

Rapport annuel 2013



Notre mission.

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

PAGES 4-5

Préface

PAGES 6-7

L'année en rétrospective

PAGES 8-49

Projets en mire

PAGES 50-69

Axes de recherche

PAGES 70-93

De la recherche à l'innovation – l'Empa comme partenaire

PAGES 94-99

Faits et chiffres

PAGES 100-103

Organes de l'Empa/Organigramme

IMPRESSUM

Editeur : Empa, CH-8600 Dübendorf, 9014 Saint-Gall, 3602 Thoune. Rédaction : Communication, Empa. Conception/Maquette : Groupe graphisme, Empa.
Impression : Neidhart + Schön AG, CH-Zurich. ISSN 1660-2285 Rapport annuel Empa © Empa 2014



Le long chemin de la recherche à l'application

En 2013, l'Empa a eu plus d'un événement à fêter, avant tout bien sûr au mois d'août les 50 ans de son site de Dübendorf en présence de nombreux représentants de la science, de l'industrie et de la politique. Mais aussi lors d'autres manifestations, telles que l'« Empa Technology & Innovation Forum » nouvellement créée pour les dirigeants de l'industrie, avec lesquelles l'Empa poursuit sa mission qu'est la transposition des innovations issues de la recherche de pointe dans des applications pratiques. Cette visibilité accrue face aux représentants de la politique et de l'économie et le profil plus « acéré » de creuset d'innovation qui en résulte nous ont certainement facilité l'obtention d'un soutien financier important de la part de nos partenaires, par exemple pour la première fois directement du canton de Zurich ou de l'Office fédéral de l'énergie (OFE). Des sources de financement externes qui sont d'une importance capitale pour nos démonstrateurs novateurs tels que « NEST » dans le domaine de la construction et « Future Mobility ».

Pour l'année en cours aussi nos objectifs sont ambitieux, avec un accent sur la recherche en relation avec la nouvelle politique énergétique suisse. Les nouveaux pôles de compétence en recherche énergétique (SCCER) vont permettre à l'Empa de réaliser de nombreux projets passionnants. Les quatre premières années des SCCER vont passer bien vite, et l'opinion publique attendra avec impatience, et avec raison, des résultats « payants ». Je suis sûr que l'Empa contribuera à satisfaire cette attente. Par ailleurs, nous créons actuellement à l'Empa, en commun avec des parte-

naires de l'industrie des revêtements, le « Coating Competence Center »; une première installation de revêtement a déjà été installée et d'autres suivront au cours de l'année.

Tous ces projets ont un trait commun: il faut souvent des années et plusieurs tentatives pour trouver la voie menant des connaissances fondamentales à de nouvelles applications commercialisables. Et c'est précisément cette fonction de passerelle à fort risque qui est la mission centrale de l'Empa. Nous n'effectuons pas que de la recherche de haute qualité, nous développons aussi des processus novateurs et synthétisons de nouveaux matériaux, même si le succès de leur transposition dans des applications pratiques est peut-être lointain et que nous n'avons donc pas encore de plan d'affaire pour leur commercialisation. Et c'est précisément cela que reflète notre devise « Empa – The Place where Innovation Starts ». C'est aussi pourquoi l'Empa a plaidé auprès du Fonds national suisse et de la Commission pour la technologie et l'innovation en faveur d'une promotion particulière de la recherche précompétitive, ce qui va être réalisé en 2014, dans un premier temps avec un projet pilote. Le gel de la participation de la Suisse aux programmes de recherche de l'UE confère à cette initiative une actualité brûlante, la majorité de nos quelque 60 projets UE se situant précisément dans ce domaine.

Le présent rapport annuel se propose de vous « donner à voir » quelques exemples de nos activités variées et de nos innovations en cours et nous espérons que sa lecture vous procurera plaisir et inspiration.



Prof. Dr Gian-Luca Bona
Directeur général

01

Un acide émis par la climatisation des voitures

Le réfrigérant « R-1234yf », utilisé dans les climatiseurs des voitures se dégrade dans l'atmosphère pour former le toxique persistant pour les végétaux qu'est l'acide trifluoroacétique. L'Empa a calculé où et combien de « R-1234yf » est émis et où cette pollution est la plus importante.

Peser le pour et le contre

Avec de l'électricité renouvelable, les voitures électriques circulent écologiquement. Mais leur construction exerce une charge sur l'environnement. Une étude fait sous la direction de l'Empa met en évidence le pour et le contre et émet des recommandations concrètes pour une mobilité durable.

Programme pour les jeunes entrepreneurs

Le programme « CTI Entrepreneurship » a été lancé. Les futurs entrepreneurs apprennent tout ce qu'il est utile de savoir sur la création d'entreprise et le « business development ».

02

Recyclage dans les pays en voie de développement

Au mois de février l'Empa et le Secrétariat d'Etat à l'économie SECO ont lancé le programme « Sustainable Recycling Industries » destiné à promouvoir une récupération et un recyclage durables des matières premières secondaires.



Nano-étude

Sur mandat de l'Office fédéral de l'environnement (OFEV), l'Empa a examiné s'il était nécessaire d'adapter l'Ordonnance sur les accidents majeurs pour les nanomatériaux. Ses conclusions : les mesures de sécurité pour les produits chimiques sont aussi suffisantes pour les nanomatériaux synthétiques.

03

Le mercure dans les lampes économiques

Pour l'Office fédéral de l'environnement (OFEV) l'Empa a examiné 72 lampes économiques et tubes fluorescents courants quant à leur teneur en mercure. Les valeurs ainsi déterminées forment la base pour une estimation de la quantité totale de mercure que renferment ces lampes en Suisse.



Nouveau membre de la direction

Alex Dommann a pris la succession de Xaver Edlmann comme chef de département et membre de la direction. Auparavant Dommann était CTO et chef de la division « Microsystems Technology » au CSEM.



04

Coopération avec l'industrie dans les écobilans

L'Empa cède son équipe de spécialistes des analyses de cycle de vie à Quantis, une entreprise internationale de conseil dans ce domaine. Quantis ouvre une nouvelle succursale dans le parc technologique gla Tec de l'Empa à Dübendorf.

Un drap primé

La firme Schoeller Medical AG, le Centre suisse des paraplégiques et l'Empa se sont vu décerner le Prix de l'innovation Textextil pour un drap destiné à la prévention des escarres chez les personnes alitées.



05

Réseautage pour les cadres dirigeants

Succès de la première du « Empa Technology & Innovation Forum » : plus de 120 cadres dirigeants de l'industrie suisse se sont entretenus avec les membres de la direction de l'Empa sur des thèmes tels que « Open Innovation » et « Innovation et durabilité ».

Rendez-vous à l'Empa

A la mi-mai, tout le « who's who » de la recherche sur les matériaux était présent à l'Empa lors du « World Materials Research Institutes Forum ». Son thème central : « Materials meet Life », autrement dit comment les nouveaux matériaux interagissent avec notre corps.

Page 85

06

Une « montre bracelet » qui mesure la pression artérielle

Un capteur d'un type nouveau placé au poignet simplifiera à l'avenir la mesure en continu de la pression artérielle pour les patients souffrant d'hypertension. La firme STBL Medical Research AG a développé ce capteur en collaboration avec l'Empa.

Page 19

07

Les 20 ans de la crèche pour enfants

Le 6 juillet, la crèche de l'Empa et de l'Eawag a fêté ses 20 ans d'existence. Aujourd'hui le pavillon construit en 2006 accueille 34 enfants.

Page 93



Cinq fois primé

La designer textile Annette Douglas s'est encore vu décerner une nouvelle distinction pour son rideau transparent absorbant le bruit développé en collaboration avec l'Empa. Cette distinction, la cinquième en l'espace de peu de temps, lui a été attribuée fin juillet par l'UE.



08

50 ans du site de l'Empa à Dübendorf

Des représentants de haut rang de l'économie et de la politique, dont le Conseiller fédéral Johann Schneider-Ammann, ont fêté avec l'Empa les 50 ans de son site de Dübendorf.



Interdiction mondiale

L'agent ignifugeant HBCD, utilisé dans les matières plastiques, l'électronique, les textiles et les panneaux isolants, est dorénavant interdit. Cette interdiction, décidée lors d'une conférence de l'ONU intervient, entre autres, suite à plusieurs travaux de recherche de l'Empa.

09

Tests pratique réussis

Après des tests pratiques de plusieurs mois dans différentes villes suisses, le bilan de la balayeuse propulsée à l'hydrogène de l'Empa est des plus positifs. Sa consommation d'énergie est jusqu'à 70 pour-cent inférieure à celle des balayuses conventionnelles.



Des filtres à particules qui émettent de la dioxine

Les filtres à particules diesel sont une bénédiction pour l'environnement – et en même temps des réacteurs chimiques difficilement contrôlables. Des chercheurs de l'Empa ont découvert que certains de ces filtres pouvaient produire, suivant les conditions d'exploitation, de la dioxine, aussi sinistrement connue sous le nom de poison de Seveso.



10

Happy Birthday, glaTec!

Et encore un jubilé – l'incubateur d'entreprises «glaTec» sur le site de l'Empa à Dübendorf a fêté en 2013 ses cinq ans d'existence. Toutes les jeunes entreprises qu'il a hébergées jusqu'ici sont actives sur le marché et en pleine croissance. Un beau succès!

Page 78

Financement assuré pour la banque de données DaNa

DaNa, une banque de données scientifiques facilement accessible donnant des informations sur les nanomatériaux synthétiques (www.nanopartikel.info), continuera à être financée durant quatre ans par la Suisse et l'Allemagne. L'Empa y assume une participation déterminante.

11

Record mondial pour les piles solaires

Des chercheurs de l'Empa ont établi avec 20,4 pour-cent un record d'efficacité pour les piles solaires à couche mince flexibles à base de semi-conducteur CIGS.

Page 30



La protection du climat dans l'assiette

L'Empa est partenaire du programme «ONE TWO WE» de l'entreprise de restauration SV Group et du WWF. Moins de produits importés par avion, moins de légumes provenant de serres chauffées à l'énergie fossile et une consommation d'énergie réduite doivent rendre les restaurants d'entreprise plus durables.

Le Conseil d'Etat du canton de Zurich à l'Empa

Au novembre, le Conseil d'Etat du canton de Zurich avait choisi l'Empa pour son dialogue avec les acteurs économiques du canton. Le thème central était le transfert de technologie entre la recherche et l'industrie.

12

Un crépi accumulateur d'humidité lancé sur le marché

L'Empa a développé avec la firme Sto AG un système de crépi qui possède un pouvoir élevé d'accumulation d'humidité et permet ainsi d'éviter la formation de condensation sur les parois froides et les ponts thermiques. Ce crépi est commercialisé depuis le mois de février 2014.

Le Prix Ruzicka attribué à un chercheur de l'Empa

Le 4 décembre, le prix Ruzicka 2013 a été attribué à Maksym Kovalenko. Ce chercheur de l'Empa et professeur assistant à l'EPFZ mène des travaux de recherche sur de nouveaux nanomatériaux destinés à des utilisations en électronique, en optique et dans des accumulateurs de grande puissance.

Page 33

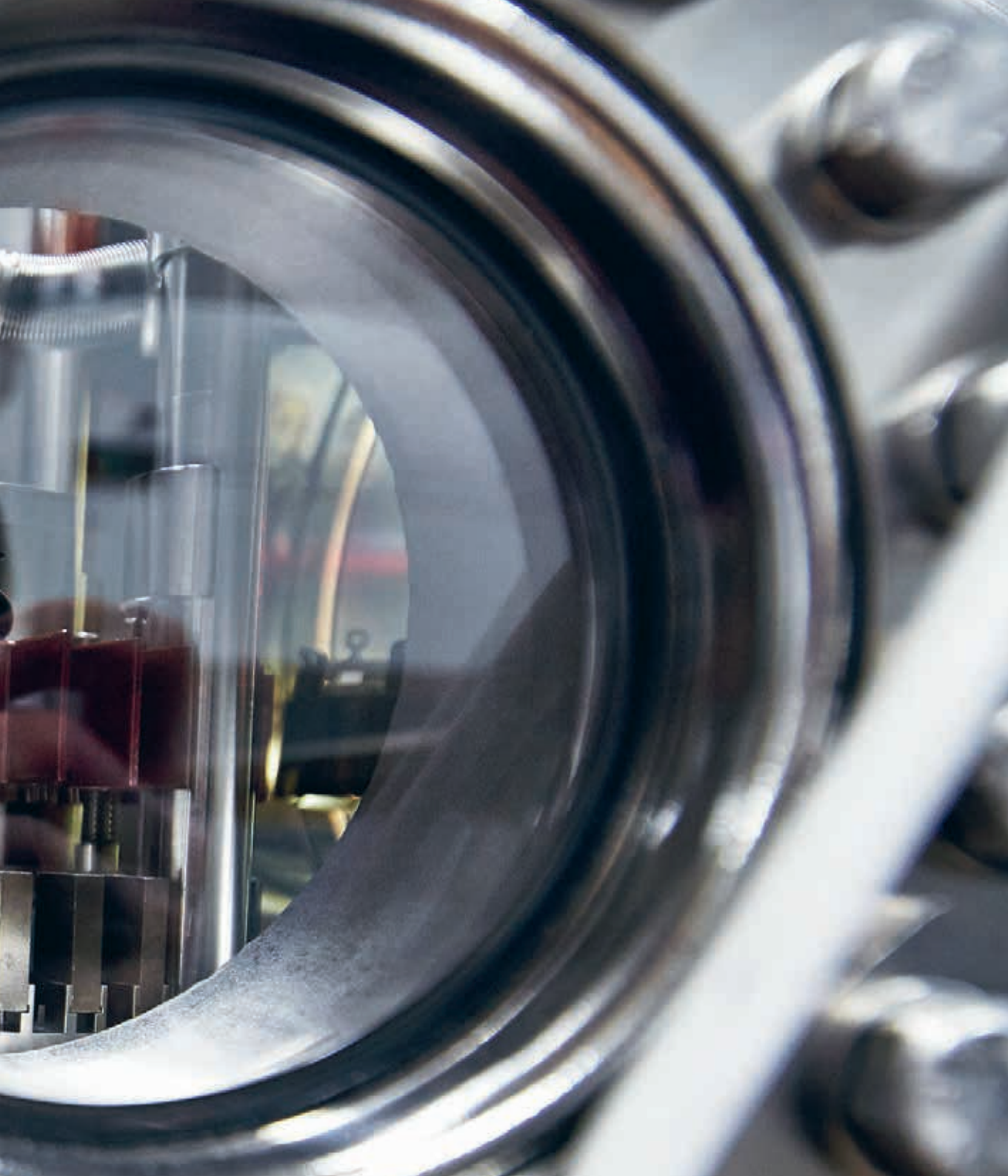


Projets en mire

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 scientifiques et les ingénieurs de l’Empa ont fait connaître leurs travaux dans plus de 500 publications et plus de 1000 contributions à des conférences scientifiques. Les « instantanés » ci-après de ses laboratoires donnent un aperçu de la variété des activités de recherche de l’Empa.







Quelle rigidité pour les bâtiments en bois de plusieurs étages ?

Au printemps 2013 un appareil assez spécial est entré en action sur le chantier étage d'un bâtiment en bois dans la commune zurichoise d'Oberglatt: un générateur de vibrations de deux tonnes. Au troisième étage, ce générateur faisait subir à ce bâtiment de plusieurs étages de vibrations horizontales, comme sous l'action de très fortes rafales de vent ou d'un petit tremblement de terre.

127

kilomètres heure, la vitesse des rafales de vent auxquelles il faut statistiquement s'attendre selon MétéoSuisse tous les deux ans à Zurich. A titre de comparaison, l'ouragan Lothar a soufflé à près de 140 kilomètres sur le plateau suisse en décembre 1999; au Jungfrauoch, les vitesses enregistrées atteignaient même jusqu'à 249 km/h.

En douze points de l'immeuble, les chercheurs de l'Empa ont alors mesuré les mouvements horizontaux et verticaux du bâtiment à l'aide de capteurs d'accélération afin de relever des valeurs réelles de la rigidité, des fréquences propres et de l'amortissement de la structure d'un bâtiment de plusieurs étages à ossature bois. Et d'étudier ainsi expérimentalement pour la première fois comment les éléments porteurs et non porteurs influençaient la rigidité et la stabilité de telles structures en bois.

Qu'est ce qu'une bibliothèque et un bâtiment en bois de plusieurs étages ont en commun ?

Lors de la conception et de la construction de bâtiments en bois de plusieurs étages, les ingénieurs sont confrontés aux mêmes problèmes que le commun des mortels lors du montage d'une bibliothèque: si l'on renonce à monter une



L'immeuble plurifamilial de trois étages à ossature bois à Oberglatt (ZH) qui a fait l'objet de cette étude.

croix métallique, la bibliothèque reste une affaire branlante qui se met à osciller dangereusement au moindre choc latéral. Les ingénieurs n'utilisent toutefois pas de croix métalliques. Pour assurer la rigidité horizontale de la structure en bois et prévenir les dommages que pourraient causer une tempête ou un tremblement de terre, ils ajoutent par exemple des parois porteuses supplémentaires ou augmentent la rigidité des parois existantes avec des éléments plus épais, un matériau plus rigide ou un nombre plus élevé de pièces d'assemblage. Ce qui finalement demande davantage de matériau et de travail, et augmente le coût de la construction.

Ce qui ne rend par les choses plus simple : une rigidification n'est pas dans tous les cas la meilleure solution. Pour atténuer par

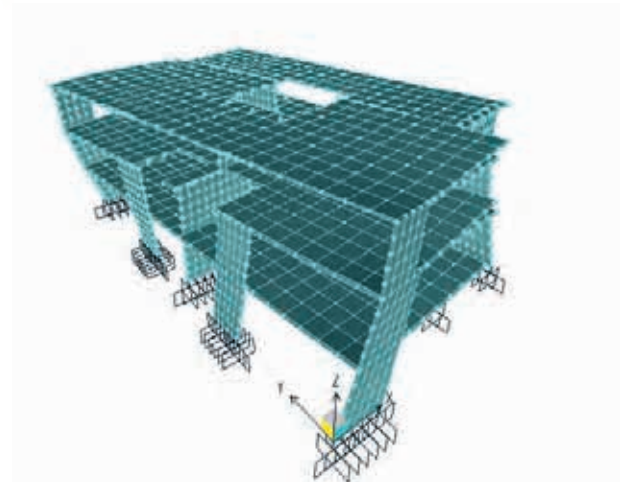
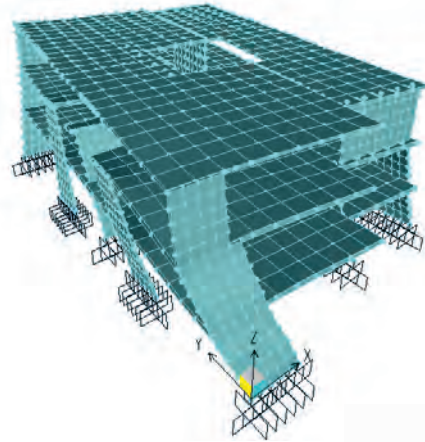
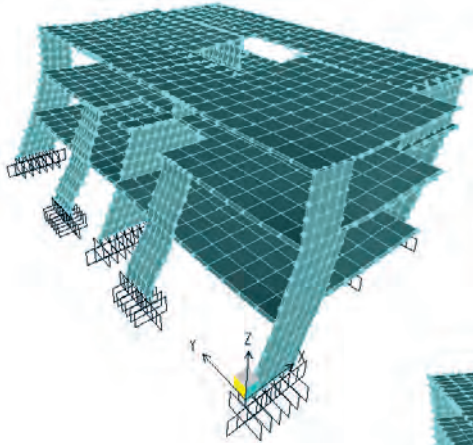


La masse oscillante de 1000 kg du générateur d'oscillations hydraulique de l'Empa est capable de mettre en vibration un bâtiment entier.

exemple les effets des secousses d'un tremblement de terre il est parfois préférable que le bâtiment ne soit pas trop rigide mais puisse dans une certaine mesure réagir en se déformant de manière élastique. L'ensemble de la branche construction bois mais aussi les architectes, les ingénieurs et les maîtres d'ouvrage, sont intéressés à disposer de valeurs aussi réalistes que possible sur la rigidité, les fréquences propres et l'amortissement des constructions en bois afin d'utiliser exactement la quantité de matériau nécessaire – et cela en plus aux bons endroits.

