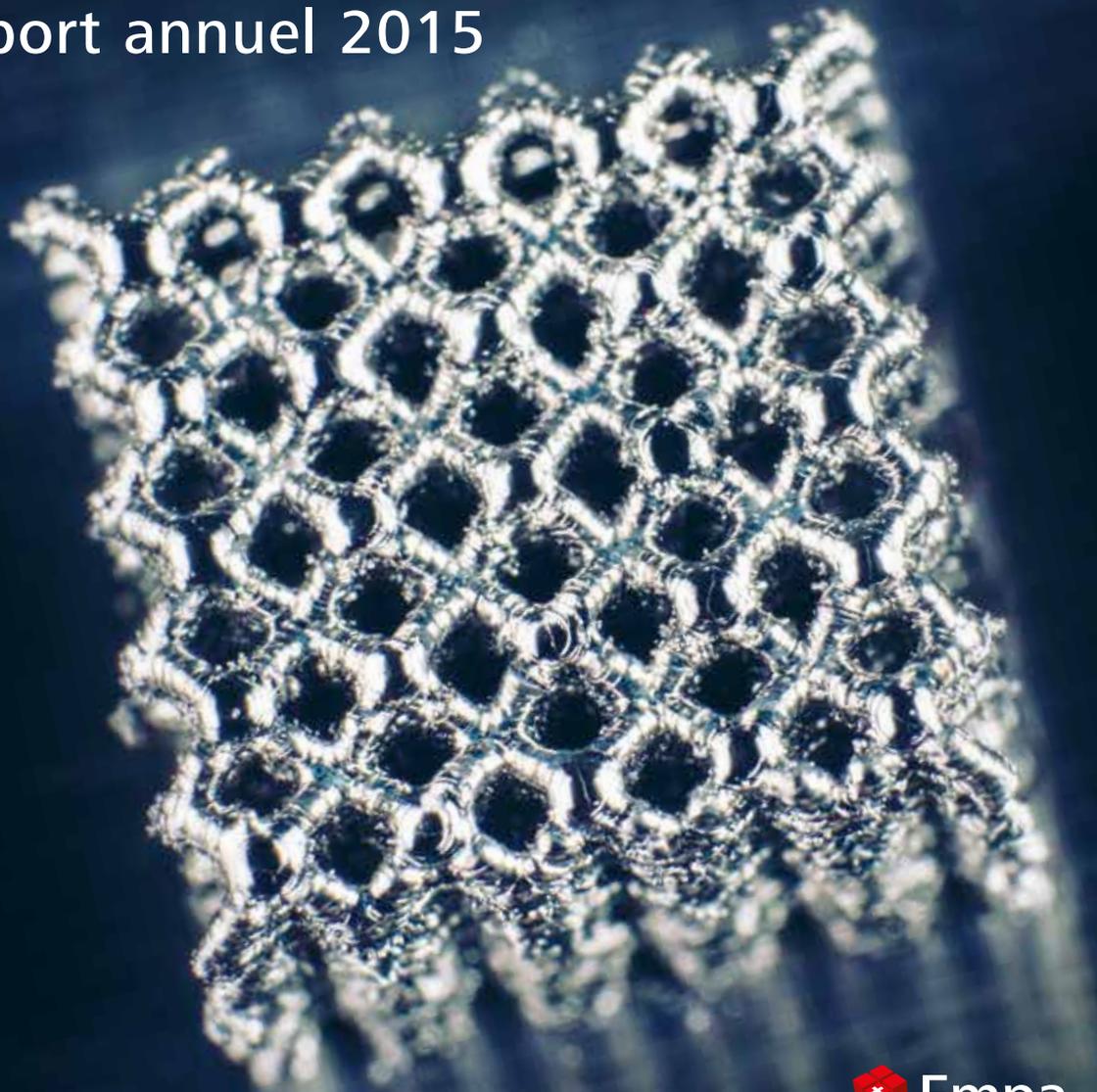


Rapport annuel 2015



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

51

Axes de recherche

75

De la recherche à l'innovation

103

Faits et chiffres

Photo page de titre: Cube d'aluminure de titane avec inclusions de particules céramiques réalisé par impression 3D. Sa faible masse volumique rend cet alliage intéressant, par exemple, pour les réacteurs d'avions mais il est toutefois difficile à usiner. Ce genre d'éprouvettes permet de déterminer quels sont les paramètres avec lesquels l'impression 3D fonctionne le mieux. Voir aussi page 10.

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

© Empa 2016 – ISSN 1660-2285 Rapport annuel Empa

ClimatePartner
climatiquement neutre

Impression | ID: 53232-1604-1003





Des plateformes de recherche qui accroissent la compétitivité de la Suisse

Il est généralement connu que l'économie suisse ne peut continuer à se développer avec succès et s'imposer sur un marché globalisé qu'avec des innovations, autrement dit des produits nouveaux que des clients sont prêts à payer. Les nouveaux développements issus de l'Empa reposent sur des technologies et des matériaux novateurs. Toutefois les ressources nécessaires pour les amener à leur maturité commerciale sont à ce point élevées que guère d'entreprises sont disposées à prendre ce risque, même si ces innovations reposent sur des bases scientifiquement fondées et connues. C'est ainsi que, par exemple, le développement des cellules photovoltaïques à couches minces a nécessité plus de dix ans pour que leur taux de conversion atteigne celui des cellules solaires au silicium. Pour cela, à côté de chercheurs persévérants, le soutien de subventions publiques fut indispensable – et même après la mise en exploitation avec succès d'une installation de production pilote, leur viabilité commerciale n'est encore aucunement assurée.

Pour faire passer les résultats de la recherche scientifique dans des applications durables, une collaboration étroite et un échange intensif entre chercheurs et représentants de l'industrie ont une importance fondamentale. Pour cela, nous avons créé à l'Empa différentes plateformes consacrées aux thèmes de la construction, de la mobilité, de l'énergie et des nouveaux procédés de fabrication. Là, les scientifiques mettent à profit leurs compétences pour lancer des projets en dehors de l'environnement protégé du laboratoire. Pour l'industrie, c'est un lieu où elle peut observer les développements les plus récents et y collaborer en apportant ses suggestions pour les adapter aux besoins du marché.

NEST est une plateforme dédiée à la construction. Ce bâtiment, qui comporte un noyau fixe et des modules interchangeables, permet de tester dans la réalité de nouvelles formes de

lo-caux d'habitation et de travail. Le démonstrateur de mobilité *move* sert à l'étude de nouveaux types de motorisation pour les moyens de transport individuels, tels que les véhicules à piles à combustible ou les voitures à gaz et électriques.

Ces deux plateformes, dans lesquelles notre recherche s'associe à celle de nombreux partenaires, ont débouché sur la création du hub énergétique *ehub*. Le *ehub*, qui préfigure l'approvisionnement énergétique du futur, sert à l'étude, à l'optimisation et au couplage des flux énergétiques entre les domaines de la mobilité et des bâtiments et permet ainsi d'étudier et de tester en pratique des solutions décentralisées pour notre futur énergétique.

Le Coating Competence Center (CCC), inauguré récemment, travaille sur de nouveaux revêtements et composants fonctionnels aux propriétés mécaniques et thermiques bien définies. L'accent porte ici sur le transfert rapide des résultats de la recherche et sur le passage à l'échelle industrielle, cela bien entendu toujours en étroite collaboration avec nos partenaires industriels. Le CCC développe des revêtements superficiels sur des installations quasi-industrielles ainsi que des poudres métalliques et céramiques pour l'impression 3D. Notre objectif à long terme est de transformer le CCC en un Center for Advanced Manufacturing, dans un partenariat public/privé, qui sera créé sur le Parc d'innovation suisse de Zurich à Dübendorf. La fabrication avancée, associée à l'internet des objets, est souvent dénommée *Industrie 4.0* – la quatrième révolution industrielle – dans laquelle les données virtuelles fusionnent avec des machines de production.

Avec ses quatre plateformes, l'Empa – grâce à son excellence scientifique – lance un pont entre la recherche et l'industrie et contribue ainsi à un transfert de savoir et de technologie efficace pour le renforcement de la compétitivité suisse.



Prof. Dr. Gian-Luca Bona, Direktor

01

Retardateur de flamme pour les jets d'affaire

Un nouveau revêtement protège l'aménagement intérieur des avions contre le feu. Ce retardateur de flamme est non seulement plus écologique que les produits utilisés jusqu'ici mais son application est encore plus aisée.

Page 45

Une œuvre d'art sonore dotée d'un cœur de l'Empa

L'artiste belge Aernoudt Jacobs a présenté lors de l'exposition «Kontinuum» à Vienne une œuvre d'art sonore qui utilise une technologie de l'Empa. A l'intérieur de cette œuvre se trouve une membrane en polymère électro-actif issue des laboratoires de l'Empa qui produit à la foi des réflexions lumineuses et des sons.



02

Une passion pour la recherche

Karl-Heinz Ernst et Oliver Gröning ont été nommés «Distinguished Senior Researcher», une nouvelle distinction attribuée aux scientifiques et ingénieurs dont les travaux ont contribué depuis des années à la réputation de l'Empa – que ce soit en recherche fondamentale ou dans les applications pratiques des résultats de celle-ci avec des partenaires industriels.



Recherche et tournant énergétique

Quelque 70 chercheurs de l'Empa, de l'EPFL, de la Haute école de Lucerne, de l'Université de Genève et de la Haute école spécialisée du nord ouest de la Suisse se sont réunis lors d'un atelier de travail du Centre suisse de compétence en recherche énergétique «Efficience énergétique des bâtiments et des quartiers du futur». Ils ont établis lors de cette réunion une feuille de route de recherche qui vise à réduire d'un facteur cinq la consommation d'énergie du parc immobilier suisse d'ici 2050.

03

L'énergie clé du futur

L'industrie automobile est aussi concernée par le tournant énergétique. A côté du développement de nouveaux types de motorisation, la mise à disposition des carburants correspondants joue un rôle central. Lors d'une réunion à l'Empa, des représentants de la politique, de l'industrie et de la recherche ont montré les voies possibles pour réussir ce passage.



Les douleurs dorsales – un problème de mécanique

En collaboration avec l'University of Pittsburgh et la Clinique universitaire de Balgrist, l'Empa a élucidé la mécanique du fonctionnement des vertèbres inférieures de la colonne vertébrale. Les chercheurs sont parvenus à montrer ce qui conduit à l'usure des corps vertébraux et des disques intervertébraux.

Page 24

04

Techtextil Innovation Award 2015



Une équipe de l'Empa a développé avec des partenaires industriels, une ceinture pectorale pour le monitoring continu des patients souffrant de troubles cardiovasculaires. Ce que cette ceinture ECG a de particulier: elle maintient elle-même son humidité – un point indispensable pour une saisie fiable des signaux. Lors du salon professionnel «Techtextil», cette ceinture a été récompensée par le prix Techtextil Innovation Award 2015.

Empa goes Bestseller

Le roman d'espionnage «Projekt Black Hungarian» aborde les développements actuels dans les domaines de l'électro-mobilité et de la sécurité informatique dans une histoire fictive qui se déroule en partie à l'Empa à Saint-Gall. Ce roman s'inspire d'événements qui se sont déroulés lors du rallye de voitures électriques WAVE 2013.

05

Le mystère des trous des fromages

L'institut de recherche Agroscope et l'Empa ont découvert que les trous que présentent certaines sortes de fromage proviennent de particules de foin qui libèrent des gaz lors de la fermentation des meules. Ces particules parviennent dans les seaux lors de la traite traditionnelle, ce qui explique aussi pourquoi certains fromages présentent toujours moins de trous: avec la traite mécanique le lait est de plus en plus «propre».



Des cellules solaires avec un taux de conversion de 25 pour cent

Le projet «Shark24» poursuit un objectif ambitieux: augmenter le taux de conversion des cellules photovoltaïques à couches minces au cuivre, indium, gallium et sélénium (CIGS) à 25 pour-cent – soit trois pour-cent de plus que le record actuel.

06

Rend propre, roule propre

L'Empa, l'EPFZ et Bucher Municipal ont développé dans un projet CTI la balayeuse à propulsion électro-hybride de l'avenir. Ce concept repose sur un moteur à gaz qui fournit de l'électricité à un moteur électrique. En comparaison avec les balayuses conventionnelles, elle consomme moitié moins d'énergie et ses émissions de CO₂ sont réduites de plus de 60 pour-cent.



Nouveaux partenaires de huit pays

L'Empa participe au European Nanomedicine Characterisation Laboratory (EU-NCL), un projet financé par le programme cadre de l'UE «Horizon 2020». L'objectif est d'atteindre une position internationale de pointe dans la caractérisation des nanomédicaments pour le traitement de maladies telles que les cancers, le diabète, les inflammations et les infections.

07

Ecobilans pour les produits industriels futurs



L'Empa a développé un programme d'ordinateur qui permet aux entreprises de simuler des scénarios de production – et d'éviter ainsi des erreurs d'investissement. Cet outil a permis, par exemple, de déterminer que les nanofibres des déchets de la fabrication de jus de carotte pourraient s'utiliser rentablement pour le renforcement de matières plastiques.

Le combustible décisif pour le bilan écologique

Les piles à combustible passent pour la technologie de l'avenir pour les voitures mais aussi pour le chauffage. Mais les piles à combustible sont-elles dans tous les cas plus écologiques. Une équipe internationale de scientifiques sous la direction de l'Empa est arrivée à la conclusion que c'est la durabilité de la production de l'hydrogène qui est le facteur décisif.

08

Voir et entendre les éoliennes projetées

Les éoliennes modifient le paysage et provoquent du bruit. En collaboration avec l'EPFZ, l'Empa a développé un programme de simulation qui permet de procéder à leur évaluation optique et acoustique – avant même que la première éolienne se dresse dans le paysage.



Des anesthésiques dans l'antarctique

En chirurgie, on utilise souvent des anesthésiques par inhalation, appelés furanes, qui sont aussi de puissants gaz à effet de serre. On ne sait pas trop à combien se monte leur quantité produite dans le monde, l'industrie se montrant peu loquace sur ce point. Une équipe l'Empa est maintenant parvenue pour la première fois à déterminer leur quantité effective à partir de mesures globales dans l'air, entre autres dans la station de recherche sud-coréenne de King Sejong dans l'antarctique.

Page 12

09

NEST: achèvement du gros-œuvre

Le bâtiment du futur prend forme: une année environ après le premier coup de pioche, le gros-œuvre du bâtiment modulaire de recherche et d'innovation NEST est achevé. Le 11 septembre 2015, les promoteurs de ce projet des milieux de la recherche, de l'économie et des instances publiques et ses autres partenaires ont fêté cet achèvement à Dübendorf.

Chauffer une tente avec son corps

Avec la start-up «Polarmond» et deux autres partenaires, les chercheurs de l'Empa ont développé un système de tente «all-in-one» auto-chauffant. Grâce à un système d'évacuation sophistiqué de l'humidité et à une régulation en continu de la température, il règne toujours un climat agréable dans cette tente.



10

Des chercheurs de l'Empa optimisent le diesel

Si l'on parvenait à «désazoter» efficacement les gaz d'échappement diesel avec une technologie de catalysation optimisée, on aurait alors des moteurs économes et plus propres. Des chercheurs de l'Empa ont étudié avec l'EPFZ et le Politecnico di Milano différents procédés d'injection de AdBlue dans le but de parvenir à une pulvérisation et à une répartition optimales de cette solution d'urée dans le flux des gaz d'échappement.

Page 18

Le «cancer» du béton décrypté

Lorsque des ouvrages en béton s'effritent, c'est souvent la RAG, la réaction alcali-granulat, qui en est la cause. Cette RAG, provoquée par la pénétration d'humidité dans le béton, endommage des ouvrages en béton dans le monde entier et rend nécessaire leur assainissement, voire parfois même leur remplacement. Des chercheurs de l'Empa et de l'Institut Paul Scherrer (PSI) ont pour la première fois décrypté la structure du produit de cette réaction – un premier pas vers le développement d'un antidote.

Page 27

11

«move» est ouverte

La plateforme de démonstration et de transfert de technologie «move» permet aux chercheurs de l'Empa de développer des concepts de motorisation de véhicules aux émissions de CO₂ significativement plus basses et de les tester dans la pratique. La source d'énergie utilisée est le courant électrique excédentaire des installations photovoltaïques et des centrales hydroélectriques. Ce courant permet d'une part de charger les batteries de véhicules électriques et d'autre part aussi de le transformer en hydrogène pour des véhicules à pile à combustible ou en méthane synthétique pour des véhicules à gaz naturel/biogaz.



12

La batterie super-écologique à «l'or des fous»

Des chercheurs de l'Empa et de l'EPFZ ont découvert une alternative aux batteries lithium-ions: la batterie à «l'or des fous». Elle se compose fer, de soufre et de magnésium – des éléments dont les ressources sont quasiment inépuisables.

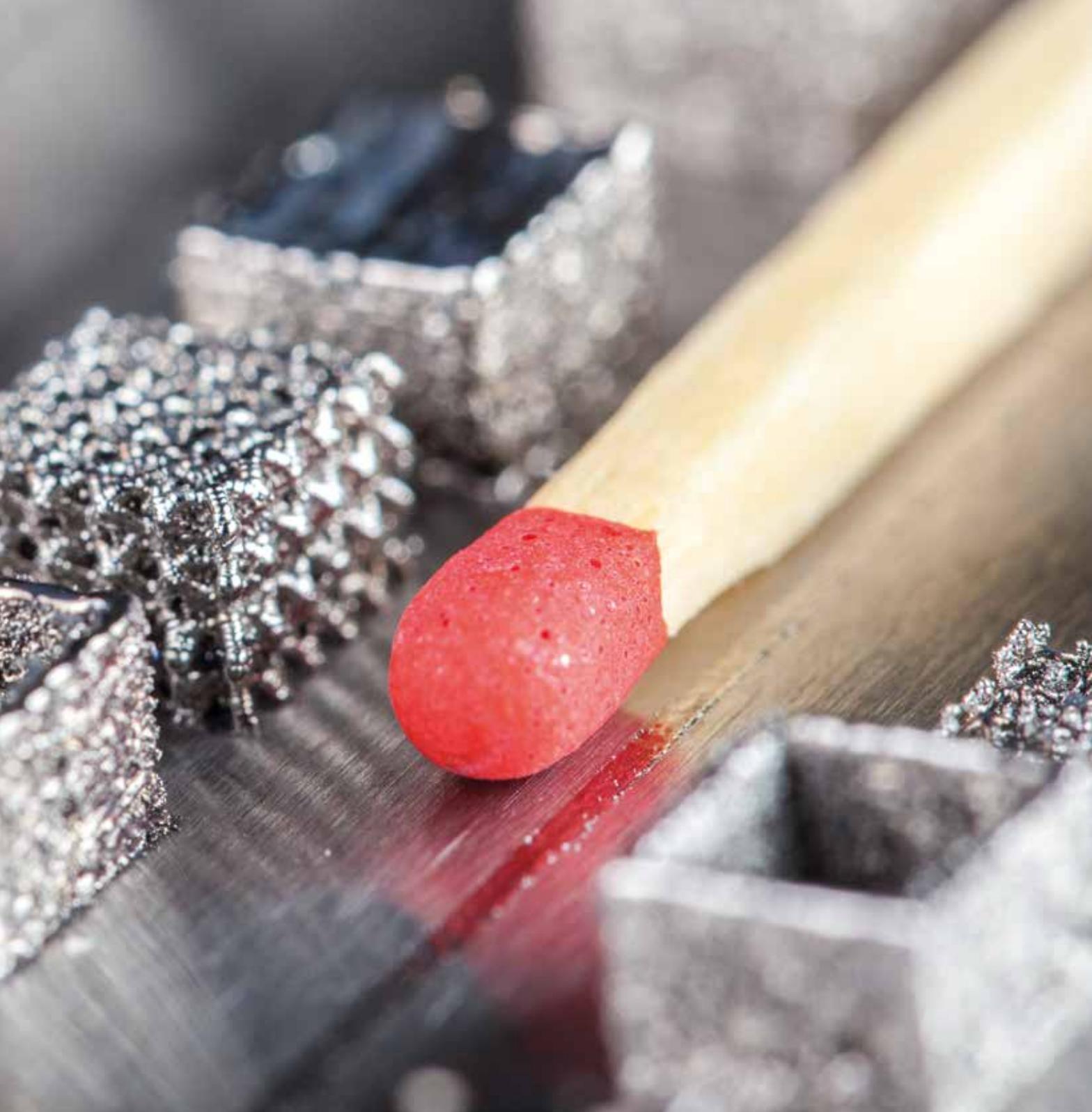
Page 30



Soutien pour la relève scientifique

Deux chercheurs de l'Empa – Rolf Erni, qui dirige le Centre de microscopie électronique, et Josep Puigmartí du laboratoire «Protection et physiologie» – ont obtenu chacun une bourse très recherchée du Conseil européen de la recherche et pourront ainsi poursuivre durant plusieurs années leur travaux de recherche de haut niveau. Erni a obtenu une Consolidator Grant de 2,5 Mio d'euros et Josep Puigmartí une Starting Grant d'un montant de 1,5 Mio d'euros.





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.

Des anesthésiques jusque dans l'Antarctique

Ils s'appellent desflurane, isoflurane et sévoflurane et vous plongent dans un doux sommeil pendant que les chirurgiens vous charcutent en salle d'opération. Mais ils ont aussi une face d'ombre: ils provoquent un réchauffement du climat terrestre et voyagent dans l'atmosphère même jusqu'à l'autre bout du monde. Un inventaire mondial des quantités effectivement émises de ces anesthésiques irait tout à fait dans le sens du protocole de Kyoto. Mais un tel inventaire se révèle plus difficile que l'on peut l'imaginer. Jusqu'ici on ne disposait que d'estimations obtenues par la méthode «bottom-up», avec laquelle on estime la consommation dans les hôpitaux à partir de laquelle on extrapole la production approximative.

Les chercheurs de l'Empa ont choisi la voie inverse «top-down». Ils ont analysé dans des échantillons d'air prélevés dans différentes stations les traces de ces anesthésiques administrés par inhalation et ont calculé à partir de là leur production mondiale. Les effets de cette production sur le climat correspondent à ceux qu'exercent environ trois millions de tonnes de CO₂. Au premier abord cela peut sembler beaucoup, mais à lui seul, le trafic automobile produit en Suisse à peu près trois fois plus de CO₂. Il s'agit donc là d'une quanti-

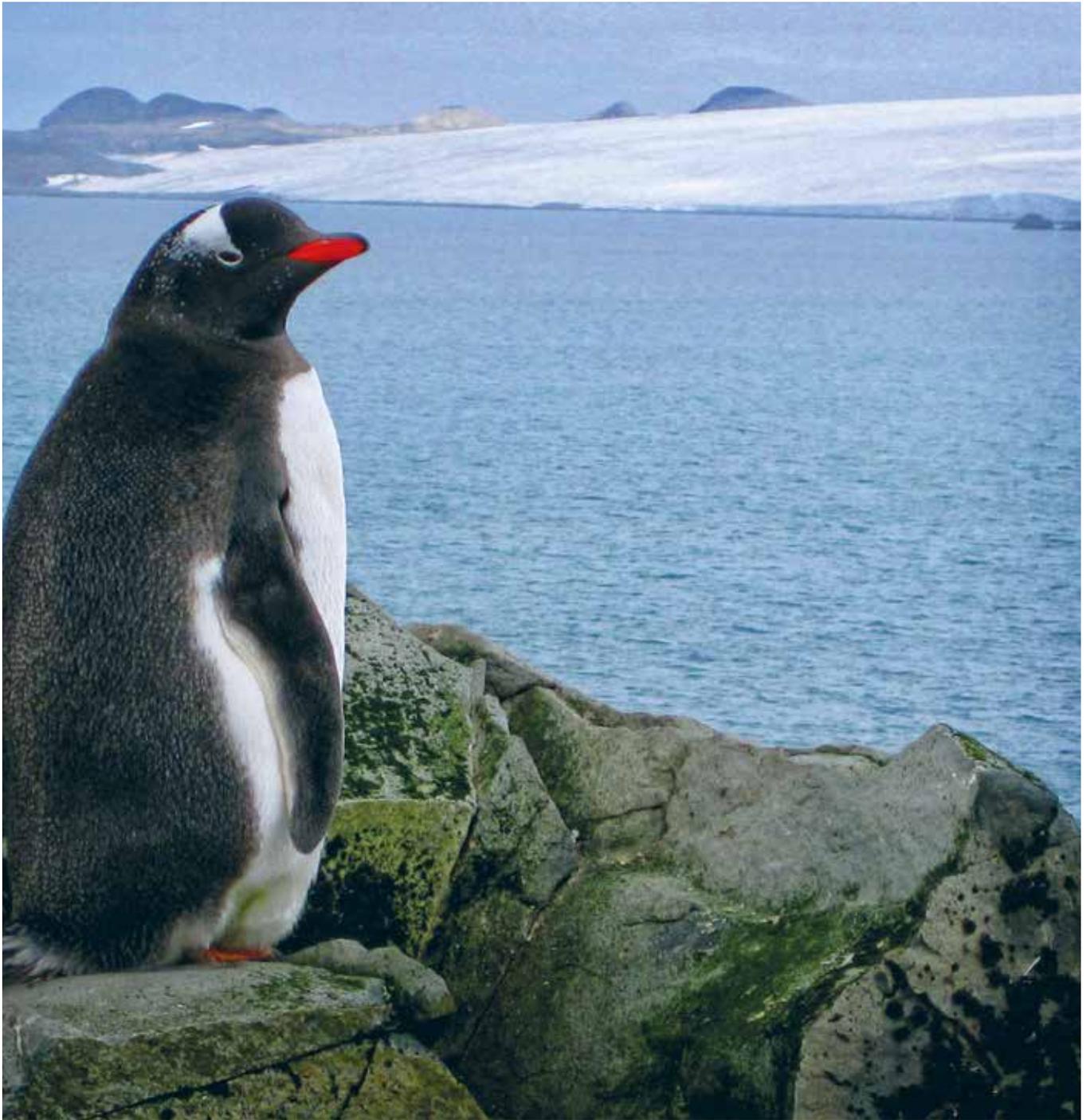
té de gaz à effet de serre comparativement faible qui parvient dans notre atmosphère à travers les salles d'opération. Cependant le desflurane avant tout est considéré comme particulièrement actif sur le climat et, avec une demi-vie d'environ 14 ans, il est particulièrement persistant, alors que le sévoflurane et l'isoflurane se décomposent en l'espace de «seulement» deux, respectivement trois ans.

Des mesures effectuées dans l'Antarctique ont de plus montré que ces substances parviennent jusque dans les régions les plus reculées du globe. Le voyage vers les pôles des gaz à effet de serre dure environ un à deux ans. Des chercheurs de l'Empa se sont rendus déjà deux fois à la station de recherche sud-coréenne de «King Sejong»

dans l'Antarctique pour y procéder à des mesures et prélever des échantillons d'air. Comme ceci est trop compliqué pour une surveillance continue, leurs collègues sud-coréens remplissent régulièrement des bidons d'acier avec de l'air et les envoient à Dübendorf. Pour ses analyses, cette équipe de l'Empa peut aussi avoir recours à une «archive d'air»; depuis 1978, des chercheurs australiens prélèvent en effet régulièrement de l'air dans l'atmosphère et le conservent pour des études futures.

