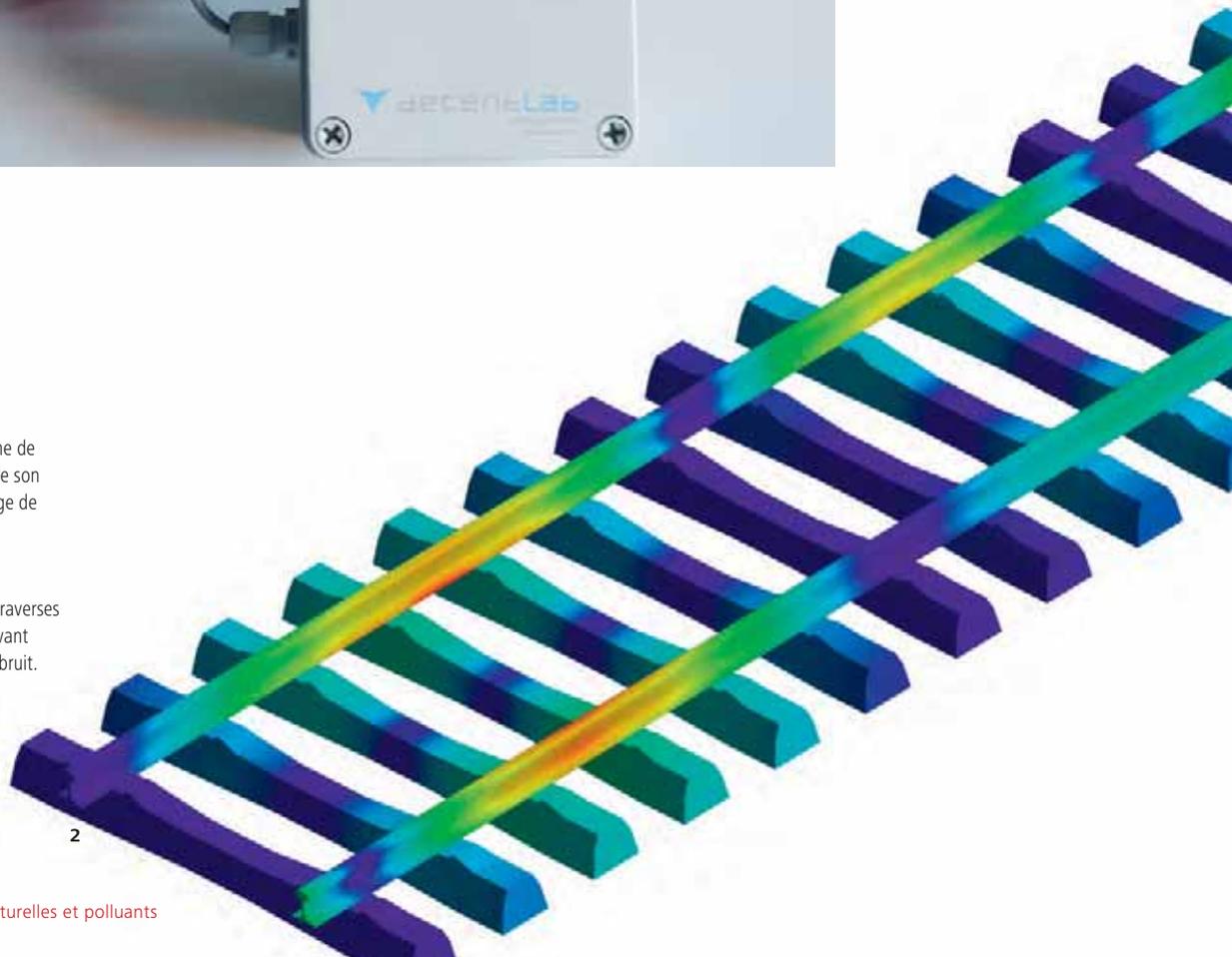


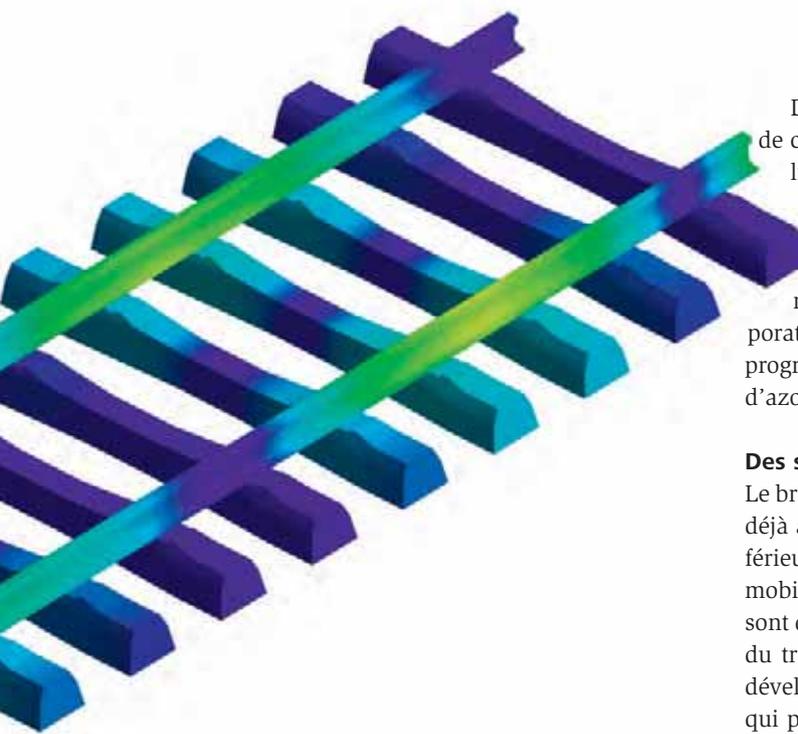
1

1
Un capteur «low-cost» avec son système de transmission de données intégré lors de son contrôle dans le laboratoire de calibrage de l'Empa.

2
Formes des vibrations des rails et des traverses (lors d'une excitation harmonique) servant de base au calcul du rayonnement du bruit.

2





Des chercheurs de l’Empa ont étudié en détail les transferts de chaleur et de matière ainsi que la vaporisation et la cristallisation lors de l’impact de l’agent réducteur sur les parois de l’échappement. Des techniques de mesure laser fournissent des informations sur la taille des gouttelettes et leurs mouvements alors que la thermographie infrarouge permet d’analyser les échanges de chaleur et l’évaporation locale. Les connaissances ainsi acquises constituent un progrès important vers une réduction efficace des rejets d’oxydes d’azote des moteurs à combustion.

Des solutions novatrices pour réduire le bruit

Le bruit a des effets négatifs sur la santé et le psychisme et porte déjà atteinte à la qualité de vie à des expositions nettement inférieures aux valeurs limites légales. Avec l’accroissement de la mobilité, les mesures de planification et les mesures techniques sont décisives pour protéger efficacement la population du bruit du trafic ferroviaire ou routier. Des chercheurs de l’Empa ont développé avec des partenaires un outil de simulation novateur qui permet la modélisation physiquement correcte de la génération et du rayonnement du bruit de roulement des trains. Ce modèle dynamique qui simule de manière réaliste les forces et les charges sur les voies permet de calculer l’excitation vibratoire et les émissions de bruit qui lui est liée pour l’ensemble du système de voie. Un outil décisif pour modifier de manière ciblée les voies ferroviaires et rendre ainsi les trains moins bruyants mais aussi plus sûrs, moins soumis aux vibrations et plus durables. //

Energie – sens et non-sens

Du chocolat chaud jusqu'au salon confortablement chauffé – sans énergie rien ne va. Au cours de ces dernières années, la prise de conscience du rôle central de l'énergie dans notre vie a augmenté de manière marquante. Diverses impulsions, dont entre autres la Stratégie énergétique de la Confédération, ont débouché sur de nombreuses idées novatrices à l'implémentation desquelles on travaille fiévreusement, à l'Empa aussi. Toutes ne contribuent pas dans la même mesure à relever le défi du futur énergétique durable; prises dans un contexte global, quelques-unes sont même à longue échéance plus mauvaises que les systèmes actuels. D'un autre côté, il existe des technologies dont l'efficacité énergétique est moins bonne mais qui sont cependant durables.

Afin de pouvoir distinguer entre «sens» et «non sens», l'Empa travaille dans son axe de recherche «Energie» à l'élaboration des bases pour la création d'une infrastructure énergétique durable avec une prise en considération globale et transdisciplinaire de la production, du stockage, de la conversion et de la distribution d'énergie. L'année écoulée, l'essentiel des activités a porté sur la construction et la mise en service de diverses plateformes de recherche et de démonstration, la constitution d'un nouveau groupe de recherche «Energy System Impact Analysis» – en abrégé «esys» – ainsi que sur l'établissement de nouveaux partenariats avec des acteurs de l'industrie de l'énergie.