Le bois – un matériau de construction durable

Jusqu'à récemment encore on ne disposait que de valeurs approximatives établies par calcul sur le comportement dynamique d'un immeuble en bois de plusieurs étages du type de construction le plus courant en Suisse, mais pas de « vraies » données recueillies sur un ouvrage réel. Avec ce projet de recherche soutenu par le Fonds pour les recherches forestières et l'utilisation du bois (Fonds zur Förderung der Wald- und Holzforschung) et réalisé par l'Empa avec le bureau d'ingénieurs Pirmin Jung AG (Rain), le bureau d'architectes ZBF Architekten AG (Zürich) et l'entreprise Artho Holz- und Elementbau AG (St. Gallenkappel), les scientifiques ont maintenant établi les bases qui permettent de déterminer à l'avance avec davantage de précision le comportement en rigidité horizontale de la structure des bâtiments en bois. Ainsi le matériau de construction durable qu'est le bois pourra encore mieux faire valoir ses atouts pour les bâtiments de plusieurs étages.



Les représentations graphiques obtenues avec l'analyse modale permettent de mettre en évidence les modes de vibration du bâtiment.

La longue route vers la société à 2000 watts

En 1998, les chercheurs de l'EPF de Zurich ont développé le concept de la « société à 2000 watts », un modèle de politique énergétique qui permettrait d'assurer l'approvisionnement en énergie d'une population mondiale sans cesse croissante tout en ménageant l'environnement. Grâce à des technologies et à des processus efficaces, la consommation d'énergie des pays

industrialisés pourrait être réduite à 2000 watts par habitant – soit la moyenne mondiale. Les ressources ainsi libérées permettraient d'aider à lutter contre la pauvreté et la famine dans le monde, et cela sans diminution du standard de vie des pays occidentaux. La ville de Bâle fonctionne depuis lors comme région pilote et en 2008 les Zurichois se sont aussi engagés par vote à s'efforcer d'atteindre la société à 2000 watts. Parallèlement à la consommation d'énergie, les émissions de gaz à effet de serre doivent aussi diminuer, à l'équivalent d'une tonne de CO₂ par personne et par année.

La consommation d'énergie actuelle des Suisses

dépasse encore de loin cet objectif de durabilité ainsi que le montrent les statistiques que publie chaque année l'Office fédéral de l'Environnement (OFEV). Ces statistiques reposent toutefois sur une approche « top-down », elles divisent la consommation d'énergie totale par le nombre d'habitants. Des chercheurs de l'Empa et de l'EPF de Zurich ont eux analysé en détail l'empreinte environnementale de la Suisse en partant d'une approche « bottom-up », soit en partant de l'individu. Ils espéraient ainsi trouver des ménages qui remplissaient déjà

3369

ménages suisses ont été interrogés sur leur comportement en matière d'habitat, de mobilité, d'alimentation et de consommation, aucun ne remplit les conditions de la société à 2000 watts.

les critères de la société à 2000 watts et à une tonne de CO₂ et qui pourraient ainsi servir à élaborer des stratégies de durabilité adéquates. 3369 ménages ont répondu à un questionnaire sur l'habitat, la mobilité, l'alimentation et les biens de consommation. A l'aide de la banque de données «ecoinvent» gérée par l'Empa, ces chercheurs ont déterminé la consommation d'énergie et les émissions de gaz à effet de serre de ces ménages ainsi que l'impact sur l'environnement qui en résulte pour chacun d'entre eux.

Le mode de vie occidental et la société à 2000 watts – une contradiction ?

Les résultats furent décevants : pas un seul des 3369 ménages interrogés ne remplissait les conditions de la société à 2000 watts. Deux pour-cent seulement ne consommaient pas plus d'énergie que ce qui est « permis » – et même ceux-ci émettaient bien davantage qu'une tonne de CO₂. Plus encore : seul un quart de l'énergie était consommée sous forme d'électricité – il n'est ainsi pas possible d'arriver à une réduction massive de la consommation d'énergie uniquement avec des appareils électriques plus efficaces. La majeure partie de l'énergie est utilisée pour le chauffage et la mobilité. Et c'est dans ces domaines que les ménages les plus économes obtenaient les meilleurs résultats ; la surface chauffée par personne était ici basse. Ces ménages faisaient aussi preuve de retenue dans la mobilité en limitant leurs déplacements.

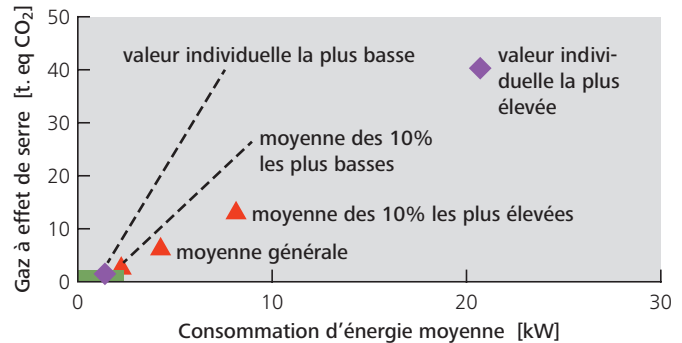
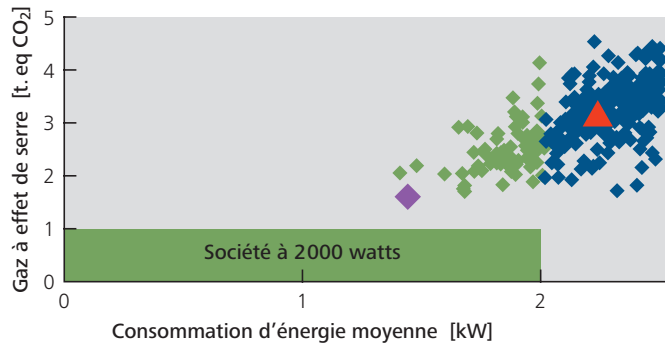


ments en voiture et en avion. C'est aussi dans les domaines de l'habitat et de la mobilité que les chercheurs voient le plus grand potentiel d'économie. Mais fait étonnant, c'est dans les bâtiments dits « basse énergie » que la surface chauffée par personne est trop élevée.

Des limitations inévitables

Les chercheurs considèrent qu'il demeure possible de diminuer la consommation d'énergie des nations industrialisées au niveau des objectifs de la société à 2000 watts – cela toutefois seulement en faisant des efforts considérables. Pour les émissions de gaz

à effet de serre cela est par contre beaucoup plus difficile. Pour cela, la Suisse devrait couvrir les 80 pour-cent de sa consommation d'énergie avec des sources à faible teneur en carbone. Avec l'arrêt prévu des centrales nucléaires, cela signifie des énergies renouvelables – et cela non seulement pour l'électricité mais aussi pour le chauffage et la mobilité, ce qui exige des progrès techniques importants et un changement des habitudes de vie.



Aucun des ménages interrogés ne remplit totalement les conditions de la société à 2000 watts: même les Suisses et Suissesses les plus économes d'énergie émettent trop de CO₂. Losange violet: valeur individuelle la plus basse, triangle rouge, valeur moyenne des 10 pour-cent les plus durables parmi les personnes interrogées.

Bien que la charge environnementale moyenne exercée par les personnes interrogées soit relativement basse, elle dépasse encore de plusieurs fois la valeur cible de la société à 2000 watts. La consommation d'énergie la plus élevée enregistrée est 10 fois supérieure et les émissions de CO₂ même 40 fois supérieures aux objectifs de la société à 2000 watts.

Un bracelet qui révolutionne la mesure de la pression artérielle

La mesure et la surveillance en continu de la pression artérielle sont fort désagréables pour les patients. Une manchette qui s'active et comprime le bras environ toutes les 15 minutes durant des heures, un appareil gênant sur le corps, et parfois même une surveillance invasive avec un cathéter introduit dans une artère, sont la règle. Pas étonnant que les personnes touchées cherchent à éviter autant que possible cette procédure. Un nouveau tensiomètre, à peine plus

grand qu'une montre-bracelet, devrait bientôt offrir une méthode de mesure plus agréable de la pression artérielle. La firme STBL Medical Research AG va sous peu lancer sur le marché un appareil qui se porte sans gêne au poignet et enregistre en continu la pression sanguine – absolument sans manchette ni intervention invasive. La mesure s'effectue au moyen de plusieurs capteurs qui enregistrent la pression de contact, le pouls et le débit sanguin à la surface de la peau au voisinage du poignet.

0,3

millimètres, le diamètre des fibres de l'Empa formées de noir de carbone et d'un élastomère thermoplastique qui confèrent sa précision élevée à ce tensiomètre.

Le capteur de l'Empa accroît la précision de mesure

La pression d'application sur la peau de ce nouvel appareil varie sans cesse, ce qui exige des mesures de correction hautement sensibles. Les chercheurs de l'Empa ont développé une solution adéquate à ce problème dans le cadre d'un projet CTI. Un capteur en fibres piézorésistives sur le bracelet mesure la pression d'application sur la peau. La variation du signal de mesure provoquée par le glissement du bracelet ou par la contraction musculaire peut conduire à des erreurs de mesure de la pression artérielle. Et c'est précisément ces variations qu'enre-

gistre le capteur de l'Empa, ce qui permet de corriger en conséquence les mesures de la pression artérielle.

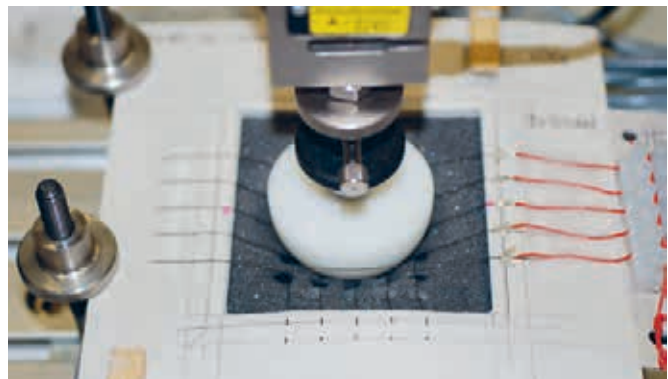
Ces fibres électro-conductrices reconnaissent les glissements ou les variations de la pression d'application et les transforment en signaux électriques qui sont transmis à l'appareil de mesure. Ceci permet d'accroître de plus de 70 pour-cent la précision de cette « montre-tensiomètre ». Entretemps des tests ont confirmé l'aptitude fonctionnelle de ces capteurs. L'Empa travaille maintenant sous haute pression au perfectionnement de ce piézo-capteur pour assurer son intégration à la fois esthétique et aisée au bracelet.

Des résultats optimaux avec un matériel optimal

Le matériau du capteur de l'Empa qui confère à ce tensiomètre sa précision élevée se compose de suie et d'un élastomère thermoplastique (TBE), qui est extrudé sous forme de fibres d'un diamètre de 0,3 millimètres. Lorsque la fibre s'allonge, par exemple suite à une contraction musculaire, la résistance électrique de la fibre se modifie et permet ainsi une correction qui assure la mesure fiable de la pression artérielle. Lors de tests comparatifs, les chercheurs de l'Empa ont pu confirmer que les fibres NC-TBE assureraient une précision nettement plus élevée que les monofilaments piézorésistifs actuellement commercialisés. Dans l'avenir les applications de ces fibres hybrides flexibles ne se limiteront pas à cette « montre-tensiomètre » mais les chercheurs de l'Empa leur voient de nombreuses possibilités d'utilisation intéressantes dans l'industrie de l'habillement, en architecture ou en robotique.



Prototype de la « montre-tensiomètre » avec son bracelet en fibres piézorésistives de l'Empa.



Les fibres servant à la mesure de la pression d'application sont produites à l'Empa. Chacune des fibres est parcourue par un courant constant ; l'allongement des fibres provoque une variation de leur résistance électrique.

De l'énergie tombant du ciel

Un kite, une bobine et un pupitre de commande : ce sont les composants d'un nouveau procédé de production d'énergie. Son but : « récolter » de l'énergie du vent à l'aide d'un cerf-volant dirigeable. « TwingTec », une spin-off de l'Empa récemment fondée, travaille sur ce procédé innovateur. Un des composants importants, la structure porteuse Tensairity du kite, a été étudiée et développée par le « Center for Synergetic Structures » de l'Empa.

50

kilowatt, c'est ce que doit produire une installation TwingTec – avec un poids ne dépassant pas deux tonnes. Une éolienne de puissance comparable pèse près de 15 fois plus.

Le principe de fonctionnement est simple : un kite hightech est relié par des câbles à la station au sol. Lorsque le kite gagne de l'altitude, les câbles se déroulent et font tourner une bobine. Ce mouvement est utilisé pour produire du courant par induction électromagnétique. Une fois que le kite a atteint son altitude maximale, il est redescendu avec un minimum de dépense d'énergie pour ensuite monter à nouveau et produire du courant.

La structure porteuse du kite est formée de poutres Tensairity ultralégères composées de tiges, d'éléments de traction et d'une membrane souple, le tout étant stabilisé par une légère surpression d'air. Ce cerf-volant doit pouvoir monter jusqu'à 300 mètres et résister aux forces considérables du vent qui règnent là et bientôt fournir nos ménages en courant propre tombé du ciel.

Projet subséquent en route

Au printemps 2013, les chercheurs de l'Empa sont parvenus à prouver la faisabilité de leur concept – et ont fondé peu après l'entreprise TwingTec AG. Maintenant cette équipe se lance

dans une deuxième phase. Avec l'Empa, l'EPF de Zurich et la Haute Ecole Spécialisée de la Suisse du Nord-Ouest, cette jeune entreprise a débuté en janvier 2014 un projet CTI. Un démonstrateur va être développé au cours des prochains dix-huit mois et la première installation pilote devrait suivre fin 2015. Ce qui signifie une nouvelle station au sol, une aile améliorée et un dispositif de commande automatique pour le cerf-volant.

Un intérêt se manifeste déjà en Suisse et à l'étranger

Des contacts ont déjà été noués avec des personnes convaincues des avantages de ce concept. Un agriculteur de Suisse centrale,

engagé dans la protection de l'environnement et qui exploite déjà des panneaux solaires et une petite éolienne, met un terrain à disposition de TwingTec pour ses tests. Aujourd'hui, pour de nombreux agriculteurs, l'utilisation de leurs terres pour la production d'énergie durable peut être une source de revenu complémentaire intéressante.

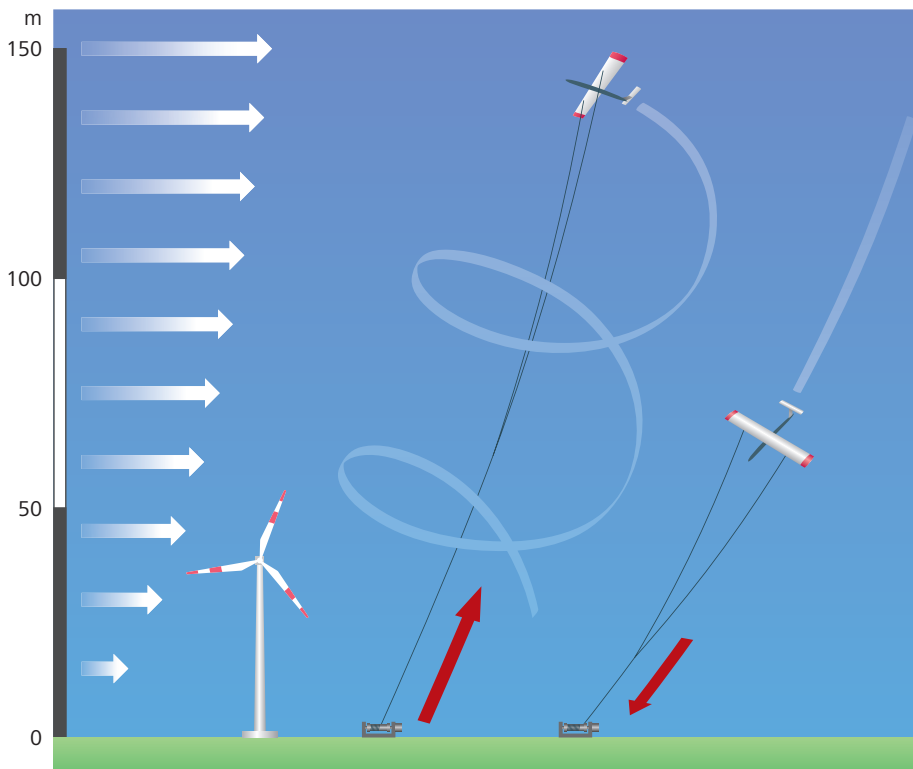
Ce n'est pas uniquement en Suisse que cette nouvelle méthode de production d'énergie soulève des espoirs. Au Népal, un moine bouddhiste a aussi manifesté son intérêt. Ce moine dirige une école dans un village de montagne où le manque extrême de sources d'énergie est une entrave au développement. C'est ainsi



Le kite TwingTec utilise la technologie Tensairity de l'Empa.

qu'en hiver il doit fermer son école qui ne dispose d'aucun chauffage. TwingTec étudie actuellement si son kite peut là aussi apporter une aide et a installé un anémomètre qui mesurera durant une année les conditions de vent locales pour le vérifier. Les avantages de la technologie TwingTec : la construction et l'exploitation

des installations sont très simples par rapport aux éoliennes. Leur prix est aussi notablement moins élevé. Ce qui les rend utilisables sans problème dans les régions où l'infrastructure est peu développée et dans les pays émergents et en voie de développement.



Le kite capte le vent jusqu'à une hauteur de 150 mètres alors qu'une éolienne conventionnelle n'atteint qu'environ 50 mètres. Le kite monte en mouvements circulaires et la traction produit du courant. Dès que le kite a atteint son altitude maximale il est redescendu vers le sol pour ensuite monter à nouveau.

Pour une meilleure guérison des plaies chroniques

Le nombre déjà important de personnes qui souffrent de plaies chroniques va continuer à augmenter. Car le groupe de population le plus touché ne cesse lui aussi de croître : les personnes âgées qui sont déjà affaiblies par des maladies telles que le diabète.

50 000 000

personnes dans le monde souffrent de plaies chroniques, p. ex. suite à une malnutrition, un diabète ou une maladie vasculaire. Normalement une plaie devrait être guérie en quatre à six semaines. Au-delà toute plaie peut devenir chronique.