2500

**fois plus puissante que le CO₂,
l'action de gaz à effet de serre
du desflurane.**



1

La station de recherche «King Sejong» est une station de recherche sud-coréenne située dans l'Antarctique. Elle se trouve sur l'île du Roi-George, à proximité de la péninsule Antarctique.

2

Le chercheur de l'Empa Martin Vollmer hisse les couleurs dans l'Antarctique. La station de «King Sejong» héberge des chercheurs du monde entier.



1



2

Contact
Dr. Martin Vollmer
martin.vollmer@empa.ch

Controverse sur la nécessité d'agir

Mais alors que faire du moment que l'on dispose de chiffres fiables et qu'il est même connu que ces substances n'apparaissent pas que dans les centres urbains – soit là où elles sont principalement utilisées – mais qu'elles voyagent aussi jusqu'au bout du monde? Ces fluorures sont produits depuis les années 1980 déjà et ils avaient déjà alors leurs partisans et leurs adversaires. Il s'agit là certes de gaz à effet de serre extrêmement puissants, mais leur quantité absolue est si faible qu'en fin de compte leur influence est quasi négligeable. Par contre les fluorures présentent de nombreux avantages en médecine humaine et vétérinaire. Les vétérinaires utilisent ces anesthésiques pour endormir rapidement et sans complication les animaux – par exemple pour les castrations. Ceci est bien moins cher qu'une narcose par injection. En médecine humaine, les coûts jouent un rôle moins important mais l'anesthésie par inhalation est plus agréable pour les patients.

Nous devons cependant demeurer conscients que l'utilisation locale de ces substances persistantes est visible même dans les régions les plus reculées et qu'elles présentent peut-être des effets que nous ne connaissons pas encore actuellement. Et, pour ce qui concerne le réchauffement climatique qui nous menace, on peut se demander s'il ne serait pas possible de développer des substances de remplacement moins nuisibles pour l'atmosphère. //

Utiliser au lieu de laisser perdre

Dans le cadre du programme national de recherche «Virage énergétique» (PNR 70), le Fonds national suisse (FNS) soutient le projet de recherche interdisciplinaire «THRIVE». Sous la direction de l'Institut de IBM Research-Zurich et de la Haute école technique de Rapperswil, des chercheurs de l'Empa, de l'EPF de Zurich, de la Haute Ecole d'Ingénierie et de Gestion du Canton de Vaud (HEIG-VD) et de l'Institut Paul Scherrer (PSI) développeront d'ici 2017, en commun avec des partenaires de l'industrie, une pompe à chaleur actionnée par les rejets thermiques. Par rapport aux pompes à chaleur à compression actuelles, cette technologie consomme nettement moins d'électricité et permet par ailleurs d'utiliser aussi efficacement les rejets thermiques pour la climatisation des immeubles.

Comme ces dernières fonctionnent avec de la chaleur et non d'électricité, cette technologie pourrait, d'une part, décharger le réseau électrique et, d'autre part, rendre utilisables les rejets thermiques provenant d'usines, de centrales électriques et de centres de calcul ou

encore des sources d'énergie renouvelables, telles que l'énergie solaire, la géothermie et la biomasse. L'utilisation à grande échelle de pompes à chaleur à adsorption, telles que celle qui doit être développée dans le projet «THRIVE», permettrait théoriquement d'atteindre d'ici 2040 une réduction de près de 65%

des besoins en électricité pour le chauffage et la climatisation et de près de 18% de la consommation de combustibles fossiles pour la production de chaleur.

Les pompes à chaleur traditionnelles prélèvent la chaleur dans l'environnement, dont la température atteint entre -5 et 15°C, par exemple dans le sol ou l'air, pour évaporer un réfrigérant dans un évaporateur. La vapeur formée est amenée dans un compresseur entraîné par un moteur électrique où elle est comprimée, ce qui provoque son échauffement. Dans

le condensateur placé en aval, la vapeur se liquéfie à nouveau et cède ainsi sa chaleur à un circuit de chauffage. Ce processus permet de produire aussi bien de la chaleur pour le chauffage de locaux que du froid, comme dans les réfrigérateurs.

1 800 000

**tonnes de CO₂, la réduction des
émission de ce gaz à effet
de serre réalisable d'ici 2040 avec
l'utilisation à grande échelle de
pompes à chaleur à adsorption.**

De la chaleur au lieu d'électricité

Les pompes à chaleur à adsorption fonctionnent de manière similaire. La grande différence réside dans le fait que le compresseur est remplacé par un échangeur de chaleur à adsorption, qui au lieu d'électricité utilise de la chaleur à partir d'une température de 60°C pour son entraînement. Au cours du processus d'adsorption, l'échangeur thermique à adsorption emmagasine des quantités considérables de vapeur de l'évaporateur et les condense, ce qui dégage de la chaleur. L'apport de chaleur externe provoque l'expulsion de la vapeur (désorption). La vapeur chaude ainsi libérée se liquéfie à nouveau dans le condensateur et la chaleur de condensation est transmise au circuit de chauffage. La pompe à chaleur à adsorption peut aussi bien chauffer que refroidir. Étant donné que la production de chaleur se fait de manière discontinue, un fonctionnement sans interruption nécessite au moins deux échangeurs de chaleur à adsorption travaillant en parallèle. De plus, elle peut utiliser comme réfrigérant de l'eau pure au lieu de réfrigérants industriels souvent peu éco-compatibles. Un autre avantage de cette technologie est



1

Contact

Dr. Matthias Koebel

matthias.koebel@empa.ch

1

Un échangeur de chaleur à adsorption en cours de test à l'Institut de technologie solaire et la Haute école technique de Rapperswil.



2

Le chercheur de l'Empa Lukas Huber charge un échantillon de résine polymère dans un four tubulaire où cette résine est transformée en carbone fonctionnel par pyrolyse.



qu'elle peut utiliser des sources de chaleur renouvelables, telles que les installations solaires thermiques, qui produisent typiquement de la chaleur à des températures allant jusqu'à 90 °C.

Utilisant la chaleur pour leur fonctionnement, les pompes à chaleur à adsorption se prêtent à de nombreuses applications intéressantes où l'utilisation des pompes à chaleur conventionnelles ne serait pas judicieuse. C'est ainsi que, par exemple, on pourrait utiliser les rejets thermiques des futures installations photovoltaïques concentrées ou des centres de calcul refroidis à l'eau chaude pour la climatisation d'immeubles de bureau ou d'habitation. //

Des gaz d'échappement diesel sans oxydes d'azote – est-ce possible?

Par rapport aux moteurs à essence, les moteurs diesel utilisent plus efficacement leur carburant – et émettent ainsi comparativement moins de ce gaz à effet de serre tels que le dioxyde de carbone (CO₂). Ceci, entre autres, parce que les moteurs diesel fonctionnent avec un excès d'air, on parle alors de fonctionnement en régime pauvre. Mais du fait de «l'excès d'oxygène» dans leurs gaz d'échappement il n'est toutefois pas possible d'utiliser sur les moteurs diesel le catalyseur 3 voies bien connu des voitures à essence capable de décomposer sur ces véhicules plus des 98% des oxydes d'azote (NO_x) toxiques.

Pour épurer tout de même les gaz d'échappement diesel de leurs oxydes d'azote, on a recours à un procédé développé à l'origine pour l'épuration des effluents gazeux des centrales thermiques. Il y bientôt dix ans qu'on a vu sur les routes les premiers camions équipés de catalyseurs utilisant cette technologie. Ce procédé utilise une solution aqueuse d'urée, commercialisée sous la dénomination de

«AdBlue», pour transformer les oxydes d'azote en azote gazeux inoffensif à travers différentes réactions chimiques dans un catalyseur SCR (en anglais «selective reduction catalyst») optimisé spécialement pour la réduction des NO_x. Sur les véhicules, l'AdBlue est transporté dans un réservoir spécial qui doit être périodiquement rempli, normalement lors du service du véhicule.

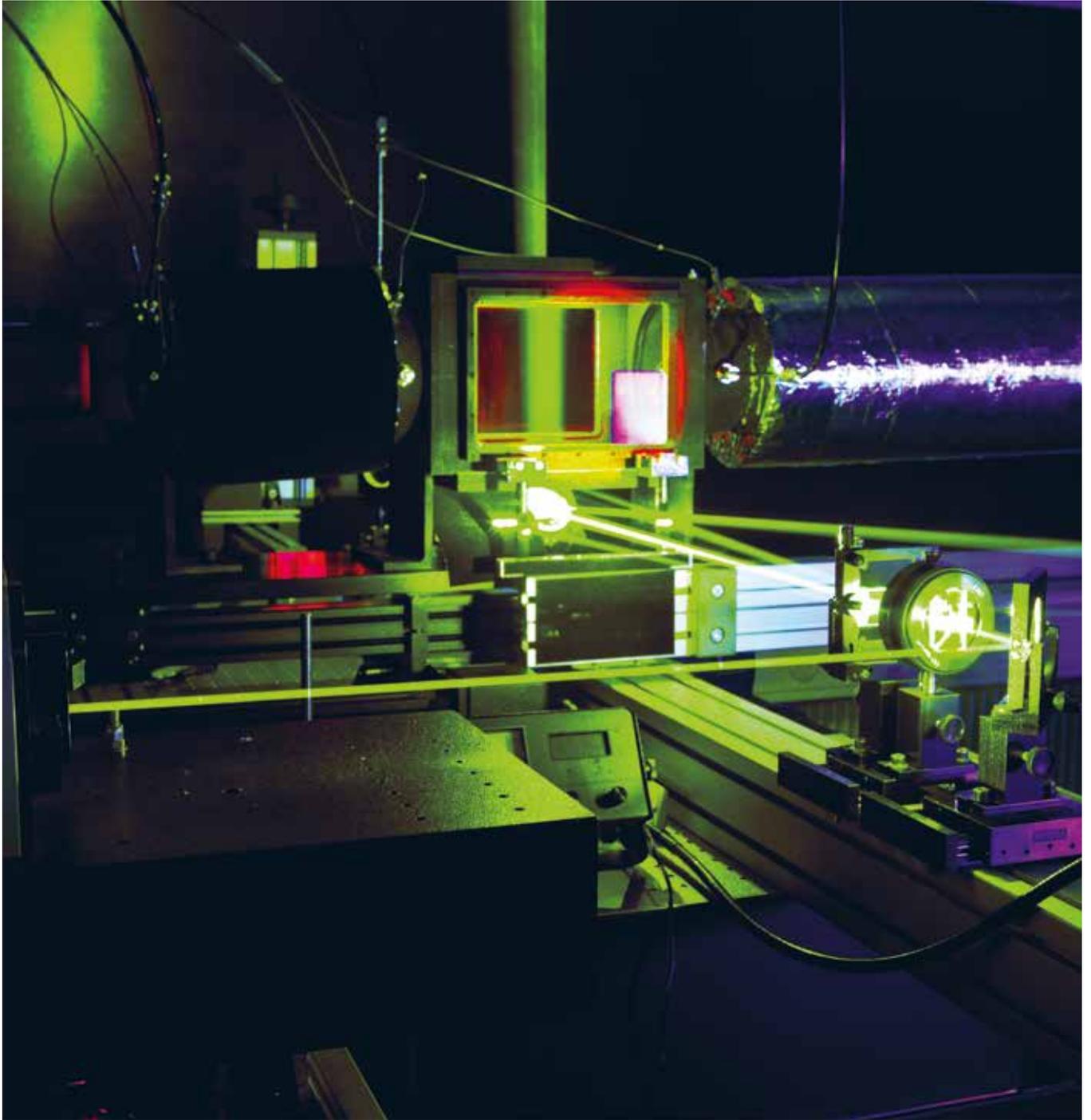
Les catalyseurs SCR sont toutefois notablement plus complexes que les catalyseurs 3 voies usuels des voitures à essence. Le dosage de la solution d'urée AdBlue, par exemple, doit être exactement adapté à la quantité d'oxydes d'azote rejetée par le moteur; avec un dosage trop faible, la réduction des NO_x prescrite par la législation n'est pas atteinte, alors qu'un dosage trop élevé provoque des émissions d'ammoniaque indésirables. A cela vient encore s'ajouter qu'aux températures inférieures à 200°C, l'AdBlue a tendance à former des dépôts qui obstruent à plus ou moins long terme le catalyseur SCR. C'est aussi pourquoi les catalyseurs SCR doivent être adaptés

90

pour-cent et plus, le taux de transformation que les systèmes SCR doivent atteindre en mode dynamique pour respecter la valeur limite de NO_x prescrite par la norme actuelle Euro 6.

1

Les instruments de mesure optique laser dont dispose le laboratoire des moteurs de l'Empa permettent d'optimiser les systèmes de réduction des émissions d'oxydes d'azote des moteurs diesel.



1

1

Une analyse réalisée dans le laboratoire des moteurs de l'Empa qui met en évidence la distribution plane de l'AdBlue dans les gaz d'échappement diesel (rouge = concentration élevée; bleu: faible concentration). L'idéal serait d'obtenir une concentration aussi régulière que possible de l'AdBlue.

Contact

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

Christian Bach
christian.bach@empa.ch

et optimisés spécifiquement pour les différents types de moteurs et les variations de charge attendues – autrement dit le mode de conduite – ce qui est très compliqué et par là aussi coûteux.

EURO-6: Pour la première fois égalité des prescriptions sur les NO_x pour l'essence et le diesel

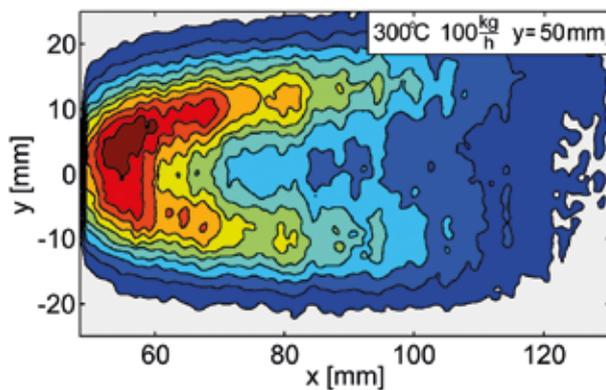
Les catalyseurs SCR ne sont utilisés que depuis peu sur les voitures de tourisme. Avec l'entrée en vigueur de la norme EURO-6 en septembre 2014, les mêmes valeurs limites de NO_x sont pour la première fois applicables aussi bien aux véhicules à essence qu'aux véhicules diesel; auparavant on avait toujours toléré en Europe des émissions de NO_x légèrement plus élevées sur les véhicules diesel.

Depuis quelques années, des chercheurs de l'Empa travaillent sur ces systèmes et ont équipé spécialement à cet effet

un laboratoire pour l'étude des fluides à haute température. Ils étudient actuellement différents procédés d'injection d'AdBlue dans le but d'obtenir une pulvérisation optimale et une distribution homogène de la solution aqueuse d'urée dans le flux des gaz d'échappement. Ils utilisent pour cela un équipement de mesure optique laser pour quantifier et visualiser les minuscules gouttelettes d'AdBlue dans le flux des gaz d'échappement et étudier leur vaporisation et leur transformation chimique.

Une meilleure compréhension technique pour des moteurs diesel propres

Les résultats expérimentaux ainsi obtenus sont utilisés en collaboration avec des collègues de l'EPF de Zurich et du «Politecnico di Milano» pour paramétriser des simulations sur ordinateur de l'injection d'AdBlue physiquement correctes et valider des modèles de simulation qui permettent de prévoir le taux de conversion d'un catalyseur dans différentes conditions de fonctionnement. Avec ces travaux, l'Empa contribue à réduire encore les émissions des gaz d'échappement diesel. Mieux on comprendra cette technologie dans ses moindres détails, plus les véhicules diesel deviendront propres sur la route. Ces projets sont soutenus par l'Office fédéral de l'environnement (OFEV) et le Centre de compétence énergie et mobilité (CEM) du Domaine des EPF et sont réalisés en collaboration avec différents partenaires industriels. //



1

8

ordinateurs mettent une semaine et demie pour calculer une simulation des processus qui se déroulent au niveau moléculaire dans les cellules du bois.

Le bois est l'un des matériaux de construction les plus anciens du monde. Toutefois pour l'adapter aux exigences des constructions modernes et comprendre le comportement des bâtiments et des œuvres d'art antiques, il est nécessaire de poursuivre l'étude de ses caractéristiques et de sa structure – et cela jusqu'au niveau moléculaire de ses parois cellulaires. Chose qui était jusqu'ici impossible. Avec les techniques les plus modernes et des ordinateurs ultra-rapides, des chercheurs de l'Empa sont cependant parvenus à développer en collaboration avec l'EPFZ des modèles informatiques des structures du bois qui leur permettent de simuler sur ordinateur les processus qui se déroulent au niveau moléculaire dans les cellules du bois. Ces chercheurs ont ainsi pu accéder à un univers qui restait jusqu'ici inaccessible même aux microscopes les plus puissants.

Cette équipe de l'Empa est parvenue à montrer à l'aide de la simulation dynamique moléculaire (MD) ce qui se produit lorsque des molécules d'eau (H_2O) pénètrent et sont adsorbées dans les parois des cellules du bois. Un phénomène qui fait gonfler le bois qui perd alors partiellement sa stabilité et devient poreux. Un effet bien connu mais qui a pu être observé maintenant pour la première fois au niveau moléculaire, ce qui a per-

mis de comprendre que cette porosité est due au fait que la pénétration des molécules d'eau détruit les ponts hydrogènes qui maintiennent la structure de la paroi cellulaire intacte à l'état sec.

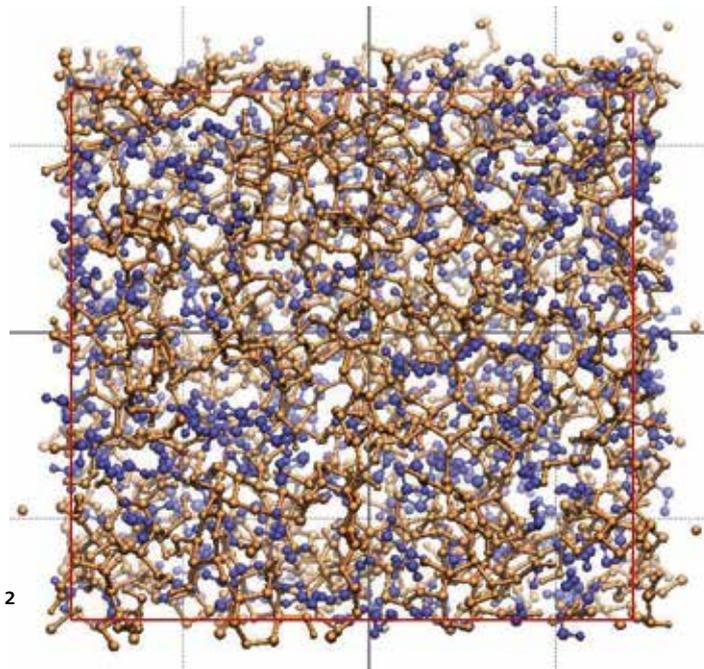
Un ordinateur plus puissant qu'un microscope

Mais comment un ordinateur peut-il rendre visible l'invisible? Le programme de simulation utilise une base de données qui renferme des informations sur un grand nombre de molécules et d'atomes ainsi que sur leur comportement et les forces qu'ils exercent. Pour l'analyse de la structure des parois cellulaires du bois dans un environnement humide, les chercheurs ont choisi parmi ces données celles de la cellulose cristalline et de l'hémicellulose amorphe, deux des composants des parois cellulaires du bois. Ils ont encore créé un algorithme simulant le comportement de la lignine et ont ajouté des molécules d'eau aux modèles de structure choisis pour leur simulation. Cette simulation sur ordinateur leur a permis de visualiser pour la première fois comment se comportent les différentes molécules dans les parois cellulaires du bois et de déterminer où migrent les molécules d'eau, comment elles s'accumulent à l'intérieur des parois cellulaires et diffusent dans le bois. Avec ces connaissances, les chercheurs obtiennent une vision détaillée du com-



1

© iStockphoto



1

Le bois est l'un des plus anciens matériaux de construction du monde. Pour l'adapter aux exigences des constructions modernes, il est nécessaire de poursuivre l'étude de ses caractéristiques et de sa structure.

2

Une des simulations réalisées sur ordinateur: on y voit les molécules de la cellulose amorphe (jaune) qui, avant l'adjonction d'eau, ne dépassaient pas le cadre rouge. Plus le nombre des molécules d'eau qui pénètrent dans le bois est élevé, plus les molécules de celluloses sont repoussées hors du cadre initial; le bois gonfle et se dilate. Si les molécules d'eau sont éliminées par séchage, les vides disparaissent et le bois retrouve ses caractéristiques.

portement hygrothermique du bois qui ouvre des possibilités totalement nouvelles pour modifier les caractéristiques de ce matériau et en optimiser ainsi la durabilité.

Une grande capacité de calcul – peu de travail de laboratoire

Les simulations MD ne sont cependant pas des essais de laboratoire. Alors qu'en laboratoire, le microscope permet d'observer directement certains processus, l'ordinateur ne fait que les simuler – ce qui implique que les données utilisées soient correctes, telles que celles des propriétés des différentes molécules. Le programme de base utilisé «GROMACS» étant un programme open source dont le code source est libre d'accès, les chercheurs de l'Empa ont dû développer eux-mêmes de nouveaux algorithmes pour leur étude, dont un pour calculer le comportement de chacune des différentes molécules en fonction des différents taux d'humidité. Les modèles MD ainsi développés concordaient de manière optimale avec les propriétés réelles du bois. Une fois toutes les données et paramètres entrés dans le programme, le calcul – qui peut durer jusqu'à dix jours – est lancé sur un cluster de huit ordinateurs travaillant en parallèle.

La simulation MD permet ainsi de simuler des phénomènes dont l'examen est inaccessible au microscope et aux essais de laboratoire. Les chercheurs sont parvenus, par exemple, à rendre hydrophobes les parois des cellules du bois. Avec la simulation développée par l'Empa on peut maintenant observer comment cette modification agit sur la structure et sur le comportement des différentes molécules. //

34

pour-cent, la charge supplémentaire exercée sur les disques intervertébraux en présence d'une certaine déformation héréditaire de la colonne vertébrale.

Les personnes atteintes de cette déformation présentent un risque notablement plus élevé d'un endommagement des disques intervertébraux.

En collaboration avec l'Université de Pittsburgh et la Clinique universitaire de Balgrist, l'Empa a élucidé la mécanique des vertèbres inférieures de la colonne vertébrale. Les chercheurs sont parvenus à démontrer comment se produit l'usure des corps vertébraux et des disques intervertébraux. Ce qui simplifie le choix de la thérapie la mieux appropriée.

Dans la majorité des cas, la relaxation et le renforcement de la musculature dorsale permettent de supprimer ces douleurs. Toutefois chez un patient sur sept, seule une opération peut soulager sa souffrance. Dans les cas graves, on bloque définitivement entre elles une ou plusieurs articulations intervertébrales avec un implant métallique qui rigidifie les vertèbres et les disques intervertébraux touchés (fusion intervertébrale). Le segment fixé s'ossifie et ne peut plus provoquer de douleur. Mais le soulagement qu'apportent ces opérations réparatrices ne dure que quelques années après quoi le problème s'étend aux vertèbres voisins. Mais alors pourquoi en est-il ainsi et comment l'éviter?

Modélisation du dos sur ordinateur

Dans une première étape, les chercheurs de l'Empa ont affiné leurs connaissances théoriques et un doctorant (M. Senteler) a alimenté pour cela avec les données géométriques de la colonne vertébrale de 81 personnes le programme d'ordinateur «Open Sim» - un programme de simulation de l'appareil loco-

teur humain développé par l'Université de Stanford. Ceci afin de reproduire avec la plus grande précision possible la biomécanique de la colonne vertébrale: est-ce qu'un disque intervertébral se comporte comme une articulation à rotule ou plutôt comme un palier élastique? Quelle influence exercent les muscles - la rigidité du palier élastique demeure-t-elle constante ou est-ce qu'elle varie selon l'angle de flexion? Pour cette modélisation, l'Empa a travaillé en collaboration avec la Clinique universitaire de Balgrist et l'Institut de biomécanique de l'EPF de Zurich (Prof. Dr. J. Snedeker).

Ce modèle du dos humain a montré que chez les personnes atteintes d'une certaine déformation, la charge exercée sur les disques intervertébraux à l'état sain augmente de jusqu'à 34



© iStockphoto

1

Avec le programme de simulation «Open Sim», les chercheurs de l'Empa calculent la distribution des forces dans le dos, par exemple lorsqu'une personne soulève une charge.

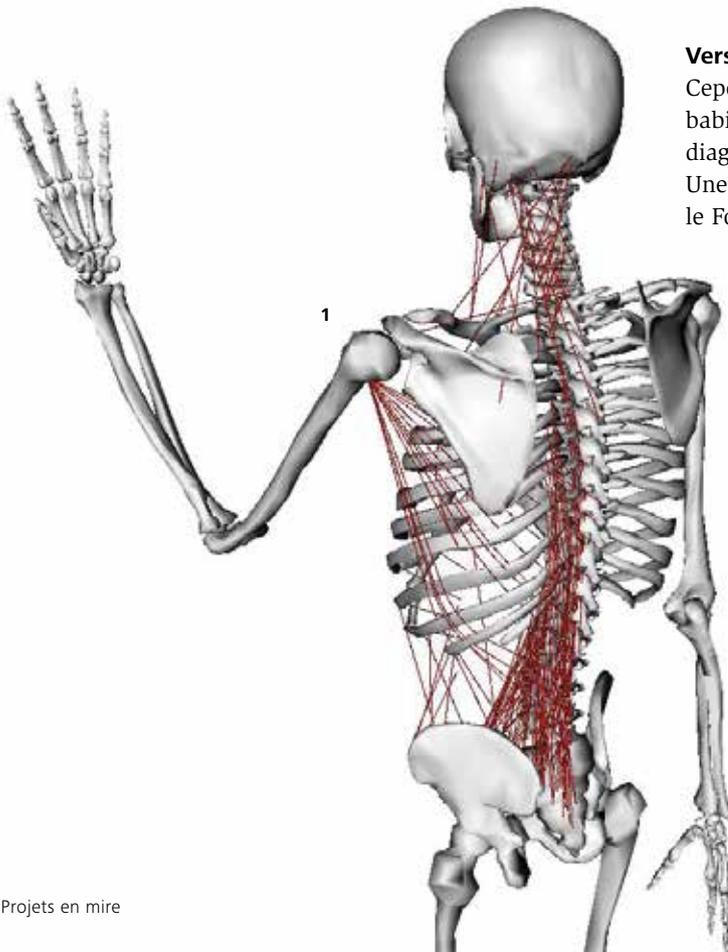
pour-cent. Si un disque intervertébral est défaillant et qu'on a procédé à une rigidification, la charge exercée sur les articulations voisines s'accroît encore et peut atteindre une valeur jusqu'à 45 pour-cent plus élevée que chez une personne exempte de cette déformation.