Plateformes de recherche et de démonstration

Notre système énergétique subit des changements dont la dynamique ne fait que s'accélérer. C'est ainsi, par exemple, que de nouveaux acteurs du marché offrent des solutions pour la consommation propre, par exemple de l'électricité solaire; le prix des batteries d'accumulateurs diminue massivement et il existe de nouveaux concepts d'accumulateurs de chaleur saisonniers. La digitalisation, l'Internet des objets, l'électromobilité et leur couplage avec les bâtiments conduisent à ce que les changements dans les différents réseaux deviennent de moins en moins directement contrôlables par leurs exploitants. Ces développements «bottom-up» exercent une influence directe sur l'approvisionnement en énergie. C'est aussi pour étudier l'impact de ces changements que la plateforme de recherche «ehub» (pour Energy Hub) a été créée (voir page 51). En 2016 de nombreuses technologies énergétiques y ont été intégrées, allant de la production en passant par la conversion et le stockage et jusqu'au transport de l'énergie. La plateforme de mobilité «move» (voir page 45) est couplée au bâtiment de recherche «NEST» à travers le carrefour énergétique «ehub». Depuis le mois d'octobre 2016, la première station-service à hydrogène sous 700 bar de Suisse permet aux voitures à hydrogène de venir faire le plein sur «move». Cette installation permet aussi d'analyser les performances énergétiques et la consommation

1

Vue partielle des installations techniques dans les caves de la plateforme de recherche NEST. Photo: Roman Keller



1

pour les intégrer dans un modèle global. En collaboration avec l'Empa, l'Institut fédéral de métrologie (Metas) développe une procédure d'étalonnage pour les stations-service à hydrogène; la Caisse nationale suisse d'assurance en cas d'accidents (Suva) et les offices fédéraux concernés élaborent un guide pour l'homologation des stations-service à hydrogène. Cette constellation permet aujourd'hui d'étudier dans des conditions réelles les interactions de diverses technologies de stockage, de formes de la mobilité future et de quartiers modélisés dans NEST avec ses modules indépendants. Avec ses plateformes de recherche et de démonstration et leur couplage, l'Empa crée des conditions idéales pour la réalisation d'études globales et intersystémiques. Avec ce nouveau savoir, l'Empa apporte son soutien à ses partenaires de l'industrie, à la société et à la science.

Des modèles et des concepts de systèmes à énergie renouvelable décentralisés ont été développés et déjà implémentés dans des bâtiments et des quartier «réels» dans le cadre des activités du Centre de compétence énergie et mobilité (CEM) du Domaine des EPF et du programme «Future Energy Efficient Buildings & Districts» des Swiss Competence Centers for Energy Research (SCCER). Le développement d'un échangeur de chaleur et de masse par absorption de vapeur d'eau dans une solution d'hydroxyde de sodium, qui doit permettre un stockage saisonnier de la chaleur, est poursuivi dans le cadre du programme «Heat and Energy Storage» du SCCER. Des technologies de distribution de l'énergie auto-apprenantes, ne nécessitant aucune régulation centrale, seront intégrées dans «ehub». Par ailleurs, des études sont menées sur les effets des nouvelles technologies des bâtiments et de la mobilité sur la production et la demande locale d'énergie.



1



Contact

Dr. Peter Richner
peter.richner@empa.ch

Urs Elber
urs.elber@empa.ch

La recherche sur les matériaux au service de l'énergie

Les nouvelles technologies et l'amélioration des technologies existantes sont une condition importante pour la mise en oeuvre de nouvelles stratégies énergétiques. Dans son axe de recherche «Energie», l'Empa travaille de manière intensive sur des cellules photovoltaïques à couches minces flexibles hautement efficaces, principalement sur les matériaux et les processus alternatifs pour les cellules tandem. De nouvelles voies de synthèse de matériaux et de procédés de revêtement sont étudiées pour des batteries novatrices. Pour accroître la durabilité de notre système énergétique, il est nécessaire de rendre plus fiables et durables les composants haute température des centrales électriques, des systèmes de transmission d'énergie et des moteurs à combustion. L'Empa y travaille avec des essais thermomécaniques, l'analyse de la microstructure des matériaux et la modélisation sur ordinateur. Par exemple dans la recherche sur les câbles à haute tension où l'Empa étudie en détail et évalue à l'aide de méthodes praticables des facteurs tels que le vieillissement et le comportement en température, l'allongement responsable de l'affaissement des câbles ainsi que le fluage de leur matériau. Ces travaux ont permis d'augmenter la capacité des lignes à haute tension et de rendre leur entretien plus efficace. //

1

Installation d'essai utilisée pour l'étude et l'évaluation de méthodes de contrôle praticables du vieillissement, du comportement en température et du fluage des câbles de lignes aériennes haute tension.

La recherche sur les matériaux pour les sciences du vivant

Développer des technologies et des produits innovateurs et durables pour les branches du textile, pour la biotechnologie et la technique médicale à l'interface entre la recherche sur les matériaux et les sciences de la vie – c'est là le but de l'axe de recherche «Santé et performances ». Pour cela l'Empa associe son savoir interdisciplinaire dans les domaines des textiles, de la science des matériaux, de la biologie et de la nanotechnologie. Elle se concentre sur les matériaux pour les applications médicales dans et sur le corps humain et étudie de nouveaux matériaux et systèmes qui protègent et soutiennent les personnes dans leurs activités de la vie quotidienne.

Systèmes novateurs pour la délivrance de médicaments et le monitoring de la santé.

Les chercheurs de l'Empa développent entre autres de nouveaux systèmes d'encapsulation pour délivrer des substances thérapeutiques là où elles doivent agir dans le corps humain ou pour protéger des molécules sensibles telles que des protéines ou des peptides. Ils ont ainsi réussi à «emballer» des peptides antibactériens dans des nanovecteurs en lipides de manière à prolonger l'efficacité de ces peptides dans le corps humain. A côté des méthodes classiques de la chimie des colloïdes, les chercheurs utilisent de plus en plus des approches recourant à la microfluidique pour l'encapsulation des molécules actives. Pour pouvoir créer de tels systèmes nanohybrides, il est nécessaire de com-

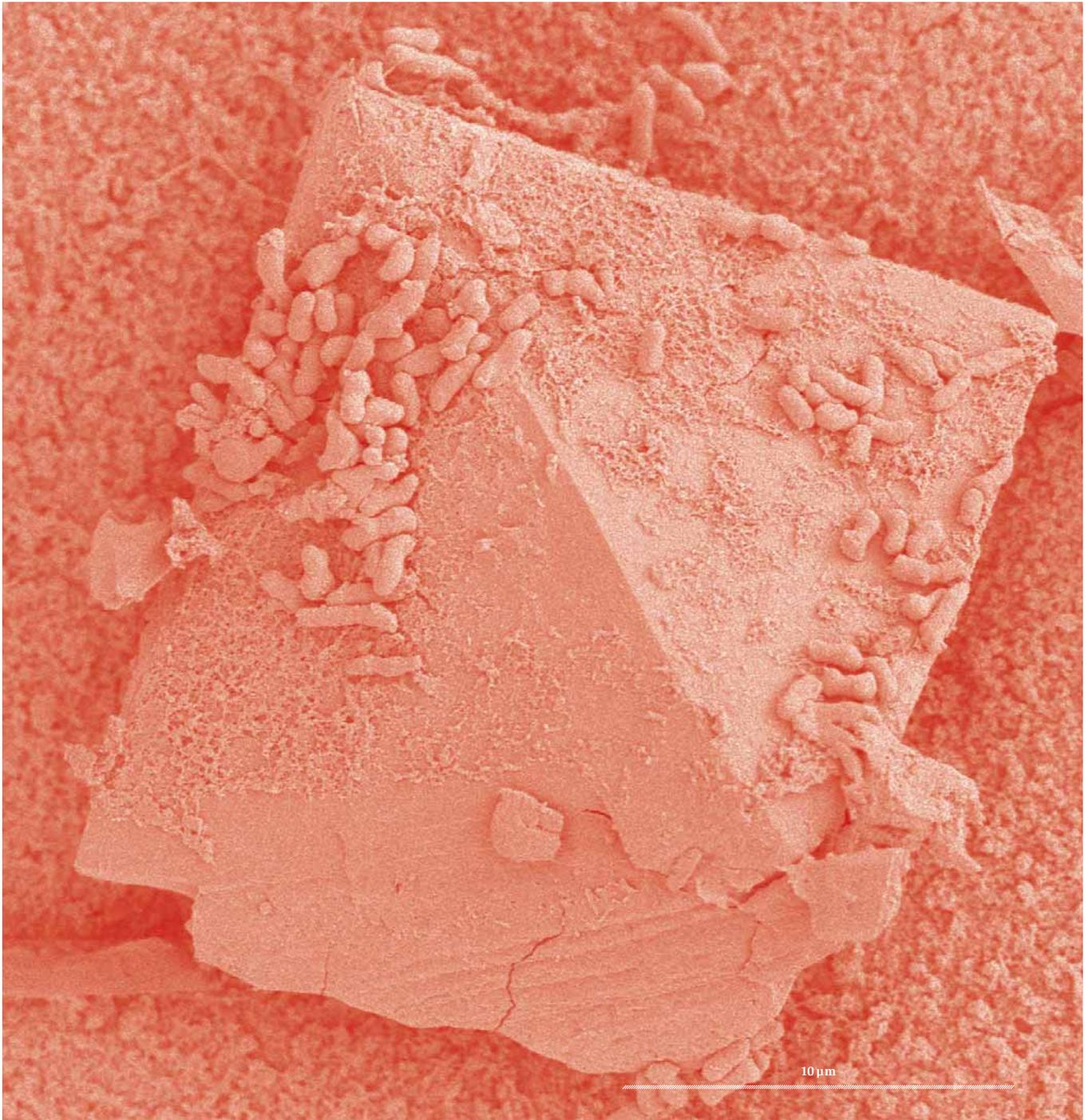
prendre les interactions entre les molécules. L'Empa élargit pour cela sans cesse ses moyens d'analyse et de modélisation.