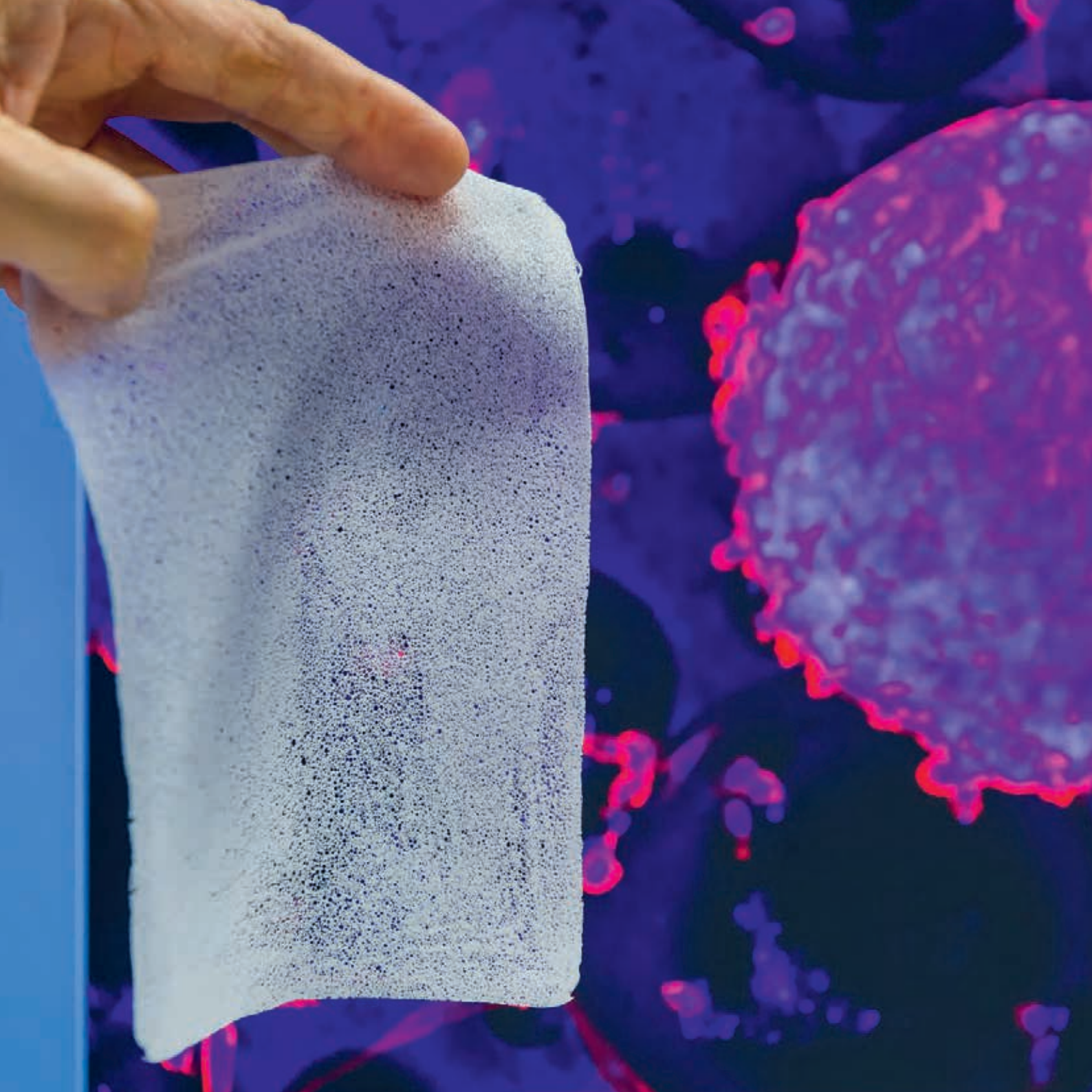
Avec leur projet CTI « Revcel® », l'Empa et la firme lucernoise Nolax ont franchi une étape importante vers la solution de ce problème. En commun, elles ont développé un support cellulaire en polymère, aussi appelé scaffold, qui soutient l'organisme lors de la cicatrisation des plaies. L'innovation consiste ici dans le fait que, une fois appliqué sur la plaie, ce support cellulaire – un petit coussin en mousse de polyuréthane – est colonisé par des cellules conjonctives. Simultanément le polymère est décomposé par le corps et finalement il ne reste qu'une nouvelle couche de peau, avec notablement moins de cicatrices.

Un fois son « travail » accompli, le matériau se résorbe simplement

Il existe certes déjà sur le marché des supports cellulaires similaires mais qui sont fabriqués à partir de matières premières d'origine animale, ce qui les rend coûteux et comporte un risque de transmission de maladies. Deux désavantages qui n'existent pas avec l'emploi d'un polymère.

Le partenaire industriel Nolax dispose d'une longue expérience dans le domaine des polymères et commercialise déjà des produits destinés à des applications médicales. En 2009, cette PME

Le scaffold en grandeur nature (à gauche) et sous le microscope.
(Photo: CTI, Alessandro Della Bella)



Contact

Dr Arie Bruinink
arie.bruinink@empa.ch

a déposé un brevet pour ce scaffold à base de polyuréthane. Pour son perfectionnement, elle a trouvé avec les biologistes et les toxicologues de l'Empa des partenaires idéaux disposant du savoir et de l'expérience nécessaires en matière de tests de compatibilité. Lors de ces tests avec différentes cultures cellulaires, le matériau et la structure du scaffold ont été optimisés de manière à s'assurer qu'il soit exempt de toute toxicité, que les cellules le colonisent bien et qu'il se dissolve sans effets secondaires.



Arie Bruinink et son équipe de l'Empa ont contribué au développement du pansement mousse avec leur savoir-faire. (Photo : CTI, Alessandro Della Bella)

Des tests avec des cultures cellulaires conformes à la réalité

Les tests développés par l'Empa sont particulièrement réalistes. Les chercheurs ont produit par un procédé complexe des structures tridimensionnelles de cellules conjonctives humaines et vérifié que des cellules de ces agglomérats colonisaient bien le scaffold. Ces structures correspondent bien mieux aux conditions naturelles régnant dans une plaie que les cellules isolées utilisées dans les tests actuellement courants.

Sur la base des résultats de ces tests, Nolax a adapté la formulation et la structure de son scaffold. Les deux équipes ont travaillé avec une rapidité considérable et ont effectué au total plus de 100 séries de tests.

Les résultats ont finalement été vérifiés sur le modèle animal au Tierspital de Zurich – avec des conclusions très positives. Avec ce scaffold, les plaies guérissent encore plus rapidement et mieux que les chercheurs ne l'avaient initialement espéré. Ces résultats ont aussi convaincu les jurés du MedTech Award de la CTI : au mois d'août 2013, le projet « Revcel® » a été nommé pour ce prix avec deux autres candidats.

Actuellement Nolax a lancé une production de ses scaffolds pour des essais cliniques. Et l'Empa poursuit aussi ses travaux pour élargir les applications de ses cultures cellulaires tridimensionnelles ; à l'avenir ces tests devraient encore fournir des indications sur l'immunocompatibilité de ce nouveau scaffold.

Du gaz naturel synthétique à partir du courant excédentaire

« Power-to-Gas » c'est là le principe clé du stockage des énergies alternatives avec lequel le courant excédentaire à court terme des installations photovoltaïques ou éoliennes est transformé en hydrogène. En combinaison avec le gaz climatique qu'est le CO₂, issu par exemple de la production de biogaz, cet hydrogène écologique permet de produire du méthane qui peut être stocké facilement à long terme et distribué dans le réseau du gaz naturel. A partir d'énergies renouvelables, on parvient ainsi à produire un combustible « quasi-fossile ».

20

nanomètres, le diamètre des particules de nickel du catalyseur, les pores dans lesquels l'eau se rassemble n'ont même que 0,5 nanomètres de diamètre.

Optimisation avec une zéolithe

La réaction de Sabatier, qui génère du méthane à partir d'hydrogène et de CO₂, est connue depuis longtemps. Des chercheurs de l'Empa sont maintenant parvenus à optimiser sensiblement ce processus. Pour provoquer la réaction du CO₂ et de l'hydrogène avec le moins d'apport d'énergie possible, il est nécessaire de faire appel à un catalyseur tel que, par exemple, le nickel. Les molécules de gaz réagissent plus facilement entre elles à la surface du catalyseur – et l'énergie

nécessaire à la réaction diminue, on parle alors de catalyse de sorption. Les chercheurs de l'Empa ont réussi à combiner un catalyseur de nano-nickel avec une zéolithe. Les zéolithes sont des silicates d'aluminium cristallins qui possèdent la faculté d'absorber des molécules d'eau et de les recéder à nouveau lorsqu'on les chauffe.

Le principe est simple : la réaction chimique de l'hydrogène avec le CO₂ produit non seulement du méthane (CH₄) mais aussi de l'eau (H₂O). Les chercheurs utilisent les propriétés hygroscop-

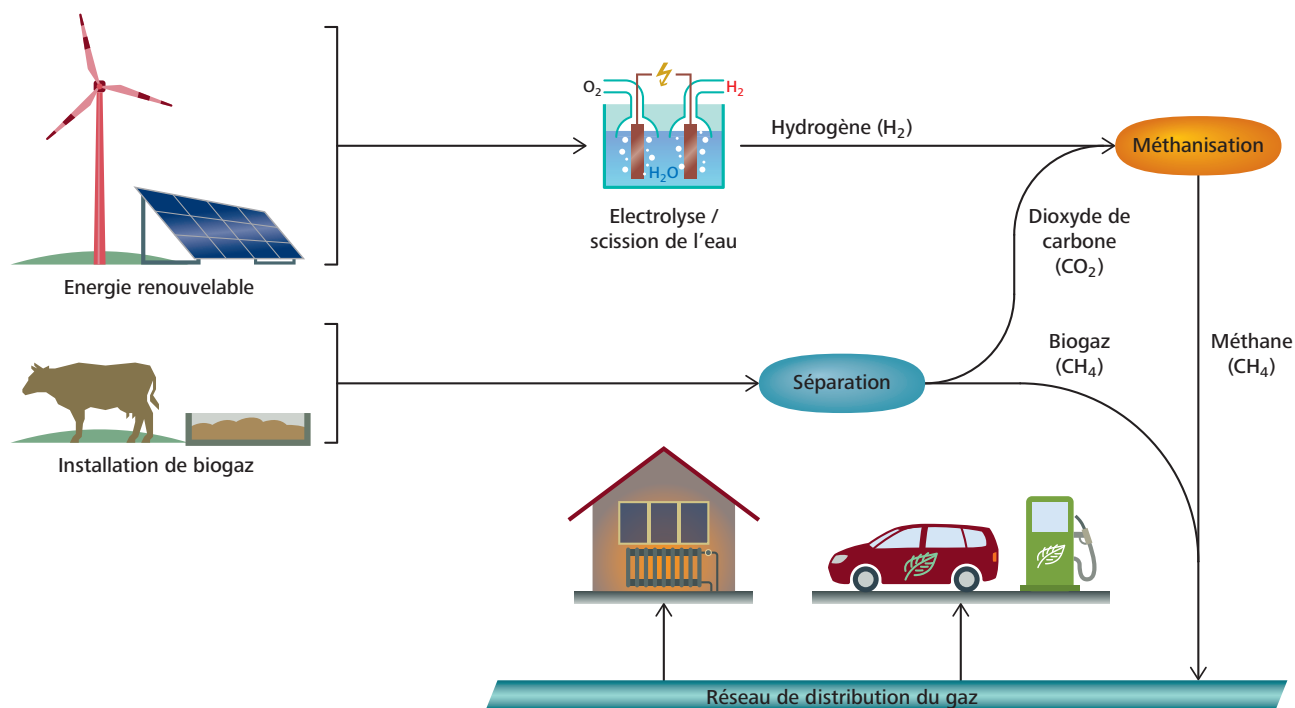
piques de la zéolithe pour éliminer l'eau qui s'est formée dans le mélange réactionnel, ce qui déplace l'équilibre chimique en direction du méthane. Le résultat : un rendement plus élevé de méthane pur et ainsi une meilleure efficacité du processus de catalyse. Dès que la zéolithe est saturée d'eau, on peut la régénérer par chauffage et évaporation de l'eau pour la réutiliser.

Poursuite des travaux de recherche

Le processus fonctionne – mais pour le moment uniquement à l'échelle du laboratoire. Actuellement les chercheurs de l'Empa sont à la recherche de partenaires industriels afin de construire une installation de méthanisation à plus grande échelle et l'utiliser comme projet pilote. En même temps ils désirent perfectionner encore le processus. Dans une prochaine étape, quatre catalyseurs de sorption ou même davantage seront utilisés simultanément. Lorsque l'un d'entre eux sera saturé d'eau, l'installation commutera automatiquement sur le catalyseur « sec » suivant alors que le précédent sera régénéré. Pour l'avenir, on peut aussi envisager le recours à de nouveaux catalyseurs plus efficaces que le nickel en combinaison avec des zéolithes synthétiques de types nouveaux qui pourraient améliorer encore davantage le rendement de la réaction de Sabatier. Alors, le courant écologique excédentaire ne serait plus un produit jetable, mais la base pour produire un gaz naturel de façon durable.



Les zéolithes lient l'eau produite lors de la méthanisation et augmentent ainsi le rendement en méthane de ce nouveau processus.



L'éco-courant excédentaire à certaines heures de la journée peut servir à produire de l'hydrogène (en haut). Cet hydrogène est combiné avec du CO₂ provenant de la production de biogaz pour former du méthane dans un réacteur spécial. Des déchets et de l'énergie excédentaire donnent ainsi naissance à un carburant de valeur climatique neutre.

Vers la production industrielle de modules photovoltaïques flexibles à haut rendement

Pour produire de l'électricité photovoltaïque à bon marché, scientifiques et ingénieurs travaillent depuis longtemps au développement de cellules photovoltaïques à haut rendement et susceptibles d'être produites industriellement à bas coût. Les chercheurs de l'Empa ont récemment franchi une étape importante vers la réalisation de cet objectif : ils ont en effet développé un

20,4

Le pourcentage du rayonnement solaire transformé en électricité par la récente cellule solaire record à semi-conducteur CIGS. Cette cellule a donc un rendement photovoltaïque comparable aux cellules silicium conventionnelles.

procédé qui permet de produire des cellules photovoltaïques de type couche mince à haut rendement à base du semi-conducteur CIGS (diséléniure de cuivre indium gallium) où une quantité minime de sodium et de potassium est ajoutée dans la couche CIGS. Ce traitement spécial modifie la composition chimique de cette structure sandwich complexe – et ainsi ses propriétés électroniques comme l'ont entre autres montré des examens approfondis sous le microscope électronique. Les détails de cette nouvelle méthode ont été publiés au mois de novembre 2013 dans la revue scientifique renommée « Nature Materials ».

L'avance des cellules solaires au silicium rattrapée

Cette méthode a permis aux chercheurs de l'Empa d'accroître à nouveau nettement le rendement de la transformation du rayonnement solaire en électricité des piles solaires à couche mince CIGS sur feuilles polymères flexibles pour atteindre un nouveau record de 20,4 pourcent, ce qui représente une amélioration marquante par rapport à l'ancien record de 18,7 pourcent que la même équipe avait établi au mois de mai 2011. Ainsi, les cellules solaires CIGS

peuvent enfin concurrencer les meilleures cellules au silicium polycristallin, mais avec les avantages supplémentaires que sont la flexibilité et la légèreté.

Jusqu'à récemment, les cellules solaires CIGS de l'Empa avaient même le plus haut rendement du monde dans leur catégorie; mais en suivant les résultats et un procédé similaire à celui développé à l'Empa, à la fin du mois d'octobre, une équipe de chercheurs allemands du Zentrum für Sonnenenergie- und Wasserstoff-Forschung (ZSW) à Stuttgart a présenté des cellules solaires CIGS dont le taux de conversion atteint 20,8 pour-cent, mais qui exigent toutefois des températures nettement plus éle-

vées pour leur production et utilisent du verre rigide comme support. Ce record dépassé de peu montre bien que la technologie des couches minces CIGS est un domaine d'une grande actualité où l'Empa se trouve dans le peloton de tête. Les travaux de recherche de l'Empa sur les cellules solaires CIGS bénéficient du soutien financier du Fonds national suisse (FNS), de la Commission pour la technologie et l'innovation (CTI), de l'Office fédéral de l'énergie (OFE) ainsi que des programmes-cadres de recherche de l'UE.

Les modules solaires à couche mince à haut rendement photovoltaïque, légers et flexibles sont parfaitement adaptés pour de nom-



La jeune entreprise Flisom AG et ses partenaires développent des modules solaires CIGS flexibles.
(Photo : Flisom AG)

breuses applications, par exemple dans les grands parcs solaires, sur les toitures ou les façades des bâtiments ou encore sur les appareils électroniques portables. Ils peuvent être produits à l'aide de procédés par déroulage/enroulage (roll-to-roll en anglais) qui permettent des économies de coût supplémentaires par rapport à la technologie du silicium. Ils possèdent ainsi le potentiel nécessaire pour rendre l'électricité photovoltaïque bon marché dans un avenir proche.

Du laboratoire à l'usine de production d'une capacité de 15 mégawatt

Actuellement les chercheurs de l'Empa travaillent activement au perfectionnement de leur « recette » et contribuent à l'industrialisation de modules photovoltaïques de grandes dimensions. Le partenaire de l'Empa pour la réalisation de cet objectif est la firme Flisom, une jeune entreprise qui s'est donné pour but d'industrialiser la production des modules solaires CIGS flexibles. A la fin du mois de février 2013, Flisom a conclu un troisième tour de table avec son partenaire stratégique, le groupe industriel indien Tata, et un nouvel investisseur suisse pour construire une usine d'une capacité de production annuelle de 15 mégawatt. Cette usine servira de référence pour des usines permettant de produire à bas prix des modules solaires flexibles à grande échelle industrielle.

La kesterite, un minéral à fort potentiel

La kesterite, un composé minéral de cuivre, zinc, étain, soufre et sélénium, est aussi un matériau très prometteur pour la réalisation de cellules solaires à couche mince à haut rendement photovoltaïque et à bon marché. Son principal avantage réside dans la disponibilité quasi illimitée de la matière première. Le rendement de conversion atteint jusqu'ici par IBM en laboratoire n'est cependant que de 12,6 pour-cent – et donc encore nettement inférieur à celui des cellules solaires CIGS. Les chercheurs de l'Empa travaillent actuellement sur des procédés d'impression chimique qui doivent permettre de produire économiquement des cellules solaires à couche mince basées sur la kesterite.

Les accumulateurs haute puissance de la prochaine génération

Les premiers fondements chimiques des accumulateurs lithium-ion aujourd'hui si appréciés ont été découverts en 1976 à la Technische Universität München. En 1980 un chercheur de l'University of Oxford a trouvé le matériau adéquat pour la cathode : l'oxyde de lithium-cobalt

(III). Ce n'est pourtant qu'en 1991 – soit 15 ans après les premiers résultats de recherche – que Sony a mis sur le marché un accumulateur lithium-ion qui fournissait le courant à une caméra vidéo. Aujourd'hui ces accumulateurs alimentent des milliards de téléphones mobiles, de visseuses à accumulateur, d'appareils photo et de brosses à dent électriques – et quelques milliers d'automobiles électriques de par le monde. Toutefois les ressources en lithium s'amenuisent lentement. Il faut donc trouver de nouvelles idées.