Vers des recommandations thérapeutiques individualisées

Cependant les chercheurs ne veulent pas qu'analyser des probabilités. Leur objectif est de poser pour chaque patient un diagnostic individualisé pour proposer la thérapie appropriée. Une coopération avec des scientifiques américains, financée par le Fonds national suisse (FNS), ouvre la voie dans cette direction. Des chercheurs de l'Université de Pittsburgh ont développé un système novateur de vidéo radiographique

3D dénommé «Digital Stereo-X-Ray Imaging» (DSX), capable d'enregistrer les mouvements de la colonne vertébrale avec une résolution temporelle de 250 images/seconde et une résolution spatiale de 0,2 mm.

La DSX est utilisée dans un premier temps pour étudier et comprendre le fonctionnement de la mécanique du dos sur l'homme sain. Par la suite, les chercheurs vont s'attaquer au problème de la spondylodèse (fusion intervertébrale). Pour cela, des patients seront filmés et analysés avec la DSX avant et après leur opération. Ceci permettra de déterminer la modification de la distribution des forces dans le dos provoquée par la fusion des vertèbres. Cette étude aidera à mieux comprendre l'usure des vertèbres et à localiser l'origine des douleurs. Cette analyse par ordinateur pourrait à l'avenir devenir un standard pour tous les patients ayant à subir une opération du dos. //



Le synchrotron aide à élucider le «cancer du béton»

Lorsque des ponts, des barrages ou des fondations en béton s'effritent, c'est souvent la RAG, la réaction alcali-granulat, qui en est la cause. Cette RAG, provoquée par la pénétration d'humidité dans le béton, endommage des ouvrages en béton dans le monde entier et rend nécessaire leur assainissement, voire parfois même leur remplacement. Des chercheurs de l'Empa et de l'Institut Paul Scherrer (PSI) ont pour la première fois décrypté la structure du produit de cette réaction – un premier pas vers le développement d'un antidote.

Lorsque le béton est touché par la RAG, le produit de cette réaction, un alcali-silicate de calcium hydraté, occupe davantage de place que les produits initiaux. Ceci provoque des fissures qui ne font que progresser et en quelques décennies le béton éclate depuis l'intérieur. Jusqu'à aujourd'hui la structure du produit de la RAG n'était pas connue. Dans la littérature scientifique on parlait souvent

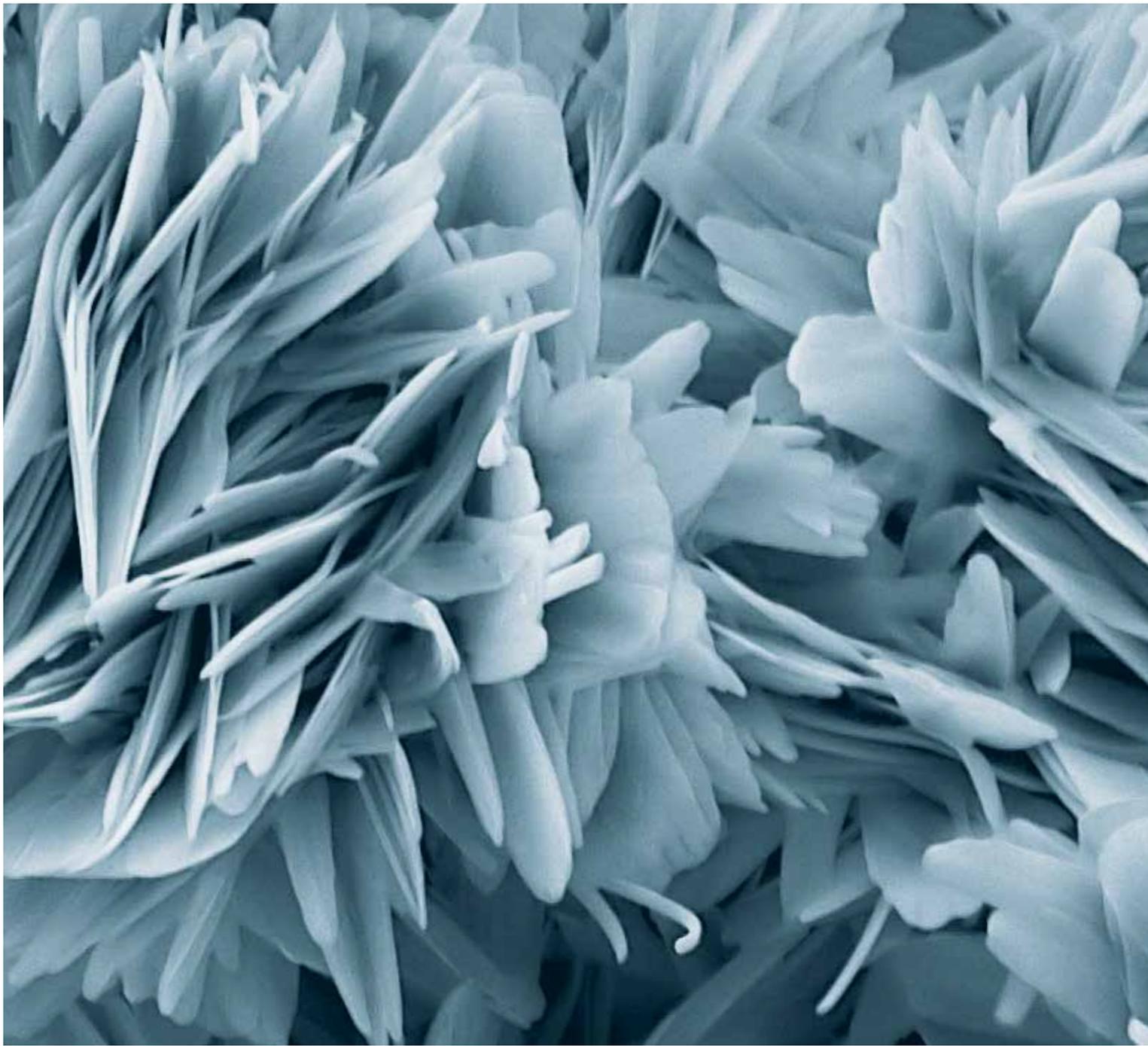
d'un gel. En collaboration avec leurs collègues du PSI et à l'aide du synchrotron SLS («Swiss Light Source») de cet institut, les

chercheurs de l'Empa sont maintenant parvenus à décrypter la structure de cette substance. Le résultat: cet alcali-silicate de calcium hydraté est de nature cristalline, avec une structure lamellaire de silicate jamais observée jusqu'ici. Les chercheurs de l'Empa se consacrent depuis longtemps déjà à l'étude de la RAG. En Suisse, nombre de ponts et jusqu'à 20 pour-cent des barrages sont touchés par ce phénomène. Les éprouvettes utilisées dans ce travail de recherche proviennent des fondations d'un pont en béton armé situé dans les Grisons construit en 1969. Les fragments de béton prélevés ont été poncés et polis pour obtenir des lames extrême-

ment minces de 0.02 mm d'épaisseur. Ces éprouvettes ont été analysées par diffractométrie dans la SLS avec un faisceau de rayons X extrêmement fin, 50 fois plus fin qu'un cheveu hu-

5 – 50

micromètres, la taille des canalicules du béton dans lesquelles le produit destructeur de la RAG s'accumule. Dans des espaces aussi étroits, une analyse aux rayons X classique de la structure est impossible. Il a fallu recourir au rayonnement X hautement focalisé de la SLS pour décrypter la structure de ces minuscules cristaux.



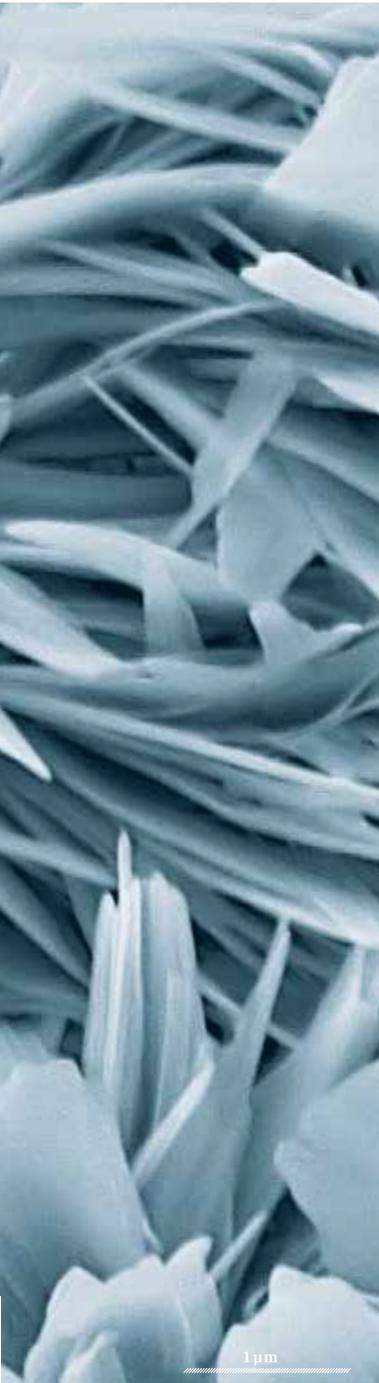
1

Contact

Dr. Andreas Leemann
andreas.leemann@empa.ch

1
Une destruction peut aussi avoir un aspect esthétique: micrographie électronique du produit de réaction de la RAG.

2
Le cancer du béton: macrographie de fissures du béton provoquées par la réaction alcali-granulat (RAG).



main. Ces mesures de diffraction et un traitement des données complexe ont finalement permis de déterminer la structure du produit de la RAG.

Les connaissances ainsi acquises pourraient éventuellement contribuer à maîtriser la RAG, aussi souvent appelée «cancer du béton». On peut, par exemple, concevoir une adjonction de substances organiques au béton pour réduire l'accumulation des contraintes. La découverte de cette structure cristalline pourrait constituer une base pour le développement de nouveaux matériaux. //

Super-éco: l'accumulateur à l'«or des fous»

La recherche d'accumulateurs peu coûteux pour le stockage de l'électricité est une affaire urgente: l'irrégularité de la production d'éco-courant solaire ou éolien amène souvent les réseaux de distribution à leur limite de charge, ceci proportionnellement à la part sans cesse croissante de la production de cette énergie renouvelable. Cette surproduction temporaire fait croître la demande d'accumulateurs intermédiaires peu coûteux qui puissent être raccordés à un «smart grid». Le nombre des voitures électriques qui doivent pouvoir recharger rapidement leurs batteries augmente lui aussi. Les puissants accumulateurs lithium-ion sont mal adaptés pour ce stockage intermédiaire car ils sont trop coûteux et les réserves de lithium ne sont pas inépuisables. Des chercheurs de l'Empa et de l'EPF de Zurich travaillent activement à la recherche d'une solution. Et ils ont trouvé une alternative: l'accumulateur à «l'or des fous», qui utilise du fer, du soufre, du sodium et du magnésium, des éléments peu coûteux et disponibles en masse, qui permettrait de construire d'énormes accumulateurs stationnaires dans les bâtiments ou à proximité de centrales électriques.

Sûr, durable et peu coûteux

Des chercheurs du groupe de Maksym Kovalenko, du laboratoire «Films minces et photovoltaïque» de l'Empa ont développé un accumulateur utilisant une anode en magnésium, un électrolyte à base d'ions de magnésium et sodium et une cathode formée de cristaux de pyrite – aussi dénommée «l'or des fous» – du fait de son aspect ressemblant fortement à celui de l'or. La pyrite est du sulfure de fer cristallin formé de fer et de soufre. Lors de la décharge de l'accumulateur, les ions sodium de l'électrolyte migrent dans la cathode et lors de sa recharge la pyrite cède à nouveau les ions sodium. Cet accumulateur, dénommé accumulateur hybride sodium magnésium, fonctionne déjà en laboratoire et présente plusieurs avantages: le magnésium est plus sûr que le lithium qui lui brûle très facilement. Et le prototype de laboratoire de cet accumulateur a déjà subi 40 cycles de charge/décharge sans perte de capacité – un résultat prometteur qui invite litté-

ralement à poursuivre l'optimisation de cet accumulateur.

Le plus gros avantage de cet accumulateur réside cependant dans le fait que ses composants sont très bon marché et

40
cycles de charge et
de décharge, c'est
ce qu'a supporté
en laboratoire sans
perte de puissance
le prototype de
l'accumulateur.

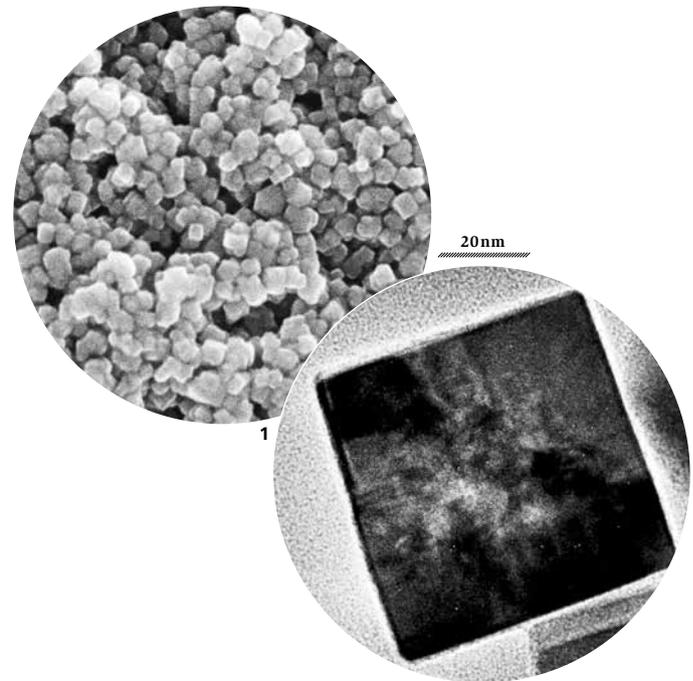
1

La clé du succès: la pyrite (l'or des fous) utilisée comme matériau de la cathode.
(photo: JJ Harrison/commons.wikimedia.org)



1

disponibles en quantités quasiment inépuisables: les nanocristaux de sulfure de fer peuvent être obtenus, par exemple, en broyant à sec du fer métallique et du soufre dans un broyeur à billes conventionnel. Le fer, le magnésium, le sodium et le soufre comptent parmi les éléments le plus abondants dans la croûte terrestre et viennent se ranger aux 4^e, 6^e, 7^e et 15^e rangs par ordre d'abondance. Un kilogramme de magnésium coûte ainsi moins de quatre francs, soit 15 fois moins que le lithium. On peut encore faire des économies lors de la fabrication de cet accu bas prix: les accumulateurs Li-ions demandent des feuilles de cuivre relativement chères pour récolter et conduire le courant. Sur l'accumulateur à l'or des fous, des feuilles d'aluminium bon marché suffisent. Et en améliorant encore l'électrolyte, la tension et la durée de vie de ces accumulateurs hybrides sodium-magnésium pourraient être encore augmentée. Pour cela il est extrêmement important de trouver des électrolytiques dont les concentrations en ions Mg et Na soient plus grandes. Un point décisif pour atteindre des densités énergétiques élevées par unités de masse de l'ensemble de la l'accumulateur. //



1

Micrographie électronique de nanocristaux de pyrite: le matériau utilisé pour la cathode de l'«accumulateur à l'or des fous».

Les déchets électroniques, une mine de matières premières

Qu'est-ce qui est moins cher et plus écologique: l'extraction de l'indium d'une mine ou sa récupération sur les écrans mis au rebut? Sur mandat de l'Office fédéral de l'environnement (OFEV), une équipe de chercheurs de l'Empa a étudié cette question et d'autres encore en relation avec le recyclage des métaux rares en collaboration avec la Haute école technique de Rapperswil, la Haute école spécialisée bernoise et le bureau d'ingénieur et de conseil Ernst Basler + Partner AG.

En Suisse, la reprise et le recyclage des appareils électroniques usagés sont assurés par SWICO, une association des fournisseurs de ces appareils. Ces appareils sont collectés, partiellement démontés manuellement, et ensuite broyés. La récupération proprement dite des métaux s'effectue à l'étranger dans des fonderies spécialisées. Sur les 36 métaux que renferment les déchets électroniques, environ la moitié est actuellement récupérée. Deux métaux rares importants n'en font jusqu'ici pas encore partie: l'indium, que renferment, par exemple, les écrans plats, et le néodyme que l'on trouve principalement dans les aimants des disques durs des ordinateurs.

Le procédé n'a de sens qu'avec un démontage manuel

Le désassemblage manuel des écrans présente des avantages décisifs par rapport au broyage mécanique et rend un procédé de récupération de l'indium écologique et économiquement

judicieux. Un recyclage de l'indium serait économiquement viable, c'est la conclusion à laquelle est arrivée une équipe de l'Empa. Toutefois tout dépend du traitement préalable des déchets électroniques. Bien que dans notre pays les salaires soient élevés, nombre d'appareils sont démontés manuellement afin d'accroître le taux de recyclage et ainsi le rendement économique. Ce démontage manuel permet d'obtenir une fraction mixte de matières plastiques et de verre qui

renferme un fort pourcentage d'indium. Ce mode de recyclage coûterait environ 19 centimes pour un appareil de télévision, environ 6 centimes pour un moniteur d'ordinateur et environ 4 centimes pour un ordinateur portable. C'est de ces montants qu'il faudrait augmenter la taxe anticipée de recyclage déjà perçue actuellement. Avec un traitement mécanique des appareils sans démontage antérieur, l'indium est réparti dans diffé-

36

métaux différents se retrouvent dans les déchets électroniques que produit notre société. Seule environ la moitié d'entre eux sont recyclés.

rentes fractions et sa récupération est nettement moins rentable. Dans ce cas la taxe anticipée de recyclage devrait être elle aussi plus élevée.

Du point de vue écologique, avec un démontage manuel, le recyclage fait approximativement jeu égal avec l'indium produit à partir de minerai. L'indium est certes rare mais comme c'est un sous-produit de l'extraction du zinc, ses coûts de production se situent actuellement encore dans des limites raisonnables. Toutefois si à l'avenir ce métal devenait à ce point rare qu'il faille l'extraire spécialement, cette méthode de recyclage serait nettement supérieure à une extraction minière. Un traitement uni-

quement mécanique des déchets électroniques sans démontage manuel préalable présenterait par contre de nets désavantages écologiques par rapport à la production primaire.

Le néodyme des aimants: recyclage écologiquement judicieux

Pour le néodyme aussi, le recyclage est écologiquement sensé. Selon les auteurs de cette étude, le recyclage de ce métal rare est de loin plus écologique que son extraction minière. Et ici aussi le démontage manuel des appareils réduit de 30 pour-cent la charge exercée sur l'environnement. Cela parce qu'avec le broyage mécanique, les aimants réduits en fragments adhèrent aux morceaux de fer présents dans les déchets. Pour éviter cela, les déchets électroniques doivent être chauffés avant le broyage afin de démagnétiser les aimants, ce qui consomme beaucoup d'énergie et provoque des émissions de polluants.

Les résultats de cette étude confirment que le recyclage de l'indium et du néodyme est écologiquement sensé. Malheureusement les grosses installations techniques nécessaires à la récupération de ces métaux font encore jusqu'ici défaut. Toutefois, ces résultats pourraient servir de base pour l'élaboration d'une stratégie future en Suisse. Il se pourrait ainsi que dans quelques années la responsabilité du fait du produit du fabricant puisse s'étendre aussi à la récupération des métaux techniques rares. //

2914,0 kg



1

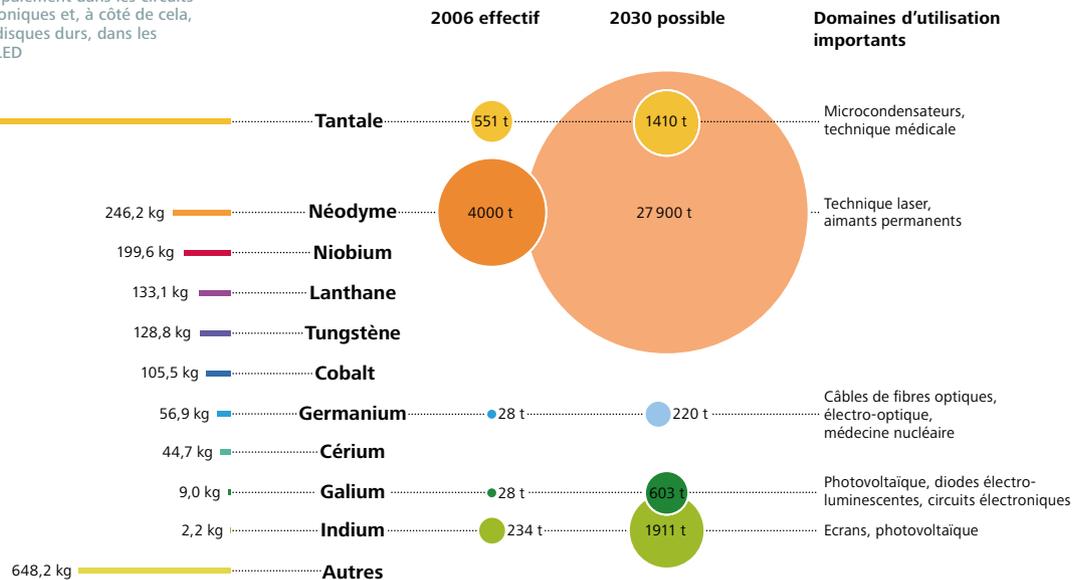
© iStockphoto

Métaux rares présents dans les déchets électroniques

Certains métaux rares ne sont pas recyclés en Suisse. Les circuits imprimés des appareils électroniques usagés collectés par année en Suisse en renferment environ ces quantités.

Ces métaux se trouvent principalement dans les circuits imprimés des appareils électroniques et, à côté de cela, dans les têtes de lecture des disques durs, dans les écrans plats et les ampoules LED.

2



1

Ce sont principalement les écrans tactiles qui recèlent des métaux dont la récupération vaut la peine.

2

Ce graphique montre pourquoi il est nécessaire de recycler les appareils électroniques usagés. Les métaux rares qu'ils renferment sont importants pour notre avenir. (Graphique: Beobachter/AS)

30

pour-cent des ponts sont en exploitation depuis plus de cent ans en Europe. Nombre d'entre eux devraient être assainis du fait de dégradations dues à la fatigue.

Toujours plus nombreux sont les ponts métalliques qui présentent des signes de fatigue. Les charges prises en compte dans leur calcul par les constructeurs de ponts du 19^e siècle ne représentent qu'une fraction de celles auxquelles ces ponts sont aujourd'hui soumis. Les véhicules actuels sont nettement plus lourds et le trafic plus intense et plus rapide. En conséquence, nombre de ponts ne peuvent plus être franchis que sur une voie ou doivent être interdits à la circulation. Des chercheurs de l'Empa ont trouvé une alternative moins coûteuse qu'un remplacement par une nouvelle construction en perfectionnant et adaptant une solution déjà bien établie pour le renforcement des ponts en béton, celle qui consiste à coller sur le béton, un peu comme un sparadrap, des lamelles très légères de polymère renforcé de fibres de carbone (PRFC). La propagation des fissures de fatigue est ainsi interrompue ou leur apparition est même empêchée. Toutefois les colles n'adhèrent que très mal aux surfaces métalliques corrodées ou sur les nombreuses couches de peinture inégales appliquées au cours des ans comme protection contre la corrosion. De plus la présence de rivets en de nombreux endroits empêche le collage de ces lamelles. Il n'est pas non plus possible de les boulonner car sur les ouvrages historiques, il est souvent interdit de procéder à des modifications irréversibles.

Renforcement des éléments porteurs.

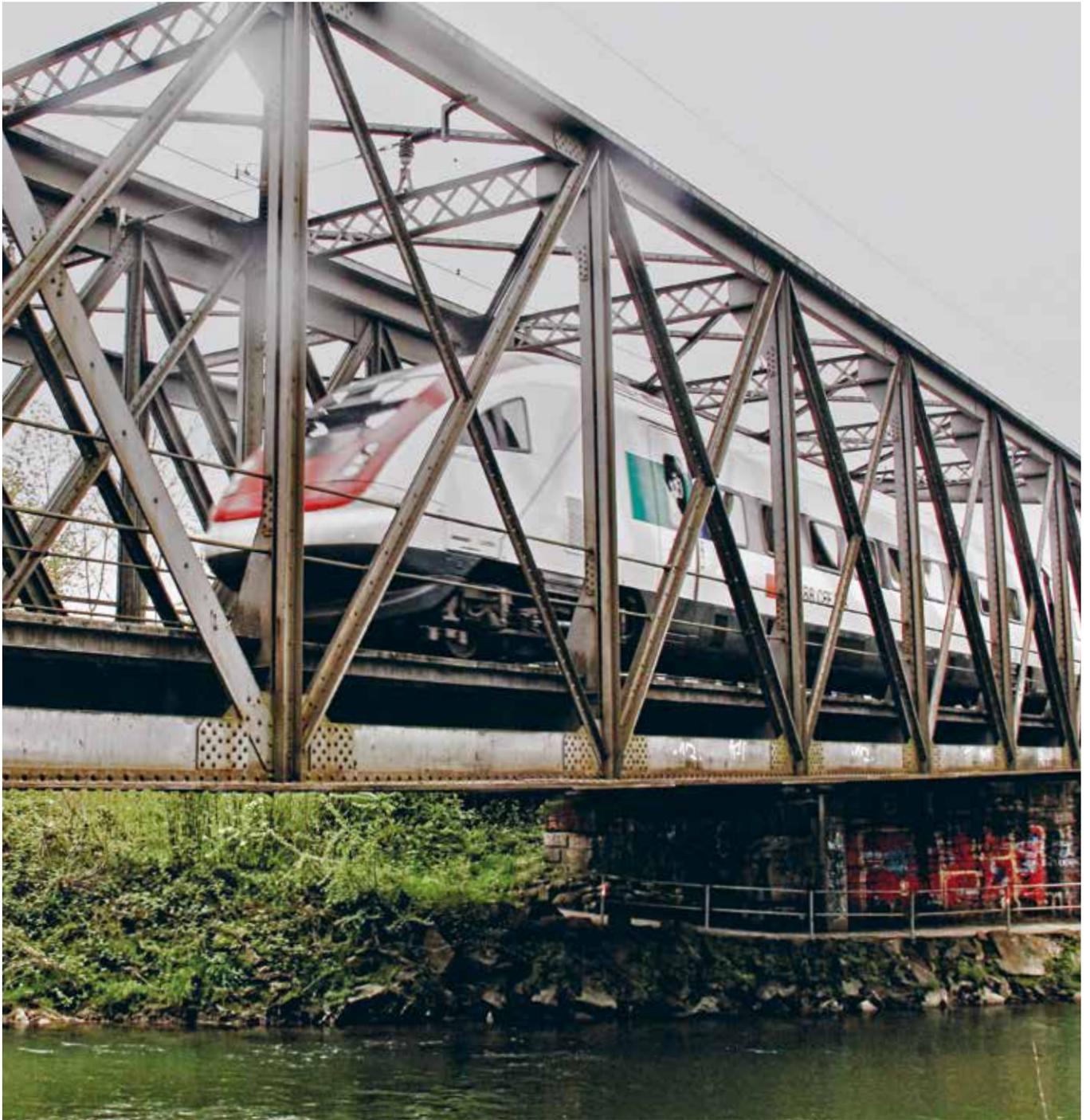
C'est cette situation qui se présentait pour le pont de Münchenstein, âgé de plus de 120 ans, dans le canton de Bâle

Campagne. Et malgré ces obstacles, les chercheurs de l'Empa ont trouvé une solution entre-temps brevetée. En collaboration avec les Chemins de fer fédéraux (CFF) et la firme S&P Clever Reinforcement AG, ils ont développé dans un projet CTI une méthode novatrice qui a permis de renforcer des éléments porteurs de ce pont au moyen de lamelles de PRFC précontraintes.