Le développement de systèmes de capteurs novateurs pour le monitoring de la santé nécessite une large expertise dans plusieurs domaines. Par exemple dans celui des surfaces fonctionnelles mais aussi des matériaux dont la modification structurale ou chimique permet de faire varier les propriétés optiques ou électriques. Des chercheurs de l'Empa ont, par exemple, développé récemment un hydrogel capable de détecter les deux indicateurs de la phase précoce de la guérison des plaies que sont le pH et les produits du métabolisme du glucose. A l'aide d'un biocapteur optique il a été possible de mettre en évidence qu'une structuration en gradient sous la surface permet d'influencer de manière significative la déposition des protéines.

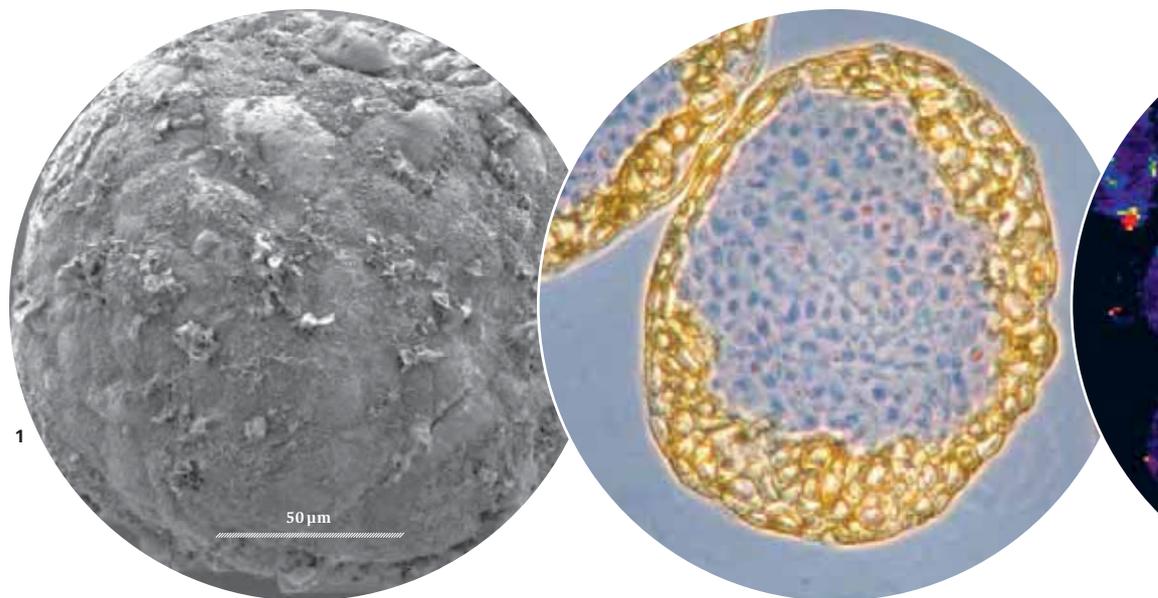
Implants «intelligents» et modèles du corps humain

Afin de pouvoir mieux contrôler et prévoir le mode d'action dans le corps humain des concepts de matériaux toujours plus sophistiqués du domaine medtech, tels que les systèmes de délivrance adaptatifs ou les surfaces intelligentes, il est nécessaire d'améliorer sans cesse les modèles physiologiques utilisés à ces fins. Les chercheurs de l'Empa ont développé, par exemple, des microtissus humains ou des organoïdes et des cultures cellulaires tridimensionnelles de différents types de cellules qui

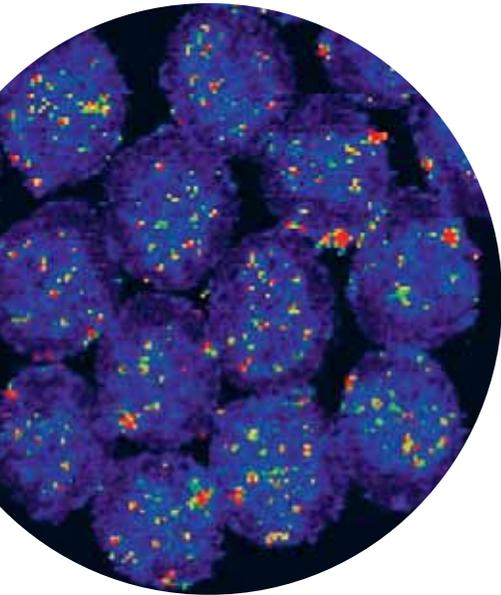
1 Micrographie électronique à balayage de bactéries sur un stent urétral.



1



1
Des chercheurs de l'Empa ont développé des microtissus (à gauche, micrographie électronique à balayage) dont le noyau est constitué de fibroblastes placentaires (en bleu, au centre) et l'enveloppe de fibroblastes (en jaune, au centre). Ces microtissus permettent de réaliser des études mécanistiques sur l'absorption et le franchissement de la barrière placentaire par divers types de nanoparticules (à droite: analyse par LA-ICP-MS de microtissus exposés à des nanoparticules d'or).



imitent des types de tissus déterminés. Avec ces modèles, ils étudient entre autres les processus de transport des nanomatériaux à travers le placenta humain en analysant en détail les réactions des différentes cellules aux nanomatériaux ainsi que les interactions qu'ils provoquent entre elles. La meilleure compréhension de ces processus de transport constitue une base pour le développement de nanomatériaux sûrs mais aussi pour celui de nouveaux systèmes de délivrance de médicaments pour la nanomédecine.

Afin de réduire les risques d'infection lors des interventions chirurgicales, il est urgent de pouvoir disposer de matériaux antimicrobiens pour les instruments chirurgicaux et les implants tels que les cathéters urétraux qui sont utilisés par exemple en cas de blocage urinaire. Il peut se former à la surface de ces cathéters des biofilms microbiens qui jusqu'ici étaient difficiles à combattre – entre autres parce que l'on ne disposait pas jusqu'ici de modèles pertinents des biofilms simulant la situation dans le corps des patients qui permettent de prévoir quel est la colonisation de l'implants par les agents antibactériens. Une équipe de chercheurs de l'Empa et de l'Hôpital cantonal de Saint-Gall étudie depuis peu les relations entre la formation des biofilms sur les implants et les symptômes des patients touchés. //

ACHTUNG

X-Ray
Strahlung





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 plus de 500 scientifiques hautement qualifiés et son infrastructure technique de haut niveau.

Accélérer les processus d'innovation grâce à des coopérations

Avec l'accroissement de la pression sur les prix due à la globalisation et au franc fort, les innovations deviennent un facteur de compétitivité central pour les entreprises suisses. Une raison supplémentaire pour renforcer la collaboration entre l'industrie et les institutions de la recherche pour amener plus rapidement les idées innovatrices sur le marché.

En 2016 le nombre des accords de recherche a augmenté de 13 pour-cent pour atteindre le chiffre de 177. La majorité d'entre eux ont été conclus avec des partenaires de l'industrie. Par ailleurs, les laboratoires de l'Empa ont annoncé 28 inventions au service de transfert de technologie et 13 contrats de licence et de transfert de technologie ont été conclus avec des partenaires de l'économie.

Une céramique rouge pour l'industrie horlogère

L'Empa a par exemple réalisé un coup de maître en matière de recherche sur les céramiques: une lunette en céramique d'un rouge lumineux orne aujourd'hui une montre de luxe suisse. Un bel exemple de la recherche sur les matériaux au plus haut niveau. Dans un projet CTI l'Empa s'était donné pour but de développer une céramique rouge qui satisfasse les exigences élevées de l'industrie horlogère. Ce

1

Sur le modèle en platine de la Speedmaster «Moonwatch» d'Omega, la lunette mais aussi l'affichage des phases de la lune et la monture de la loupe de l'aiguille de la date sont réalisés en une céramique rouge développée par l'Empa. Photo: Omega



1



nouveau matériau ne devait bien évidemment pas être toxique, ce qui excluait d'emblée l'utilisation de pigments contenant du plomb ou du cadmium. Une glaçure superficielle n'entraine pas non plus en ligne de compte car elle pourrait s'écailler sous des sollicitations élevées. Cette lunette de montre devait ainsi être en céramique massive teintée dans la masse et supporter sans dommage la gravure ultérieure de chiffres et de lettres. Le choix de l'équipe de l'Empa s'est porté sur l'oxyde d'aluminium, un matériau céramique blanc qui s'utilise par exemple sur les prothèses de hanche et comme joint en robinetterie. Ensuite, les chercheurs ont réalisé durant des mois des essais en procédant à des adjonctions, à côté de chrome, de minuscules quantités ciblées d'autres adjuvants inorganiques. Ce procédé de production en plusieurs étapes de cette céramique a été développé dans un projet CTI en commun par le Groupe Swatch et l'Empa. Cette méthode de production extrêmement complexe est protégée par un brevet depuis le mois de mars 2016. Le modèle le plus haut de gamme de la collection Omega Speedmaster «Moonwatch», muni de la lunette rouge de l'Empa, est la version en platine limitée à 57 exemplaires de cette montre.