20

nanomètres, la taille des nanocristaux du semi-métal qu'est l'antimoine. Ces nanocristaux pourraient s'utiliser pour les anodes des futurs accumulateurs sodium-ion.

Maksym Kovalenko est un des visionnaires qui travaillent sur les accumulateurs de la prochaine génération. Ce chercheur d'origine ukrainienne enseigne depuis une année et demie à l'EPF de Zurich et mène ses travaux de recherche avec son groupe à l'Empa. Sa spécialité : d'une part des matériaux de substitution pour les accumulateurs de l'avenir et d'autre part le développement d'électrodes en nanoparticules qui accélèrent les processus chimiques dans les accumulateurs. Ceci pour parvenir à ce que les accumulateurs se chargent plus rapidement, délivrent plus facilement leur courant et s'usent moins. Peut-être que la solution réside précisément dans la combinaison de ces deux stratégies ; de nouveaux matériaux qui ne fonctionnent à la perfection qu'à l'échelle nanométrique.



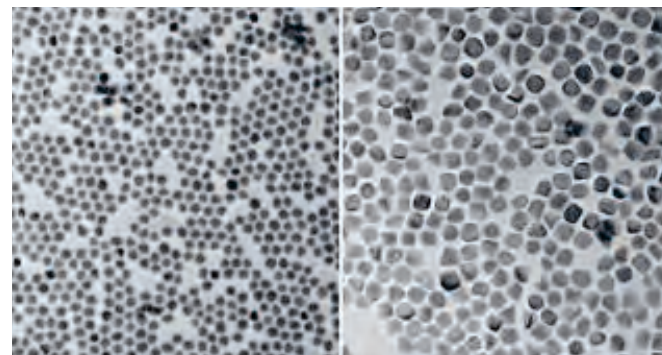
En 2013, Maksym Kovalenko s'est vu décerner le Prix Ruzicka pour ses travaux de recherche. Ce prix, créé en l'honneur du prix Nobel Leopold Ruzicka, est attribué depuis 1957 pour récompenser des jeunes chercheurs pour leurs travaux remarquables dans le domaine de la chimie. Son jury a découvert depuis 1957 de nombreux talents : on trouve parmi ses lauréats des noms tels que Richard Ernst (résonance magnétique, prix Nobel 1991) et Charles Weissmann (recherche sur les prions). Le prix Ruzicka est doté par l'industrie chimique suisse.

Les premiers signes d'une technologie future possible des accumulateurs existent déjà ; et l'un des candidats très prometteur est l'accumulateur sodium-ion. Les ressources mondiales de sodium sont beaucoup plus importantes que celles du lithium – et leur distribution globale n'est pas aussi irrégulière. Un accumulateur sodium-ion résoudrait ainsi plus d'un problème. Toutefois cet avantage sur le plan des ressources se paie par un désavantage au point de vue chimique : les ions sodium sont 40 pour-cent plus grand que les ions lithium et, au contraire de ces derniers, ils ne peuvent ainsi pas s'intercaler entre les couches de graphite ce qui rend inutilisable la technique actuelle des anodes basée sur cette capacité du lithium.

Une recherche couronnée de succès

Dans sa recherche d'un matériau adéquat, l'équipe de l'Empa a trouvé il y a peu un bon candidat : des nanocristaux d'antimoine présentant un diamètre régulier de 20 nanomètres se sont révélés être « le meilleur matériau trouvé jusqu'ici pour les anodes des accumulateurs sodium-ion », comme cette équipe de chercheurs le décrit dans un article publié dans la revue scientifique « Nano Letters ». De plus, ils ont trouvé la taille idéale des nanoparticules pour laquelle elles fonctionnent le mieux dans les accumulateurs. Un premier pas vers l'accumulateur sodium-ion est ainsi franchi.

Kovalenko souligne qu'il n'est pas à la recherche de solutions techniques mais bien de concepts appropriés pour le futur. Alors que pour les accumulateurs lithium-ion de nombreuses variantes ont été développées et testées, pour les autres types d'accumulateurs bien des choses restent mal connues. En chimie, on ne connaît actuellement qu'un pour-mille de ce qu'il s'agit de mettre à profit dans l'avenir, estime Kovalenko. Avec ses matériaux nanostructurés, ce chercheur de l'Empa a fait un premier pas vers cette « nouvelle » chimie.



Des nanocristaux d'antimoine sous le microscope électronique. Ces cristaux, synthétisés par le groupe de Kovalenko lui-même, ont tous la même taille. Ils sont considérés comme le meilleur matériau trouvé jusqu'ici pour les futurs accumulateurs sodium-ion.

Jusque dans les moindres détails

Au cours des deux dernières années, des chercheurs de l'Empa ont évalué et construit avec IBM dans le « Binnig and Rohrer Nanotechnology Center » à Rüschlikon un microscope électronique à balayage en transmission (MEBT ou STEM pour Scanning Transmission Electron microscope) d'une classe exceptionnelle. Ce microscope se trouve dans un laboratoire spécial

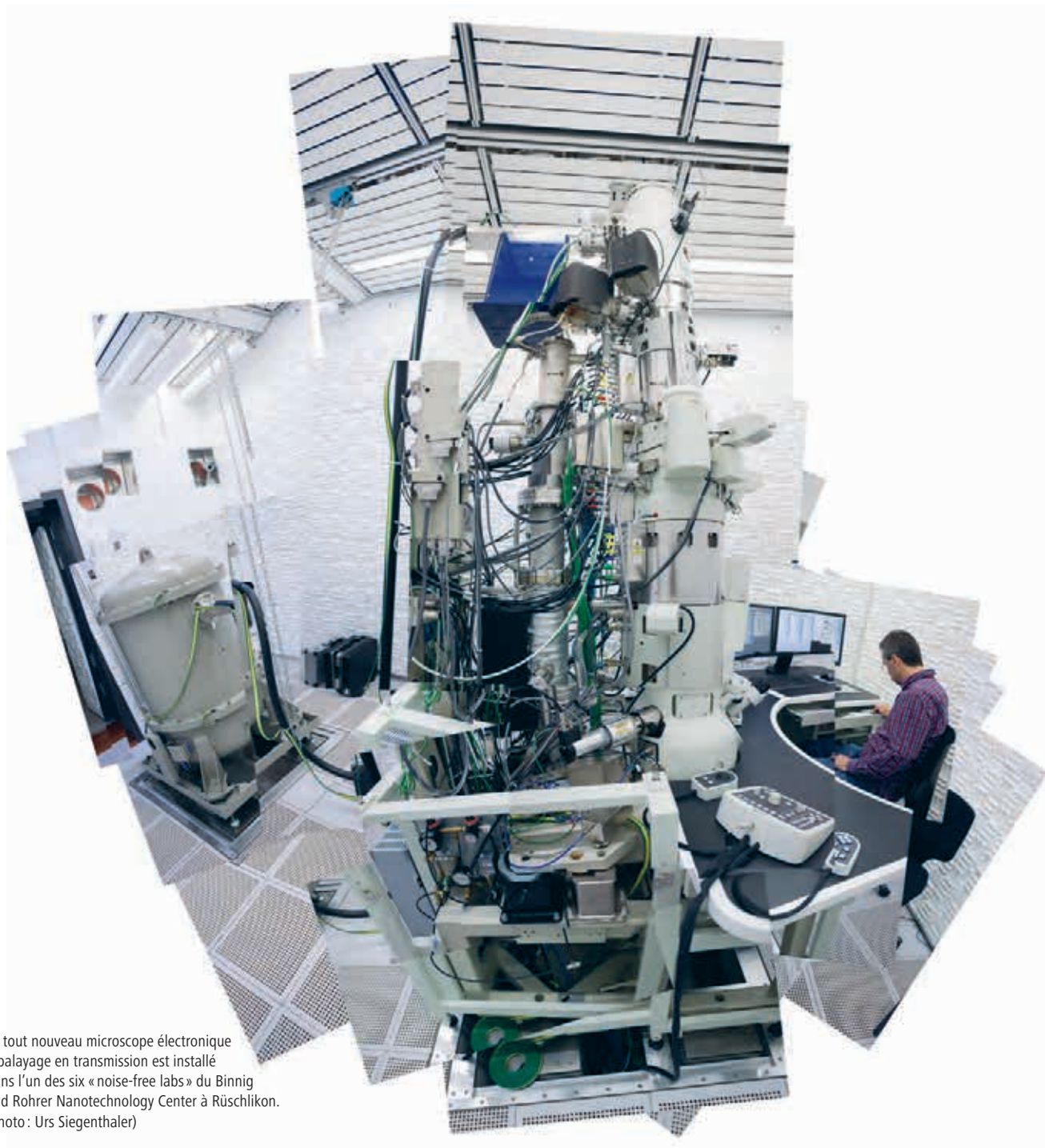
10⁻¹⁰

mètres, la résolution du microscope électronique à balayage en transmission installé dans un « noise-free lab » d'IBM. Ce microscope est capable de mettre en évidence des détails d'une taille inférieure à celle du diamètre d'un atome.

réservé aux mesures d'une sensibilité extrême : un « noise-free lab » qui ne protège pas seulement des perturbations sismiques et acoustiques, mais empêche aussi les variations de température et dont les parois font écran aux champs électromagnétiques. La combinaison de ce laboratoire spécial et d'un microscope électronique d'une classe exceptionnelle permettra à l'avenir de réaliser des mesures d'une précision jamais atteinte jusqu'ici en Suisse.

Savoir-faire et fin doigté

Pour cette collaboration, les chercheurs du Centre d'électromicroscopie de l'Empa possédaient exactement les qualités requises. Ils disposent d'une grande expérience dans la préparation d'échantillons d'une épaisseur de 10 à 100 nanomètres seulement et sont experts dans le maniement des microscopes électroniques ultrasensibles. Déjà à l'Empa ils étaient parvenus à réaliser avec un STEM une image tridimensionnelle exceptionnelle d'une particule de phosphate de fer lithié. Pour cela ces chercheurs ont balayé l'échantillon avec un faisceau d'électrons et enregistré à l'aide d'un détecteur placé sous ce dernier les électrons dispersés. Ces



Le tout nouveau microscope électronique à balayage en transmission est installé dans l'un des six « noise-free labs » du Binnig and Rohrer Nanotechnology Center à Rüschlikon. (Photo : Urs Siegenthaler)

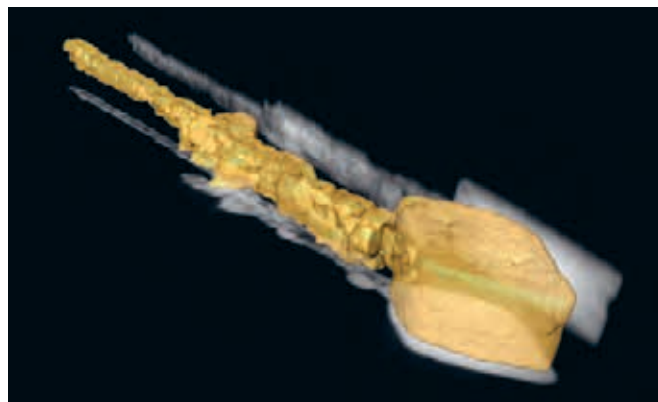
données ont permis de reconstituer des images dites en champ sombre sur lesquelles les zones de densité plus élevée apparaissent plus claires – comme sur une radiographie. Pour réaliser une représentation tridimensionnelle, les échantillons ont été tournés pas à pas d'un angle d'un à deux degrés sur environ 150 degrés; ceci a permis d'obtenir plus de 100 images à partir desquelles il a été possible de reconstituer la structure tridimensionnelle de cette particule à l'aide d'algorithmes complexes. Ceci paraît simple mais demande une bonne dose de savoir-faire et d'expérience pour interpréter correctement le tomogramme. Ces résultats permettent aux scientifiques de voir à l'intérieur des matériaux; ils peuvent, par exemple, distinguer si à leur intérieur des nanoparticules possèdent une composition chimique différentes qu'en surface.

Le STEM sert aussi à analyser les couches et les interfaces ultraminces. On savait ainsi par exemple que le titanate de baryum (BaTiO_3) réagit rapidement et fortement aux signaux électro-optiques, ce qui en ferait un matériau parfaitement adapté pour la réalisation de commutateurs ultrarapides en photonique. Dans une étude publiée au mois d'avril 2013 dans la revue scientifique « Nature Communications », des chercheurs d'IBM et de l'Empa ont montré que le BaTiO_3 conserve aussi ses propriétés lorsqu'il est déposé en couche mince sur le silicium – et qu'il pourrait ainsi effectivement s'utiliser dans la photonique au silicium pour

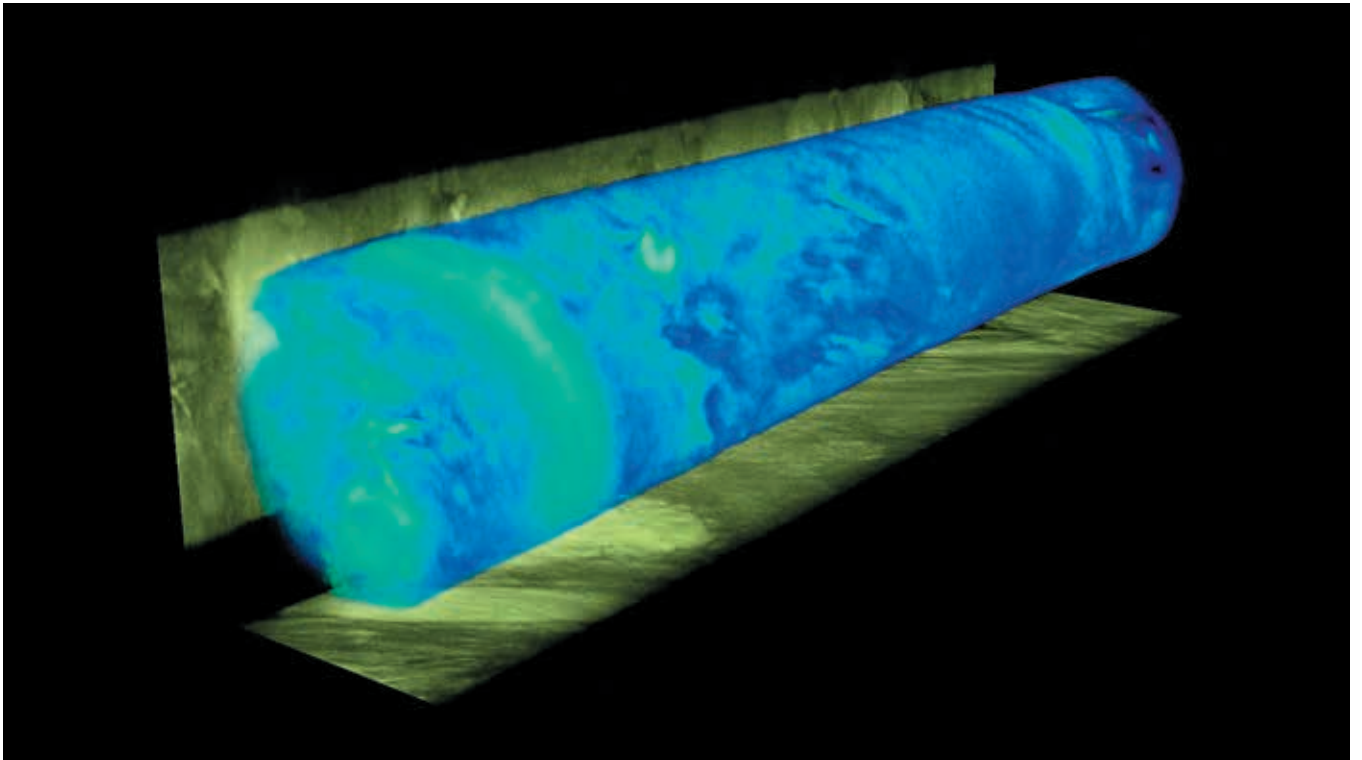
créer des circuits électroniques utilisant la lumière au lieu d'électrons pour leur fonctionnement. Ceci permettrait de séparer dans l'espace les composants d'un réseau et de créer des structures de serveurs plus efficaces.

Un STEM pour la « Champions League » de l'analyse des matériaux

Le nouveau STEM dans l'IBM-Nanotech Center permet – comme l'ont montré les premiers tests – des résolutions dans le domaine du sub-ångström (soit inférieures à 10^{-10}m) et il est donc capable



Vue 3D d'une particule de phosphate de fer lithié telle qu'on la trouve dans les batteries lithium-ion.



L'argile à opalinus, un matériau barrière possible pour le stockage des déchets nucléaires.

de différencier des détails dont la taille est inférieure au diamètre d'un atome.

Mais ce nouveau STEM n'offre pas seulement une résolution plus élevée, il apporte encore quelques innovations : comme tous les éléments optiques, les lentilles électromagnétiques elles aussi présentent des aberrations qui nuisent à la netteté de l'image. Par exemple, après avoir traversé une lentille électromagnétique, tous les électrons ne convergent pas en un même point. C'est aussi pourquoi ce nouvel appareil est équipé de deux correcteurs qui réduisent cette aberration sphérique. Il dispose de plus d'un canon à émission de champ froid capable d'émettre des faisceaux d'électrons avec différentes tensions – soit 200 kV ou 80 kV. La

tension la plus basse est mieux adaptée à l'examen de matériaux sensibles tels que le graphène ou les interfaces cristallines. La tension la plus élevée s'utilise lorsqu'on désire atteindre une résolution maximale : à 80 kV elle est d'environ 0,14 nm, alors qu'elle est inférieure à 0,08 nm à 200 kV.

Les matériaux sensibles sont aussi au centre du projet « Atomic EELS », financé par le Fonds national suisse (FNS), qui a débuté en 2013 sous la direction de l'Empa. Ce projet est consacré à la détermination de la structure électronique, du comportement de liaison et des états d'oxydation des différents éléments de matériaux à l'aide du STEM et de la spectroscopie de perte d'énergie des électrons (« electronic energy-loss spectroscopy », EELS). Une résolution élevée permet d'obtenir davantage de détails sur la structure fine des spectres. Leur interprétation demande toutefois des calculs théoriques sans lesquels elle reste imprécise et ne permet pas de dire si ces spectres reflètent bien les propriétés physiques d'un matériau.

L'Empa comme partenaire junior

Au mois de décembre, l'Empa a signé un contrat avec l'EPF de Zurich qui en fait le partenaire junior officiel du « Binnig and Rohrer Nanotechnology Center » à Rüschlikon et lui ouvre l'accès à des salles blanches et à des appareils pour mener une micro- et nano-fabrication au plus haut niveau.



Laboratoire spécial réservé aux mesures d'une sensibilité extrême : « noise-free lab ».

Contrôle continu de la santé

Dans notre société en vieillissement constant, les maladies de civilisation engendrent des coûts toujours plus élevés. Cela parce que jusqu'ici le contrôle des fonctions métaboliques demandait le plus souvent des tests de laboratoire en hôpital. Il serait préférable de pouvoir surveiller électroniquement, en continu et à distance, les patients avec des systèmes qui émettent des alertes en temps réel dès qu'un paramètre physiologique, tels que le taux de glucose sanguin ou de cholestérol, dérape.