Ce nouveau système de renforcement PUR (de l'anglais «Prestressed Unbonded Reinforcement») a été appliqué sur deux des entretoises les plus sollicitées en fatigue. Pour cela, des lamelles de PRFC ont été fixées aux extrémités des entretoises puis mises en précontrainte au moyen d'une selle disposée au milieu de la poutre qui les écartait vers le bas. Une fois la précontrainte optimale atteinte, deux écarteurs trapézoïdaux ont été mis en place et la selle retirée. Si les charges attendues devaient augmenter à l'avenir, la précontrainte pourrait être réajustée en posant des écarteurs plus hauts; le système peut de plus être démonté sans problème. La preuve que ce renforcement de deux entretoises du pont de Münchenstein remplit bien sa tâche a été apportée par des mesures continues durant plusieurs mois avec un réseau de capteurs sans fil.

1

Le pont de Münchenstein est âgé de 120 ans. Il a retrouvé une nouvelle jeunesse grâce à son renforcement avec un procédé breveté utilisant des lamelles de PRFC.



1

Contact

Prof. Dr. Masoud Motavalli
masoud.motavalli@empa.ch

Dr. Elyas Ghafoori
elyas.ghafoori@empa.ch

Avec ce système PUR, les exploitants disposent maintenant d'une solution novatrice moins coûteuse et plus rapide que le remplacement d'un pont. Les phénomènes de vieillissement peuvent être réduits au point que, théoriquement, l'apparition de dommages de fatigue est repoussée à l'infini.

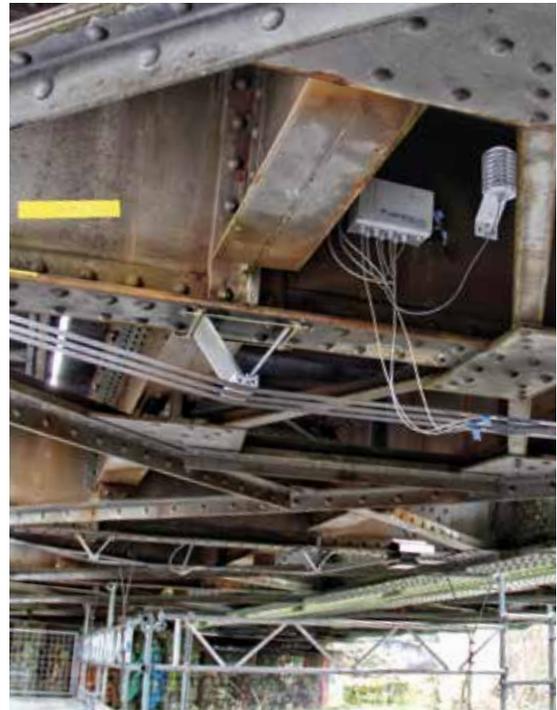
Fissures obliques et système PUR plat

Suite à ce succès, deux projets subséquents ont déjà démarré. L'un d'eux, financé par le Fonds national suisse (FNS), et réalisé en partenariat avec l'EPF de Lausanne, porte sur le renforcement d'éléments métalliques vis-à-vis de fissures sollicitées en mode mixte et les moyens d'empêcher leur progression ou même de les prévenir.

L'autre projet a débuté depuis peu en Australie. Financé par l'Australian Research Council et dirigé par la Monash University, il est consacré au renforcement des ponts métalliques rivetés. Ce projet est mené en partenariat avec la Swinbourne University, la firme S&P Clever Reinforcement AG ainsi que Vic-Roads, le service des routes de l'Etat de Victoria. Il a pour objectif le développement d'un système PUR plat qui puisse être utilisé sur des poutres où l'espace disponible n'est pas suffisant pour le système trapézoïdal breveté. En 2017, à la fin du projet, le «Chandler Bridge» à Melbourne, construit en 1889, devrait être renforcé avec le système développé par l'Empa. //

1

Vue de la face inférieure du pont de Münchenstein avec son renforcement d'une entretoise réalisé avec des lamelles de PRFC précontraintes.



1

Pourquoi des tiges filetées «inoxydables» se corrodent tout de même

Avec l'épandage de sel de déverglaçage sur les routes, des chlorures pénètrent dans les tunnels routiers et peuvent y attaquer des éléments de construction. C'est ainsi que les chercheurs de l'Empa ont découvert il y a environ trois ans, lors d'examen mandatés par l'Office fédéral des routes (OFROU), des signes d'un début de corrosion fissurante sous tension sur des tiges filetées de la suspension de la dalle intermédiaire du tunnel routier du Gothard. Aussi bien les experts de l'Empa que l'OFROU ne disposaient pas de valeurs expérimentales leur permettant de déterminer comment et dans quels délais la rupture de ces éléments pouvait se produire.

Ce qui était seulement clair, c'est que les chlorures attaquaient ce matériau résistant à l'eau et aux acides non oxydants, provoquant ainsi une diminution de la résistance à la traction de ces éléments qui – un jour ou l'autre – finiraient par se rompre. Une telle lacune de connaissances rend difficile la planification de mesures d'entretien. Par précaution, ces tiges filetées endommagées ont été remplacées en 2013 et transportées à l'Empa pour des examens plus approfondis.

Un dispositif de mise en traction «made by Empa»

En automne 2014, les laboratoires de l'Empa «Technologie des assemblages et corrosion» et «Mechanical Systems Engineering» ont lancé avec l'OFROU le projet «Quo Vadis» qui doit fournir dans le cours des dix ans à venir des informations sur le mécanisme de rupture des tiges provenant du tunnel du Gothard. Ces tiges sont en acier au chrome-nickel avec une

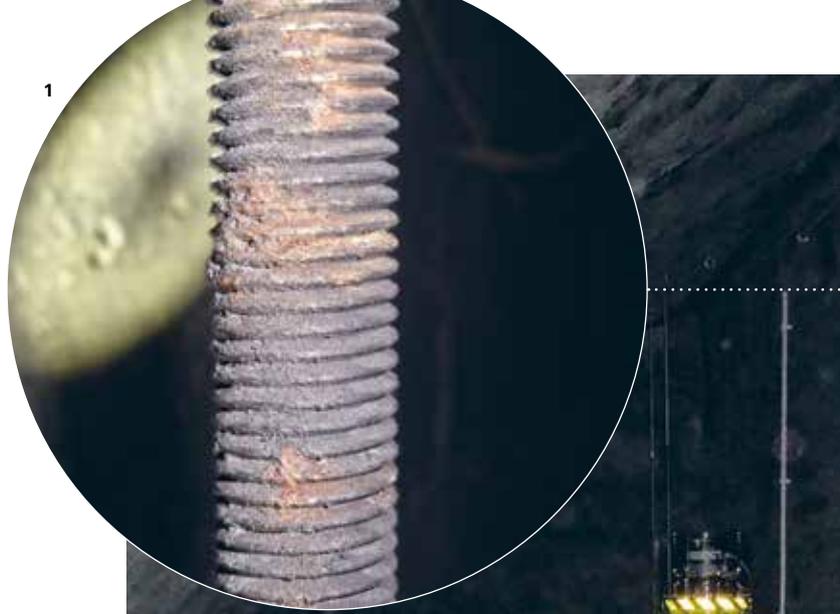
teneur en molybdène de deux pour-cent. Le molybdène, un métal blanc argent, contribue à la résistance à la corrosion de l'acier mais en augmente notablement le prix.

Pour cette expérience de longue durée, les experts de l'Empa ont monté sur chacun des dispositifs de mise en traction spécialement conçus à cet effet six tiges filetées pour les installer ensuite

dans le tunnel routier du Gothard. Là ces tiges ne remplissent aucune fonction dans la suspension de la dalle intermédiaire mais sont exposées aux conditions climatiques réelles régnant dans le tunnel. Les chercheurs ont alors appliqué des contraintes de traction de 120, 240 et 400 Mpa (lire mégapascal) sur ces

1
**tonne, le poids du dispositif d'essai
que les chercheurs de l'Empa ont installé
dans le tunnel routier du Gothard.**

1



tiges. 120 MPa correspondent à une charge de 1,7 tonnes et ainsi au poids que les tiges filetées de la suspension de la dalle intermédiaire doivent supporter dans le tunnel du Gothard. Trois dispositifs ont été équipés de tiges provenant du canal de ventilation du tunnel, un dispositif de tiges filetées neuves en acier zingué au feu et un avec des tiges en acier au chrome-nickel avec une teneur en molybdène de sept pour-cent. Sur chacun des dispositifs, un système de mesure enregistre la force appliquée et l'allongement des tiges filetées ainsi que la température et l'humidité relative régnant dans le tunnel. Ces données sont transmises jour après jour aux chercheurs de l'Empa à travers une liaison Internet. Tous les deux ans, les chercheurs prélèveront certaines tiges sur les dispositifs pour examiner la progression de la corrosion dans les laboratoires de l'Empa.

Il en va de la sécurité, mais pas seulement

Avec ces dispositifs, les scientifiques peuvent d'une part déterminer comment la corrosion progresse sur les tiges filetées originales et étudier si d'autres types d'acier se prêtent aussi ou même mieux à une utilisation dans le milieu chloruré des tunnels. Ici l'accent porte sur le comportement à la corrosion et ainsi sur la sécurité des tunnels. Mais des critères économiques peuvent aussi influencer le choix des matériaux. L'acier au chrome-nickel avec une teneur en molybdène de sept pour-cent est le plus résistant mais aussi le plus cher. Depuis une dizaine d'années ce matériau se voit généralement accorder la préférence par rapport à l'acier au chrome-nickel avec une teneur en

2





1
L'acier au chrome-nickel ne rouille pas. Mais sous l'influence des chlorures il se produit une corrosion des tiges filetée et ces tiges étant soumises à des contraintes de traction, il peut alors de produire une corrosion fissurante sous tension.

2
18 des 24 tiges testées étaient auparavant en utilisation dans le tunnel routier du Gothard avant que l'OFROU ne procède à leur remplacement suite à un début de corrosion fissurante sous tension. Avec leurs dispositifs de mise sous contrainte de traction, les chercheurs de l'Empa ont étudié la progression de ce phénomène de corrosion.

3
Les scientifiques de l'Empa ont équipé chacun des dispositifs de mise sous contrainte de traction d'un système de mesure qui enregistre la force de traction et l'allongement des tiges filetées ainsi que les données climatiques et transmet ces données à l'Empa via Internet.

Contact

Dr. Martin Tuchschnid
martin.tuchschnid@empa.ch

molybdène de deux pour-cent. L'acier zingué au feu est le meilleur marché des trois matériaux utilisés dans cet essai d'exposition en milieu chloruré mais on manque d'informations suffisantes sur son comportement à la corrosion pour pouvoir déterminer s'il répond aux exigences de sécurité applicables en Suisse dans les tunnels routiers.

Sécurité des tunnels mais aussi de la planification des mesures d'entretien

Après l'achèvement de cet essai d'exposition et l'évaluation de ses résultats, les chercheurs de l'Empa et les responsables de l'OFROU disposeront d'informations sur le comportement à la corrosion d'aciers inoxydables fortement alliés avec différentes teneurs en molybdène et de l'acier zingué au feu. En particulier, ils connaîtront les facteurs – tels que la contrainte de traction, les conditions climatiques sur place, le temps ou la concentration des gaz d'échappement – qui influencent la progression de la corrosion fissurante sous tension. Ces connaissances devraient permettre à l'OFROU de mieux planifier les mesures d'entretien nécessaires à la sécurité des tunnels. Il en découlerait de plus des avantages économiques dans la construction et l'entretien des tunnels si l'acier zingué au feu comparativement meilleur marché pouvait s'utiliser sans aucune concession à la sécurité. Et avec leurs connaissances sur le mécanisme de rupture des tiges filetées en acier, les chercheurs de l'Empa viennent combler, au moins partiellement, une lacune dans un domaine important tant sur le plan scientifique qu'économique et sociétal. //

L'approvisionnement énergétique de la Suisse est en passe de subir un changement profond imposé par le tournant énergétique. Comme une grande partie de l'énergie consommée en Suisse est imputable aux bâtiments, l'Empa travaille activement à faire diminuer la consommation d'énergie des bâtiments existants et futurs. C'est aussi

pourquoi elle participe aux pôles de compétence interuniversitaires en recherche «Competence Centers for Energy Research» (SCCER) de la Commission pour la technologie et l'innovation (CTI) et assume la direction du pôle «Future Energy Efficient Buildings & Districts» (FEEB&D), auquel participent aussi l'EPFZ, l'EPFL, la Haute école spécialisée de Lucerne, l'Université de Genève et la Haute école spécialisée du Nord-Ouest de la Suisse. L'objectif de ce pôle de recherche est de réduire d'un facteur trois la consommation du parc immobilier suisse dans les prochaines décennies avec des bâtiments efficients, intelligents et connectés en réseau.

Jusqu'ici les flux d'énergie des bâtiments étaient déterminés au moyen de calculs simplifiés. Mais ce genre d'approximation n'est plus de mise car les bâtiments devront présenter

20

modules de logiciel ont déjà été développés par les chercheurs de l'Empa. Ces modules permettent de simuler les flux d'énergie dans les bâtiments existants et planifiés.

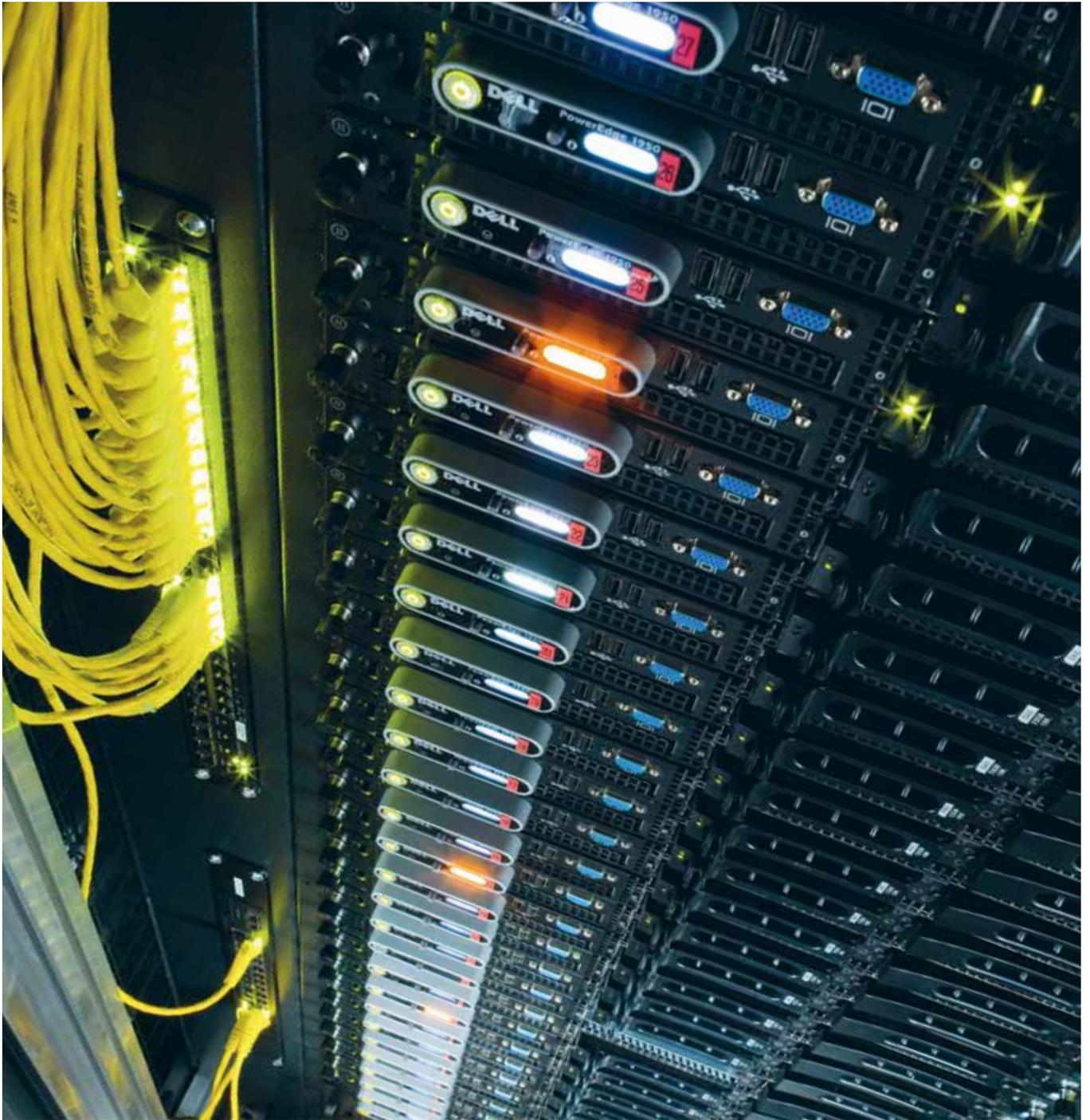
une efficacité énergétique nettement accrue par rapport au niveau actuel – voire même fournir de l'énergie. Afin de pouvoir simuler et optimiser les flux d'énergie dans les bâtiments futurs, des chercheurs de l'Empa ont développé plusieurs modules de programme de calcul librement combinables entre eux.

Un hub énergétique réduit les émissions de dioxyde de carbone

Une telle simulation est recommandée lors de la construction d'un nouvel immeuble ou d'un nouveau quartier. Pour ne pas équiper chaque immeuble de son propre système de chauffage ou de stockage d'énergie, plusieurs immeubles peuvent se partager cette infrastructure. Dans l'avenir, les bâtiments pourront être reliés entre eux à travers un hub énergétique qui stockera l'énergie, la convertira et la distribuera à nouveau aux utilisateurs. Le logiciel des chercheurs de l'Empa assure fiablement à chaque bâtiment son approvisionnement en électricité, en chaleur et en froid. Un tel mode d'approvisionnement énergétique permet une réduction massive des coûts et des émissions de dioxyde de carbone.

1

Avec leur «ferme d'ordinateurs» Ipazia, les chercheurs de l'Empa procèdent aux calculs pour leurs projets les plus divers et simulent, entre autres, les flux d'énergie dans des bâtiments et des quartiers entiers.



1

Contact

Dr. Ralph Evins
ralph.evins@empa.ch

Dr. Andrew Bollinger
andrew.bollinger@empa.ch

Si, de plus, le quartier est relié à des installations éoliennes et solaires, cette énergie est tout d'abord acheminée vers le hub. Le logiciel décide ensuite où cette énergie peut être utilisée (ou stockée) au mieux et le plus efficacement. Si ces installations éoliennes ou solaires produisent beaucoup d'électricité, la chaudière ou le système de chauffage peuvent être mis en fonction avant que la température minimale fixée ne soit atteinte. Aujourd'hui la gestion de la chaleur de chaque logement est réglée individuellement. La simulation permet aussi aux chercheurs de calculer la consommation d'énergie à l'échelle d'un quartier et finalement d'en optimiser la construction.

Combiner plusieurs modules

Les chercheurs de l'Empa n'ont pas voulu développer un seul programme complexe car un tel programme est lourd à utiliser et à tenir à jour. Au lieu de cela, ils ont développé plusieurs petits modules, consacrés chacun à une tâche spécifique, qui peuvent être reliés librement entre eux. Ceci implique une bonne organisation et c'est pourquoi les chercheurs ont aussi créé sur le web la plateforme «Holistic Urban Energy Simulation» (HUES) qui héberge ces logiciels. Les développeurs peuvent y déposer leurs programmes les plus récents. En plus de cela cette plateforme offre une certaine transparence. Cha-

cun peut voir ce qui a déjà été fait en recherche sur l'énergie – en particulier les bureaux d'ingénieurs et d'architectes. Car c'est eux qui devraient utiliser les logiciels mis à disposition sur HUES pour projeter et réaliser à l'avenir des bâtiments présentant une meilleure efficacité énergétique. //



1

Les modules de logiciel développés par les chercheurs de l'Empa permettent de simuler les flux d'énergie dans les bâtiments existants ou projetés et aussi dans des quartiers entiers.

(Photo: iStockphoto)

Retardateur de flamme écologique pour les jets d'affaires

L'intérieur des jets d'affaires doit être luxueux, c'est ce que désire une clientèle très aisée, alors que le mobilier des cabines doit être incombustible, comme l'exigent les autorités de la sécurité aérienne. Et lors de son réaménagement, un jet ne doit pas rester trop longtemps immobilisé dans un hangar, car cela coûte (inutilement) cher. Depuis 1977, l'équipementier aéronautique suisse Jet Aviation rénove ou réaménage les cabines d'avions d'affaires pour des clients du monde entier. L'application d'un apprêt ignifuge sur le mobilier léger de ces avions nécessitait jusqu'ici plusieurs opérations successives qui impliquait une longue immobilisation des avions au sol. La question posée était: n'est-il pas possible d'accélérer cette application?

Un cas pour Sabyasachi Gaan, qui développe entre autres à Saint-Gall de nouveaux ignifugeants pour les matières plastiques. Après de nombreux essais de laboratoire, Gaan et son équipe ont finalement trouvé le revêtement qui convenait à Jet Aviation: ce nouveau retardateur de flamme est plus écologique que celui utilisé auparavant – il est en effet exempt de composés chlorés et bromés nocifs et il ne se laisse

pas délayer grâce à son poids moléculaire très élevé. D'où un avantage supplémentaire: il ne s'évapore pas et ne provoque ainsi pas d'odeurs désagréables émanant du nouveau mobilier des jets.

Une seule application suffit

L'équipe de l'Empa est aussi parvenue à assurer l'économie de temps désirée dans l'aménagement de ces machines coûteuses: ce nouveau retardateur de flamme ne demande qu'une seule application au lieu de plusieurs couches successives. Ce qui supprime de nombreuses heures de travail et de longs temps de séchage, le jet réaménagé et ignifugé roule plusieurs jours plus tôt vers la piste de décollage. Ce projet lancé en 2012 a été cofinancé par la Commission pour la technologie et l'innovation

(CTI) dans le cadre des mesures d'accompagnement contre le franc fort. Ce procédé a en entre temps été breveté.

Le chef de projet Sabyasachi Gaan pense déjà à l'avenir car ce retardateur de flamme pourrait aussi s'utiliser sur d'autres matériaux.

200 – 500

**micromètres seulement, l'épaisseur
du revêtement appliqué sur le bois.**

Avec des modifications appropriées, ce nouveau retardateur de flamme écologique pourrait encore faire carrière dans d'autres domaines, les chercheurs pensent qu'il pourrait aussi servir pour l'apprêtage ignifuge de textiles, de meubles en bois ou encore pour les revêtements des parois et des plafonds dans les bâtiments. Dans une prochaine étape, ils vont donc se consacrer à l'étude des ces possibilités. //



1





2

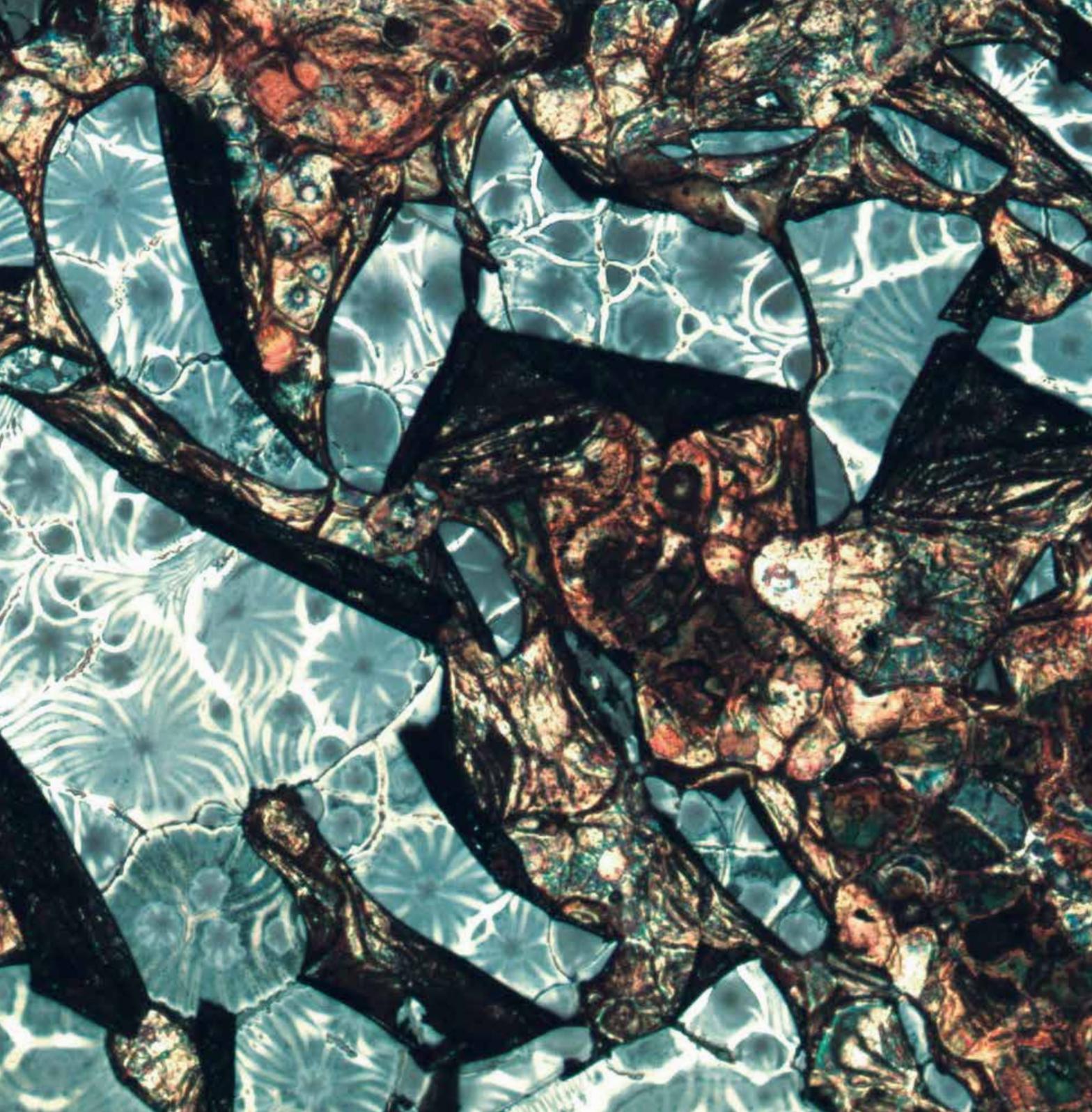
1
L'aménagement intérieur des jets privés utilise souvent beaucoup de bois précieux.