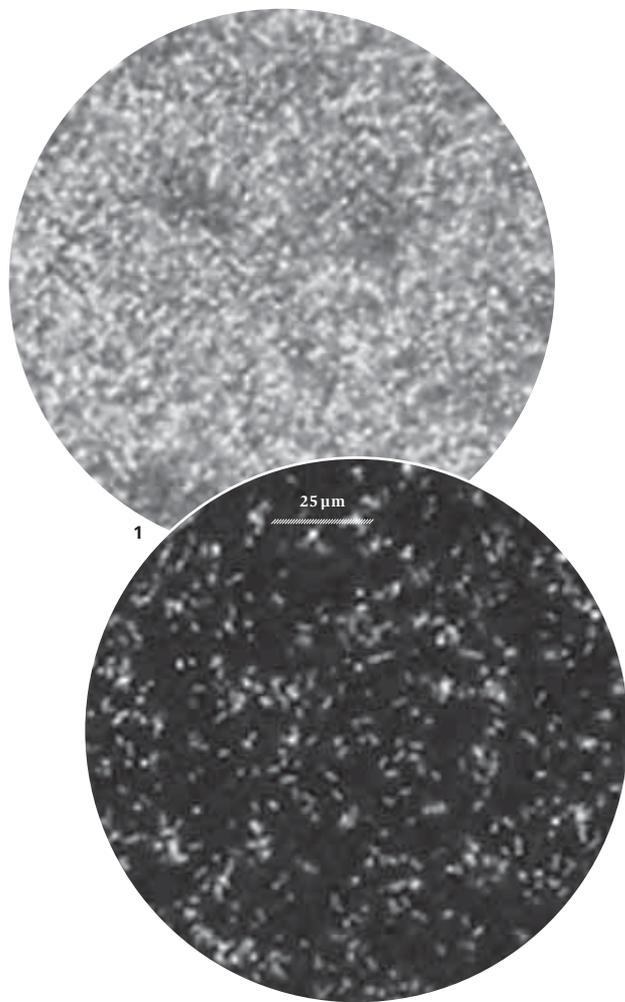
Élimination du biofilm sur les instruments médicaux et les endoscopes

Les instruments médicaux avec un diamètre intérieur étroit et les endoscopes sont sensibles à la formation de biofilms – et recèlent ainsi un risque d'infection pour les patients. Comme leur nettoyage ne peut pas s'effectuer avec des produits chimiques agressifs, il est nécessaire de recourir à des méthodes douces. Dans un projet CTI, l'Empa et la firme Borer Chemie AG ont développé pour cela un agent de nettoyage enzymatique qui nettoie efficacement les instruments médicaux et élimine les biofilms.

Les biofilms sont formés de substances polymères extracellulaires (SPE) qui renferment entre autres des polysaccharides, des protéines et des acides nucléiques. Pour ce nettoyage, l'équipe de l'Empa utilise des enzymes qui sont particulièrement efficaces contre les EPS des biofilms. Le savoir particulier du partenaire industriel dans le domaine de la composition des détergents a été utilisé pour une nouvelle formulation qui assure un excellent nettoyage et une élimination effective des biofilms sur les instruments chirurgicaux et les matériaux des endoscopes. Une étape de désinfection ultérieure détruit les bactéries et permet d'atteindre ainsi une hygiène optimale des surfaces.

Galvanoformage d'alliages métalliques complexes

Le procédé dit LiGa, un procédé de fabrication additive qui associe la lithographie, la galvanique et le formage, s'utilise pour la production des micro-pièces métalliques extrêmement pré-



cises. Dans de nombreuses branches de l'industrie, il existe une forte demande de métaux possédant de bonnes propriétés mécaniques et qui soient en même temps amagnétiques ou inoxydables. Une équipe de l'Empa a développé depuis 2006 plusieurs alliages qui se prêtent au galvanofonnage, et parmi eux des alliages d'acier inoxydable.

Par le passé, le galvanofonnage d'aciers inoxydables et d'alliages complexes de nickel n'était pas possible. Dans le cadre d'une étude de faisabilité menée avec le soutien de la CTI, des chercheurs de l'Empa ont développé une formulation d'un bain galvanique qui permet la déposition électrolytique d'alliages tels que des aciers inoxydables. Pour la mise à l'échelle du procédé, on a eu recours à des simulations numériques de la densité de courant et à la formulation d'additifs organiques bien déterminés. Les connaissances fondamentales sur la galvanisation, la microstructure et les caractéristiques mécaniques des métaux ont finalement permis de produire des alliages dont la qualité répond aux exigences de l'industrie horlogère. Des demandes de brevets sont en cours de préparation pour ces nouveaux matériaux destinés au procédé LiGa. //

1

Les bactéries qui restent sur le tuyau d'un endoscope après son nettoyage: après rinçage avec de l'eau (en haut); après rinçage (en bas) avec le nouveau produit formulé par l'Empa (deconex® PROZYME ACTIVE). Les bactéries se reconnaissent aux taches blanches.

Encouragés et poussés à l'excellence – de l'idée au lancement sur le marché

1
CoWorkingSpace dans le nouveau
centre d'innovation de Startfeld.

L'année passée, les incubateurs d'entreprises de l'Empa ont accompagné 47 start-ups réunissant au total 290 collaborateurs de leur première idée d'entreprise jusqu'à leur entrée sur le marché. Parmi celle-ci, les deux exemples ci-après.

Des champignons pour lutter contre les champignons

MycoSolutions est une spin-off du laboratoire «Applied Wood Materials» de l'Empa qui est leader européen dans les applications technologiques des champignons. Aujourd'hui, les champignons comptent parmi les groupes d'organismes les plus importants de la biotechnologie moderne. Ils sont utilisés à l'échelle industrielle pour la fabrication de produits pour l'alimentation humaine et animale, ou encore de produits métaboliques les plus divers tels que des antibiotiques, des enzymes et des stéroïdes. Les champignons jouent un rôle croissant dans la biotechnologie «verte» où des espèces de champignons jusqu'ici non utilisées ouvrent la voie à des méthodes et des domaines d'utilisation nouveaux, par exemple dans la protection de l'environnement ou pour la lutte biologique

contre les organismes nuisibles. MycoSolutions utilise diverses structures des champignons, telles que le mycélium et les spores ainsi que des enzymes et des polymères pour le développement de solutions et de produits sur mesure pour le traitement du bois et des sols. Cette entreprise innovante a son origine dans un projet CTI. En 2016, MycoSolutions est devenue une société anonyme et a déjà attiré des investisseurs. A côté d'un investisseur privé, Swisscom Ventures participe aussi à son capital. Cette jeune entreprise a son siège dans le nouveau centre d'innovation Startfeld, à proximité immédiate de l'Empa à Saint-Gall.



1





1
L'expert en champignons Francis Schwarze avec des paquets de granulats utilisés pour la lutte antiparasitaire biologique sur les arbres par épandage sur le sol autour des troncs.

Contact

Mario Jenni
mario.jenni@empa.ch

Peter Frischknecht
peter.frischknecht@empa.ch

Une «Magic Tent» pour le marché outdoor

Depuis le mois de décembre 2016, le système de couchage «All-in-One» développé par la start-up «Polarmond» est disponible dans le commerce. La vision initiale de son fondateur, protéger les migrants et les sans-abris du froid et même d'une hypothermie mortelle, a conduit au développement de ce premier système de couchage au monde auto-chauffant, thermoréglable et avec gestion intégrée de l'humidité qui est maintenant dans un premier temps commercialisé sur le marché outdoor. Grâce à une collaboration avec l'Empa, la Hochschule für Technik Rapperswil et la Schweizerischen Textilfachschule, les premiers produits ont atteint leur maturité pour le marché. Dans sa création d'entreprise, Polarmond a été accompagnée et soutenue par les deux incubateurs d'entreprises de l'Empa, glatec et Startfeld. Dans un proche avenir, des systèmes de couchage similaires devraient aussi être mis à disposition des personnes nécessiteuses.

Ce système de couchage breveté réunit en un seul produit les fonctions de sac de couchage, de barrière de vapeur, de natte isolante et de tente. Le chauffage de l'espace de couchage spacieux est assuré par la seule chaleur corporelle. Ceci grâce à une couche isolante high-tech développée par l'Empa et Polarmond qui comporte une enveloppe réfléchissante remplie de fibres synthétiques à fort pouvoir gonflant. Un autre problème à résoudre était d'évacuer l'humidité tout en maintenant sèche l'enveloppe isolante. Ceci est résolu avec l'équipement d'une barrière de vapeur sur toute la surface de l'enveloppe de couchage. Les aventuriers et les passionnés des grands espaces y trouvent un confort de sommeil «comme à la maison» et ceci jusqu'à des températures extérieures pouvant atteindre jusqu'à -30°C . //

Le pont de la recherche vers l'industrie

L'Empa s'est donné pour mission de lancer un pont entre la science et l'industrie. Grâce à des collaborations individuelles et une large gamme de services, elle est en mesure d'offrir à ses partenaires des solutions sur mesure. Que ce soit pour le développement de nouveaux produits, l'optimisation de technologies existantes ou la résolution de problèmes concrets. Des démonstrateurs tels que NEST, move ou ehub ainsi que des initiatives de recherche telles «SUBITEX» fournissent une contribution importante à ce rapprochement et ont conduit en 2016 à une augmentation marquée des collaborations de l'Empa avec l'industrie.