2400

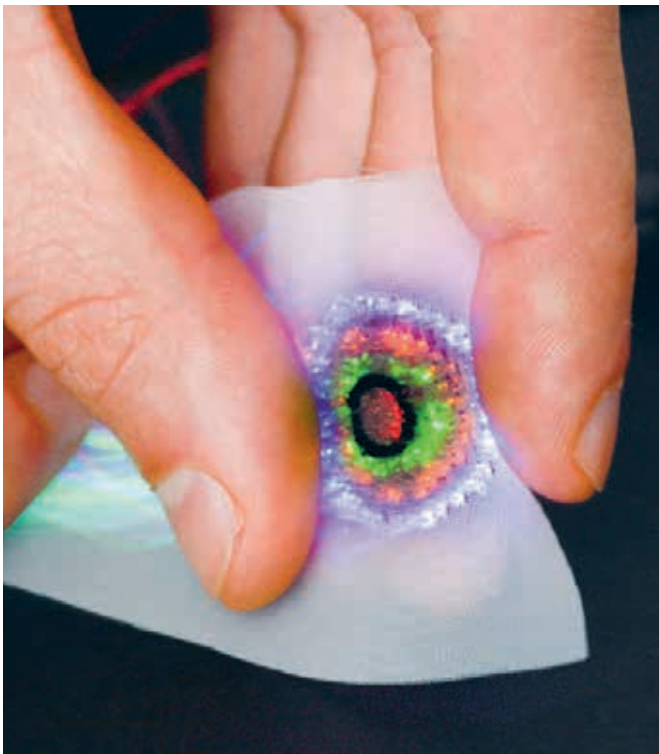
kilocalories – ce que brûle un employé de bureau de 50 ans pesant 75 kilogrammes et mesurant 1,75 mètres.

Une employée de bureau qui a les mêmes caractéristiques corporelles ne dépense que 2200 kilocalories. Si l'homme ne travaillait pas dans un bureau mais sur un chantier, ses dépenses caloriques atteindraient 3600 kilocalories par jour.

Un compteur de calories dans un T-shirt

L'adiposité, autrement dit l'excès de poids, est un facteur de risque aux conséquences néfastes pour la santé. Des chercheurs de l'Empa, dans le projet « Obesense », se sont fixé pour but de fournir aux personnes en excédent de poids un moyen pour les informer en continu sur leurs apports et leurs dépenses caloriques. Si cette information est disponible en temps réel, elle peut motiver les personnes touchées à modifier leur comportement alimentaire et à réduire durablement leur poids.

Les valeurs nécessaires pour calculer les dépenses caloriques sont la fréquence et le volume respiratoire – car la combustion des hydrates de carbone nécessite de l'oxygène. Plus une personne respire, plus elle brûle de calories, par exemple lors d'efforts physiques. Pour cette mesure, on utilise un ruban en copolymère illuminé par une diode lumineuse



(LED) tendu sur l'abdomen du patient. Lorsque le patient respire, les fibres élastiques se tendent, ce qui modifie leur conductibilité optique, et la quantité de lumière qui parvient sur le capteur intégré diminue. La mesure de l'ampleur des mouvements de l'abdomen permet ainsi de calculer le volume respiratoire et de déterminer 24 heures sur 24 les dépenses caloriques.

Mesurer le taux d'oxygénation du sang

Un autre projet, financé comme le précédent dans le cadre de l'Initiative Nano-Tera, est consacré au développement d'une méthode de mesure alternative du taux d'oxygénation du sang. Une mesure selon le principe dit de Fick demande de connaître trois paramètres : le débit cardiaque et les taux de saturation en oxygène dans les artères ainsi que dans les veines. Deux de ces paramètres, la fréquence cardiaque et le taux de saturation en oxygène du sang artériel, se déterminent facilement avec un pulsoxymètre – un clip fixé sur un doigt, un orteil ou le lobe d'une l'oreille suffit.

Il est par contre plus difficile de mesurer la saturation en oxygène dans les veines car celle-ci varie fortement selon les endroits du corps. Cette mesure est rendue possible grâce à un capteur T-shirt d'un type nouveau équipé de plusieurs points de mesure émettant un rayonnement infrarouge. Les chercheurs des laboratoires textiles de l'Empa ont développé pour cela un capteur lumineux

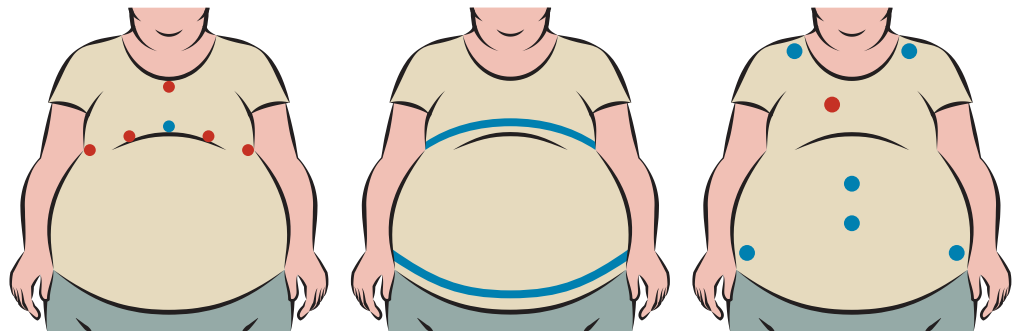
Capteur lumineux pour la mesure du taux d'oxygénation du sang.
Ce capteur flexible peut s'incorporer dans un T-shirt de monitoring.

flexible réalisé par une technique de broderie. L'évaluation des signaux est assurée par une électronique qui est actuellement développée par le Centre Suisse d'Electronique et de Microtechnique (CSEM) à Neuchâtel.

Capteur sanguin pour les produits du métabolisme

La maîtrise des maladies métaboliques exige une surveillance continue de certaines substances signal présentes dans le sang. De tels systèmes de monitoring on line n'existent actuellement toutefois que pour le glucose sanguin et ils sont d'ailleurs déjà fréquemment utilisés chez les diabétiques. Le projet «i-IronIC» se propose d'étendre le monitoring on line à d'autres substances, qui ne

peuvent encore se déterminer que par des examens de laboratoire compliqués sur des échantillons de sang isolés, tels que le lactate, le cholestérol, l'ATP et d'autres encore. Ceci permettrait de déceler plus facilement (et plus précocement) les maladies cardio-vasculaires, les inflammations chroniques et les carences alimentaires. Les experts en biocatalyse de l'Empa participent également à ce projet; ils isolent de nouvelles enzymes redox capables de délivrer les courants de mesure nécessaires qui sont transmis à la microélectronique du système et ils les intègrent dans des nanotubes de carbone. Le but de ce projet est de développer des capteurs sanguins implantables alimentés en courant depuis l'extérieur du corps.



Mode de fonctionnement du T-shirt de monitoring : six électrodes ECG, dont une placée dans le dos, contrôlent la fonction cardiaque (à gauche); des fibres lumineuses mesurent le volume respiratoire (au centre); des capteurs lumineux mesurent la concentration d'oxygène dans les artères et dans les veines (à droite).

L'électronique à l'échelle nanométrique

Le graphène est un matériau très spécial : il est formé d'une seule couche d'atomes de carbone disposés en hexagones, un peu à la manière d'un nid d'abeille aplati. Le graphène est plus dur que le diamant, extrêmement résistant, imperméable aux gaz et un excellent conducteur de chaleur. Du fait de ses propriétés électroniques extraordinaires, il est de plus considéré comme matériau de remplacement du silicium dans la technologie des semi-conducteurs. Mais quelques obstacles restent à surmonter avant de pouvoir utiliser à cette fin le graphène et ses matériaux apparentés. D'une part, à l'état pur, le graphène n'est pas un semi-conducteur. La bande interdite, qui permet aux semi-conducteurs leur état isolant, est extrêmement petite sur le graphène. En d'autres termes, le graphène

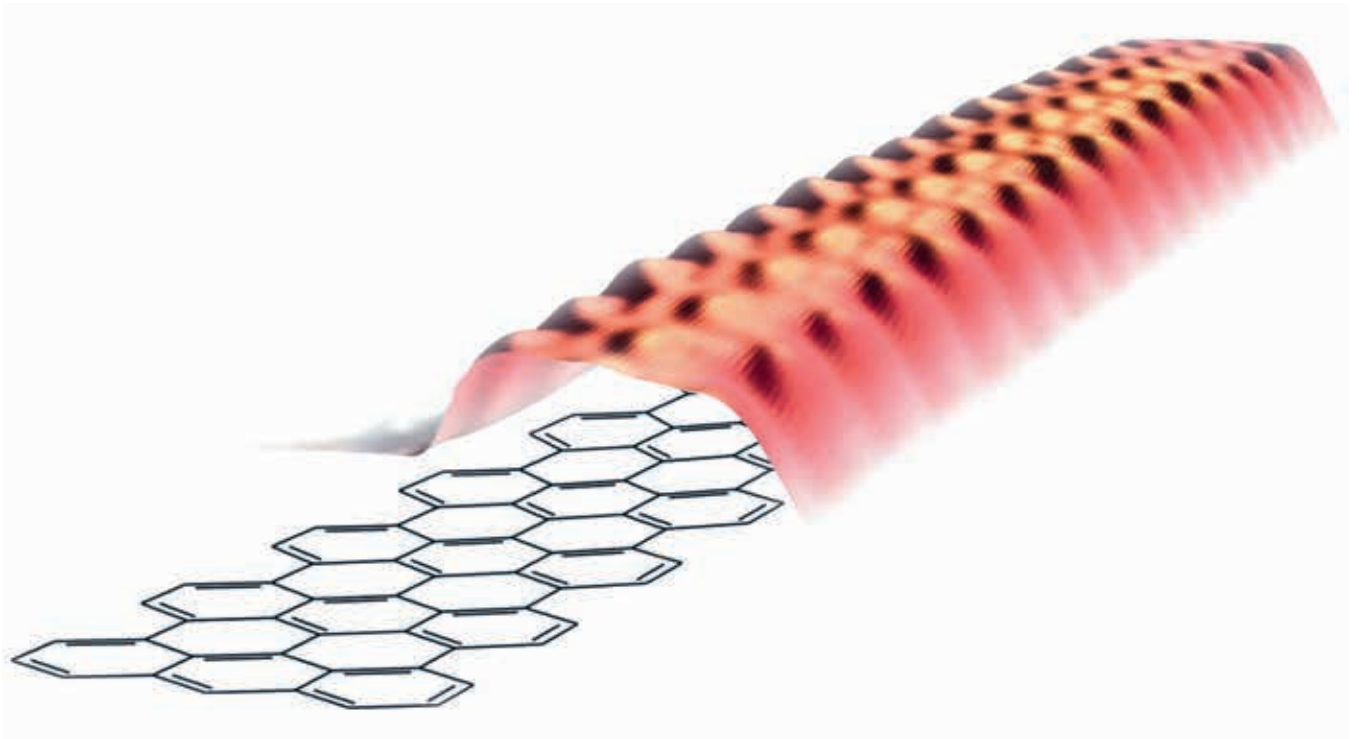
ne se laisse pas « débrancher », il demeure toujours conducteur. Les chercheurs de l'Empa ont ainsi tout d'abord développé des méthodes pour élaborer des rubans de graphène possédant des bandes interdites plus larges – utilisables en pratique – et bien définies.

Construire au lieu de découper

Jusqu'ici les rubans de graphène étaient « découpés » par des procédés lithographiques ou chimiques. Du fait de leurs bords de coupe imprécis, ces rubans présentaient toutefois une conductibilité électrique insuffisante. De plus, la réalisation de rubans ultra-étroits avec une bande interdite intéressante pour des applications électroniques n'est pas possible avec ces procédés du fait de leur résolution insuffisante. Pour contourner ce problème, les chercheurs

1

nanomètre – la largeur des rubans de graphène que la méthode « bottom-up » de l'Empa permet de réaliser.



Microscopie à effet tunnel d'un ruban de graphène et modèle structural correspondant.

Contact

Prof. Dr Roman Fasel
roman.fasel@empa.ch

Dr Pascal Ruffieux
pascal.ruffieux@empa.ch

ont développé une méthode «bottom-up» qui leur permet de construire des rubans de graphène par auto-organisation moléculaire à partir de molécules précurseur isolées. L'auto-organisation moléculaire fait que ces molécules – des polyphénylènes fonctionnalisés – s'accouplent les unes aux autres. Les rubans ne sont donc pas découpés mais se construisent alors seuls «d'eux mêmes».

Jusqu'ici seuls des rubans d'une longueur jusqu'à environ 30 nanomètres ont pu être synthétisés. La raison de cela a elle aussi été élucidée par l'Empa : lors de l'accouplement des molécules précurseurs en un ruban, des atomes d'hydrogène viennent se déposer avec une certaine probabilité aux points d'accouplement et empêchent d'autres molécules précurseurs de s'y fixer ; le ruban de graphène cesse de croître. Le prochain objectif des chercheurs de l'Empa n'est pas seulement de résoudre ce problème mais aussi d'étudier plus précisément les propriétés électroniques et optiques de ces rubans de graphène. Pour cela, dans un projet mené en commun avec BASF, une installation de production automatique de ces rubans de graphène par le procédé «bottom-up» a été construite. Ces rubans de graphène seront alors aussi utilisés pour d'autres buts de recherche. Les connaissances importantes ainsi acquises ont déjà débouché sur le dépôt de quatre demandes de brevet.

Encore davantage de résultats

Un aspect particulièrement intéressant de la production «bottom-up» des rubans de graphène est la possibilité de réaliser leur dopage à l'azote à une modification simple des molécules précurseurs utilisées. Ceci conduit au remplacement de quelques atomes de carbone par des atomes d'azote. Ce dopage à l'azote des rubans de graphène modifie leurs propriétés électroniques. L'alternance de segment «normaux» et de segments dopés à l'azote permet de créer des jonctions hétérogènes et des hétérostructures. Les chercheurs sont déjà parvenus à démontrer sur la base d'un exemple que ces jonctions hétérogènes présentaient des propriétés semblables à celle d'une jonction p-n classique, soit une jonction entre dopage positif et dopage négatif dans les semi-conducteurs. Sous l'application d'une tension externe, une telle jonction fait que, suivant le côté d'application de la tension positive, le courant ne s'écoule que dans un sens ou que les paires électrons-trous demeurent efficacement séparées. Mais plus encore : le graphène pourrait dans l'avenir aussi s'utiliser pour des applications en optique ; les chercheurs de l'Empa se sont en effet aperçus que ces rubans de graphène ultraminces présentaient une absorption extraordinairement élevée de la lumière visible et qu'ils devraient ainsi être parfaitement adaptés pour servir de couche absorbante dans les piles solaires organiques.

Nouveaux matériaux de précontrainte : les alliages de fer à mémoire de forme

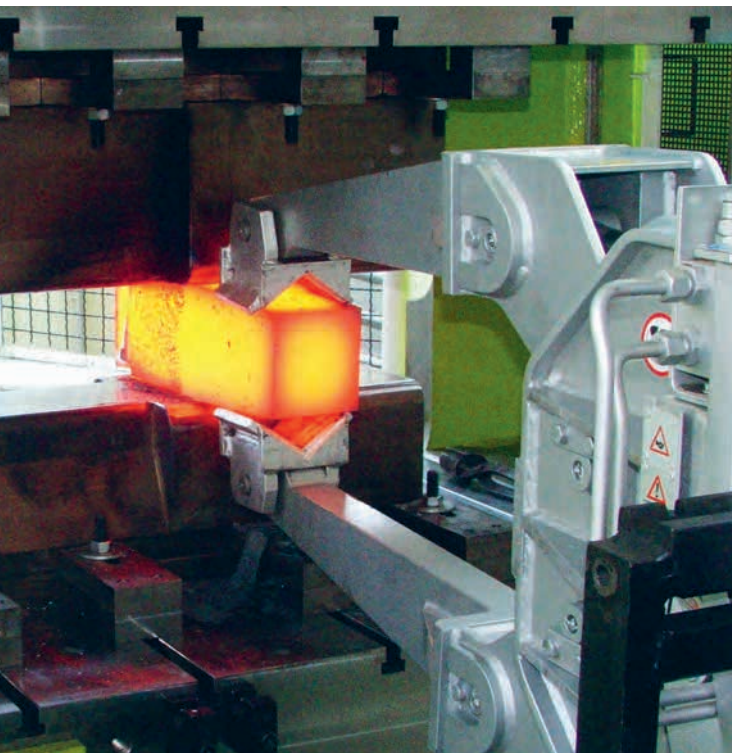
Les alliages à mémoire de forme (en anglais shape memory alloy, SMA) possèdent une propriété particulière : même après avoir été fortement déformés, ils reprennent leur forme automatiquement ou par chauffage. Les matériaux SMS sont déjà utilisés entre autres pour des montures de lunettes, des thermostats, des stents ou encore des microactuateurs.

60

milliards de francs suisses ont été investis en 2012 selon l'Office fédéral de la statistique dans de nouveaux bâtiments, dont un milliard pour les fers d'armature et environ six millions pour les aciers de précontrainte. Le marché potentiel européen pour ces nouveaux alliages est estimé à environ six à dix millions de francs suisses par année.

Mais les matériaux à mémoire de forme ne sont pas seulement intéressants pour des applications médicales ou pour des montures de lunettes de luxe. Il y a quelques années, l'Empa avait déjà fait la démonstration d'applications spéciales des SMA, alors encore avec des alliages à base de nickel et de titane. Si l'on renforce une poutre de béton avec des barres de SMA et qu'on les « active » par chauffage, elles veulent retrouver leur forme initiale ; mais comme elles sont noyées dans le béton, cela leur est impossible et il se crée alors une force de précontrainte. Le même effet peut s'appliquer à des câbles de précontrainte, utilisés par exemple sur les tabliers de ponts. Il

suffit de les chauffer par induction pour qu'ils se rétractent. Les dispositifs de précontrainte usuels avec des gaines de câbles, des têtes d'ancrage, des presses hydrauliques ne sont plus nécessaires. Cette nouvelle technologie est ainsi une alternative intéressante pour le domaine de la construction.



Pas obligatoirement du nickel et du titane

Les SMA à base de nickel et de titane sont toutefois beaucoup trop chers mais il existe aussi d'autres alliages à mémoire de forme ; pour la construction, se sont avant tout des alliages à base de fer qui pourraient être intéressants. Jusqu'ici il fallait toutefois les chauffer jusqu'à une température de 400 °C pour activer l'effet de mémoire de forme, ce qui est beaucoup trop élevé pour une utilisation dans le béton et le mortier ou dans d'autres matériaux sensibles à la chaleur. Des chercheurs de l'Empa sont maintenant parvenus à développer un nouvel alliage de fer, manganèse et silicium qui peut être précontraint à une température d'environ 160 °C compatible avec le béton. Pour cela, les scientifiques des matériaux ont développé par simulation thermodynamique sur ordinateur des alliages virtuels qu'ils ont ensuite produits en laboratoire afin d'étudier leurs caractéristiques de mémoire de forme. Avec succès, puisque plusieurs de ces nouveaux matériaux satisfaisaient les exigences de leurs collègues ingénieurs ; une étape décisive sur la voie des applications – à l'échelle industrielle et donc de la tonne – des aciers à mémoire de forme.