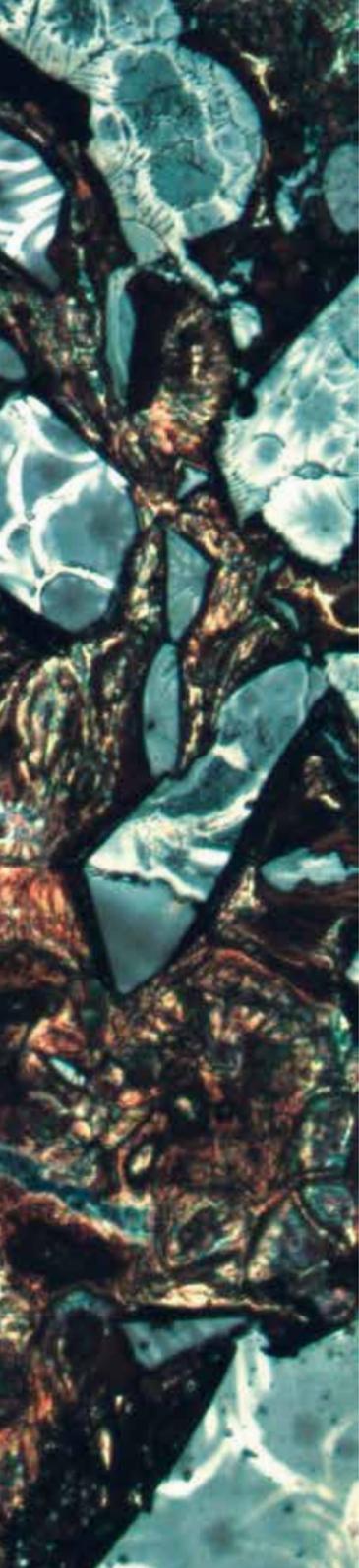
2
Le fonctionnement du revêtement retardateur de flamme développé par l'Empa: le bois est exposé au feu, le revêtement forme alors du charbon qui protège des flammes le bois sous-jacent.





Dépôts d'oxydes fer d'une expérimentation sur des cellules solaires: la magnétite et l'hématite se différencient non seulement par leur couleur mais aussi par leur fonction: l'une, grise, présente des propriétés magnétiques alors que l'autre, rouge, transforme le rayonnement solaire en électricité.





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.

L'architecture des matériaux

Les matériaux nanostructurés doivent leurs propriétés extraordinaires et parfois totalement nouvelles de leurs composants à l'agencement structurel de ceux-ci – autrement dit à leur architecture nanométrique. Ce n'est que lorsque leurs composants et leur architecture sont accordés entre eux que les propriétés recherchées se développent – comme dans un ouvrage de construction. Le développement de matériaux nanostructurés comprend ainsi la synthèse des composants nanométriques, l'étude de la nanostructure architecturale de ceux-ci ainsi que les outils et les procédés pour leur élaboration.

Des nanocomposants sur mesure

Les nanocristaux sont une classe particulière de composants nanométriques. La chimie des colloïdes, autrement dit la coagulation à partir d'une solution, permet de produire des nanocristaux pratiquement monodisperses de différentes compositions avec des tailles de cinq à 100 nm. Dans le laboratoire «Functional Inorganic Materials» exploité en commun par l'Empa et l'EPF de Zurich, l'équipe réunie autour Maksym Kovalenko s'est spécialisée dans la synthèse des nanocristaux colloïdaux. Leurs créations les plus récentes sont des nanocristaux à structure pérovskite tels que des nanocristaux de CsPbX_3 ($X = \text{Cl, Br, I}$) qui s'offrent comme absorbeurs de lumière pour les cellules photovoltaïques de la prochaine génération, ou de

$\text{CH}_3\text{NHPbI}_3$, qui présentent une absorption élevée pour les rayons X et sont en même temps semi-conducteurs – et sont ainsi très prometteurs pour la réalisation à faible coût de détecteurs de rayons X de grande surface. Bon marché doivent aussi être les batteries qui devraient permettre un jour d'équilibrer en les stockant provisoirement les fluctuations saisonnières ou dues aux conditions météorologiques de la production d'éco-courant. Les batteries lithium-ions sont trop chères pour cette application et de plus les réserves mondiales de lithium sont limitées. Une alternative pourrait être la batterie hybrides sodium/magnésium qui utilise comme anode du magnésium et comme cathode de la pyrite (FeS_2), aussi dénommée l'or des fous. Les premières cathodes produites avec des nanocristaux de pyrite présentent une stabilité très élevée lors de charges/décharges répétées.

La faculté d'auto-organisation

L'auto-organisation et l'auto-structuration sont des approches élégantes et hautement efficaces pour créer des nano-architectures stables par le fait qu'elles suivent le principe fondamental de la physique comme quoi tout système tend à minimiser son énergie. Les forces intermoléculaires faibles telles que les forces de van-der-Waals suffisent déjà pour que des nanocristaux ou des molécules s'agencent spontanément en des structures

1

Inclusions de nanocristaux de CsPbX_3 dans un polymère PMMA luminescent.

Ce type de composés pérovskite pourrait servir d'absorbeur de lumière sur les cellules photovoltaïques de la prochaine génération.



1

mono-, bi- ou tridimensionnelles. Plusieurs groupes de recherche de l'Empa utilisent les principes de l'auto-organisation et de l'auto-structuration dans les systèmes les plus divers et pour les applications les plus variées. C'est ainsi que, par exemple, l'équipe réunie autour de Rita Toth est parvenue à produire, en collaboration avec l'Université de Bâle, un catalyseur nanostructuré complexe pour la scission catalytique de l'eau à l'aide de la technique de Langmuir-Blodgett qui consiste à transférer d'un film solide créé sur une surface d'eau pure sur un substrat solide. Lors des premiers tests effectués, ces couches ont fait preuve d'une efficacité et d'une stabilité très élevées. L'équipe de Jakob Heier utilise le principe de l'auto-organisation pour la production de semi-conducteurs organiques cristallins qui, en fonction des conditions du processus, peuvent présenter des structures mono-, bi- ou tridimensionnelles. Dans ces structures ordonnées, les interactions entre les moments dipolaires de transition lors de l'absorption de la lumière conduisent à des excitations électroniques collectives que l'on n'observe pas dans les semi-conducteurs inorganiques. Les propriétés électro-optiques extraordinaires qui en résultent peuvent être utilisées dans des capteurs, en optique non linéaire et en photovoltaïque.

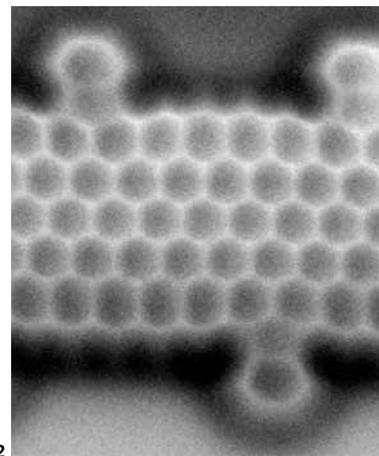
Pour la synthèse de nanorubans de graphène, l'équipe de chercheurs réunie autour de Roman Fasel utilise en plus la catalyse hétérogène pour obtenir, au lieu d'un simple agrégat, une nanostructure solide d'atomes de carbone reliés par des liaisons covalentes. Suivant les molécules précurseurs utilisées, il est possible de produire des nanorubans de graphène de différentes

1

Installation d'impression de haute précision pour le passage à l'échelle de processus de revêtement chimique par voie humide tels que, par exemple, l'impression de diodes luminescentes. Cette installation a été conçue spécialement à cet effet pour le Coating Competence Center de l'Empa

2

Image en haute résolution d'un nanoruban de graphène. Cette micrographie a été réalisée au moyen d'un microscope à force atomique sans contact (NC-AFM).



Contact

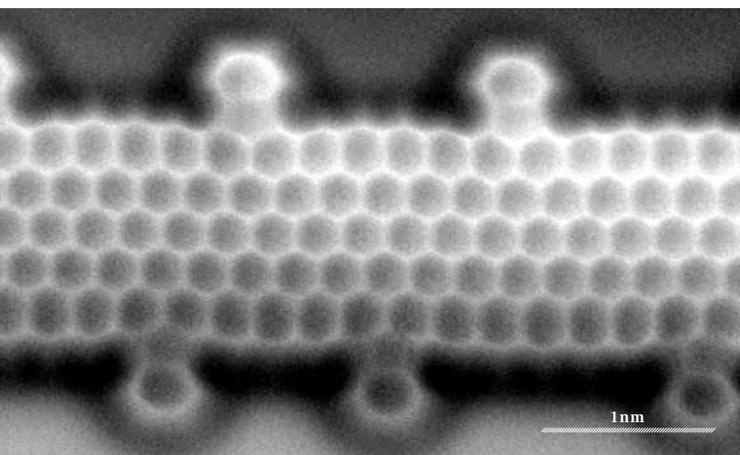
Dr. Pierangelo Gröning
pierangelo.groening@empa.ch



formes avec une précision atomique. Ces nanorubans de graphène présentent des propriétés électroniques différentes en fonction de leur largeur et de la forme de leurs bords. Le «dernier né» est un nanoruban dont les bords présentent une structure en zigzag. Avec ce type de rubans, il se produit un découplage des spins des électrons sur les bords du ruban ce qui les rend intéressants pour des applications en spintronique.

Le «Coating Competence Center» de l'Empa

La dernière étape, qui est aussi l'étape décisive pour le succès du développement d'un matériau, est le passage des processus techniques à l'échelle industrielle. Pour un nouveau matériau, ce passage de l'échelle du laboratoire à l'échelle industrielle est exigeant, compliqué et cher. Exigeant parce qu'il nécessite une collaboration intense entre scientifiques des matériaux et ingénieurs des procédés; coûteux, parce que l'infrastructure de recherche nécessaire doit permettre de reproduire les processus industriels tout en permettant encore de mener à bien des travaux scientifiques. Avec son «Coating Competence Center», l'Empa vient de créer une telle infrastructure équipée d'installations de revêtement sous vide et d'impression de haute précision avec de nombreux appareils d'analyse pour la caractérisation des procédés. Grâce aux connaissances acquises sur ces installations, les partenaires industriels de l'Empa peuvent réduire à leur minimum les travaux et dépenses pour le passage à l'échelle final sur leurs installations de production – un avantage considérable pour pouvoir s'imposer sur un marché de l'innovation globalisé de plus en plus compétitif. //



Des solutions avec une plus-value: durabilité, stabilité et écologie

Des infrastructures d'approvisionnement et de transport sûres et performantes et des locaux d'habitation et de travail à la fois attrayants et confortables nous semblent aujourd'hui tout naturels. Pour conserver ce niveau de qualité de vie élevé, nous devons développer des solutions qui répondent à la fois aux exigences économiques, écologiques et sociétales. Ceci concerne aussi l'utilisation économe des ressources non renouvelables ou non totalement recyclables, en particulier de celles de ces matériaux de construction importants que sont le béton et les revêtements bitumineux. L'entretien des structures existantes et, le cas échéant, leur adaptation à des exigences nouvelles, sont eux aussi des plus importants.

Avec son axe de recherche «Sustainable Built Environment» l'Empa contribue à l'approfondissement des connaissances sur les matériaux de construction et au développement de solutions transposables à la pratique et ainsi à la création d'une véritable plus-value pour la société.

La structure des produits du «cancer du béton» élucidée

Lorsque des ponts, des barrages ou des fondations en béton s'effritent, c'est souvent la RAG, la réaction alcali-granat, qui en est la cause. La RAG, provoquée par la pénétration d'humidité dans le béton, endommage des ouvrages en béton dans le monde entier et rend nécessaire leur assainissement, voire par-

fois même leur remplacement. Le produit de cette réaction est une substance qui occupe davantage de place que le béton initial et provoque au cours des décennies son lent éclatement depuis l'intérieur. Des chercheurs de l'Empa et de l'Institut Paul Scherrer (PSI) sont parvenus pour la première fois à décrypter la structure jusqu'ici inconnue du produit de réaction de la RAG – une structure lamellaire de silicate cristallin $[\text{Si}_{20}\text{O}_{48}]$ comportant de nombreux canaux et couches intermédiaires; un premier pas vers le développement de mesures préventives (vois aussi page 27).

Des ailes orientables pour amortir les vibrations des ponts

Les ponts suspendus et les ponts à haubans modernes sont des ouvrages extraordinaires dont la portée peut dépasser 1000 mètres. Du fait de leur forme élancée et du faible amortissement de leur structure, le vent peut facilement provoquer sur ces ponts de fortes vibrations qui limitent leur utilisation et portent atteinte à leur durée de vie. Dans la pratique, les vibrations inadmissibles sont évitées en donnant à la section du pont une forme réduisant son exposition aux forces du vent ou réprimées par des mesures passives en l'équipant d'amortisseurs de vibrations. En collaboration avec l'EPFL, l'Empa développe un concept d'amortissement novateur qui consiste à équiper les ponts d'un grand nombre d'ailettes montées sur la longueur du pont. La modification ciblée et continue de l'orientation de ces

1

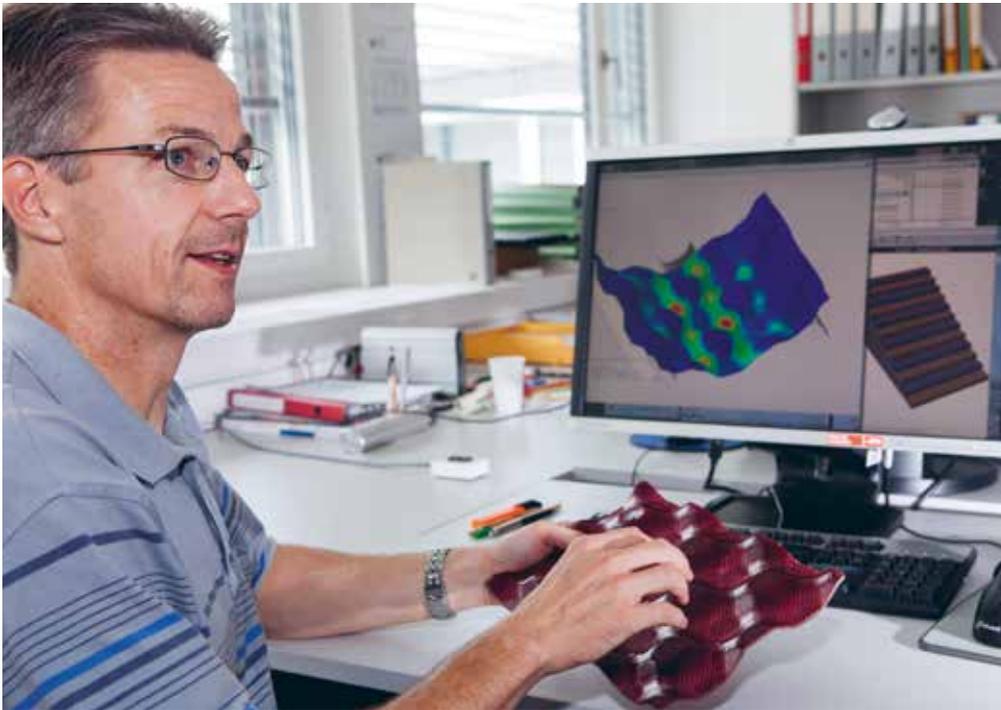
Visualisation d'un pont suspendu équipé de nombreuses ailes mobiles amortissant les vibrations.



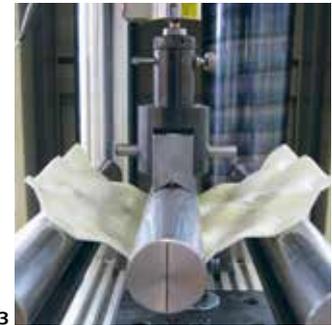
1



1



2



3

1
Les nouvelles dalles de sol pour les festivals protègent le sol et ne laissent pas passer la boue.

2
Ces plaques de sol légères et aisées à poser sur de grandes surfaces ont été développées sur ordinateur...

3
... et testées sous toutes les coutures en laboratoire.

aillettes permet de contrôler l'écoulement de l'air autour de la section du pont et ainsi de stabiliser ce dernier. Le potentiel et le mode d'action de cette mesure ont été étudiés en soufflerie sur un modèle de pont équipé de huit ailettes réglables individuellement. Les essais effectués jusqu'ici montrent qu'une simple commande cyclique asynchrone des ailes permet déjà d'amortir fortement les vibrations. Même les états instables, qui peuvent conduire à des vibrations s'amplifiant de manière incontrôlée, ont pu être totalement réprimés avec ces ailes à orientation variable. Ces résultats positifs sont encourageants pour la poursuite du développement de ce concept d'amortissement qui devrait permettre de construire des ponts encore plus élancés et de portée encore plus grande.

Des plaques de sol novatrices: chaussures propres même après un open-air boueux

En collaboration avec la firme Supramat-Swiss GmbH, l'Empa a développé une plaque de sol légère en polymère renforcé de fibres de verre permettant une pose rapide et aisée sur de grandes surfaces. La faible épaisseur de dix millimètres de ces plaques rectangulaires et d'une surface d'environ un mètre carré facilitent leur transport et leur pose et permettent ainsi de couvrir rapidement de grandes surfaces. Ce qu'elles ont de nouveau, ce n'est pas seulement l'utilisation d'un composite spécial, très stable et aussi léger, mais aussi leur mode d'assemblage. Les plaques hexagonales habituelles pour cet usage sont assemblées

à l'aide de crochets. Les plaques «Scobavent[®]», développées à l'Empa dans un projet financé par la Commission pour la technologie et l'innovation (CTI), sont elles reliées sur leurs arêtes par des languettes à recouvrement spéciales. Le résultat: un «tapis» de plaques continu sans interstices qui ne laisse pratiquement pas passer la boue. «Scobavent» fait l'objet d'une demande de brevet et est actuellement testée par une grande entreprise suisse de service pour les festivals lors de diverses manifestations.

Les travaux de recherche ne se sont cependant pas limités aux plaques «Scobavent» pour les grands événements mais ont encore débouché sur un produit pour des applications «lourdes»: les plaques «Scobamat», dont la fabrication a été simplifiée et qui, grâce à une nouvelle technique d'assemblage, sont utilisables partout où des engins lourds risquent d'endommager un sol fragile ou même de s'y embourber. Ces plaques permettent de créer des routes d'accès temporaires pour les véhicules lourds dans les endroits d'accès difficile. Elles permettent aussi de récupérer rapidement des avions sortis de piste dont la taille peut atteindre celle d'un airbus A380, et cela même sur un terrain instable. Ces plaques sont encore utilisables pour créer des voies d'accès dans le permafrost en prospection gazière et pétrolière. Parmi les clients possibles, on peut encore citer les entreprises de construction et l'armée. Ces plaques ont passé sans problème des tests avec des bulldozers, des camions de pompier et un camion grue de 60 tonnes. //

La maîtrise des défis sans cesse croissants de notre époque marquée par la globalisation exige des développements techniques novateurs ainsi que de nouveaux concepts, en particulier dans les domaines de l'énergie et de la mobilité. Il est essentiel que ces développements tiennent compte d'une utilisation durable de nos ressources et réduisent autant que possible les nuisances pour l'environnement qui en découlent. Un des objectifs centraux de l'Empa dans son axe de recherche «Ressources naturelles et polluants» est précisément le développement d'innovations durables et éco-compatibles.

Réduction efficace des émissions au démarrage à froid

Grâce aux catalyseurs, les émissions de polluants des véhicules ont fortement diminué au cours de ces 30 dernières années, ce qui a contribué pour une bonne part à l'amélioration de la qualité de l'air. Toutefois les émissions lors du démarrage à froid et lors de la phase de fonctionnement à basse température des moteurs demeurent aujourd'hui encore élevées. Les mesures de réduction des émissions au démarrage à froid provoquent cependant une augmentation de la consommation de carburant, d'où un conflit d'objectifs avec la réduction des émissions de CO₂.

Le carbure de silicium (SiC), une substance qui possède des propriétés thermiques semblables à celles des revêtements usuels des catalyseurs mais avec une surface spécifique notable-

ment plus basse peut être chauffé très rapidement à la température de fonctionnement du catalyseur grâce à ses bonnes propriétés d'absorption pour les micro-ondes. Les premiers résultats obtenus en laboratoire montrent qu'une adjonction de carbure de silicium (SiC) dans le revêtement catalytique permet de réduire de près de moitié les émissions au démarrage à froid. La poursuite de l'optimisation du résonateur micro-ondes devrait permettre à l'avenir de réduire encore davantage ces émissions.

Des batteries sans matériaux critiques ni toxiques

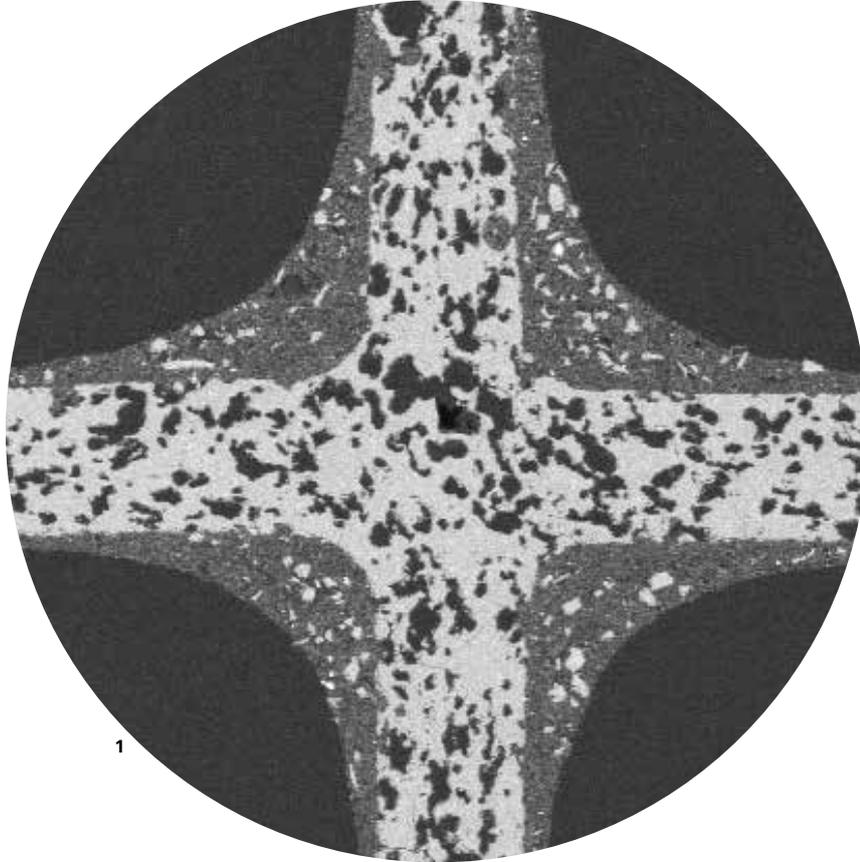
Les batteries joueront un rôle de plus en plus important dans les systèmes énergétiques de l'avenir. Pour atteindre la réduction des émissions de gaz à effet de serre fixées dans l'accord de Paris sur le climat, il est par exemple nécessaire que d'ici 2050 plus des 80 pour-cent de l'électricité soient produits à partir d'énergies renouvelables. La disponibilité sans interruption de l'électricité ainsi produite ne peut être assurée qu'avec le recours à des batteries d'accumulateurs. Des chercheurs de l'Empa développent en collaboration avec la firme Fiamm Sonick de nouveaux procédés pour accroître la densité d'énergie et de puissance ainsi que la fiabilité des batteries industrielles au sodium-chlorure de nickel tout en diminuant le taux des rebuts de production, ce qui influence directement la réduction de la consommation de matières et la diminution des émissions de

1

Montage expérimental pour la mesure des émissions sur un réacteur d'avion à l'aéroport de Zurich.



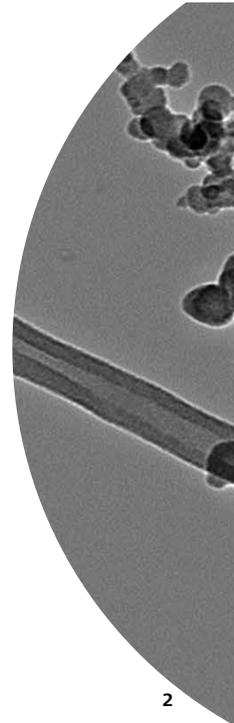
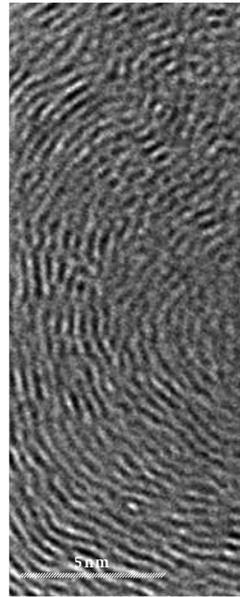
1



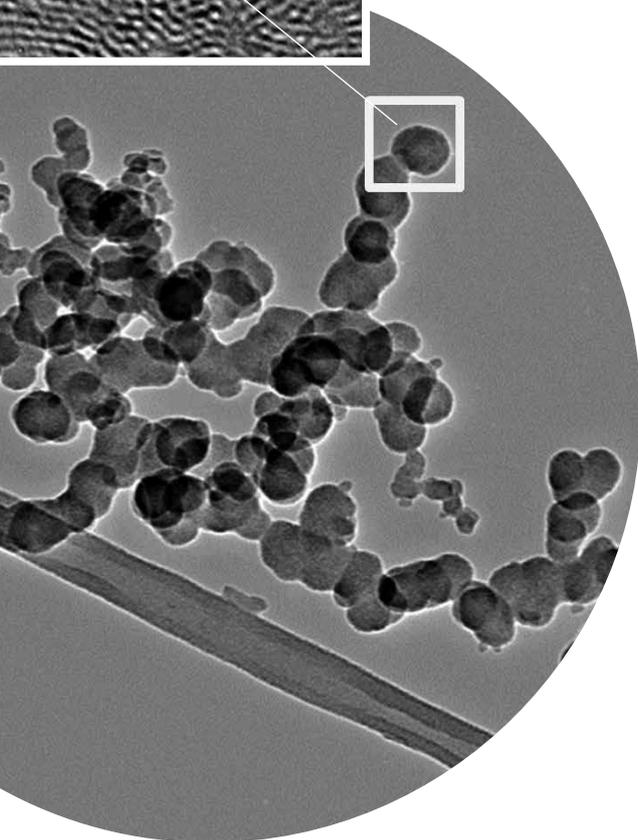
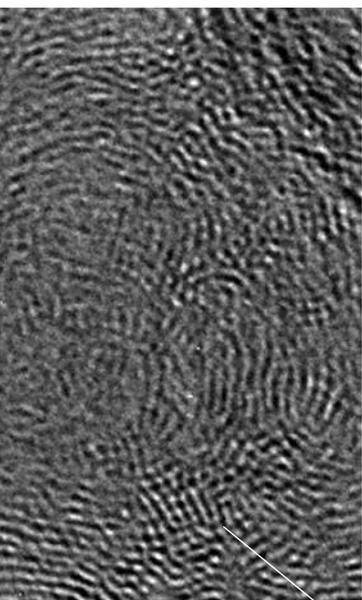
1

1
Coupe à travers un support de catalyseur: des grains grossiers de carbure de silicium (SiC) sont dispersés dans la matrice plus fine d'oxyde d'aluminium (Al_2O_3) et absorbent l'énergie des micro-ondes pour chauffer le catalyseur sans pour autant porter atteinte à la porosité du revêtement avec sa surface spécifique élevée.