Réduction du «Time-to-Market» des textiles médicaux durables

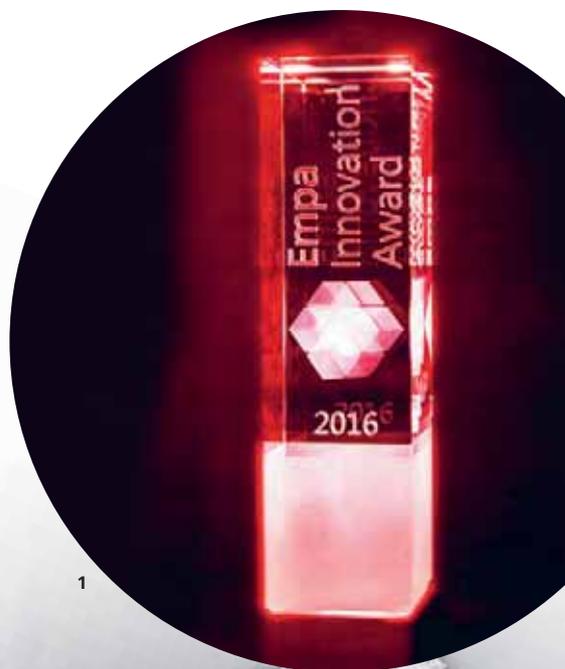
Afin de tirer encore mieux profit du potentiel d'utilisation des textiles dans et sur le corps humain – et de développer à partir de là des applications novatrices – l'Empa a lancé en 2014, en commun avec des partenaires de l'industrie textile et d'autres branches, l'initiative de recherche «SUBITEX» (sustainable biotechnological textiles). Le développement et l'utilisation de matériaux, de fibres, de tissus et de procédés novateurs doivent assurer aux entreprises textiles suisses un avantage concurrentiel durable sur le marché global. Sont plus particulièrement intéressantes les applications dans le domaine des capteurs op-

1

Le «Empa Innovation Award» a été attribué pour la huitième fois en 2016.

2

Prototype d'un capteur de pression entièrement textile à base de fibres optiques polymères: ce capteur a été développé pour de la literie anti-escarres en collaboration avec la firme Schoeller Medical AG, une partenaire de Subitex.



2

tiques, tels que des fibres optiques ou des biocapteurs novateurs mais aussi dans celui des fibres polymères multi-composants tels que les fibres à noyau liquide et les nanofibres aux propriétés anti-oxydantes ou encore celui des membranes pour la délivrance contrôlée de médicaments à travers la peau. Entretemps cette initiative réunit 15 firmes partenaires. Au total sont actuellement en cours huit projets de recherche soutenus par la Commission pour la technologie et l'innovation (CTI) ainsi qu'un projet réalisé dans le cadre du «Competence Center for Materials Science and Technology» (CCMX) du Domaine des EPF.

Un succès depuis dix ans

C'est déjà pour la huitième fois que le «Empa Innovation Award» a été attribué en 2016. Ce prix honore des chercheurs qui ont lancé avec succès un pont entre la science et l'économie avec leurs travaux de recherche appliquée orientée vers le marché. En 2016 ce prix a été attribué au chimiste Sabyasachi Gaan et à son équipe pour le développement d'un nouveau retardateur de flamme non toxique et écologique utilisé pour la production de mousses polyuréthanes ignifugées. Ces mousses polyuréthanes s'emploient par exemple dans les matelas, les meubles rembourrés et dans les panneaux isolants pour les façades. Ce prix a été remis à ses lauréats le 8 novembre lors du «Empa Technology and Innovation Forum».

Lorsque en 2006 le «Innovation Award» a été attribué pour la première fois, rien ne laissait prévoir qu'il allait devenir une véritable consécration sur la voie du succès économique. Tous les projets primés jusqu'ici avaient certes déjà atteints leur maturité technique mais n'avaient pas encore développé tout leur potentiel économique. Mais tous les lauréats ont ceci en commun: chacun d'entre eux posait les bases pour une innovation possédant un potentiel économique prometteur d'un succès commercial. C'est ainsi, par exemple, qu'en 2010, Michael Sauter et Gion Barandun, fondateurs de la spin-off de l'Empa «Compliant Concept», ont remporté le Innovation Award pour leur lit de soin intelligent. Aujourd'hui, ces lits moniteurs mobilité équipent la nouvelle station pour patients atteints de démence «Sunnegarten» de l'EMS Sunnewies à Tobel en Thurgovie, le premier centre au monde entièrement équipé de lits moniteurs de mobilité. Ce monitoring du sommeil permet d'améliorer la qualité du sommeil et la gestion de la douleur chez ces patients. En 2012, Thomas Stahl, Samuel Brunner, Mark Zimmermann et Matthias Koebel se sont vu décerner ce prix pour leur crépi aérogel hautement isolant développé en commun avec la firme Fixit. Ce produit a été lancé sur le marché en 2013 et est entretemps distribué dans une grande partie de l'Europe par Fixit en commun avec ses filiales Röfix (Autriche) et Hasit (Allemagne). //

Réseautage international

La recherche sur la nanosécurité est un thème de préoccupation internationale auquel se consacre l'Empa en liaison avec différents instituts internationaux renommés. Après qu'en 2015 l'Empa ait apporté son soutien à la création du nouveau centre sud-coréen pour la nanosécurité et la technique de mesure, un contrat de coopération a été conclu avec ce nouveau centre, hébergé dans le «Korea Research Institute of Standards and Science» (KRISS) à Daejeon, qui prévoit la création d'un bureau du KRISS à l'Empa à Saint-Gall ainsi qu'une étroite collaboration entre différents laboratoires de recherche des deux instituts.

Les technologies telles que la nanotechnologie sont considérées comme des technologies clés, et ceci pas seulement dans les pays occidentaux. C'est ainsi que la Thaïlande elle aussi participe à des forums internationaux tels que celui organisé par le groupe de travail de l'OCDE sur les nanomatériaux manufacturés. L'importance qu'accorde la Thaïlande à la sécurité des nanomatériaux ressort bien de la conférence sur la nanotechnologie «NanoThailand» qui s'est déroulée pour la sixième fois en 2016. Le chercheur de l'Empa Harald Krug, qui était membre du «Advisory Board» de cette conférence, a présenté un exposé lors d'une session plénière et a modéré diverses manifestations sur le thème de la nanosécurité.

Initiation de la collaboration avec l'AIST japonais

Lors d'un séjour au Japon, le directeur de l'Empa Gian Luca Bona a visité le «National Institute of Advanced Industrial Science and Technology» (AIST) et y a présenté les résultats les plus récents de diverses activités de recherche de l'Empa. A cette occasion il a signé avec Norimitsu Murayama, le directeur général du département matériaux et chimie de l'AIST, un «Memorandum of Understanding». L'AIST est, tout comme l'Empa, un institut de recherche public qui entretient des liens étroits avec l'industrie. Il se concentre au transfert des nouvelles technologies et au développement en commun avec l'industrie de produits novateurs à partir des résultats de laboratoire.

1

En 2016, l'Empa a participé pour une part importante à la conférence internationale sur la nanotechnologie «NanoThailand», dont c'était déjà la cinquième édition.



1





1



2

1

Le directeur de l'Empa Gian-Luca Bona et Norimitsu Murayama du «National Institute of Advanced Industrial Science and Technology» (AIST) après la signature du «Memorandum of Understanding», qui prévoit une collaboration approfondie entre leurs deux instituts.

2

En 2016, le «Korea Research Institute of Standards and Science» (KRISS) a ouvert un bureau à l'Empa à Saint-Gall afin de renforcer la collaboration scientifique entre les laboratoires des deux instituts.

Innovations transfrontalières pour l'avenir

C'est sous ce thème qu'étaient placés deux congrès, l'un sur le thème de la mobilité et l'autre sur celui de la protection du climat, qui ont eu lieu à la fin du mois de septembre à l'Empa sur invitation du gouvernement du canton de Zurich qui assumait en 2016 la direction de la conférence internationale de la région du Lac de Constance. Avec la directrice du département de l'économie zurichois, Carmen Walker Späh, le directeur de l'Empa Gian Luca Bona a salué à cette occasion à Dübendorf plus de 50 représentants de communes, de districts et de Länder de Bavière, du Baden Württemberg, du Vorarlberg, du Lichtenstein ainsi que des cantons de Schaffhouse, de Thurgovie, de Saint-Gall, d'Appenzell et de Zurich pour un échange d'idées transfrontalier et sur le développement d'initiatives communes.