Le long chemin du laboratoire au produit fini

Les SMA à base de fer devraient avoir de bonnes chances dans la construction et le génie civil. Avec eux, la précontrainte devient plus simple et ainsi moins coûteuse. De plus, on peut encore

Forgeage d'un bloc d'alliage de fer à mémoire de forme ; pour pouvoir le déformer, ce bloc doit être chauffé à 1150 °C. (Photo : TU Freiberg)

Contact

Dr Christoph Czaderski
christoph.czaderski@empa.ch

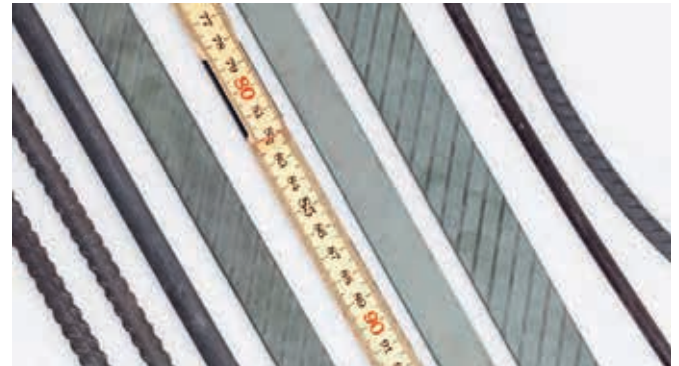
Dr Christian Leinenbach
christian.leinenbach@empa.ch

imaginer des systèmes difficilement réalisables, voire même irréalisables, jusqu'ici avec les méthodes de précontrainte conventionnelles, tels que, par exemple, des bétons précontraints au moyen de fibres courtes, de lamelles insérées par fraisage et de fers d'armature nervurés ou encore des enveloppes de piliers précontraintes.

Une étude de faisabilité financée par la Commission pour la technologie et l'innovation (CTI) a démontré récemment que la production de ces nouveaux alliages n'est pas seulement possible à l'échelle du laboratoire mais aussi par tonnes à l'échelle industrielle. Le processus de fabrication adéquat a été développé avec des partenaires tels que l'Université Leoben en Autriche ainsi que la TU Bergakademie Freiberg et l'entreprise G. Rau GmbH en Allemagne. Le forgeage de lamelles d'environ 2 mm d'épaisseur à partir de blocs de coulée à des températures dépassant les 1000 °C demande un savoir-faire technique énorme – et un équipement adéquat. Les processus de formage ont dû être adaptés et optimisés pour ces nouveaux alliages. Les lamelles ainsi produites ont fait leurs preuves dans des essais où ces lamelles étaient bétonnées dans des rainures aménagées dans des poutres de béton.

Ces développements de l'Empa ont conduit à la création en 2012 de la start-up re-Fer (www.re-fer.eu) qui assurera la production et la distribution de ces SMA à base de fer. Avec l'augmentation de

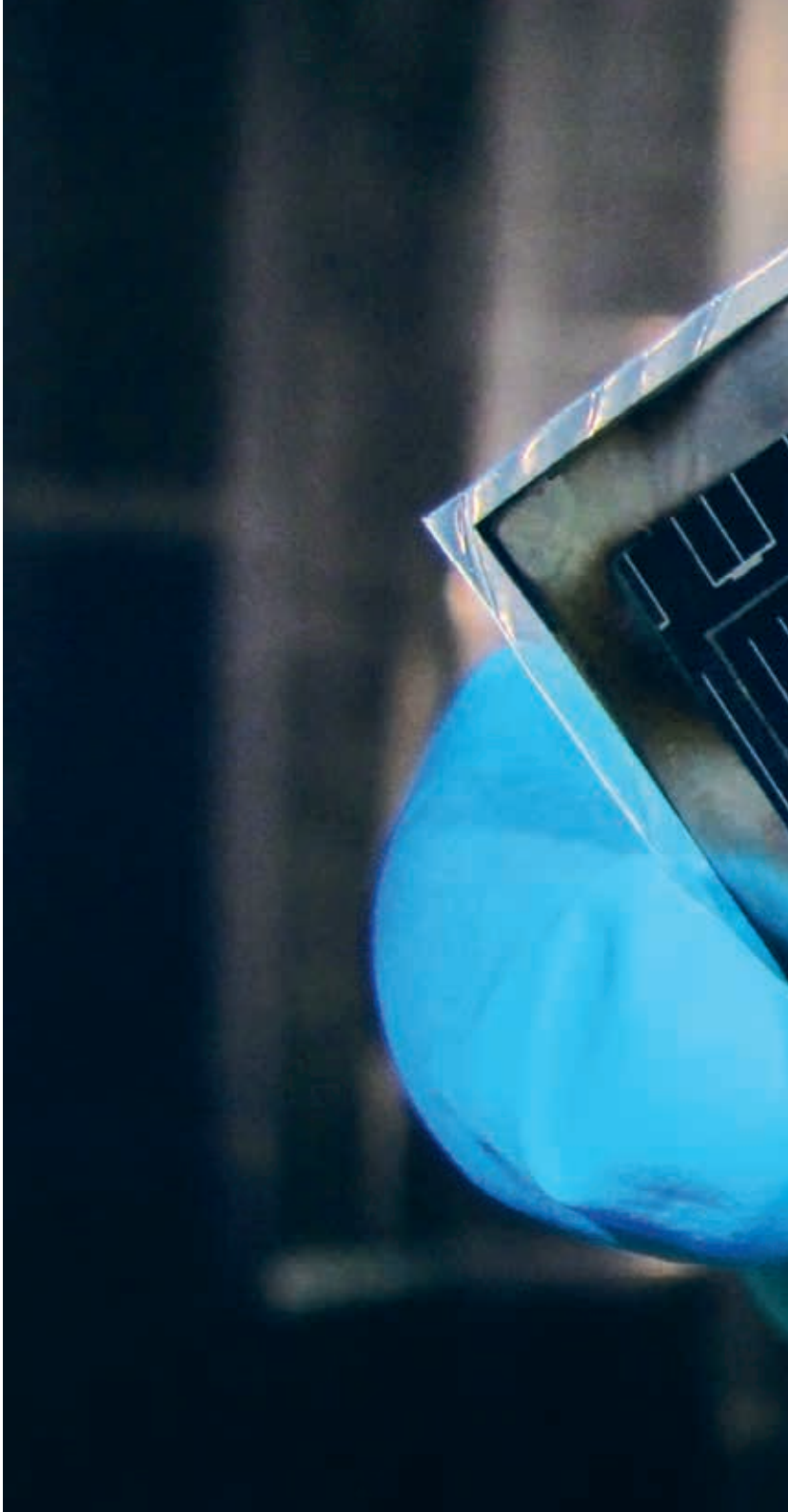
la production, leur coût devrait bientôt se situer au niveau de celui des aciers inoxydables – soit un coût plusieurs fois inférieur à celui des alliages nickel-titane.

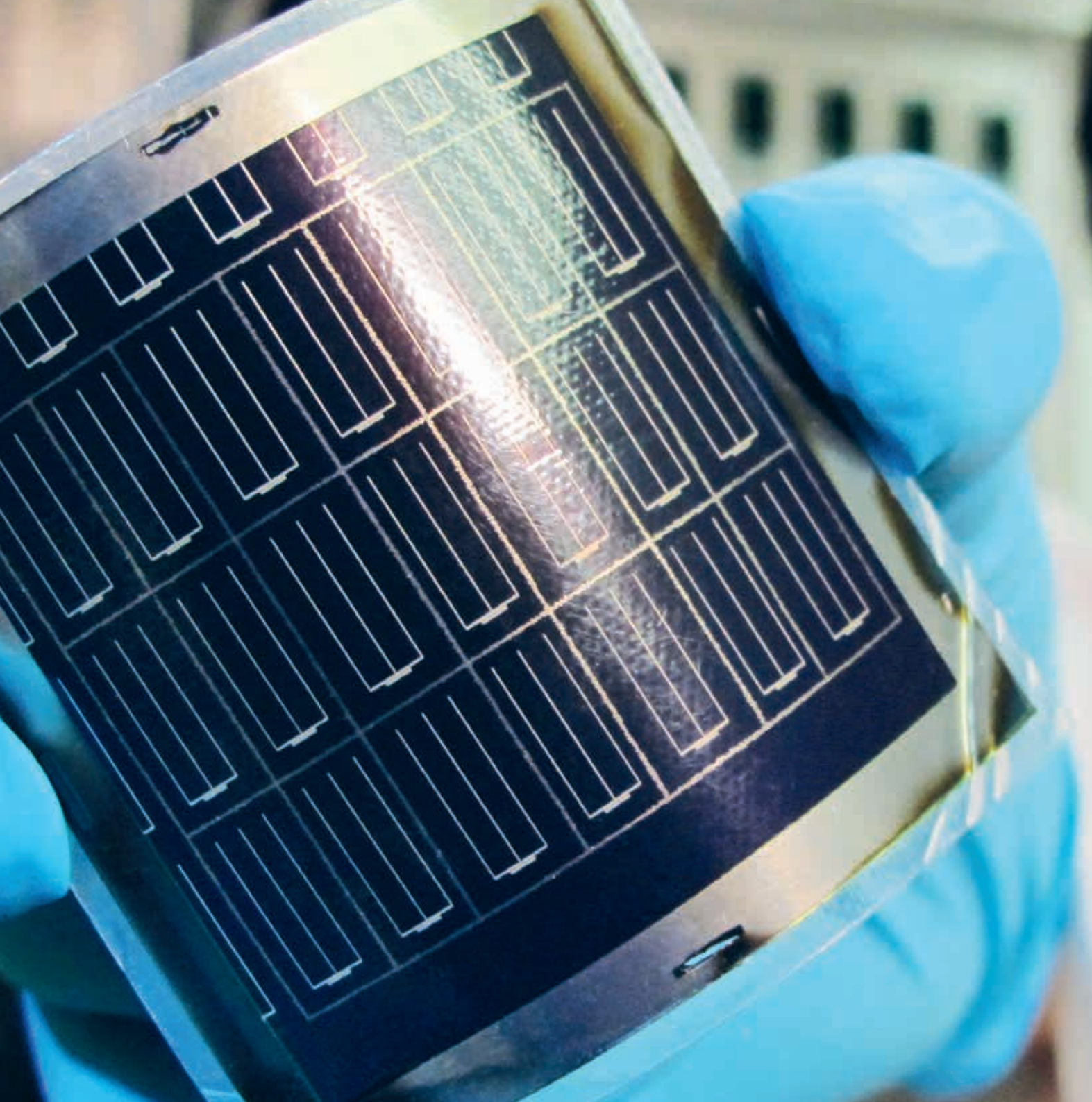


Armatures en alliage de fer à mémoire de forme SMA : lamelles et barres avec et sans nervures.

Axes de recherche

Dans quels domaines se situent les grands défis de notre époque? Très certainement dans ceux de la santé et du bien-être de l'homme, du climat et de l'environnement, des ressources et de leur pénurie proche, de l'approvisionnement durable en énergie et dans le renouvellement des infrastructures. L'Empa focalise le savoir interdisciplinaire de ses 28 laboratoires de recherche pour trouver des solutions pratiques pour l'industrie et la société dans ses axes de recherche santé et performances, ressources naturelles et polluants, énergie, Sustainable Built Environment et matériaux nanostructurés.

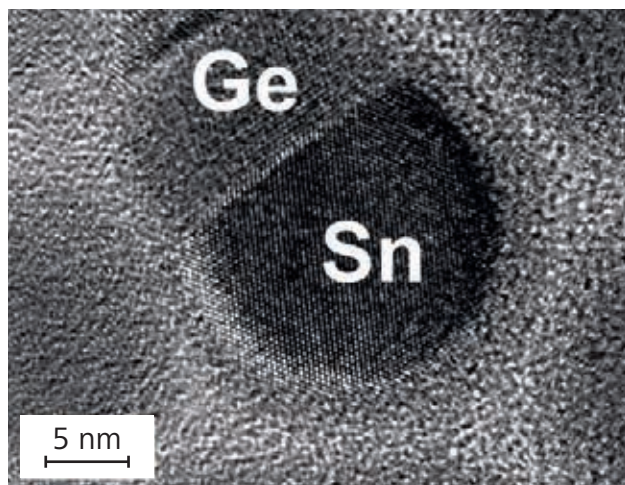






Lorsque la structure devient plus importante que la chimie

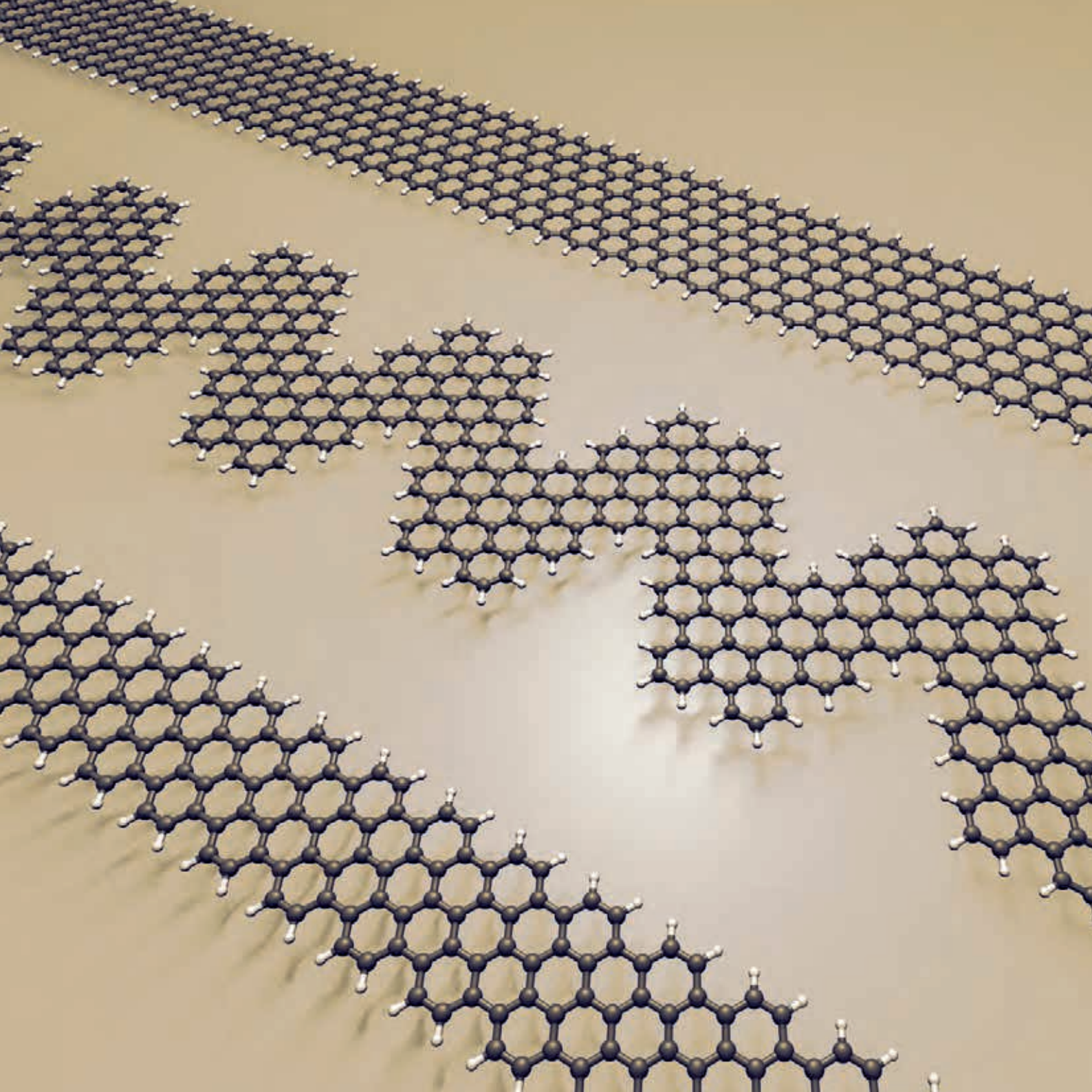
La vision de la science des matériaux moderne est de développer avec des nano-éléments et une architecture ingénieuse des matériaux présentant de meilleures propriétés ou des propriétés nouvelles. Le constat que les propriétés des matériaux dépendent pour une majeure partie de leur microstructure est aussi vieux que la science des matériaux elle-même. Toutefois, ce n'est que la nanotechnologie qui a permis de « construire brique par brique » des matériaux. Les « briques » de ce Lego des matériaux sont des nanoparticules ou des nanocristaux qui possèdent en partie eux-mêmes une structure interne complexe. Au moyen de méthodes de revêtement appropriées ou de l'auto-organisation suivies d'un procédé de consolidation, ces nanoparticules ou nanocristaux se transforment en des matériaux robustes.



Le « Lego des matériaux » sur ordinateur

La réalisation de cette vision passe par le « digital manufacturing », un procédé sur ordinateur avec lequel le développement du matériau et la production de la pièce ont lieu pratiquement en une seule étape. Il suffit de spécifier la fonction du composant avec les conditions

marginales à respecter et l'ordinateur calcule la solution idéale – une structure tridimensionnelle monolithique avec des caractéristiques de matériau anisotropes qui peut ensuite être produite par impression 3D.





Dans son axe de recherche « Matériaux nanostructurés », l'Empa développe et synthétise entre autres des nano-éléments pour les techniques de l'énergie, telles que les piles solaires, les accumulateurs ou pour l'électronique du future. Dans le domaine des accumulateurs lithium-ion, l'Empa mène des travaux sur des nouveaux matériaux pour leurs anodes (voir aussi page 33). Les accumulateurs lithium-ion actuels utilisent des anodes en graphite, un matériau loin d'être idéal pour ce qui est de sa capacité de stockage du lithium. L'étain ou le silicium seraient au moins dix fois meilleurs (du moins théoriquement). Toutefois comme ces matériaux se dilatent massivement lors du processus de charge, les contraintes mécaniques qui en résultent conduisent à une fragilisation de l'anode et à son « empoisonnement ». Après quelques cycles de charge-décharge, la capacité de l'accumulateur diminue très fortement. Ceci pourrait être évité par l'utilisation de ces matériaux sous forme de nanoparticules à surface stabilisée. Un groupe de recherche de l'Empa est parvenu à produire des nanocristaux d'étain de 10 à 30 nanomètres quasiment monodisperses. Les premières anodes produites avec des cristaux présentent une très bonne stabilité de cycles – et cela avec une capacité excellente de 1000 mAh/g, soit bien trois fois celle des anodes de graphite actuelles.

Installation plasma à micro-ondes pour la production de nanoparticules non oxydiques.

Un réacteur plasma à micro-ondes pour la production de nanoparticules non oxydiques

Avec le silicium on se trouve cependant plus proche d'une introduction sur le marché. Dans le projet SIMBA, financé par l'UE, des chercheurs de l'Empa ont développé en commun avec le partenaire industriel UMIORE une installation pilote pour la production de nanoparticules de silicium. Il s'agit là d'un passage à l'échelle supérieure d'un réacteur plasma à micro-ondes développé par l'Empa. Ce réacteur pilote permet de produire 900 grammes de nanoparticules de silicium, soit 100 fois plus que son prédécesseur. Les résultats obtenus avec les premières anodes en silicium produites avec ces particules sont prometteurs : leur capacité, avec 1200 mAh/g, est déjà très élevée et on n'a pas constaté de pertes sensibles après plus de 300 cycles de charge et de décharge.