2
Micrographie électronique en transmission de particules fines émises au démarrage par un réacteur d'avion.



2



CO₂. Le grand avantage de ces batteries, qui sont produites à partir de sel de cuisine (NaCl), d'oxyde d'aluminium (Al₂O₃) et de poudre de nickel, est que toutes ces matières ne sont ni critiques ni toxiques et disponibles en quantités suffisantes pour produire en grandes quantités et avec un impact minime sur l'environnement ces batteries destinées à des utilisations stationnaires.

Des moteurs d'avion plus propres à l'avenir

En collaboration avec la firme SR Technics et l'Office fédéral de l'aviation civile (OFAC), l'Empa a développé un procédé pour la mesure des particules de poussière fines émises par les réacteurs des avions qui établit une nouvelle référence internationale. Suite à ce développement, le Comité pour la protection de l'environnement de l'Organisation de l'aviation civile internationale (OACI) a récemment émis une première prescription sur les émissions de particules de poussière fines des réacteurs des avions. A partir du 1er janvier 2020, tous les types de moteurs des avions de ligne devront être certifiés selon cette nouvelle prescription. La majorité des fabricants de moteurs d'avion disposent entretemps déjà de leurs propres systèmes de mesure conformes à ces prescriptions et ont commencé à procéder à de nouvelles mesures des moteurs de leur production. Il existe aussi actuellement déjà de nouvelles technologies qui permettent de réduire encore les émissions de poussières fines sur ces moteurs. //

La recherche énergétique – des options pour l'avenir

L'énergie occupe une place centrale dans de nombreux domaines de notre société. Depuis longtemps on s'est aperçu que la recherche sur des technologies isolées ne peut pas satisfaire les exigences posées à notre approvisionnement futur en énergie. C'est aussi pourquoi l'année écoulée, dans l'axe de recherche «Énergie» nos travaux ont contribué à faire que l'infrastructure nécessaire à une prise en considération globale de la production, du stockage, de la conversion et de la distribution d'énergie puisse devenir réalité. Ceci dans trois domaines principaux: recherche sur les matériaux et les technologies, plateformes de démonstration et approvisionnement durable en énergie du campus Empa-Eawag à Dübendorf. Grâce à son interdisciplinarité en recherche, l'Empa est ainsi idéalement placée pour élaborer ces prochaines années différentes options pour l'approvisionnement énergétique de la Suisse.

Recherche sur les matériaux et les technologies

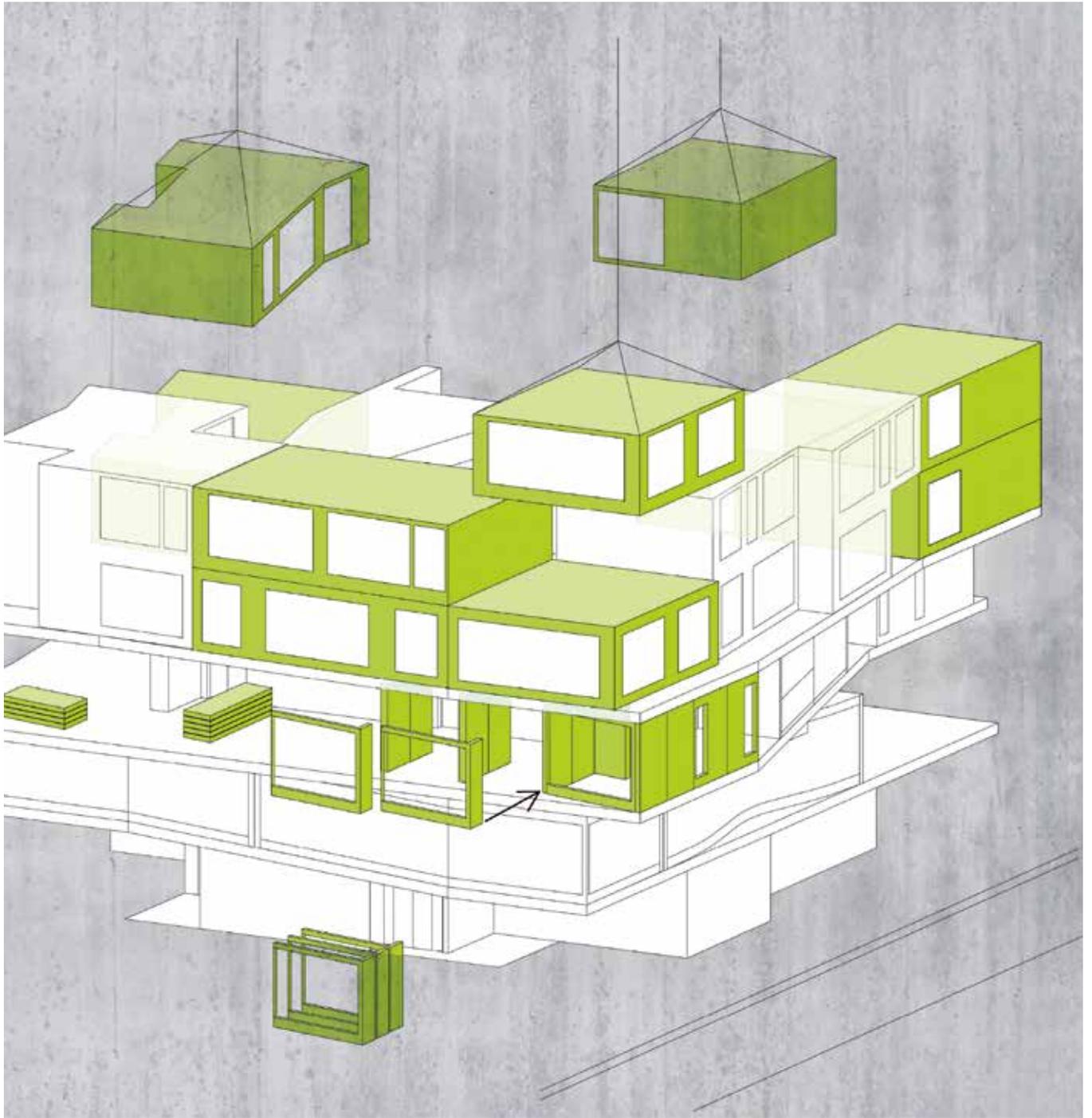
La recherche sur les matériaux est absolument centrale dans le domaine de l'énergie et elle recouvre un champ extrêmement large: le perfectionnement des aérogels, par exemple, a pour but de réduire les coûts de production de cet isolant thermique haute performance afin de permettre son utilisation non seulement pour des applications spéciales mais aussi pour les bâtiments «normaux». Et dans la recherche sur les accumulateurs électriques, il ne s'agit pas seulement pour les chercheurs de

l'Empa d'augmenter la capacité, la durabilité et la sécurité de ces accumulateurs mais aussi de trouver de nouveaux matériaux plus simples à utiliser et moins coûteux. Les travaux sur l'hydrogénation du dioxyde de carbone (CO₂) se poursuivent en collaboration avec le Max-Planck Institut für Eisenforschung. Des quantités significatives de méthane on pu être obtenues à partir d'un mélange de CO₂ et d'hydrogène par passage sur l'hydrure métallique ZrCoH_x et des travaux ont été menés sur l'action catalytique de cet hydrure. On peut s'attendre à ce que les effets observés apparaissent aussi avec d'autres catalyseurs formés de matériaux absorbant l'hydrogène.

Dans le domaine de la mobilité, l'efficacité et les émissions de polluants des moteurs diesel ont été améliorées avec un partenaire industriel. Par ailleurs, une étude de la faisabilité du concept «power-to-gas» est en cours et l'année prochaine ses résultats montreront si et où cette forme de conversion de l'énergie peut le mieux s'utiliser.

Dans le domaine de la production d'énergie, l'Empa a poursuivi ses travaux de recherche sur les cellules solaires et a développé un revêtement exempt de solvants pour les électrodes des cellules solaires à base de pérovskite. Et dans le projet de l'UE «TREASORES», dont l'Empa assume la direction, une alternative peu coûteuse à l'oxyde d'indium étain (ITO) a été trouvée pour les électrodes des piles solaires organiques. Toujours dans la recherche sur les matériaux, des procédés et matériaux nouveaux

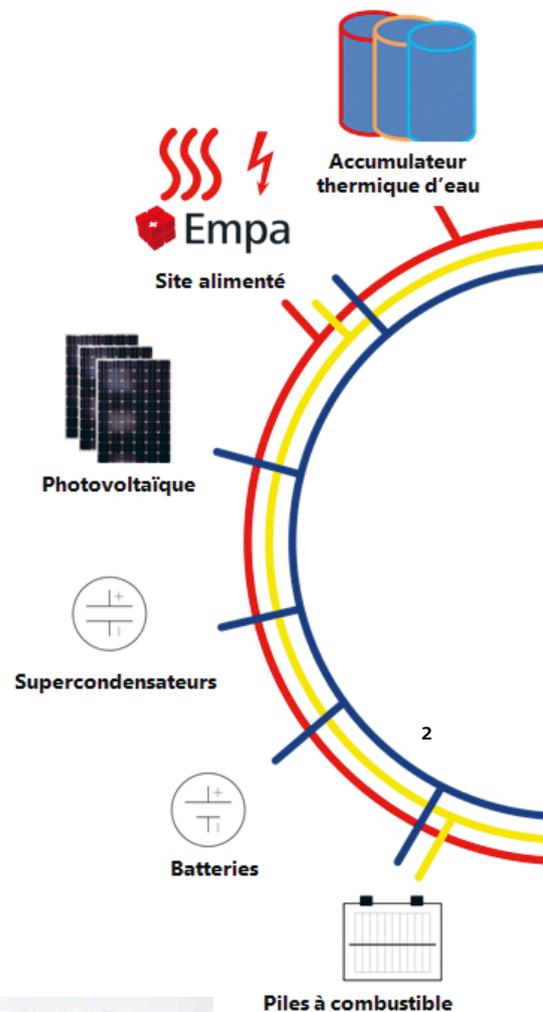
1 Montage de modules de recherche dans NEST (Illustration: Gramazio & Kohler)

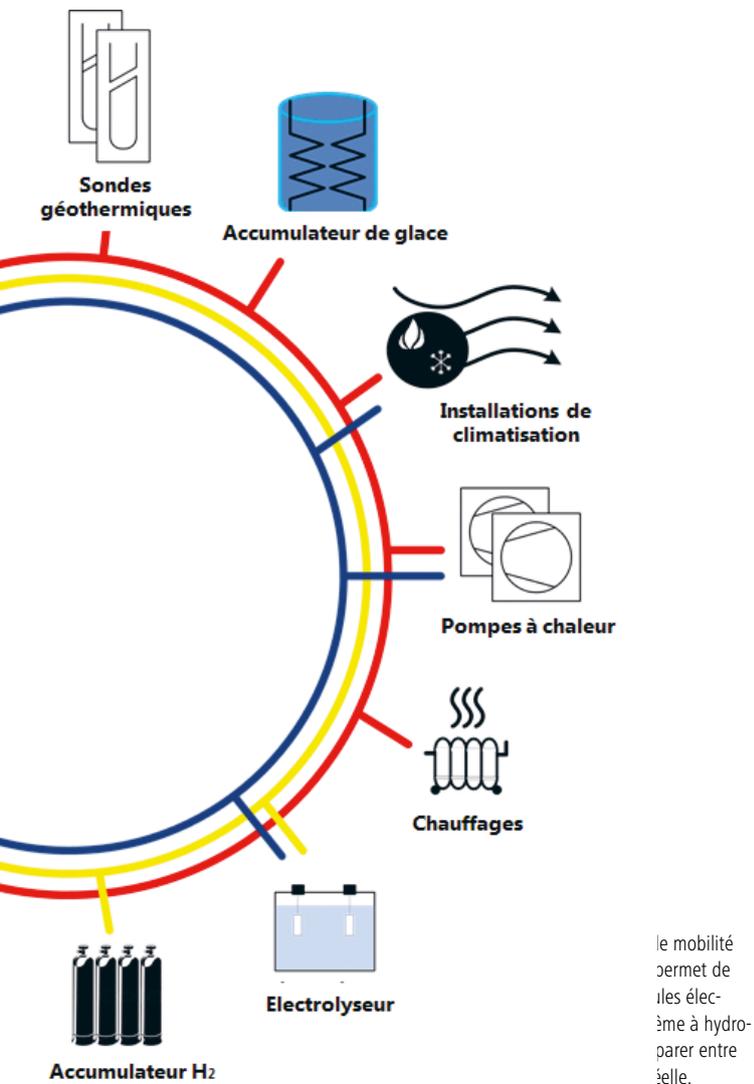


ont été développés pour l'exploitation optimale des lignes électriques à haute tension lors des fortes variations des conditions de vent et de température.

Plateformes de démonstration

Avec la fête de l'achèvement du gros œuvre de NEST et l'ouverture de move, deux grands projets sur le thème de l'énergie sont entrés dans leur phase cruciale l'automne dernier. Sur move, une plateforme de démonstration et de recherche sur la mobilité, une station de ravitaillement en hydrogène sous une pression de 35 Mpa a déjà été mise en service; sur NEST, le premier module «Meet2Create» pour l'étude de différentes formes et locaux de travail est en cours de montage. Avec le lancement de ces deux plateformes, une troisième a été créée – le ehub (energy hub). Cette plateforme de recherche énergétique est destinée à étudier les stratégies d'optimisation de la gestion énergétique à l'échelle de quartiers entiers et d'en évaluer les effets sur l'ensemble du système énergétique. Avec move et NEST, ehub permet de tester dans la réalité des concepts énergétiques et de coupler entre eux les flux d'énergie dans les domaines de l'habitat, du travail et de la mobilité.





2
 Les différents composants du ehub: avec move et NEST, le ehub permet de tester des concepts énergétiques dans la réalité et de coupler entre eux les flux énergétiques des domaines de l'habitat, du travail et de la mobilité.

Contact
 Dr. Peter Richner
 peter.richner@empa.ch

Urs Elber
 urs.elber@empa.ch

Approvisionnement énergétique du campus de Dübendorf

Un nouveau concept énergétique a été développé pour le site de Dübendorf. Ce concept, qui va être réalisé ces prochaines années, fait appel à différentes techniques telles qu'une centrale de cogénération chaleur-force fonctionnant au biogaz, une installation solaire, un accumulateur thermique souterrain de grande taille pour le stockage saisonnier d'énergie et l'utilisation simultanée des rejets thermiques pour assurer l'approvisionnement en énergie électrique et thermique de l'Empa et de l'Eawag. Ce nouveau concept énergétique, qui utilisera aussi, par exemple, les modules photovoltaïques CIGS développés par l'Empa, s'intègre parfaitement dans l'objectif de cet axe de recherche qui est de présenter des options pour notre approvisionnement énergétique futur. Il offre encore la possibilité de réaliser sur place une étude des flux énergétiques et de vérifier l'efficacité de mesures d'optimisation.

Les défis qui s'annoncent dans notre approvisionnement énergétique ne peuvent être surmontés que par une approche globale. L'Empa dispose pour cela de toutes les possibilités pour combiner entre elles et sur place différentes technologies et pour étudier de nouvelles voies dans l'approvisionnement énergétique urbain. Ces plateformes de recherche et de démonstration permettent – en liaison avec le concept énergétique du site Empa-Eawag – d'utiliser dans la pratique des technologies et des matériaux nouveaux et de prendre en considération leurs effets sur l'ensemble du système énergétique. La recherche sur l'énergie de l'Empa contribue ainsi à amener les nouvelles technologies à leur maturité commerciale. //

Des matériaux novateurs pour la médecine

Protéger les personnes, contribuer de manière durable à leur santé, conserver, ou même améliorer, leur qualité de vie et leur constitution physique – ce sont là les grands défis actuels et futurs – surtout au vu de l’augmentation de l’espérance de vie. Dans son axe de recherche Santé et performances, l’Empa associe son savoir-faire interdisciplinaire dans les domaines des textiles, de la science des matériaux, de la biologie et de la nanotechnologie. Elle se concentre sur le développement de matériaux pour des applications médicales dans et sur le corps humain et étudie de nouveaux matériaux et systèmes qui protègent et soutiennent les personnes dans leur vie quotidienne. Elle se consacre encore de façon intensive à la recherche sur la sécurité des nouveaux matériaux et développe des modèles biologiques et physiologiques pour les analyser dans des conditions proches de la réalité.

Ceci implique des questions telles que: Quels sont les matériaux appropriés pour conserver ou rétablir la santé des personnes? Quels produits améliorent la qualité de vie ou la sécurité des personnes âgées? Comment accroître les performances humaines dans le sport ou dans des conditions extrêmes? Comment fonctionnaliser des fibres ou des textiles pour leur conférer les propriétés désirées? La sécurité des nouveaux matériaux pourra-t-elle être garantie dans l’avenir? Et comment augmenter la fiabilité des modèles biologiques?

Shuttleservice à travers le corps

Délivrer des substances actives au bon moment, au bon endroit et encore avec la concentration adéquate sur une certaine durée dans le corps de patients n’a rien de trivial. Pour cela, il faut que les matériaux qui assument le transport des substances actives à travers le corps soient bien «pilotables». Pour ce pilotage, on a recours, par exemple, au pH ou à des impulsions de lumière ou de température. L’Empa développe à cet effet des matériaux hybrides intelligents tels que, par exemple, des pansements ou des systèmes d’encapsulation pour les médicaments. Les chercheurs des laboratoires «Protection et physiologie» et «Particles-Biology Interactions» étudient ensemble les propriétés physiques de ces vecteurs de substances actives et analysent à l’aide de tests cellulaires, soit in vitro, comment ces nouveaux matériaux peuvent s’utiliser dans la pratique.

Des capteurs – aussi confortables que des vêtements

Pour comprendre les processus complexes qui se déroulent dans le corps, il faut avoir recours à des capteurs qui enregistrent des données physiologiques telles que la pression artérielle, le pouls, l’électrocardiogramme et la température corporelle. Ceci est particulièrement difficile lorsque les patients sont en mouvement. Mais dans les situations complexes, variant sans cesse, les capteurs doivent aussi fournir des données fiables, ce qui n’est

1 Capteurs de pH micrométriques faits d’une émulsion électrospinnée.



1

guère possible avec la majorité des appareils actuels, plutôt encombrants, et leurs nombreux câbles. C'est précisément pourquoi l'Empa travaille au développement de capteurs novateurs flexibles et compatibles avec la peau qui peuvent s'intégrer dans des vêtements et des accessoires tels que des t-shirt ou des montres. Un développement qui demande un large savoir interdisciplinaire dans les domaines de la science et des techniques de transformation des matériaux, des biosciences et de la biotechnologie.

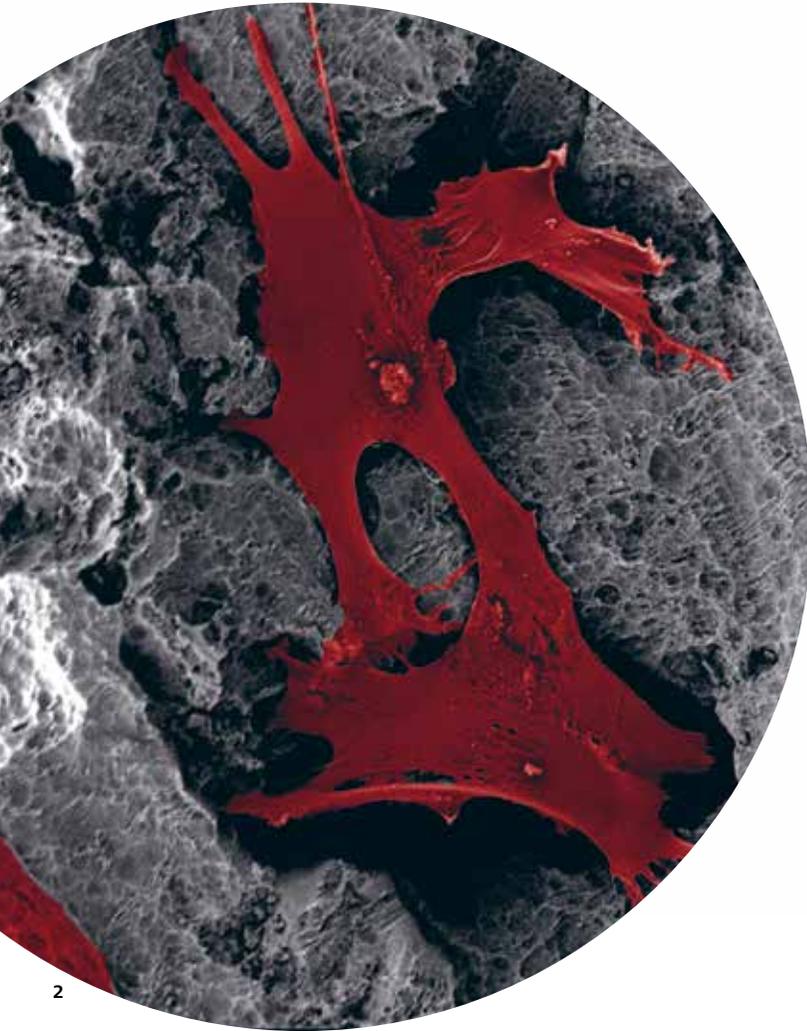
Des surfaces fonctionnelles pour une meilleure intégration des implants

La bonne intégration d'un implant dans le corps dépend essentiellement de sa surface car seule celle-ci interagit avec les cellules. L'Empa développe pour cela des revêtements compatibles avec les tissus corporels qui stimulent la croissance cellulaire – ou, là où c'est nécessaire, l'empêchent. Les revêtements imprégnés de substances actives, destinées à provoquer une réaction cellulaire ou tissulaire spécifique, sont également un domaine de recherche de l'Empa. Par exemple des revêtements antimicrobiens intégrés à des matériaux de pansement qui préviennent ou réduisent les risques d'infection.



1
L'Empa développe avec un partenaire industriel un revêtement pour les prothèses de hanche qui favorisent leur ancrage dans l'os. (Photo: Medicoat AG et Atesos Medical AG)

2
Une cellule en train de s'ancrer sur de la matière osseuse.

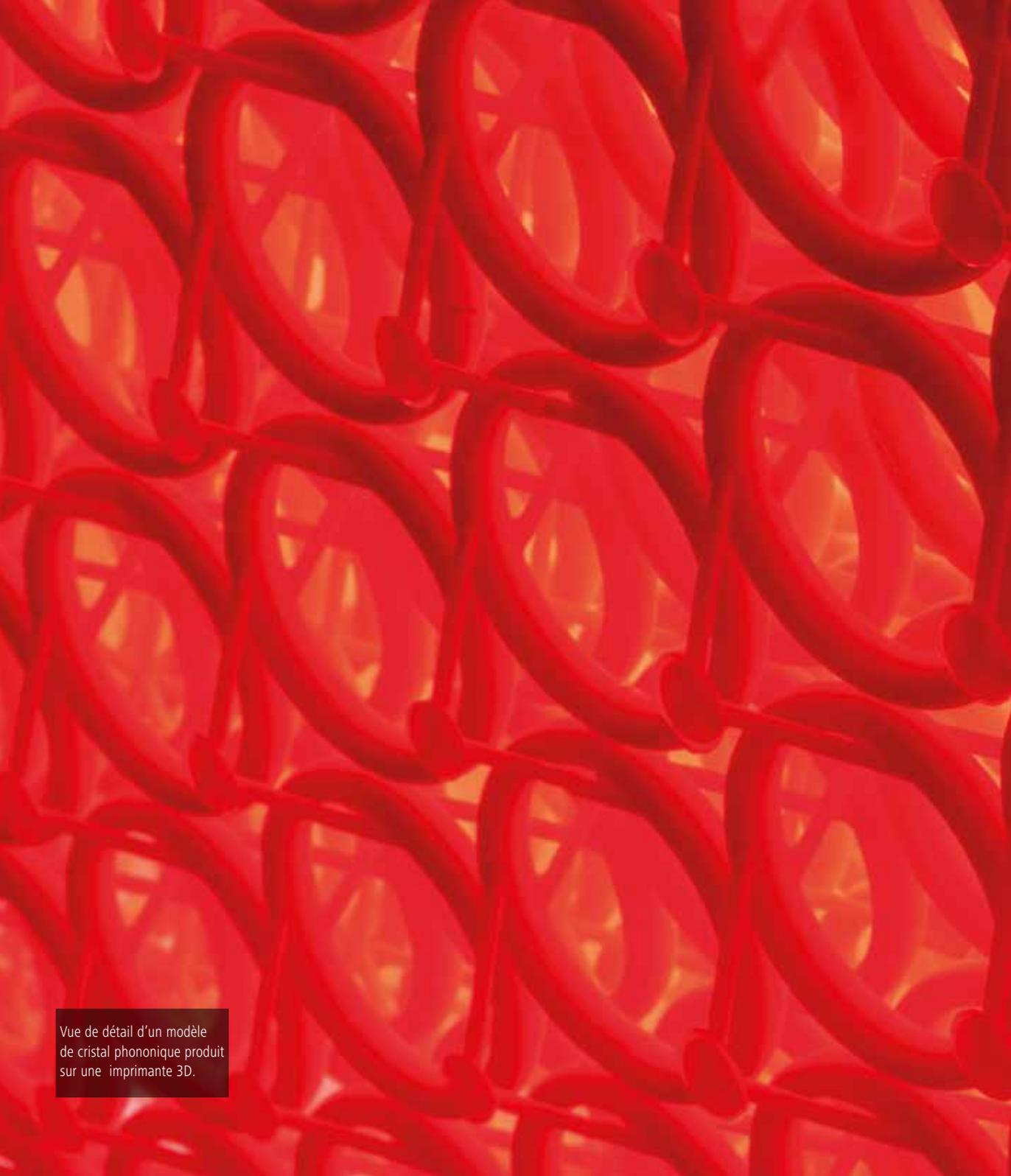


Malgré une hygiène stricte, il n'est pas possible d'éliminer totalement les risques d'infection lors d'opérations. Comme protection supplémentaire, l'Empa a développé, avec un partenaire industriel dans un projet CTI, un procédé qui permet d'incorporer des ions d'argent dans le revêtement des implants. Ces ions exercent une action antimicrobienne qui permet de prévenir les infections et leurs graves conséquences.