Une nouvelle revue scientifique «Open Access» pour la recherche sur la construction

Au mois de mars 2016, la RILEM, la Réunion Internationale des Laboratoires et Experts des Matériaux, a lancé une nouvelle revue scientifique, les «RILEM Technical Letters». Cette revue publie online et en libre accès les résultats les plus récents de la recherche sur les matériaux de construction (letters.rilem.net). Les «RILEM Technical Letters» sont la première revue scientifique publiée en régie propre de la RILEM qui désire par là emprunter une voie nouvelle en matière de publication scientifique, entre autres en réduisant à quelques semaines le processus de lectorat des articles soumis. Deux chercheurs de l'Empa occupent des positions importantes dans cette nouvelle revue, Pietro Lura en tant que «Deputy Editor-in-Chief» et Mateusz Wyrzykowski en tant que «Managing Editor». //

Présentation d'un large éventail d'activités de recherche

En 2016, à l'Académie Empa aussi, les inaugurations des plateformes de démonstration NEST et move ainsi que du «Coating Competence Center» et du «Center for X-ray Analytics» se trouvaient au centre des activités. Ces centres et plateformes ont pu être visités dans le cadre de nombreuses manifestations spécialisées. Par ailleurs, en 2016 aussi, un grand nombre de congrès, de conférences et de cours variés sur différents thèmes de recherche de l'Empa ont à nouveau eu lieu à l'Académie Empa. Au total près de 9000 personnes ont assisté à ces quelque 90 manifestations, dont 3800 lors de la seule journée portes ouvertes organisée à l'occasion des 20 ans du site de l'Empa «Moos» à Saint-Gall.

Les piles à combustible pour la propulsion automobile

Les véhicules propulsés à l'hydrogène sont-ils sûrs, durables et économiquement sensés? C'est ces questions que 300 spécialistes ont abordées lors d'un congrès au mois de janvier. Alors que sa sécurité est entretemps prouvée, pour ce qui est de la durabilité de cette nouvelle technologie, un facteur est primordial: la provenance de l'énergie nécessaire à la production de l'hydrogène. Sur invitation de l'Empa, de l'Institut Paul Scherrer (PSI), de l'EPFZ et de la firme inspire AG, des experts de renom ont présenté des exposés sur la production de l'hydrogène pour la mobilité, sur sa logistique, ses chances sur le marché et sur la durabilité de l'utilisation de l'hydrogène comme carburant.

Congrès «Energie + Construction»

Dans le cadre des «Journées de l'énergie de Saint-Gall», l'Académie Empa a organisé le 2^e congrès «Energie + Construction» en collaboration avec le centre de compétence «Future Energy Efficient Buildings & Districts». Ce congrès a pour vision de réduire au cours des prochaines décennies d'un facteur 5 la consommation d'énergie du parc immobilier suisse grâce à des bâtiments efficaces, intelligents et interconnectés. Sous la devise «De la recherche à la pratique» ce congrès a montré avec des exemples concrets comment les résultats de la recherche pourraient être transposés dans la pratique pour réaliser ainsi les bâtiments et les quartiers énergétiquement efficaces de l'avenir.

25 ans des polymères renforcés de fibres de carbone dans la construction

Les polymères renforcés de fibres de carbone (PRC) sont utilisés depuis 25 ans en construction pour stabiliser des structures portantes en béton telles que les ponts – une technique développée par l'Empa. Les PRC sont bien plus légers, plus résistants à la fatigue et la corrosion que l'acier auparavant utilisé pour cela. Les PRC ont été mis en oeuvre pour la première fois lors de la réfection du pont d'Ibach en 1991. Depuis, cette technique a été utilisée sur d'innombrables ouvrages et son succès n'est pas près de s'arrêter. Une raison plus que suffisante pour organiser un symposium d'anniversaire à l'Académie



1

L'astrophysicien et astronaute suisse Claude Nicollier lors de sa conférence sur son expérience des vols spatiaux à l'occasion du PhD-Symposium.

2

Salle comble à l'Académie Empa, ici lors de l'inauguration Coating Competence Centers (CCC).

3

Thomas Geiger (à gauche) explique le fonctionnement du bio-plotter 3D à un visiteur.



mie Empa lors duquel près de 130 participants se sont réunis à l'Empa au mois d'août.

Des fibres et des membranes dotées de propriétés nouvelles

Les membranes à base de fibres submicrométriques et nanométriques produites par électrofilage présentent des propriétés prometteuses pour doter de nombreux produits de fonctions novatrices. L'Empa avait organisé à Saint-Gall un atelier de travail sur le thème de l'électrofilage et des propriétés de ces fibres et membranes pour leurs applications dans les domaines des textiles, de la technique médicale et de la technologie des capteurs. A cette occasion, des technologies actuellement déjà mises en oeuvre ainsi que des installations de production et des produits novateurs ont été présentés et discutés.

L'aventure dans l'espace

Le PhD-Symposium a eu lieu le 14 novembre. Ce symposium annuel offre aux jeunes doctorantes et doctorants une tribune et l'occasion de recueillir des commentaires et observations de chercheurs expérimentés sur leurs exposés et leurs posters. La variété des travaux présentés reflétait celle des d'activités de l'Empa, avec des exposés sur nanomatériaux, les cellules photovoltaïques ou encore des processus biochimiques. La conférence de l'astrophysicien et astronaute suisse Claude Nicollier lors la séance plénière fut l'un des points forts de cette manifestation. //

Activité intense à l'Empa

L'année écoulée l'Empa a grouillé d'activité - pour utiliser une expression un peu familière. Diverses grandes manifestations ont attiré les foules sur les deux sites de l'Empa à Dübendorf et à Saint-Gall. Et les grandes plateformes de recherche NEST, move et ehub ainsi que le du «Coating Competence Center» entrés en exploitation en 2016 ont encore attiré de nombreux visiteurs – attestant ainsi leur rôle de «projet phare» pour l'Empa.

Un véritable marathon de manifestations

En 2016, la ronde des manifestation a été lancée le 7 avril en présence de 130 hôtes de l'industrie, de la recherche et de la politique avec l'inauguration du nouveau centre de revêtement de l'Empa, le «Coating Competence Center» (CCC), où des technologies des surfaces de pointe trouvent la voie du laboratoire de recherche vers des applications industrielles; ainsi le CCC aidera l'industrie suisse des machines, de l'électricité et des revêtements à s'imposer sur le marché mondial grâce à sa force compétitive; l'Empa travaille déjà avec ses partenaires à faire du CCC un «Center for Advanced Manufacturing» avec différents sites répartis dans toute la Suisse.

Seulement sept semaines plus tard, nouveau moment fort avec l'inauguration solennelle de NEST, le laboratoire des bâtiments de l'avenir. Devant près de 250 représentants renommés de l'économie, de la recherche et des autorités, le Président de



1



3



2



1

Le membre de la direction Prof. Dr. Alex Dommann présente aux visiteurs les développements actuels de son département «Materials Meet Life» lors de la journée portes ouvertes à Saint-Gall.

2

Le Dr. Dirk Hegemann (à droite) fascine les visiteurs lors de la journée portes ouvertes avec une «tornade de feu». La rotation de la grille extérieure provoque un tourbillonnement de l'apport d'air qui fait se tordre la flamme sur elle-même.

3

Une foule de dignitaires, et parmi eux le Président de la Johann Schneider-Ammann, ont inauguré le bâtiment laboratoire novateur NEST le 26 mai 2016.

la Confédération Johann Schneider-Amman s'est déclaré impressionné par cet «accélérateur d'innovation» modulaire pour le secteur de la construction: «La formation, la recherche et l'innovation suisses sont fortes lorsque toutes les forces des pouvoirs publics et des acteurs privés se focalisent sur des questions urgentes – ce que NEST réussit de manière exemplaire.»

Et à la fin du mois d'août l'Empa a fêté les 20 ans de son site de Saint-Gall «Moos» à l'ouest de cette ville. Lors de diverses manifestations réparties sur trois jours, près de 4000 personnes ont visité cet institut de recherche et se sont informées lors de la journée portes ouvertes sur trois «pistes de recherche» des résultats et des innovations issues des laboratoires de l'Empa. Parmi les hôtes de marque, on comptait entre autres le Vice-chef du gouvernement du Liechtenstein, Thomas Zwiefelhofer, les Conseillers d'Etat Karin Keller-Sutter et Andrea Caroni, le Conseiller d'Etat saint-gallois, Bruno Damann, ainsi que le Président de la Ville de Saint-Gall, Thomas Scheitlin.

Nouveau record: en moyenne 1000 visiteurs chaque mois

Mais c'est loin d'être tout: si l'on prend les quelque 3500 personnes qui ont parcourus les laboratoires de l'Empa lors des visites guidées «normales» et que l'on y ajoute les 4500 qui ont

visité NEST depuis son ouverture, l'Empa a accueilli l'année dernière 12000 hôtes sur ses sites de Dübendorf et de Saint-Gall, un chiffre jamais atteint jusqu'ici.

Parmi ces hôtes, on comptait à nouveau des délégations de haut rang de l'industrie, de l'économie et de la politique de Suisse et de l'étranger. Par exemple les représentants de la Conférence internationale du Lac de Constance qui a eu lieu à l'Empa en 2016, les membres de la Commission de la formation et de la recherche de l'organisation fédérale de l'économie suisse, les membres du département de l'instruction publique du canton de Saint-Gall avec le Conseiller d'Etat Stefan Kölliker ainsi que la fraction de l'UDC du canton de Saint-Gall.