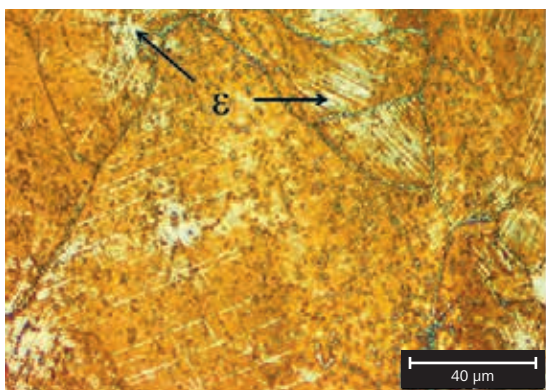
Progrès dans la synthèse des nanostructures de graphène

Le graphène, formé d'une seule couche d'atomes de carbone, est un grand porteur d'espoirs pour d'innombrables applications, que ce soit pour le renforcement des polymères ou en micro- et en nanoélectronique. En commun avec des collègues du Max Planck Institut à Mainz, des chercheurs de l'Empa ont développé un procédé unique en son genre pour la synthèse de nanostructures de graphène. Avec ce procédé « bottom-up », des molécules précurseurs appropriées sont vaporisées sur la surface d'un substrat où elles se lient entre elles pour former la nanostructure désirée par auto-organisation moléculaire. Ce qui est fascinant dans cela, c'est que la géométrie de la nanostructure de graphène est déterminée avec précision par les molécules précurseurs – et ainsi aussi leurs propriétés physiques telles que la conductibilité thermique, leurs bandes électroniques interdites ou la distribution locale des électrons selon leur état de spin. Trois ans après la publication du procédé dans la revue scientifique « Nature », l'Empa a aujourd'hui conclu un accord avec le groupe BASF afin de développer un procédé industriel robuste pour cette méthode de synthèse.

Les sciences des matériaux et de l'ingénieur pour des solutions innovatrices

La qualité du parc immobilier suisse est un élément important de notre standard de vie élevé. Des infrastructures d'approvisionnement et de transport sûres et performantes ainsi que des espaces d'habitation et de travail attrayant et confortables nous semblent aller de soi. La

préservation de ce niveau dans l'avenir aussi exige la maîtrise de plusieurs défis. De nombreux ouvrages d'infrastructure atteignent un âge critique et une population croissante ainsi qu'un besoin de mobilité lui aussi croissant demandent de gros efforts dans les domaines de la conservation et de l'extension. Le tournant énergétique est impensable sans une rénovation profonde ou un remplacement des bâtiments et des ouvrages d'infrastructure existants. L'Empa aborde ces questions de manière globale en associant la science des matériaux et les sciences de l'ingénieur pour développer des solutions innovatrices.



Les alliages à mémoire de forme : il en existe maintenant aussi de bon marché

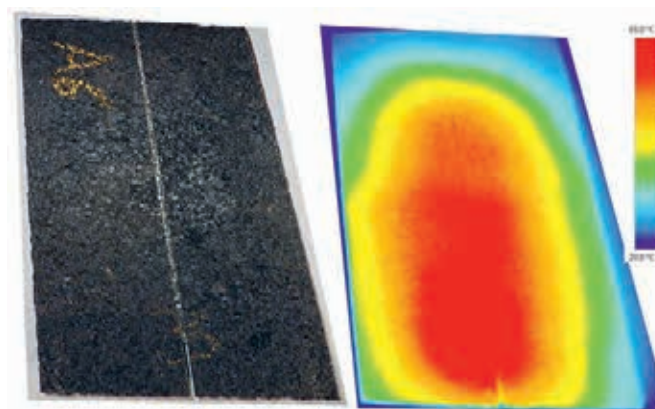
L'année dernière les chercheurs de l'Empa ont réalisé une percée décisive dans l'utilisation des alliages à mémoire de forme comme éléments de précontrainte en génie-civil (voir aussi page 47). Dans des travaux réalisés par le passé, l'Empa avait déjà démontré le potentiel de ces matériaux – toutefois avec des alliages beaucoup trop coûteux pour le génie-civil. Des scientifiques des matériaux des ingénieurs sont maintenant parvenus à élaborer en étroite collaboration un alliage à mémoire de forme à base de fer meilleur marché et à le produire en grandes quantités. En utilisation pratique, les éléments de

Coupe métallographique de l'alliage de fer à mémoire de forme :
la phase ϵ de la martensite est responsable de l'effet de mémoire de forme.

précontraintes fabriqués dans cet alliage sont noyés dans le béton et après durcissement de ce dernier chauffés par induction jusqu'à une température à laquelle il se produit un changement de phase dans l'alliage qui conduit à l'établissement d'une contrainte mécanique dans le béton. En collaboration avec la firme re-fer AG nouvellement fondée, cette technologie va maintenant être optimisée pour atteindre son stade de commercialisation.

Des revêtements bitumineux autoréparants

A côté de l'orniérage, la formation de fissures est la cause principale du remplacement des revêtements routiers bitumineux. Cette fissuration est provoquée principalement par les variations de température et de charge du trafic en combinaison avec l'action de l'eau. A un stade précoce, les fines fissures du revêtement peuvent être refermées en chauffant le revêtement à une température d'environ 80 °C. Pour réaliser ce chauffage, on ajoute au bitume des matériaux électroconducteurs tels que des sphérules ou des fibres de fer que l'on chauffe brièvement à l'aide d'une bobine d'induction électromagnétique placée à la surface du revêtement. Dans des essais de laboratoire, les chercheurs de l'Empa ont démontré que cet effet peut être obtenu avec une adjonction de matériau relativement faible. Toutefois le chauffage du revêtement est actuellement encore trop lent pour que l'on puisse déjà envisager un passage à l'échelle réelle. L'objectif

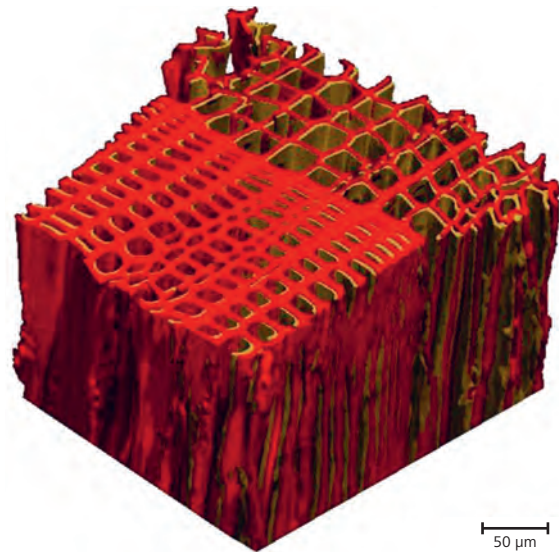


Eprouvette d'enrobé bitumineux avec fissure artificielle nettement visible le long d'une entaille préétablie, avant (à gauche) et après (à droite) le traitement avec la nouvelle méthode. La thermographie met en évidence l'effet « guérisseur » du chauffage par induction.

à long terme est de pouvoir procéder à une «réparation» régulière des revêtements avec un chauffage par induction mobile avant même qu'ils ne soient le siège d'une fissuration significative; ce qui augmenterait notablement la durée de vie des revêtements des routes suisses.

Comprendre pourquoi le bois se rétracte et gonfle

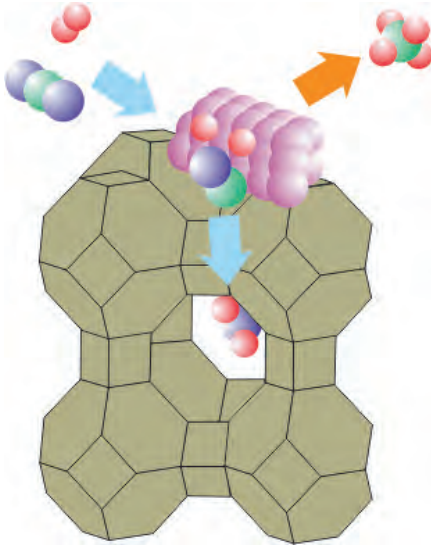
Dans un projet financé par le Fonds national suisse dans le cadre du programme Sinergia et qui s'est achevé en 2013, des chercheurs de l'Empa et de l'EPF de Zurich sont parvenus à mieux comprendre le comportement de gonflement et de retrait du bois sous l'influence de l'humidité. Cela grâce à une combinaison habile de la simulation sur ordinateur et de travaux expérimentaux. Ce projet n'a pas fait seulement l'objet de trois thèses de doctorat achevées avec succès, mais il fournit aussi pour la première fois des modèles du comportement hygromécanique du bois à différentes échelles ainsi qu'un modèle poromécanique décrivant le comportement de retrait anisotrope du bois au niveau cellulaire. De plus, cette équipe de chercheurs a développé des méthodes expérimentales reproductibles pour la microscopie 3D, avec les algorithmes de traitement d'image correspondants, qui devraient contribuer à l'avenir l'approfondissement des connaissances sur ce seul matériau de construction renouvelable qu'est le bois.



La superposition de deux images obtenues par tomographie à rayons X en contraste de phase permet de bien mettre en évidence le comportement de retrait et de gonflement d'un échantillon de bois d'épicéa (rouge: humidité relative de l'air de 25 pour-cent, beige: humidité relative de l'air 80 pour-cent.)

Réduire les émissions de polluants – ou les éviter totalement

Les besoins croissants en matière de consommation, de mobilité, d'alimentation et d'habitat d'une population mondiale en augmentation constante exigent une gestion responsable de nos ressources qui ne sont pas infinies. La suppression à la source et la réduction des émissions nocives joue là un rôle important. L'Empa s'est fixé comme un de ses objectifs centraux d'y parvenir avec le développement de processus innovateurs et de matériaux nouveaux.



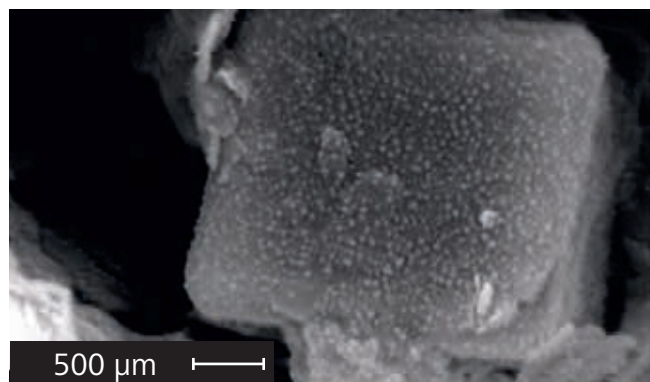
Un catalyseur efficace – grâce à une mousse céramique et à la simulation sur ordinateur

Les moteurs modernes consomment de moins en moins de carburant et émettent toujours moins de polluants ; et ces émissions peuvent encore être réduites avec une épuration efficace des gaz d'échappement. L'Empa développe pour cela de nouveaux matériaux tels que, par exemple, un support de catalyseur en mousse céramique. La simulation sur ordinateur permet aux chercheurs d'analyser en détail les écoulements dans un catalyseur et d'optimiser ainsi la structure de son support. Le but est de réduire nettement les quantités nécessaires de métaux nobles tels que le platine ou le palladium qui assurent la catalyse sans pour autant nuire à son efficacité.

La zéolithe fixe l'eau qui se forme lors de la méthanisation de l'hydrogène et augmente ainsi nettement le rendement en méthane de ce nouveau procédé.

«Power-to-gas»: stockage chimique de l'électricité excédentaire

«Power-to-gas» est la notion clé pour le stockage des énergies renouvelables. Les excédents de courant à court terme produits par les installations solaires peuvent servir par exemple pour produire de l'hydrogène qui peut s'utiliser avec le gaz à effet de serre qu'est le CO₂ pour synthétiser du méthane. Les chercheurs de l'Empa sont parvenus à perfectionner ce processus avec le développement d'un nouveau catalyseur de nano-nickel sur une surface de zéolithe. A la surface de ce catalyseur, les molécules de gaz réagissent plus facilement entre elles, ce qui réduit l'énergie

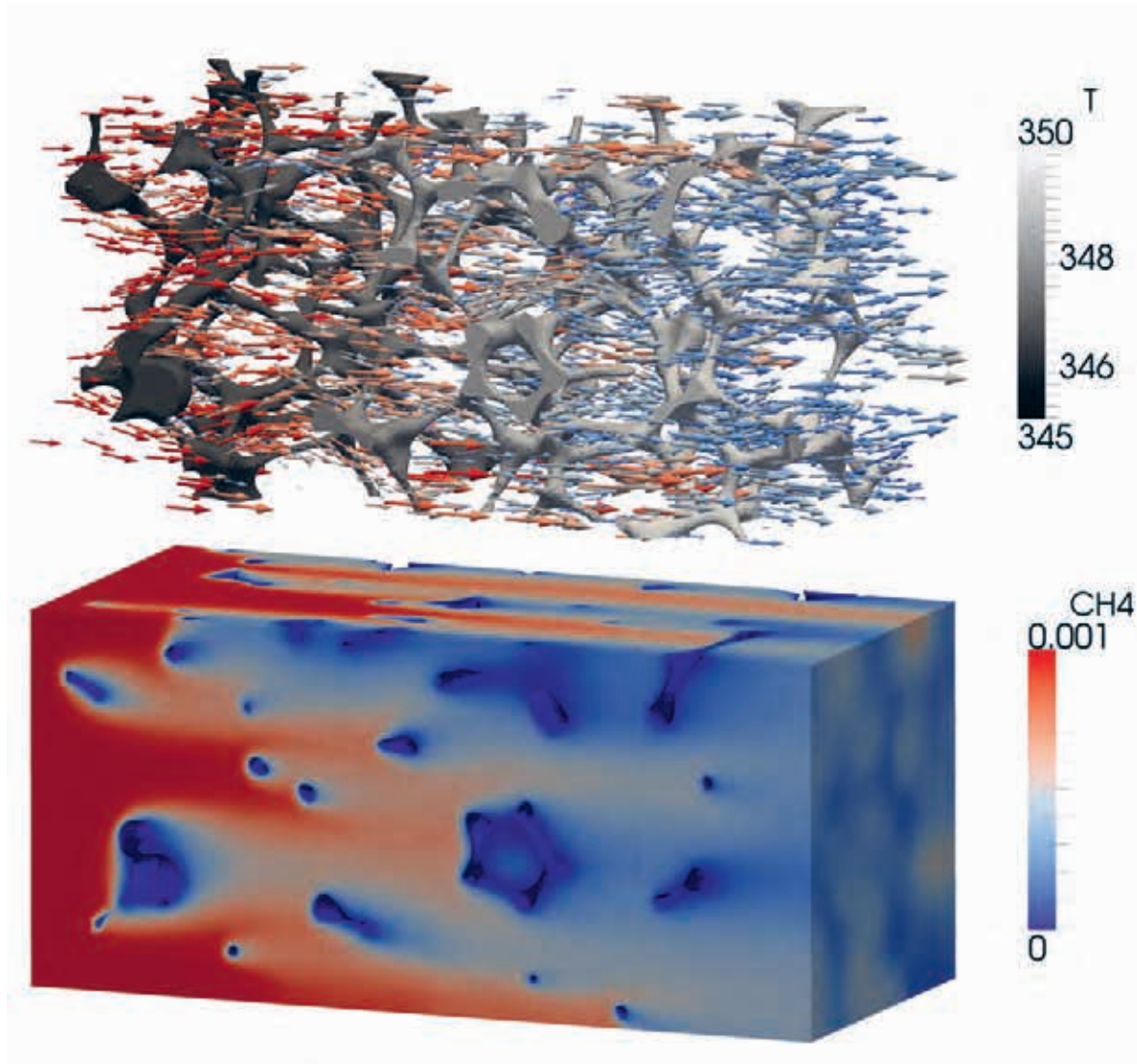


Nanocristaux de nickel sur un support de zéolithe sous le microscope électronique à balayage.

nécessaire à la réaction. De plus, la zéolithe poreuse, un aluminosilicate qui possède la propriété d'absorber les molécules d'eau et de les céder à nouveau par chauffage, améliore la cinétique de la réaction et augmente nettement le rendement en méthane (voir aussi page 27).

Les déchets électroniques comme source de matières premières

La demande croissante de biens électroniques s'accompagne d'une augmentation massive de la consommation de métaux rares. Ces matières premières métalliques migrent ainsi continuellement de la géosphère vers la biosphère. Simultanément, les teneurs en métaux des minerais disponibles diminuent et l'extraction de ces métaux provoque une charge élevée sur l'environnement. La situation s'est particulièrement aggravée pour les métaux techniques utilisés dans les technologies de l'information, de la communication et de l'énergie. Nombre de ces métaux, principalement les métaux des terres rares, ne sont encore aujourd'hui quasiment pas recyclés. Des études de l'Empa montrent que, avec des mesures techniques et d'organisation dans les systèmes de recyclage actuels, la récupération de ces métaux possède un potentiel considérable. Ce qui ferait des déchets électroniques une source secondaire de matières premières pour les métaux rares – avec tous les effets positifs sur l'environnement qui en découlent.



Etude numérique de la combustion du méthane dans un catalyseur poreux en mousse céramique : plus de méthane est brûlé plus la température à la surface du catalyseur est élevée. La simulation montre la diminution de la concentration de méthane provoquée par son oxydation (rouge : teneur élevée en méthane ; bleu : faible teneur en méthane, sens de l'écoulement de gauche à droite).

Accent sur l'efficacité énergétique et les énergies renouvelables

Pour pouvoir être qualifié de durable, un approvisionnement en énergie doit présenter une production, une exploitation, un entretien et une infrastructure dont les coûts soient supportables, la charge exercée sur l'environnement minimale et la distribution sûre et fiable.

Le poids à accorder à ces différents objectifs, en partie contradictoires, fait l'objet d'une discussion intense dans la politique et la société. Du fait du changement climatique qui se dessine et de la réévaluation des risques de la technologie nucléaire, la nouvelle stratégie énergétique de la Suisse s'appuie essentiellement sur l'efficacité énergétique et les énergies renouvelables. L'Empa développe des concepts, des technologies et des matériaux nouveaux dans le domaine de l'énergie et contribue ainsi au mandat sociétal qui découle de cette nouvelle stratégie.

Des piles solaires transparentes en semi-conducteurs organiques

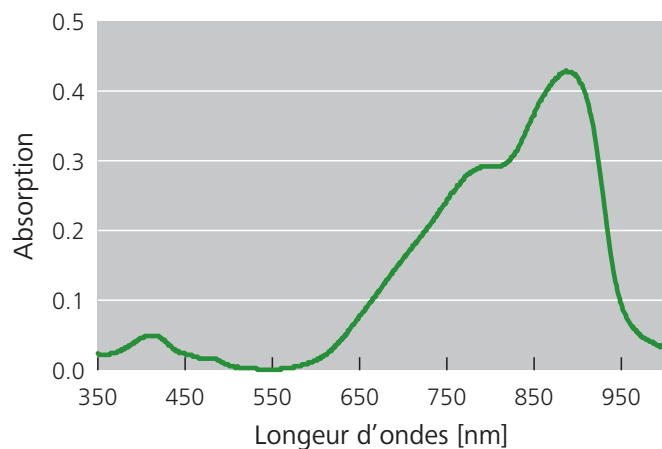
Les piles solaires conventionnelles en silicium sont actuellement le standard en matière d'électricité solaire. Ces piles sont toutefois produites avec des processus qui exigent des températures élevées. La technologie des piles solaires à couche mince se distingue par

contre par des processus de revêtement et d'impression qui permettent une production «roll-to-roll» rapide et peu coûteuse. Les semi-conducteurs organiques sont particulière-



Le chercheur Frank Nüesch imbibe un tissu spécial avec une solution de colorant cyanine. C'est avec de tels composants que seront produites les piles solaires bon marché du futur.

ment bien adaptés à ce mode de production. Ces semi-conducteurs organiques absorbent extraordinairement bien la lumière et peuvent ainsi s'utiliser sous forme de couches ultraminces d'environ 100 nanomètres seulement. Certains d'entre eux, tels que les cyanines, présentent des bandes d'absorption très étroites. Il est ainsi par exemple possible de synthétiser des cyanines qui n'absorbent la lumière que dans le domaine de l'infrarouge



Absorption lumineuse d'une couche de cyanine d'une épaisseur de 40 nanomètres (nm). Le spectre d'absorption met en évidence sa forte absorption dans le domaine de l'infrarouge proche (entre 700 et 950 nm) et sa faible absorption dans le domaine visible (au-dessous de 700 nm).

proche et qui sont presque totalement transparentes pour la lumière visible. L'Empa mène des travaux de recherche sur ces piles à cyanine et a réalisé des prototypes en laboratoire, travaux qui pourraient déboucher dans l'avenir à la réalisation de fenêtres, de façades ou de feuilles photovoltaïques transparentes.