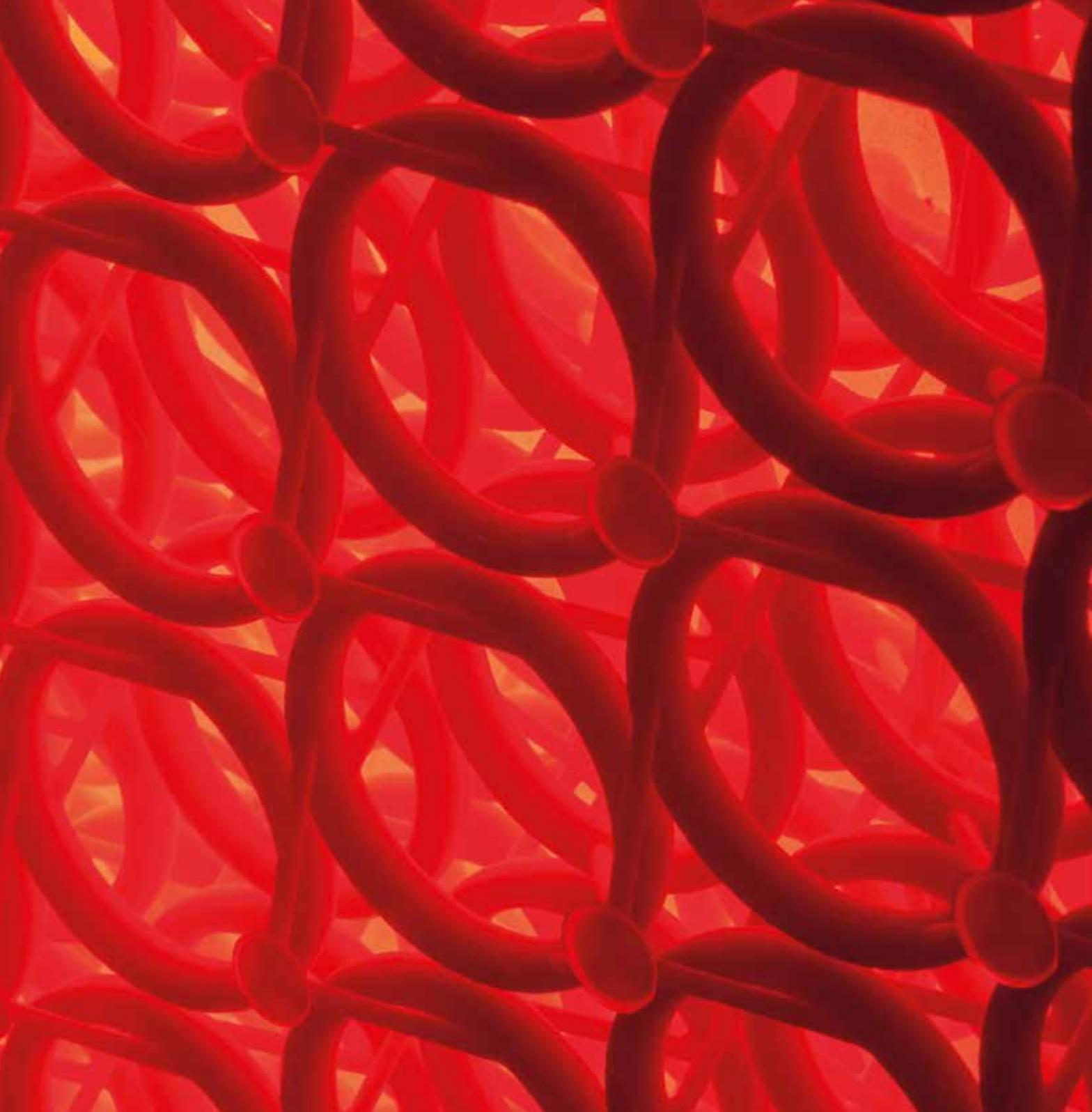
Des tests cellulaires pour une sécurité accrue

L'Empa développe diverses méthodes biologiques et de simulation pour la modélisation d'environnements biologiques et de tissus et organes humains. Ces méthodes permettent de tester les risques éventuels pour la santé des matériaux biomédicaux à un stade plus précoce de leur développement. Et notamment aussi de diminuer les tests sur les animaux.

Ces méthodes ont déjà fait leur preuve sur le graphène, qualifié de matériau miracle du 21^e siècle. Le laboratoire «Particles-Biology Interactions» a testé fiablement la toxicité humaine et environnementale de ce matériau. Pour ces tests, on a utilisé du graphène sous ses formes et tailles les plus diverses; avec un résultat réjouissant: qu'il soit synthétisé industriellement ou en laboratoire, le graphène ne provoque aucun stress dans les cellules humaines. //



Vue de détail d'un modèle
de cristal phononique produit
sur une imprimante 3D.





De la recherche à l'innovation

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

Les technologies pour faire face à la concurrence globale



L'industrie productrice suisse doit se battre sur de nombreux fronts, et ceci principalement du fait du franc fort; malgré cela elle investit dans des idées novatrices. Dans de nombreux projets de recherche et de développement, en 2015 l'industrie a de nouveau fait confiance au savoir-faire étendu de l'Empa. Ces projets montrent qu'une telle collaboration étroite renforce la compétitivité internationale des PME suisses et débouche sur des innovations capables de s'imposer sur le marché.

L'année écoulée, le nombre des accords de recherche conclus avec des partenaires industriels, dont le nombre dépassait les 150, a encore augmenté par rapport à l'année précédente et il a atteint ainsi un nouveau record. De plus, l'Empa a déposé 18 demandes de brevet et conclu 20 nouveaux contrats de licence et de transfert de technologie avec des partenaires de l'économie.

Mesure du taux de glucose sanguin sans piqûre

L'Empa et l'Hôpital universitaire de Zurich ont développé en commun un capteur qui mesure le taux de glucose sanguin à travers la peau. Ce qu'il a de particulier: il ne nécessite aucune prise de sang, même pas pour son calibrage. Dénommé «Gluco-light», il sera tout d'abord utilisé chez les nouveau-nés prématurés pour éviter chez eux une hypoglycémie qui peut endom-

mager leur cerveau. Ce capteur, qui fait l'objet d'un dépôt de brevet, comporte plusieurs composants: une tête de mesure par microdialyse et une puce microfluidique – toutes deux développées par l'Hôpital universitaire de Zurich – et une membrane «intelligente» développée par l'Empa ainsi qu'une source de lumière et une pompe. Les premières études cliniques à l'Hôpital universitaire de Zurich sont prévues pour 2016. Il pourrait toutefois s'écouler encore quelques années jusqu'à ce que «Glucolight» puisse être utilisé de manière standard. Actuellement l'Empa et l'Hôpital universitaire de Zurich sont en tractation avec des partenaires pour la production industrielle de ce capteur qui pourrait aussi à l'avenir s'utiliser dans d'autres domaines, tels que le contrôle de la glycémie chez les diabétiques.

Des couteaux en céramique pour l'industrie du bois

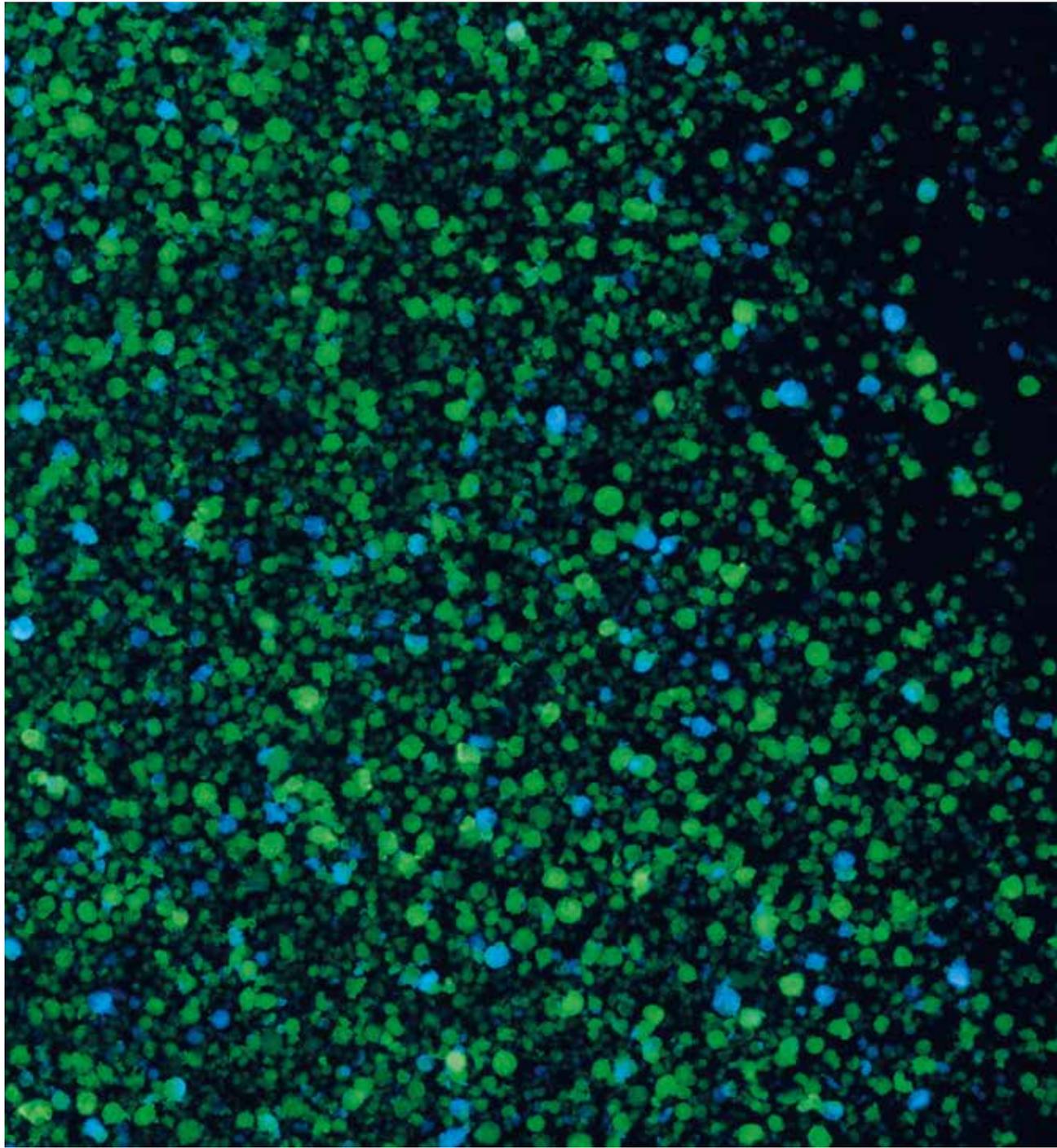
Les couteaux de cuisine en céramique sont largement répandus. Ce qui est devenu un standard dans les cuisines suisses pourrait bien bientôt aussi profiter à l'industrie. Dans un projet soutenu par la Commission pour la technologie et l'innovation (CTI) et en collaboration avec les firmes OERTLI Werkzeuge AG, Metoxit AG et W. Blösch AG, des chercheurs de l'Empa ont développé un couteau pour l'usinage industriel du bois. Ces couteaux résistent aux températures allant jusqu'à 800°C qui apparaissent lors du processus de coupe et ils sont aussi tout à fait concu-



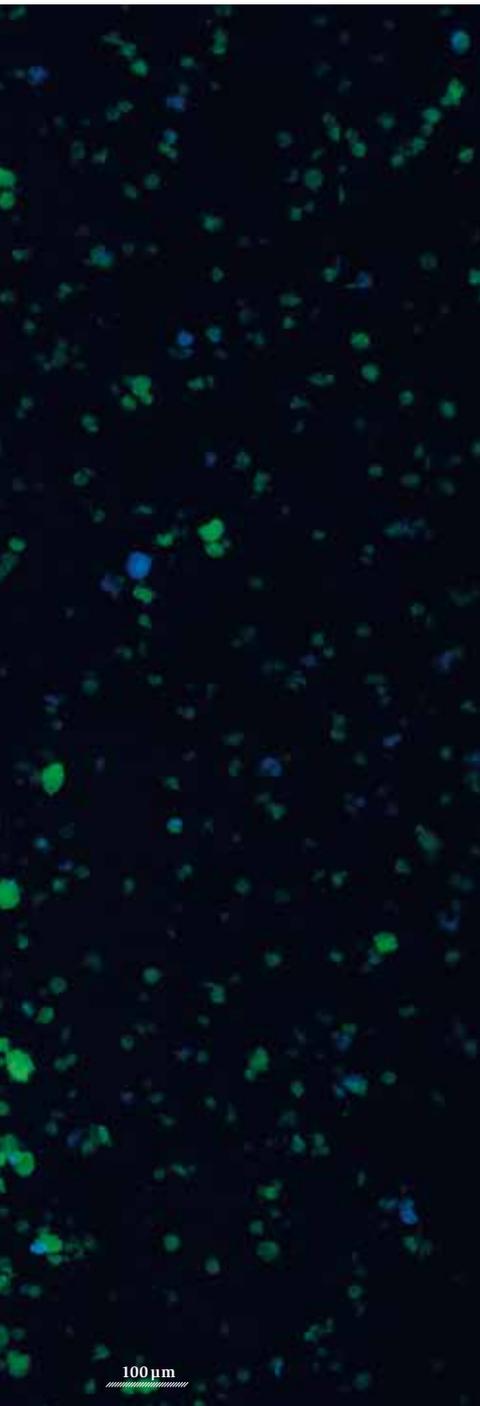
2

1
La tête de mesure du capteur «Glucolight» avec la membrane intelligente de l'Empa.

2
La technique de coupe développée par l'Empa, qui utilise des lames en céramique au lieu de lames en métal dur, permet d'usiner le bois trois fois plus rapidement que jusqu'ici.



1



1

Les particules phosphorescentes, dont la luminescence a été nettement améliorée dans un projet CTI, vues sous le microscope.

Contact

Marlen Müller
marlen.mueller@empa.ch

rentiel pour ce qui est des coûts de production. Ces nouveaux couteaux céramiques ont subi leur baptême du feu dans une menuiserie à Embrach: ils coupent aussi bien que les modèles usuels en métal dur mais ils sont bien plus légers et autorisent des vitesses de coupe plus élevées, ce qui permet d'augmenter la production. OERTLI Werkzeuge AG prépare actuellement le lancement sur la marché de ces couteaux céramiques destinés à l'industrie du bois.

Un peu (plus) de lumière dans l'obscurité

Que ce soit sur les cadrans de montre ou sur les panneaux de sortie de secours, les matériaux luminescents nous sont familiers. Il a environ cent ans, on a commencé à utiliser le radium mélangé à des pigments phosphorescents pour faire luire les cadrans de montre dans l'obscurité. Plus tard, le radium a été remplacé par le tritium dont le rayonnement radioactif est plus faible. Depuis 1998, ces éléments radioactifs sont remplacés par des pigments phosphorescents non radioactifs qui sont depuis sans cesse perfectionnés pour améliorer la durée et la clarté de la lumière qu'ils émettent. Dans un projet soutenu par la Commission pour la technologie et l'innovation (CTI), et en collaboration avec l'Université de Genève et la firme LumiNova AG, l'Empa a maintenant développé une nouvelle génération de pigments phosphorescents dont l'intensité et la durée de luminescence sont nettement améliorées. Cette innovation, entre temps brevetée, est aujourd'hui commercialisée par LumiNova AG dans l'industrie horlogère sous la marque Swiss Super-LumiNova® Grade X1. //

Transfer de savoir et de technologie et incubateurs d'entreprises

Depuis des années déjà, l'Empa poursuit avec succès le transfert de ses résultats de recherche à l'économie dans des spin-offs et des start-ups. L'année écoulée, un grand nombre des jeunes entreprises qu'elle soutient ont enregistré des succès impressionnants.

De la start-up à la PME à succès

Après une phase de soutien de trois à quatre ans dans les incubateurs «glatec» et «STARTFELD», les jeunes entreprises doivent devenir indépendantes et s'imposer dans un environnement économique rude. Bien préparées à cela, ces jeunes PME passent ce cap avec bravoure. C'est ainsi que les clients de la firme Optotune la considèrent comme le leader mondial du marché dans le domaine de l'optique adaptative. Cette PME exporte 97 pour-cent de sa production et occupe actuellement 50 collaborateurs.

Plus de 100 hôpitaux et institutions de soins en Suisse et à l'étranger utilisent aujourd'hui le «Mobility Monitor» de Compliant Concept pour surveiller les patients alités et les personnes démentes, parmi ces utilisateurs se trouve aussi Curanum qui, avec 100 résidences de seniors et centres de soins, est le numéro un en Europe sur le marché des soins. Le dernier développement de cette spin-off de l'Empa, un système de mobilisation actif des patients pour la prévention des escarres, est lui aussi très prometteur.

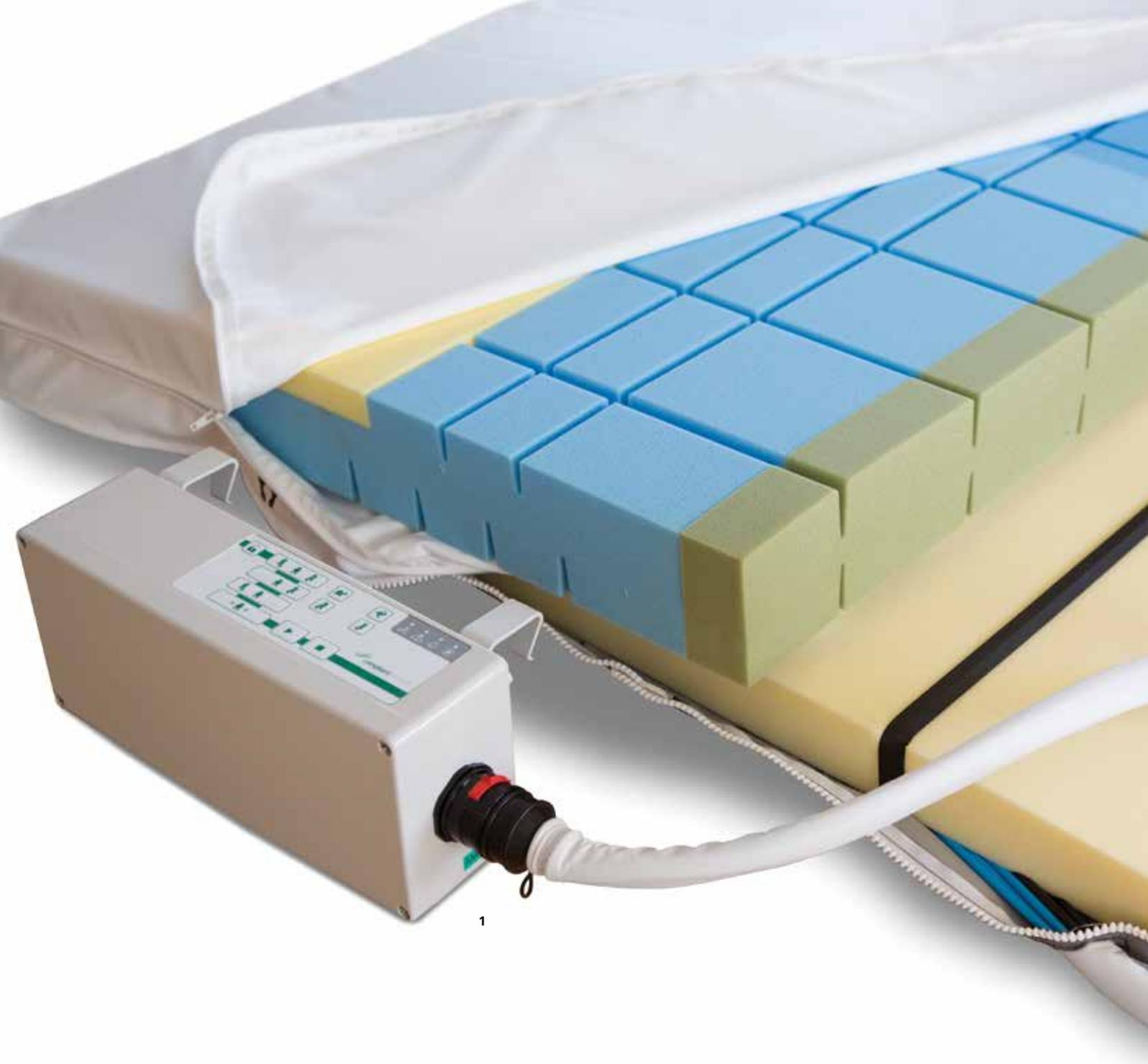
QualySense, avec ses 30 collaborateurs, figure une nouvelle fois dans le Top 10 des start-ups suisses et elle s'est vue distinguée l'an passé comme «High-Potential PME» lors du Swiss Economic Forum (SEF). La start-up Polarmond, qui bénéficie à la fois du soutien du glatec et de STARTFELD, a reçu la médaille d'or du «OutDoor Industry Awards 2015» lors du salon international OutDoor à Friedrichshafen pour son système de bivouac auto-chauffant. Et l'équipe de Meteomatic, qui compte entre-temps huit personnes, a gagné en 2015 le STARTFELD-Diamant pour le développement d'un drone qui permet d'établir des prévisions du temps d'une grande précision pour les prochaines 24 heures. Les prévisions météorologiques exactes sont d'une importance considérable pour les producteurs d'énergie, la branche des assurances, l'aviation, les entreprises de courtage ainsi que pour les transports routiers et ferroviaires. En 2015, le nombre des collaborateurs des start-ups et des PME (actuellement et anciennement) incubées à l'Empa dépassait 350.

Nouveau centre d'innovation à proximité de l'Empa à Saint-Gall

STARTFELD développe un nouveau centre d'innovation à proximité immédiate de l'Empa à Saint Gall. Les activités technologiques de ce centre sont focalisées sur l'association des thèmes «Material meets Life» et «Precision meets ICT». Il en découle

1

Le «Active Mobilisation System» de la spin-off de l'Empa Compliant Concept est un matelas qui mobilise continuellement, de manière quasi imperceptible et sans les réveiller les patients présentant des risques d'escarres.



Contact

Mario Jenni
mario.jenni@empa.ch

Peter Frischknecht
peter.frischknecht@empa.ch

ainsi des synergies importantes avec le cluster de compétences high-tech de la région du Lac de Constance. Ce nouveau centre d'innovation profite de la proximité de l'Empa, de l'Université, de la Haute école spécialisée et de celle de l'Hôpital de Saint-Gall. A côté de leur aspect technologique, il soutient aussi le développement entrepreneurial des projets d'innovation, que ce soit pour les start-ups ou pour des entreprises existantes, car pour lui, la durabilité économique va de pair avec l'innovation.

La curiosité est le moteur de l'innovation. Le centre offre à cette curiosité l'espace nécessaire pour la réflexion exploratoire

et l'expérimentation. La confrontation avec des perspectives différentes est source d'inspiration et de questionnement; c'est aussi pourquoi le centre encourage et promeut le réseautage entre les personnes et les organisations, par exemple aussi avec ses manifestations régulières. Les locataires visés sont en premier lieu les start-ups et les groupes d'exploration issus d'entreprises existantes, soit des groupes qui s'isolent pour un temps limité des affaires quotidiennes pour explorer de nouvelles possibilités de développement pour une technologie ou un domaine d'activité. //



1
Schéma du système de bivouac de Polarmond: l'enveloppe de couchage (bleu foncé) avec l'ouverture de ventilation munie d'une fermeture à glissière et l'inlett (Illustration : Polarmond).

De l'idée au marché

1

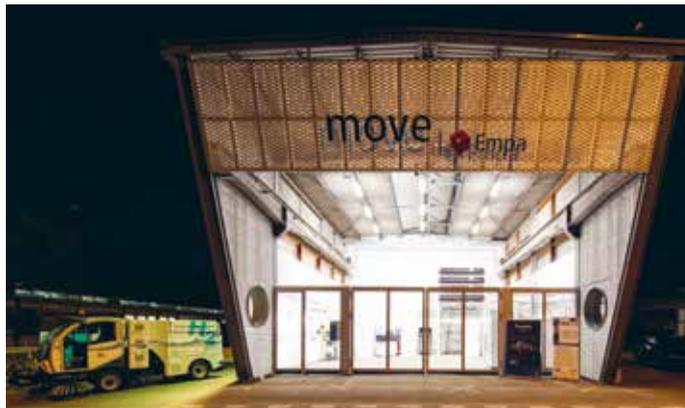
La plateforme de démonstration et de transfert de technologie «move» permet aux chercheurs de l'Empa de développer des moteurs de véhicules à faibles émissions de CO₂ utilisant comme source d'énergie de départ les excédents d'électricité produits en été.

The Place where Innovation Starts» – une devise qui est aussi le programme de l'Empa. Bien consciente que la voie qui mène de la recherche au marché est souvent longue et ardue, elle consacre tous ses efforts avec ses partenaires économiques pour amener plus rapidement et plus efficacement de nouvelles technologies à leur maturité commerciale. Font partie de cela en particulier aussi les plateformes de démonstration que l'Empa a construites sur son site de Dübendorf.

«move» – la plateforme de démonstration et de transfert de technologie pour la mobilité du futur

A la fin du mois de novembre, «move» a été inaugurée en présence de nombreux experts de renom des domaines de l'énergie et de la mobilité. Son nom «move» ne fait pas seulement référence à la mobilité motorisée mais aussi au passage des énergies fossiles aux énergies renouvelables – jusqu'à la réalisation d'un cycle du carbone fermé prenant modèle sur celui de la nature. «move» est un projet de démonstration de l'Empa réalisé avec

le soutien de nombreux partenaires de la recherche, de l'économie et des instances publiques, tels que le Conseil des EPF, l'Office fédéral de l'énergie (OFE), la ville de Dübendorf et Glattwerk AG ainsi que les entreprises AtlasCopco, H2 Energy et Hyundai. A cela s'ajoutent encore une série de partenaires académiques et industriels qui participent à des projets spécifiques du démonstrateur. Cette nouvelle plateforme de démonstration et de technologie permet aux chercheurs de l'Empa de développer des nouveaux concepts



1





de motorisation émettant nettement moins de CO₂ et de les tester en pratique. Ces prochaines années, ils étudieront comment transformer en carburants pour les voitures, les véhicules utilitaires et les machines et engins de travail les excédents d'électricité renouvelable produits en été.