Jamais trop jeunes pour le laboratoire

Des visiteurs particulièrement porteurs d'avenir se sont retrouvés à l'Empa lors du camp d'été ainsi qu'à l'occasion de la journée «Futur en tous genres»: au total plus de 120 écoliers et écolières ont pu effectuer leurs «premiers pas» dans les laboratoires – par exemple en bricolant une pile à pomme de terre ou en construisant une auto à air comprimé. Le commentaire d'un chercheur en herbe «Mieux que «l'oreille des kids», l'émission scientifique destinées aux jeunes de la RTS. //

La diversité: des différences au sein de l'Empa

A l'occasion de l'élaboration en 2016 du nouveau plan d'action «Egalité des chances et diversité», le pourcentage des femmes parmi les collaborateurs, qui était globalement de 27.5 pour-cent en 2015, a été établi séparément pour les différents sites de l'Empa. Il est apparu que ce pourcentage était nettement plus élevé à Saint-Gall, avec 45 pour-cent, qu'à Dübendorf (24 pour-cent) et à Thoune (16 pour-cent). Ces résultats sont toutefois peu surprenants car à Saint-Gall la recherche porte essentiellement sur les fibres, les textiles et la bio(techno)logie, des domaines qui attirent davantage les femmes que la physique, la chimie, la science des matériaux et l'ingénierie qui sont au centre des activités à Dübendorf et à Thoune. Les conclusions de cette enquête: l'Empa est diverse et sa structure du personnel est elle aussi des plus diverses en fonction de ses orientations scientifiques. L'accent de ce nouveau plan d'action portera entre autres sur l'accentuation de la communication interne et externe pour promouvoir encore davantage l'égalité de chances et la diversité au sein de l'Empa.

Des manifestations pour les femmes, les hommes et les enfants

En 2016 de nombreuses manifestations ont eu lieu sur les thèmes de l'égalité des chances. Au printemps, un «Déjeuner Femmes» a eu lieu pour favoriser leur réseautage. En été – comme chaque année – l'Empa a invité les enfants de ses collaborateurs à participer à son camp d'été d'une semaine. Et en automne, une manifestation «L'homme à temps partiel» a été organisée afin de sensibiliser les hommes au thème du travail à temps partiel.

Au début du mois de novembre, la journée nationale «Futur en tous genres» a attiré près de 100 jeunes à l'Empa sur ses trois sites de Dübendorf, Saint-Gall et Thoune pour participer à des ateliers de travail techniques ou scientifiques; le programme spécifique destiné aux filles, «Les filles et la technique» a lui réuni 30 participantes. Les réactions, en majorité très positives, de tous ces enfants témoignent d'un vif intérêt pour les professions qui leur avaient été présentées.

En 2016, le programme «Fix de leaky pipeline» se trouvait au centre des activités du groupe de travail



Egalité de chances du Domaine des EPF. Ce programme a pour but d'offrir un soutien aux jeunes chercheuses dans leur carrière scientifique. Un fait particulièrement réjouissant: ce programme auquel participent toutes les institutions du Domaine des EPF est reconduit pour quatre ans et comportera en plus dorénavant aussi un programme de mentorat. //



1
Grosse affluence dans NEST le 10 novembre lors de la journée nationale «Futur en tous genres».

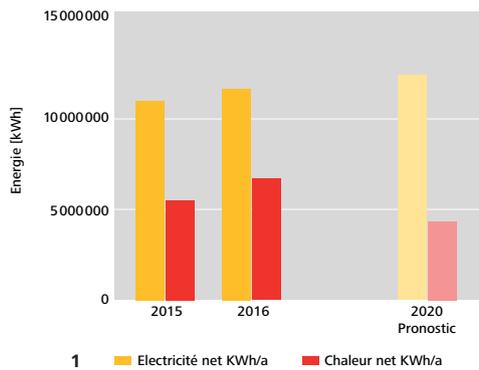
1

Pour une utilisation respectueuse de l'environnement et de l'énergie

L'Empa ne se limite pas à la recherche sur les thèmes de l'environnement et de l'énergie, elle veut aussi faire preuve d'un comportement exemplaire dans ces domaines. La consommation d'énergie qu'impliquent les activités de recherche de l'Empa ne se laisse bien évidemment pas réduire à volonté. La réduction de ses impacts sur l'environnement avec la substitution des énergies fossiles par des énergies renouvelables est ainsi d'autant plus importante. C'est ainsi, par exemple, que depuis 2016 la totalité de l'électricité consommée par l'Empa provient de ressources renouvelables, en majeure partie de l'électricité hydraulique certifiée. Et suite à un accord avec Energie 360°, depuis 2015 l'Empa peut se fournir en biogaz jusqu'à une quantité de un gigawatt-heure (1 Mio kWh) auprès de l'installation de production de biogaz de Hagenholz, ce qui correspond à environ 20% de la consommation de chaleur de l'Empa. Des études détaillées ont montré que ce biogaz présente un bilan de CO₂ nettement meilleur que celui du gaz naturel fossile

Il y a 20 ans déjà, une installation photovoltaïque, qui faisait alors oeuvre de pionnier, avait été intégrée dans la façade du nouveau bâtiment de l'Empa à Saint-Gall. L'extension de cette installation en 2016 a permis de tripler sa production d'électricité solaire.

Les stations de remplissage de gaz et de recharge d'électricité nouvellement mises en service à Dübendorf et à Saint-Gall permettent une mobilité à faibles émissions de CO₂ avec des voitures électriques et à gaz de série ou de recherche intégrés dans la flotte de véhicules de l'Empa. De plus, le démonstrateur de mobilité «move» (page 45) avec sa station-service «multivalente» est une plateforme de transfert de technologie qui permet de tester dans la pratique les systèmes de motorisation de l'avenir.



1 Evolution de la consommation d'énergie de l'Empa.

2 Remplissage du réservoir d'une voiture à pile à combustible sur la station-service à hydrogène de «move».

3 Panneaux photovoltaïques sur le toit du bâtiment de l'Empa à Saint-Gall.



Le bâtiment modulaire de recherche et d'innovation «NEST» (page 42) sert à l'étude de formes d'habitat et de locaux de travail novateurs. La modularité de ce bâtiment unique au monde, associée à des moyens d'analyse et de monitoring étendus, permet de tester des technologies nouvelles avec plus de précision et de rapidité que dans un bâtiment conventionnel. Les innovations peuvent ainsi trouver plus rapidement leur voie vers le marché et développer ainsi des effets positifs pour l'environnement et l'énergie dans l'ensemble du domaine de la construction. //





LED RADIATION
DO NOT STARE INTO BEAM
CLARK LED PRODUCT



Faits et chiffres

Les chercheurs aiment bien mesurer, entre autres aussi leurs propres performances: en 2016 les chercheuses, chercheurs, ingénieures et ingénieurs de l'Empa ont publiés près de 580 articles dans des revues scientifiques et déposés 14 brevets pour leurs développements. A la fin de l'année, 100 projets financés par le Fonds national suisse (FNS), 85 projets soutenus par la Commission pour la technologie et l'innovation (CTI) et près de 60 projets UE étaient en cours à l'Empa. Ses 22 spin-offs occupaient avec les autres start-ups de ses deux incubateurs d'entreprises au total 531 collaborateurs.

Depuis le 1er janvier 2015, les comptes annuels de l'Empa, tout comme ceux de toutes les institutions du domaine des EPF, sont établis sur le modèle de l'IPSAS (International Public Sector Accounting Standards). Ces comptes peuvent être consultés sous www.empa.ch/web/s604/annual-reports.

La gestion des risques à l'Empa

La gestion des risques à l'Empa englobe la localisation des risques pour l'entreprise et les collaborateurs, leur analyse ainsi que la détermination des mesures à prendre pour y pallier et le contrôle de l'efficacité de ces mesures. Sa mise en pratique quotidienne conduit à une sensibilisation pour la sécurité et à une amélioration continue du niveau de sécurité de l'Empa.

Les bases de la gestion des risques

En tant qu'établissement de recherche du Domaine des EPF, l'Empa oriente sa politique de sécurité sur les directives sur la gestion des risques émanant du Domaine des EPF et de la Confédération. Sa politique de sécurité et de risque détermine une approche homogène et systématique des divers risques encourus au sein de l'Empa. Toutes ces mesures ont pour objectif prioritaire la protection de la vie et de l'intégrité corporelle des collaborateurs, des hôtes et de toute personne se trouvant dans sa zone d'influence. Elle a encore pour but la protection de l'environnement contre les impacts négatifs, la protection du savoir faire acquis et de la propriété intellectuelle ainsi que de la réputation de l'Empa. L'accent principal de ces efforts porte sur la prévention afin d'éviter des dommages.

La mise en œuvre de la gestion des risques se déroule selon un processus standard qui commence par un inventaire pério-

dique des risques. Chaque risque est évalué en fonction de la probabilité de son occurrence et de ses conséquences, au minimum sur les plans financier et de son impact sur la réputation de l'Empa. Finalement des mesures sont définies et mises en oeuvre pour la prévention des risques évalués. Un controlling effectué à intervalles réguliers permet de vérifier l'adéquation du processus de gestion des risques et – si nécessaire – de l'adapter.

Extension de la gestion des risques

L'organisation de la gestion des risques de l'Empa a été aussi élargie en 2016 afin d'accroître encore sa professionnalisation. Ceci s'est traduit par une augmentation des ressources, un accroissement des activités ainsi que par une amélioration de la sensibilité à ce thème. La réévaluation périodique des risques conduit à une meilleure prise de conscience de leur existence et les rend ainsi mieux contrôlables.

Afin de faire face aux risques en matière de sécurité au travail pour les nouveaux collaborateurs, les cours organisés sur les trois sites de l'Empa ont encore été élargis et un calendrier de ces cours est publié sur Intranet. Les collaborateurs de l'Eawag, voisine de l'Empa à Dübendorf, ainsi si que certains collaborateurs du département de chimie de l'EPFZ peuvent aussi fréquenter ces cours.

Avec les essais extérieurs de longue durée de l'Eawag et la

présence constante de personnes dans NEST sur le site de Dübendorf, la situation de risque s'est modifiée et a rendu nécessaire la prise de nouvelles mesures. Afin de mieux gérer ces risques, dans une première phase une surveillance du site la nuit, les fins de semaine et les jours fériés a été établie. Cette surveillance, assumée par une entreprise externe, a fait l'objet d'un appel d'offres public. Dans une deuxième phase, cette surveillance du site manquant de visibilité de Dübendorf sera complétée par des moyens électroniques.

Le concept d'évacuation et ses installations ont été évalués avec succès lors de deux exercices sur le site de l'Empa/Eawag à Dübendorf et d'un exercice à Saint-Gall. Les installations seront encore complétées et l'alarme encore affinée et rendue plus efficace pour tenir compte du manque de visibilité sur le campus de l'Empa/Eawag. Le déménagement de la centrale de sécurité dans ses nouveaux locaux dans NEST s'est déroulé sans incident ni dérangement.

Lors du développement en régie propre de machines et d'installations de recherche aussi, la sévérité accrue des directives sur la construction de machines entraîne un accroissement des exigences de sécurité sur le plan de la documentation nécessaire et de l'évaluation des risques. C'est aussi pourquoi en automne 2016 un système propre développé sur mesure à cet effet a été mis en place dans le bureau d'étude. //

Effectifs de personnel

(les chiffres de l'année précédente entre parenthèse)

A la fin 2015, l'Empa occupait 936 (942) personnes, apprentis compris. Ceci équivaut, du fait des nombreuses possibilités de travail à temps partiel, à 860,9 (868,7) postes à plein temps.

Les effectifs de personnel scientifique atteignaient 507 (501) personnes, dont 116 (117) senior scientists. L'année écoulée, 387 (400) personnes travaillaient dans le domaine technique et administratif. Avec 29 (27,5) pour-cent, le pourcentage des femmes reflète celui des diplômées des facultés des université et des EPF représentées à l'Empa.

Le nombre d'étrangers atteignait 380 (388) personnes, soit environ 41 (41) pour-cent des effectifs totaux de personnel. 259 (265) de ces personnes provenaient de l'espace de l'Union européenne, ce qui correspond à 68 (68) pour-cent de tous les collaborateurs étrangers.

L'Empa offre un grand nombre de places d'apprentissage de différents métiers et occupait 42 (41) apprentis. En 2016, tous les apprentis en fin de formation ont passé avec succès leurs examens de fin d'apprentissage. //

EFFECTIFS DE PERSONNEL (AU 31. DÉCEMBRE 2016)

	2015	2016
Personnel scientifique	501	507
Personnel technique/administratif	400	387
dont apprentis	41	42
Total	942	936

Chiffres clés

PRODUCTION SCIENTIFIQUE

	2015	2016
Publications ISI	634	586
Contributions à des conférences	1121	1131
Thèses de doctorat achevées	38	31
Doctorats en cours	175	168
Activités d'enseignement (en heures)	3760	3815
Prix/distinctions	35	56

PRÉSENCE DANS LES MÉDIAS

	2015	2016
Radio & TV	73	93
Presse écrite	1000	1110
Online	2853	3030
Total	3920	4233
Langues	32	29

ACADÉMIE EMPA

	2015	2016
Manifestations de Empa	105	86
Participants	6100	9000
Congrès scientifique	12	3
Manifestations spécialisées pour l'industrie	44	40

TRANSFERT DE SAVOIR ET TECHNOLOGIE

	2015	2016
Nouveaux accords de recherche et développement	157	177
Contrats de valorisation actifs (licences/options/ventes)	80	79
Nouveaux contrats de valorisation	20	13
Nouveaux dépôts de brevet	18	14

SPIN-OFFS & START-UPS (tebo & glaTec)

	2015	2016
Entreprises total	45	69
dont spin-offs	21	22
Collaborateurs total	359	531
dont collaborateurs spin-offs	105	112

PROJETS EN COURS

	2015	2016
SNF	112	100
CTI	89	85
Projets UE	58	57

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

Kristin Becker van Slooten *Dr., EPF Lausanne*

Marc Bürki *Dipl. El.-Ing., Swissquote*

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

Lino Guzzella *Prof. Dr., EPF Zurich*

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

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

Christiane Leister *Leister AG, Kägiswil*

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

Martin Vetterli *Prof. Dr., EPF Lausanne*

Industrial Advisory Board

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

Robert Frigg **Prof. Dr. mult. h.c.**, 41 medical, Bettlach

Andreas Hafner **Dr.**, BASF, Bâle

Markus Hofer **Dr.**, Bühler, Uzwil

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

Urs Mäder **Dr.**, SATW, Zurich

Markus Oldani **GE Power**, Baden

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

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

Comission de la Recherche

La commission de la recherche et la commission «International peer review committee» conseillent 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

Urs Dürig **Dr.**, IBM, Rüschlikon

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

Karl Knop **Dr.**, Zurich

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

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

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

Organigramme

Etat mai 2017

RESEARCH FOCUS AREAS

(Axes de recherche)

Matériaux nanostructurés

Dr. Pierangelo Gröning

Sustainable Built Environment

Dr. Peter Richner
Prof. Dr. Giovanni Terrasi

Santé et performances

Prof. Dr. Alex Dommann

Ressources naturelles et polluants

Dr. Brigitte Buchmann

Energie

Dr. Peter Richner
Urs Elber

DIREKTION

Directeur général

Prof. Dr. Gian-Luca Bona

Suppléant

Dr. Peter Richner

Membres

Dr. Brigitte Buchmann | Prof. Dr. Alex Dommann | Dr. Pierangelo Gröning | Dr. Urs Leemann

DÉPARTEMENTS

Matériaux modernes et surfaces

Dr. Pierangelo Gröning

Centre de microscopie électronique

Dr. Rolf Erni

LABORATOIRES

Céramiques hautes performances

Prof. Dr. Thomas Graule

Technologie des assemblages et corrosion

Dr. Lars Jeurgens

Nanoscale Materials Science

Prof. Dr. Hans Josef Hug

Advanced Materials Processing

Prof. Dr. Patrik Hoffmann

nanotech@surfaces

Prof. Dr. Roman Fasel

Mécanique des matériaux et nanostructures

Dr. Johann Michler

Films minces et photovoltaïque

Prof. Dr. Ayodhya N. Tiwari

Polymères fonctionnels

Prof. Dr. Frank Nüesch

Génie civil et mécanique

Dr. Peter Richner

Construction routière/Etanchéités

Prof. Dr. Manfred Partl

Recherche appliquée sur le bois

Dr. Tanja Zimmermann

Ingénierie des structures

Prof. Dr. Masoud Motavalli

Mechanical Systems Engineering

Prof. Dr. Giovanni Terrasi

Multiscale Studies in Building Physics

Prof. Dr. Dominique Derome

Mechanical Integrity of Energy Systems

Prof. Dr. Edoardo Mazza

Center for Synergetic Structures

Dr. Rolf Luchsinger (PPP Empa – Festo)

Béton / Chimie de la construction

Prof. Dr. Pietro Lura

Building Energy Materials and Components

Dr. Matthias Koebel

Urban Energy Systems

Viktor Dorer

Materials Meet Life

Prof. Dr. Alex Dommann

Center for X-ray Analytics

Dr. Antonia Neels

Réseau fiabilité

Prof. Dr. Alex Dommann

Biomimetic Membranes and Textiles

Prof. Dr. René Rossi

Advanced Fibers

Prof. Dr. Manfred Heuberger

Particles-Biology Interactions

Dr. Peter Wick

Biointerfaces

Dr. Katharina Maniura

Transport at Nanoscale Interfaces

PD Dr. Michel Calame

Plateformes de recherche et de transfert du savoir et de technologie

NEST

Reto Largo

move

Dr. Brigitte Buchmann

ehub

Philipp Heer

Coating Competence Center

Dr. Lars Sommerhäuser

Académie Empa

Anja Pauling

Business Incubators glaTec

Mario Jenni

STARTFELD

Peter Frischknecht

International Research Cooperations

Prof. Dr. Gian-Luca Bona

Empa-Portal

portal@empa.ch

Tél. +41 58 765 44 44

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

Materials for Renewable Energy

Prof. Dr. Andreas Züttel (Antenne Sion)

Technologie et société

Dr. Patrick Wäger

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/controllers/achats

Heidi Leutwyler

Communication

Dr. Michael Hagmann

Ressources humaines

André Schmid

Marketing, transfert du savoir et de technologie

Gabriele Dobenecker

Real Estate Management

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 Saint-Gall
Lerchenfeldstrasse 5
Téléphone +41 58 765 74 74
Fax +41 58 765 74 99

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



Empa

Materials Science and Technology