Flisom met en exploitation son installation de production pilote – et assure la poursuite de son développement

Ayodhya N. Tiwari poursuit depuis plus de 20 ans ses travaux de recherche sur des modules solaires CIGS (diséléniure de cuivre indium gallium) à couches minces puissants appliqués sur des feuilles flexibles. Le plus récent jalon de ce développement a été la mise en exploitation en septembre 2015 d'une installation de production pilote par la start-up Flisom que Tiwari a fondée. La poursuite du développement de son entreprise est assurée grâce à une nouvelle ronde de financement à hauteur de 10 millions de francs suisses, et cela deux ans seulement après un investissement initial de 42,5 millions. Cette start-up suisse développe des technologies novatrices pour la production de modules solaires à couches minces flexibles bon marché et puissants. Grâce à un procédé «roll-to-roll» Flisom est en mesure de produire des «feuilles solaires» d'une largeur pouvant atteindre un mètre, ce qui n'était pas possible jusqu'ici. La clé du succès de ce transfert de technologie réside dans la longue collaboration entre Flisom et l'Empa au cours de laquelle ces dernières années elles ont plusieurs fois battu le record du taux de conversion pour les cellules solaires à couches minces, en atteignant, par exemple, 20,4 pour-cent en 2013. Toutes deux travaillent aussi en commun depuis quelques années au développement d'une plateforme de production novatrice pour la fabrication de modules solaires à l'échelle industrielle. La mise à l'échelle industrielle pour la production de modules solaires de grande surface et l'adaptation de ce procédé novateur complexe qu'elle implique est un défi important qui nécessite une étroite collaboration entre le laboratoire de recherche et les partenaires industriels. //

1

A Niederhasli près de Zurich, Flisom a construit une installation de production pilote dimensionnée pour une capacité d'électricité solaire installée de 15 mégawatt.

Echanges intenses – au delà des frontières de la Suisse et de l'Europe

La recherche sur la nanosécurité reste pour l'Empa un thème central sur lequel elle poursuit ses travaux en collaboration avec plusieurs partenaires internationaux. C'est ainsi que le 23 juillet 2015, le directeur de l'Empa Gian-Luca Bona et le vice-président du «Korea Research Institute of Standards and Science» (KRISS), Hyun Min Park, ont signé à l'Empa à Saint-Gall un «Memorandum of Understanding qui prévoit une collaboration approfondie dans le domaine de la recherche sur la nanosécurité.

La collaboration en recherche avec le «Los Alamos National Laboratory» (LANL) des USA et d'autres instituts partenaires de renom international a elle aussi été élargie l'année passée. Au mois de janvier, un atelier de travail consacré à la recherche énergétique avait été organisé avec des chercheurs du LANL. Cette réunion a aussi fourni l'occasion d'identifier divers thèmes sur lesquels les deux instituts collaboreront plus étroitement à l'avenir.

Au mois de septembre, le «World Materials Research Institutes Forum» (WMRIF) a eu lieu au «Lawrence Livermore National Laboratory» (LLNL) en Californie. Ce forum, dont la sixième édition était consacrée aux thèmes des matériaux critiques et des sciences informatiques, réunit régulièrement des représentants des instituts de recherche sur les matériaux les plus importants du monde. Au mois de mars déjà, un jeune scientifique du LANL – lauréat du «WMRIF Young Scientist Award» de l'année passée – a été l'hôte de l'Empa dans le cadre d'un échange de chercheurs.

Le programme postdoc de l'Empa «COFUND», en cours depuis 2011 avec le soutien financier de l'UE, est lui aussi un élément important dans la collaboration internationale. Un fait particulièrement réjouissant sur le plan de la coopération européenne: jusqu'ici – au contraire d'autres institutions – nous n'avons par encore





© iStockphoto

1

Le 23 juillet 2015 le vice-président du «Korea Research Institute of Standards and Science» (KRISS), Hyun-Min Park (à gauche) et le directeur de l'Empa, Gian-Luca Bona, ont signé un «Memorandum of Understanding» entre l'Empa et le KRISS pour le renforcement de leur collaboration dans la recherche sur la nanosécurité.

2

Au mois de septembre, la troisième édition de la conférence biennale sur le monitoring intelligent, l'évaluation et l'assainissement des ouvrages d'art SMAR 2015 s'est déroulée en Turquie à Antalya. Cette conférence avait été organisée en commun par l'Empa et l'Université technique d'Istanbul (ITÜ).

3

L'Ambassadeur d'Allemagne en Suisse, Otto Lampe, attentif aux explications que lui fournit Gian Luca Bona dans un laboratoire de l'Empa.

enregistré de recul marquant dans la participation des chercheurs de l'Empa aux projets du programme recherche UE «Horizon 2020».

Sur le plan politique, à l'occasion d'une manifestation de Swiss-Core, le bureau de liaison du Fonds national suisse (FNS) avec l'UE à Bruxelles, le directeur de l'Empa Gian-Luca Bona a eu l'occasion de s'entretenir avec des représentants diplomatiques en Suisse, entre autres avec l'ambassadeur d'Allemagne, Otto Lampe, avec l'ambassadrice des USA, Jennifer MacIntyre, et avec l'ambassadrice du Canada, Suzan LeVine, ainsi qu'avec des représentants de la délégation économique et culturelle de Taiwan en Suisse. Le membre de la direction de l'Empa, Pierangelo Gröning, et le secrétaire d'État à l'Enseignement supérieur et à la Recherche du Luxembourg, Marc Hansen, ont en outre convenu de renforcer la collaboration de l'Empa avec les institutions de la recherche du Luxembourg, et ceci plus particulièrement dans le développement du nouveau Luxembourg Institute of Science and Technology (LIST). //



En échange avec l'industrie



Pour l'Académie Empa, l'année 2015 a été marquée par des échanges intenses avec l'industrie. Au total, ses 105 manifestations ont attiré quelque 6000 personnes dont plus de la moitié étaient issues des milieux de l'industrie et de l'économie. A Dübendorf en particulier, les nouvelles plateformes de démonstration «NEST» et «move» ont suscité un vif intérêt. Cette année à nouveau, le calendrier des manifestations offrait un mélange équilibré de conférences, de congrès, de cours et d'expositions.

Power-to-Gas – convertir l'électricité en support énergétique chimique

L'approvisionnement énergétique de la Suisse est à la veille de changements profonds. En premier lieu, il s'agit de réduire les émissions de CO₂ et de passer des énergies fossiles et nucléaires aux énergies renouvelables. En dans cela, l'industrie automobile est elle aussi concernée. A côté de nouveaux systèmes de motorisation, la disponibilité des carburants correspondants est d'une importance centrale. A l'Empa, des représentants de la politique, de l'industrie et de la recherche ont montré les voies possibles pour y parvenir, par exemple avec l'approche power-to-gas, la conversion des excédents temporaires ou saisonniers d'électricité renouvelable en supports énergétiques chimiques tels que l'hydrogène ou le méthane.

Outre la recherche sur l'énergie, les technologies du bâtiment novatrices sont encore un thème central pour l'Empa. Le 1^{er} Congrès «Energie + Bauen» que l'Empa a organisé dans le cadre des «Energietage Saint-Gall» présentait des approches possibles, des exemples et des propositions concrètes pour la réalisation de projets de construction énergétiquement efficaces, avec des thèmes tels que les concepts d'assainissement durables et les bâtiments intelligents.



1



2



Les matériaux critiques – si des matières premières venaient à manquer

Nombre d'éléments métalliques sont considérés comme «critiques»: d'une part ces éléments jouent un rôle toujours plus important dans les technologies dites d'avenir et d'autre part leur risque de pénurie est élevé. Les PME suisses sont elles aussi touchées car souvent elles ne connaissent pas exactement quelle est leur dépendance vis-à-vis de matériaux de ce type. Un «Technology Briefing» à leur intention a présenté et discuté les stratégies possibles pour une gestion durable de ces matériaux critiques.

La technique médicale est un secteur en pleine croissance (et à forte intensité de recherche) important pour l'économie suisse. Rien d'étonnant donc si ce thème occupe une place importante à l'Empa: dix de ces 30 laboratoires de recherche travaillent entre autres au développement, à la caractérisation et à l'analyse des matériaux et des revêtements superficiels dans ce domaine. Lors du «MedTech Day 2015», les chercheurs de l'Empa ont présenté les résultats les plus récents obtenus dans leurs laboratoires.

Au mois de juillet 2015, l'Empa a encore organisé la 20^e «European Conference on Chemical Vapor Deposition» (EuroCVD20). A cette occasion des experts de renom international ont discuté durant une semaine sur les bords du Lac de Sempach des développements actuels dans ce domaine dans plusieurs douzaines d'exposés, de poster sessions ainsi qu'au cours de la partie informelle de cette conférence.

Le bois – étonnamment polyvalent

Le bois est une des matières premières utilisées depuis le plus longtemps et la seule ressource issue d'une production naturelle en Suisse. Le bois est aujourd'hui utilisé dans un nombre incalculable de fonctions, mais en premier lieu comme matériau de construction et comme combustible. Ce que beaucoup ignorent, c'est que des matériaux à base de bois peuvent aussi s'utiliser, par exemple, en médecine ou pour la lutte contre les marées noires. Lors d'une manifestation de l'Académie Empa, les chercheurs ont montré tout ce dont le bois est capable. //

1
En 2015, les manifestations de l'Académie Empa ont une nouvelle fois suscité un vif intérêt.

2
La conseillère nationale Kathy Riklin lors du Gasmobil-Symposium au mois d'octobre à l'Académie Empa.

Entretenir les contacts – digitaux et réels

L'intérêt du public pour les projets de recherche et d'innovation de l'Empa demeure toujours considérable. Comme le prouvent, par exemple, les visites organisées des laboratoires de l'Empa qui ont attiré l'année écoulée près de 3 500 personnes pour atteindre ainsi un nouveau record. Mais les différentes plateformes «on-line» de l'Empa elles aussi – et avant son site web totalement réaménagé – ont enregistré un nombre fort élevé de «clics», de «j'aime» et de téléchargements.

Une vitrine attrayante pour tous les formats

2015 était entièrement placé – du moins dans les coulisses – sous le signe du lancement de notre nouveau site web. Au mois de décembre le grand moment est arrivé: *www.empa.ch* était en ligne avec une présentation totalement nouvelle et une meilleure convivialité. Il faut reconnaître qu'il était temps, l'ancien «Content Management System» (CMS) datait de plus de 12 ans – ce qui dans le domaine des ICT est déjà presque une relique préhistorique. A côté de son esthétique attrayante, ce nouveau site internet s'efforce de faciliter à ses visiteurs l'accès aux informations sur les nombreuses activités de recherche de l'Empa, et cela quelque soit l'appareil utilisé, laptop, tablette ou encore smartphone.

Sur les autres canaux online de l'Empa aussi il s'est passé bien des choses l'année dernière. C'est ainsi que les canaux

podcast YouTube, iTunes et iTunes U ont enregistré ensemble plus de 1500 000 téléchargements. Et sur les plateformes Facebook-, Twitter et LinkedIn, où elle n'est présente que de puis trois ans, elle a compté au total plus de 5 500 «followers».

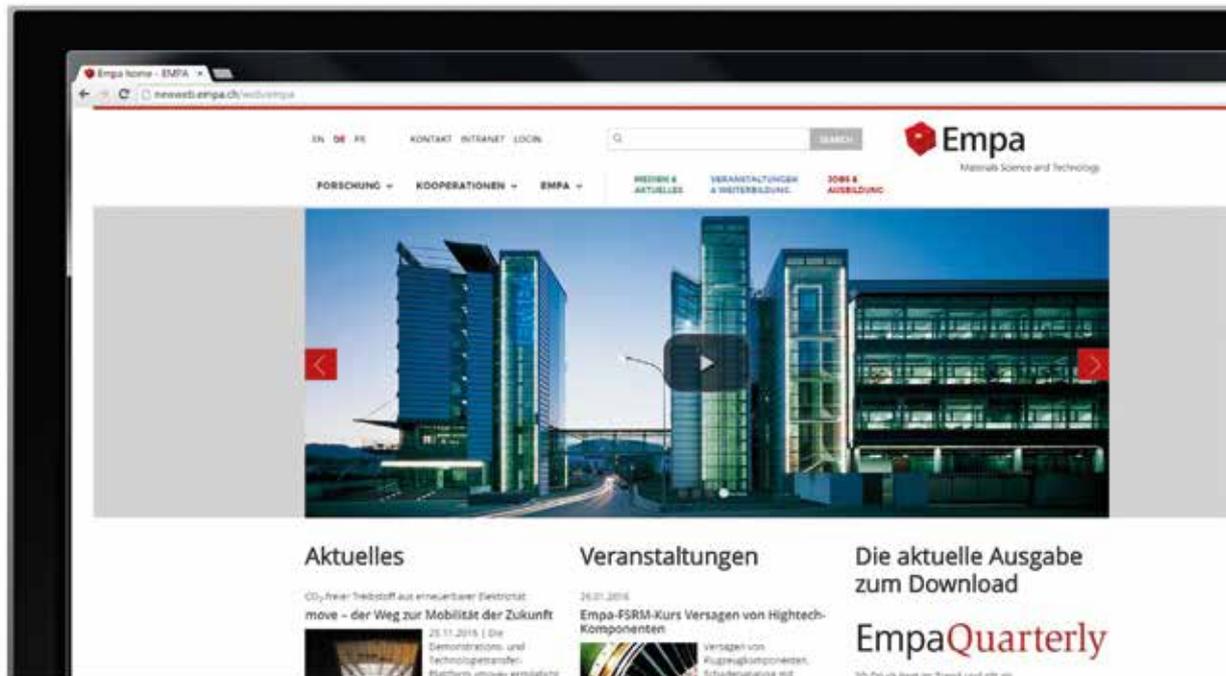
Nouveau record de visiteurs l'Empa

Pas tout à fait aussi nombreux, soit 3 000, étaient ceux qui ont visité «en live» les laboratoires de l'Empa – c'est aussi la première fois que la barre des 3 000 a été franchie et cela avec une augmentation de près de dix pour-cent, ce qui constitue un nouveau record. Près d'un tiers de ces visiteurs, avec une tendance à la hausse, étaient des élèves de lycées et d'écoles professionnelles, autrement dit la relève à laquelle les chercheurs de l'Empa désirent mieux faire connaître l'univers fascinant des sciences de la nature et de l'ingénieur.

Mais de nombreux représentants du gouvernement, de la politique et de l'administration se sont aussi déplacés à l'Empa pour un échange de points de vue sur les différents aspects de la recherche de l'Empa et aussi sur la politique de l'innovation en général. C'est ainsi qu'en 2015, ce ne sont pas moins de trois conseillères et conseillers fédéraux que l'Empa a pu saluer lors de diverses manifestations – une première dans les 136 ans de l'histoire de notre institut. La Conseillère fédérale Evelin Widmer-Schlumpf fut notre hôte en compagnie de l'en-

1

A côté son esthétique attrayante, le nouveau site internet de l'Empa s'efforce de faciliter à ses visiteurs l'accès aux informations sur ses nombreuses activités de recherche, et cela quelque soit l'appareil utilisé, laptop, tablette ou encore smartphone.



1

Un nouveau matériau absorbant issu de la recherche sur le bois de l'Empa pourrait à l'avenir aider à lutter contre les marées noires. La cheffe de laboratoire Tanja Zimmermann montre au Conseiller fédéral Johann Schneider-Ammann comment cela fonctionne.

2

La Conseillère d'Etat zurichoise, Carmen Walker Späh, attentive aux explications du directeur de l'Empa Gian-Luca Bona lors de la célébration de l'achèvement du gros œuvre de NEST.

Contact

Dr. Michael Hagmann
michael.hagmann@empa.ch

semble de la fraction parlementaire de son parti lors d'une excursion de cette dernière et elle s'est informée sur nos grands projets dans le domaine de l'énergie. Lors d'un atelier consacré à l'énergie à l'Empa, la Conseillère fédérale Doris Leuthard a visité la plateforme de transfert de technologie pour la mobilité durable qu'est «move». Mais des délégations du PDC, du PS et du PLR – cette dernière avec le Conseiller national Ruedi Noser – sont aussi venues s'informer de première main sur les innovations de l'Empa. Et la Conseillère d'Etat zurichoise Carmen Walker Späh – alors fraîchement élue – est venue discuter avec le directeur de l'Empa Gian-Luca Bona de la stratégie à appliquer pour attirer des entreprises étrangères innovatrices sur le parc technologique de Dübendorf.

L'Empa a aussi accueilli de nombreux visiteurs étrangers, par exemple l'Ambassadeur d'Allemagne, Otto Lampe, ainsi que différentes délégations de la Corée, du Japon, de la Russie, des USA, de l'Italie, de la Grande Bretagne, du Pérou et de la Colombie. Les groupes venant d'Italie et de Grande Bretagne rassemblaient des journalistes scientifiques et techniques qui effectuaient un «Tour de Suisse» pour visiter différentes institutions de recherche sur invitation du Département fédéral des affaires étrangères (DFAE) et de l'ambassade de Suisse dans leur pays respectifs. //



1



2

Egalité des chances et plus encore



L'Empa accorde depuis longtemps déjà une grande importance à l'égalité des chances et à la diversité. Comme le montrent ses collaborateurs originaires de plus de 50 pays et l'attention portée à la compatibilité entre famille et travail. La variété des modèles de temps de travail et la compatibilité entre famille et travail, non seulement prônée mais pratiquée dans les faits, ont été récompensées l'année dernière par le «Prix Balance». L'Empa possède sa propre crèche, le Pavillon des enfants, à Dübendorf et des places réservées dans des crèches sur ses autres sites de Saint-Gall et de Thoune. Elle organise en plus chaque été un camp d'une semaine avec de nombreuses activités pour les enfants de ses collaborateurs. Comme chaque année en automne, l'Empa participera le 7 novembre à la journée «Futur en tous genres» lors de laquelle l'Empa a particulièrement à cœur d'éveiller l'intérêt des filles pour les sciences et les métiers d'ingénieurs.

Nouvelle responsable

Au printemps 2015, la préposée à l'égalité des chances de l'Empa durant de nombreuses années, Christiane Loewe a quitté l'Empa pour assumer la direction du bureau de l'égalité des chances de l'Université de Zurich. C'est maintenant Marianne Senn qui occupe cette fonction. Marianne Senn est archéométreuse et de plus responsable des archives de l'Empa. Elle accordera une importance particulière à la part des femmes encore peu élevée à l'Empa et désire encore encourager les hommes aussi au travail à temps partiel.

Un plan d'action pour une nouvelle culture de la promotion

Au printemps 2015, l'Empa a une nouvelle fois obtenu le label «Famille & Profession» avec la qualification «Best Practice», attribué par le «Bureau UND – Equilibre entre famille et emploi pour les hommes et les femmes». Cet organisation a particulièrement relevé l'engagement de l'Empa dans les domaines importants que sont la gestion et le développement du personnel. Dans ce contexte, l'Empa avait élaboré il y a quelques années un plan d'action dont le thème principal était la promotion des femmes à tous les niveaux et fonctions, avec d'autres thèmes touchant la compatibilité entre famille et travail. Ce plan d'action arrive à échéance en 2016 et l'Empa a l'intention d'élaborer un nouveau plan d'action efficace pour les années 2017 – 2020. //



Danger détecté, risque écarté

D'abord soupeser, puis oser!», cette citation, librement traduite, du maréchal prussien Helmut von Moltke, (1800 – 1891) décrit fort bien le sens et le but de la gestion des risques à l'Empa. Il s'agit ainsi de reconnaître, d'analyser et de surveiller les risques possibles pour l'entreprise et de ses collaborateurs pour pouvoir finalement les contrôler.

Les principes fondamentaux 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 impact négatifs, la protection du savoir faire acquis et de la propriété intellectuelle ainsi que de la réputation de l'Empa. L'accent principal de ses 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 périodique 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 la réputation. Finalement des mesures sont définies et mises en œuvre 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. Ce controlling sert aussi au contrôle de l'efficacité des mesures mises en œuvre.



Identification

Evaluation

RISQUES

Maîtrise

Vérification et pilotage

Une réorganisation réussie

La gestion des risques de l'Empa a subi une réorganisation en 2015 afin d'en rationaliser et professionnaliser la procédure. Ceci s'est traduit l'année écoulée 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 prise de conscience accrue pour les risques qui deviennent ainsi mieux contrôlables. Les mesures prises, telles que, par exemple, une intensification des activités de formation à la gestion des risques, produisent déjà leurs effets.

Une nouvelle procédure d'urgence pour les évacuations en cas de catastrophe ou d'attentat est actuellement dans sa phase de mise en œuvre. Sur les sites de Dübendorf et de Saint-Gall, de nouvelles organisations d'évacuation avec les équipements d'alarme adéquats ont été mis en place et des points de rassemblement, où toutes les personnes doivent se rendre en cas d'alarme, ont été définis. Dans le cadre de ces mesures, un badge pour les visiteurs mentionnant aussi les principales instructions en cas d'urgence a été introduit. A Thoune, l'organisation des urgences est intégrée dans celle de la place d'armes sur laquelle le site de l'Empa se trouve.

Afin d'augmenter la sécurité chimique, le marquage des laboratoires a été unifié. Les produits dangereux qui s'y trouvent ainsi que le nom et le numéro de téléphone du responsable du laboratoire y sont désormais indiqués – des indications qui, en cas de sinistre, sont d'une grande importance pour la sécurité des pompiers et des premiers secours. Une directive sur la sécurité informatique, qui traitera plus spécialement de la gestion des données confidentielles, est en cours d'élaboration – un défi particulier dans un monde scientifique ouvert. //



1

1
Un petit pas mais un pas concret dans la mise en œuvre de la gestion des risques: détermination de points de rassemblement pour les collaborateurs en cas d'évacuation.



Le chercheur Andrea Bergamini regarde à travers un modèle de la structure du diamant. Il étudie si de telles structures cristallines peuvent, par exemple servir à réprimer les vibrations des dalles des bâtiments.



Faits et chiffres

Les chercheurs aiment bien mesurer, entre autres aussi leurs propres performances: en 2015 les chercheurs, chercheuses, ingénieures et ingénieurs de l'Empa ont publiés près de 630 articles dans des revues scientifiques et déposés près de 20 brevets pour leurs développements. A la fin de l'année, près de 110 projets financés par le Fonds national suisse (FNS), quelque 90 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 21 spin-offs occupaient, avec les autres start-ups de ses deux incubateurs d'entreprises, au total près de 360 collaborateurs, avec une tendance à la hausse.

Vous trouverez le compte de résultat dans le rapport financier 2015 de l'Empa (en Allemand) online sous:
www.empa.ch/web/s604/annual-reports

A la fin 2015, l'Empa occupait 942 (2014: 950) personnes. Ceci équivaut, du fait des nombreuses possibilités de travail à temps partiel, à 868,7 (2014: 878,5) postes à plein temps.

Les effectifs de personnel scientifique atteignaient 501 (2014: 524) personnes, dont 117 (2014: 123) senior scientists. L'année écoulée, 400 (2014: 383) personnes travaillaient dans le domaine technique et administratif. Le tableau ci-contre ne mentionne pas 26 professeurs car l'Empa, en tant qu'institut de recherche, n'attribue pas elle-même de titres académiques.

Avec 27,5 (2014: 27,6) pour-cent, le pourcentage des femmes reflète celui diplômées des facultés des université et des EPF représentées à l'Empa.

Le nombre d'étranger atteignant 388 (2014: 383) personnes, soit environ 40 (2014: 41) pour-cent des effectifs totaux de personnel. 265 (2014: 273) de ces personnes provenaient de l'espace de l'Union européenne, ce qui correspond à 68 (2014: 71) pour-cent de tous les collaborateurs étrangers.

Après une augmentation constante du nombre des emplois de durée limitée ces dernières années, leur nombre, avec 398 (2014: 416) personnes, est de nouveau en léger recul. La durée moyenne des contrats de travail de durée limitée est restée inchangée et dépend essentiellement des accords usuels pour les doctorants et les post-doctorants.

L'Empa offre un grand nombre d'apprentissage de différents métiers et occupait 41 (2014: 43) apprentis. En 2015, tous les apprentis en fin de formation ont passé avec succès leurs examens de fin d'apprentissage. //

EFFECTIFS DE PERSONNEL (AU 31. DÉCEMBRE)

	2014	2015
Personnel scientifique	524	501
Personnel technique/administratif	383	400
dont apprentis	43	41
Total	950	942

PRODUCTION SCIENTIFIQUE

	2014	2015
Publications ISI	486	634
Contributions à des conférences	1222	1121
Thèses de doctorat achevées	32	38
Doctorats en cours	171	175
Activités d'enseignement (en heures)	3732	3760
Prix/distinctions	62	35

PRÉSENCE DANS LES MÉDIAS

	2014	2015
Radio & TV	80	73
Presse écrite	1000	1000
Online	2750	2853
Total	3830	3920
Langues	30	32

ACADÉMIE EMPA

	2014	2015
Manifestations de Empa	81	105
Participants	4100	6100
Congrès scientifique	15	12
Manifestations spécialisées pour l'industrie	33	44

TRANSFERT DE SAVOIR ET TECHNOLOGIE

	2014	2015
Nouveaux accords de recherche et développement	127	157
Contrats de valorisation actifs (licences/options/ventes)	75	80
Nouveaux contrats de valorisation	16	20
Nouveaux dépôts de brevet	18	18

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

	2014	2015
Entreprises total	37	45
dont spin-offs	21	21
Collaborateurs total	281	359
dont collaborateurs spin-offs	102	105

PROJETS EN COURS

	2014	2015
SNF	119	112
CTI	103	89
Projets UE	63	58

Conseil des EPF

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

PRÉSIDENT

Fritz Schiesser **Dr. iur.**, Haslen GL

VICE-PRÉSIDENT

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

MEMBRES

Patrick Aebischer **Prof. Dr.**, EPF Lausanne

Lino Guzzella **Prof. Dr.**, EPF Zurich

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

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

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

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

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

Markus Stauffacher **Dr.**, EPF Zurich

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

Andreas Hafner **Dr.**, BASF, Bâle

Markus Hofer **Dr.**, Bühler, Uzwil

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

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

Urs Mäder **Dr.**, Sika, Zurich

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

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

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

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

Comission de la Recherche

La commission de la recherche 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

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

Karl Knop **Dr.**, Zurich

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

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

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

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

Organigramme

Etat mai 2015

RESEARCH FOCUS AREAS

(Axes de recherche)

Matériaux nanostructurés

Dr. Pierangelo Gröning

Sustainable Built Environment

Dr. Peter Richner
Dr. Giovanni Terrasi

Santé et performances

Prof. Dr. Alex Dommann

Ressources naturelles et polluants

Dr. Brigitte Buchmann

Energie

Dr. Peter Richner
Urs Elber

DIRECTION

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

Dr. Giovanni Terrasi

Multiscale Studies in Building Physics

Prof. Dr. Jan Carmeliet

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

Protection et physiologie

Dr. René Rossi

Advanced Fibers

Prof. Dr. Manfred Heuberger

Particles-Biology Interactions

Dr. Peter Wick

Biointerfaces

Dr. Katharina Maniura

Reliability Science and Technology

Dr. Urs Sennhauser

TRANSFERT DU SAVOIR ET DE TECHNOLOGIE

NEST

Reto Largo

move

Dr. Brigitte Buchmann

Académie Empa

Anja Pauling

glaTec – Parc technologique de Dübendorf

Mario Jenni

STARTFELD

Centre d'innovation

Peter Frischknecht

Réseau

fiabilité

Dr. Urs Sennhauser

International Research Cooperations

Prof. Dr. Harald Krug

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

Matériaux pour les énergies renouvelables

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

Construction 3 IR, Logistique et Infrastructure

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