Récolter l'énergie éolienne à grande hauteur

La spin-off de l'Empa «TwingTec» poursuit une approche nouvelle dans le domaine de l'énergie éolienne (voir aussi page 21) : un cerf-volant ultra-performant, basé sur la technologie Tensairity, qui transmet l'énergie du vent au sol avec un câble de traction où elle est transformée en électricité au moyen d'un système de treuils. En collaboration avec la Fachhochschule Nordwestschweiz, l'EPF de Zurich et Alstom, cette jeune entreprise a démontré la faisabilité de cette technologie ; des installations d'une puissance de 50 kilowatt doivent maintenant suivre. Ces centrales éoliennes sont peu coûteuses à installer car elles ne nécessitent pas de construction importante au sol et ne comportent pas non plus d'éléments lourds. Elles sont utilisables aussi bien en connexion avec un réseau de distribution que seules, «off-grid» dans des régions où il n'existe pas de réseau électrique. En 2014 une installation de démonstration exploitée de manière autonome va être achevée et la première installation pilote est prévue pour la fin 2015.



Contact

Dr Peter Richner
peter.richner@empa.ch

Accroissement de dix pour-cent de l'efficacité des centrales thermiques à gaz et à charbon

Actuellement, les centrales thermiques à gaz ou à charbon assurent environ 70 pour-cent de la production globale d'énergie. Si l'on parvenait à augmenter la température de la vapeur à 700 °C et la pression à 34 bar, l'efficacité de ces installations augmenterait de 10 pour-cent. A titre de comparaison : ceci équivaut à la production d'électricité de la totalité des centrales éoliennes, solaires et à la biomasse de l'année 2012. Pour pouvoir exploiter ce potentiel, les chercheurs de l'Empa développent de nouvelles méthodes pour vérifier l'adéquation de nouveaux alliages pour ces conditions d'exploitation. Pour cela ils associent les essais de résistance thermomécaniques aux examens métallographiques. Des partenaires industriels renommés ont recours aux compétences de l'Empa dans des projets communs qui pourraient permettre de réaliser bientôt des centrales thermiques plus efficaces.

Essai de résistance thermomécanique d'un nouvel alliage pour les turbines à vapeur.

Le bien-être : un bien (pas si) quotidien

Cela arrive pratiquement chaque jour : lors des activités sportives, on transpire et on ne sent pas vraiment à l'aise dans sa tenue, les chaussettes frottent et des cloques se forment sur les pieds. Ou bien on se blesse lors d'un accident de sport. Ou encore notre pression artérielle augmente de façon incontrôlée, notamment du fait de nos habitudes de vie. Des

scénarios que pratiquement chacun et chacune d'entre nous a déjà vécus un jour ou l'autre. Avec ses activités de recherche dans le domaine de la santé et de la protection du corps humain, l'Empa aide à éviter, à atténuer ou au moins à mieux contrôler de telles situations.



Trempé de sueur et surchauffé – pas une fatalité

Le recherche sur les matériaux au service du sport : il ne s'agit pas là seulement d'une guerre d'équipement comme dans la formule 1 ou dans la coupe mondiale de ski. Cette recherche bénéficie à tous ceux qui désirent rester en forme, par exemple avec des vêtements de sport plus léger, plus confortables

et plus sûrs. C'est grâce à elle que l'on se sent bien même lors d'activités corporelles intenses, parce que des textiles d'un type nouveau transportent rapidement la sueur loin du corps et aident à prévenir les coups de chaleur. Ces textiles et ses systèmes d'habillement fonctionnalisés ne sont pas réservés au domaine du sport. C'est ainsi que l'Empa a développé pour les policiers qui doivent accomplir leur service équipés de lourds gilets de pro-

Développement d'un vêtement de sport à l'aide d'un bodyscanner : les couleurs mettent en évidence comment ce sous-vêtement de sport plaque sur le corps.

tection des modèles autoréfrigérants et pour les pompiers des vêtements de protection contre la chaleur.

Un tensiomètre au poignet

L'hypertension artérielle, une des conséquences de notre style de vie actuel, compte parmi les causes de décès les plus fréquentes dans le monde. Malgré cela, selon l'Organisation mondiale de la santé OMS, moins d'une personne sur deux mesure régulièrement sa pression artérielle car cette mesure est compliquée, particulièrement si elle doit s'effectuer de manière répétée sur une longue période. Jusqu'ici une mesure en continu de la pression artérielle n'était pas possible. Ceci pourrait bientôt changer grâce à un capteur d'un type nouveau qui se place sur le poignet. Les chercheurs de l'Empa ont développé, en collaboration avec un partenaire industriel, un tensiomètre de la taille d'une montre bracelet qui mesure et enregistre en continu la pression artérielle. Les impulsions électriques parasites au poignet qui rendaient jusqu'ici une telle mesure impossible peuvent maintenant se déterminer et se corriger grâce à une technologie développée par l'Empa. Plusieurs capteurs au voisinage du poignet mesurent simultanément la pression de compression, le pouls et le débit sanguin, valeurs à partir desquelles on peut calculer de manière fiable la pression artérielle (voir aussi page 19).

La protection de l'environnement et la sécurité s'excluent-elles mutuellement ?

La sécurité contre l'incendie dans les bâtiments, les voitures, les avions ou les trains ne pouvait être atteinte jusqu'ici qu'à grands frais ou en recourant à des substances chimiques dangereuses pour la santé et l'environnement. En 2013, l'un des agents ignifugeants les plus répandus mais très critique, l'hexabromocyclo-dodécane (HBCD), a été interdit par la Conférence internationale sur la gestion des produits chimiques de l'ONU à Genève, cela entre autres aussi grâce aux travaux de recherche menés par l'Empa. L'interdiction d'une des substances les plus importantes utilisées comme agent ignifugeant signifie aussi qu'il faut trouver des substances de remplacement qui ne nuisent pas à l'environnement et ne présentent pas de risques pour la santé. Des chercheurs de l'Empa ont synthétisé de nouvelles substances qui possèdent un excellent pouvoir ignifugeant mais ne renferment aucun halogène. Ces phosphoramidates ont déjà trouvé une première application dans des mousses polyuréthanes qui s'emploient par exemple comme isolant dans les bâtiments ou comme mousse dans les meubles ou les matelas.

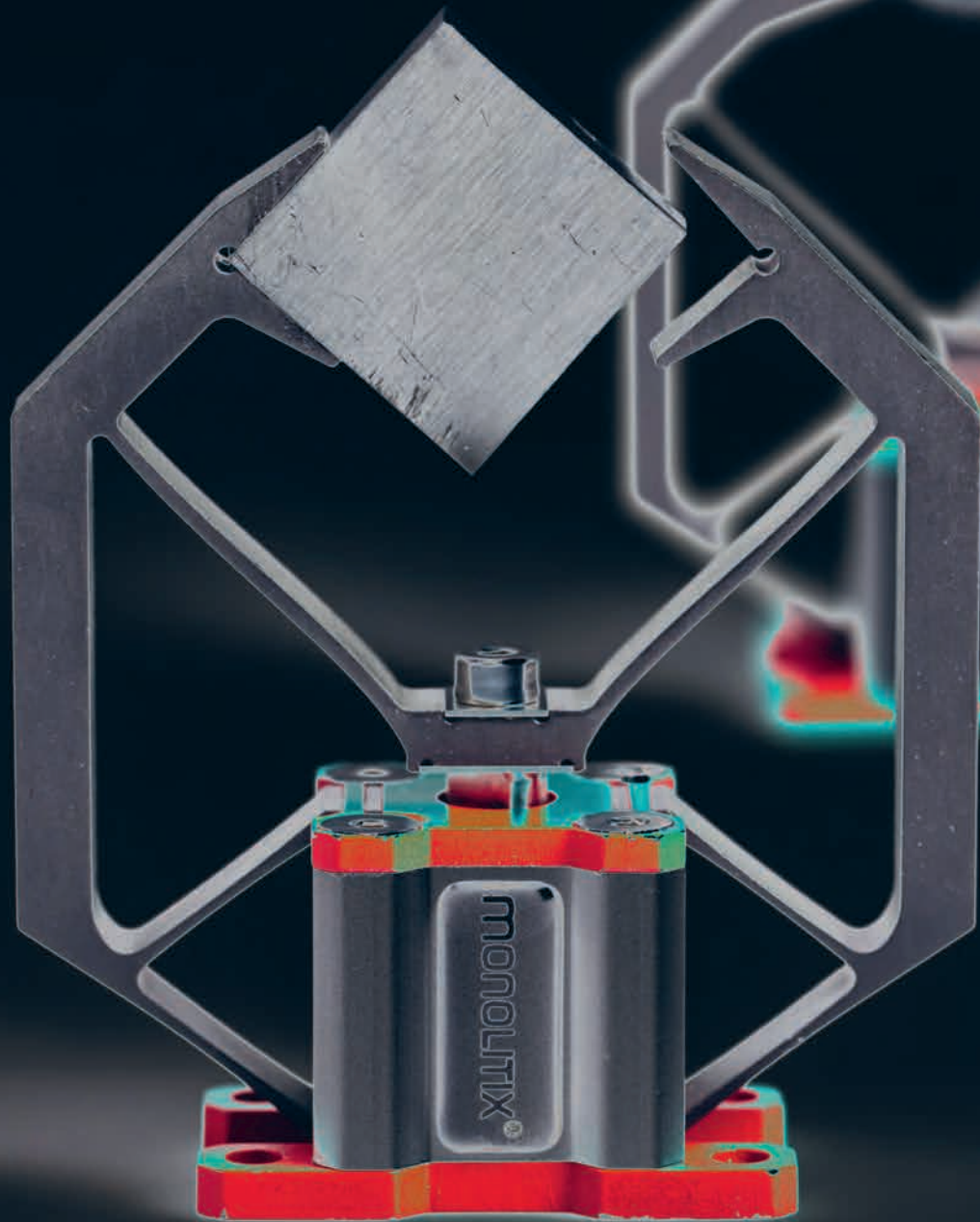
Des essais de combustibilité montrent que les composés organophosphorés protègent mieux que les substances jusqu'ici usuelles.



De la recherche à l'innovation – l'Empa comme partenaire

La recherche appliquée et le développement en proximité aussi forte que possible avec l'industrie et l'économie sont la marque distinctive de l'Empa. Grâce à des formes de coopération efficaces et personnalisées ainsi qu'à une large gamme de services, l'Empa peut offrir à ses partenaires des solutions sur mesure. Que ce soit pour développer de nouveaux produits, optimiser des technologies existantes, résoudre des problèmes concrets ou remettre au niveau le plus récent les connaissances du personnel technique, l'Empa est la bonne adresse avec plus de 500 scientifiques hautement qualifiés et une infrastructure technique de première classe.

Empa – The Place where Innovation Starts!





Collaboration + transfert de technologie = innovation

Si la Suisse se trouve dans les premiers rangs sur la liste internationale des pays innovateurs c'est entre autres dû à l'étroite collaboration et au bon fonctionnement de transfert du savoir entre l'économie et les institutions suisses de la recherche.



L'office de transfert de technologie de l'Empa (TT-Office) est un lien important entre les laboratoires de recherche de l'Empa et les entreprises. Il répond aux questions d'ordre juridique en relation avec les entreprises, les hautes écoles et les instances publiques, il mène les tractations en commun avec les chercheurs de l'Empa pour l'établissement des contrats nécessaires et s'occupe de la protection et de la valorisation de la propriété intellectuelle.

L'année écoulée, les coopérations de recherche avec des organisations privées ou publiques ont une nouvelle fois atteint un nombre élevé avec plus de 110 nouveaux contrats de recherche. 14 nouveaux brevets ont été déposés pour la protection de la propriété intellectuelle. De plus, 19 contrats de licence et de transfert de technologie ont été conclus avec des partenaires industriels.

Comment « filtrer » le CO₂ de l'air – grâce à la cellulose

La séparation du gaz à effet de serre qu'est le CO₂ de l'air atmosphérique – autrement dit de l'air ambiant – (et lutter ainsi contre le changement climatique) demeure un des défis les plus

L'installation pilote d'absorption du CO₂ de Climeworks peut produire près d'une tonne de CO₂ pur par année.



Les 36 câbles du nouveau pont à haubans sur l'Elbe près de Schönebeck ont été examinés à l'aide du nouvel appareil à bobine visible sur la petite photo.
(Photo : Prüflaboratorium für Zerstörungsfreie und Zerstörende Prüfung -Seilprüfstelle-, Bochum)

importants du 21^e siècle. La technologie d'adsorption du CO₂ nouvellement développée par la spin-off de l'EPFZ Climeworks AG (www.climeworks.com) repose sur un processus d'adsorption/désorption cyclique à l'aide d'un nouveau matériau filtrant à base de cellulose. Ce matériau est capable d'adsorber le CO₂ de l'air humide et de le stocker pour ensuite le désorber sous forme de gaz de haute pureté utilisable, par exemple, pour la production de carburants synthétiques. Cet adsorbant peut s'utiliser pour un nombre de cycles très élevé. Entretemps, Climeworks a mis en exploitation une installation pilote mobile d'adsorbant de CO₂ capable de produire une tonne de CO₂ pur par année.

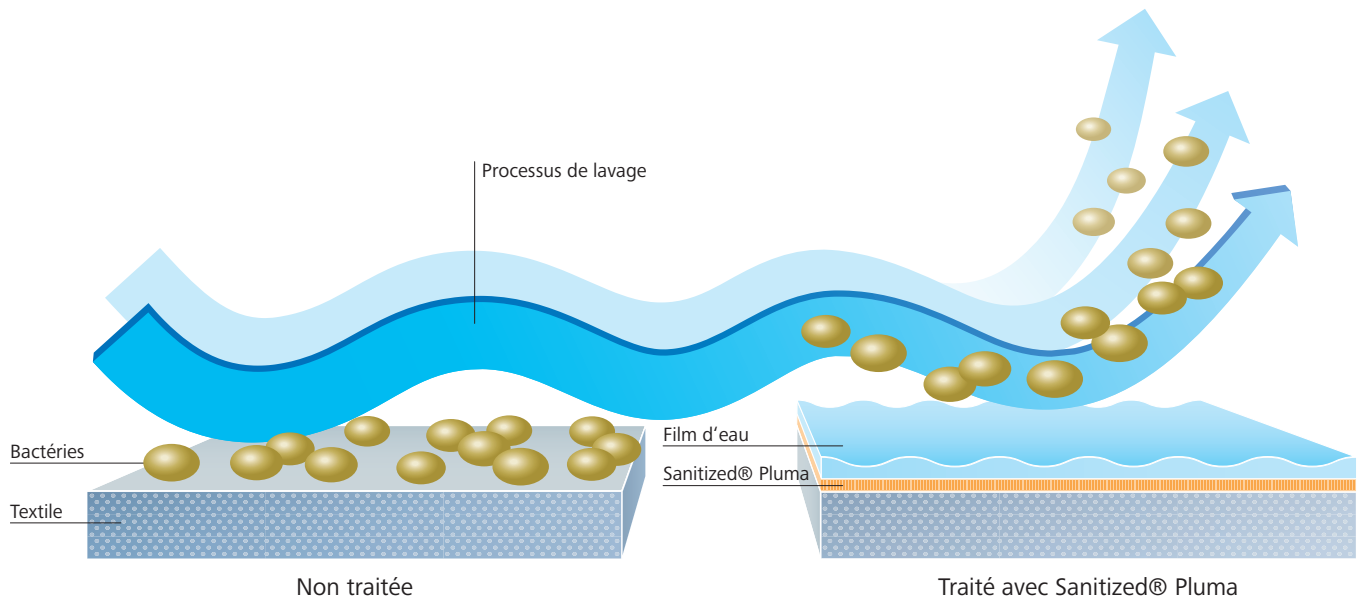
Essai non destructif des câbles d'acier de grand diamètre

L'état d'un câble d'acier ne peut pas se juger d'un simple coup d'œil. Seul un contrôle professionnel peut éclaircir si un câble peut continuer à être utilisé sans aucun risque. Jusqu'ici les appareils de contrôle des câbles pouvaient examiner des câbles d'un diamètre maximal de 160 millimètres. Suite à une demande du marché, l'entreprise de contrôle des câbles DMT GmbH et l'Empa ont mis en commun leur savoir-faire et ont développé ensemble un appareil à bobine d'induction pour le contrôle de câbles jusqu'à un diamètre de 200 millimètres qui est aujourd'hui déjà en utilisation. Cet appareil repose sur une technologie développée par l'Empa qui détecte les défauts par un procédé électro-

magnétique avec une bobine d'induction et une source d'électricité alimentée par une batterie.

Des vêtements qui ne prennent pas les odeurs

Afin d'augmenter la sécurité des patients vis-à-vis des infections bactériennes, la technique médicale a souvent recours à des vêtements superficiels qui repoussent les bactéries. Comme les odeurs corporelles sont elles aussi provoquées par des bactéries, l'idée est née d'appliquer un traitement similaire aux textiles. C'est cette idée que la firme SANITIZED AG a concrétisée avec l'Empa et Swisstat Testmaterialien AG (anciennement Empa Testmaterialien AG) dans un projet soutenu par la commission pour la technologie et l'innovation (CTI). Le résultat : la technologie Sanitized® Pluma avec laquelle les fibres textiles sont revêtues d'un polymère spécial qui retient un film d'eau microscopique à la surface des fibres. Ce film empêche les bactéries de se fixer sur les fibres et les bactéries déjà présentes sont éliminées facilement déjà lors d'un lavage à la main ou en machine à basse température, ce qui économise de l'énergie et de l'eau et augmente la durée de vie des textiles. Cette innovation s'est vue décerner en 2013 le prix « Swiss Technology Award ».



La technologie innovatrice Sanitized® Pluma s'est vue décerner le prix «Swiss Technology Award 2013». (Illustration © SANITIZED AG)

Des « couveuses » d'innovations

Le transfert de technologie par la promotion des jeunes entreprises, tel est le but des incubateurs d'entreprises de l'Empa que sont le glaTec, le tebo et STARTFELD. Les nombreuses distinctions attribuées aux entreprises qu'ils hébergent témoignent de leur succès. C'est ainsi qu'en 2013, 100 experts ont classé la jeune firme du glaTec, QualiSense, qui a développé un robot pour le triage des céréales, au 10^e



rang des 100 meilleures start-ups de Suisse. Une autre firme du glaTec, compliant concept, qui a mis au point un lit de soin innovateur, occupait la 34^e place. Et la spin-off de l'Empa, Monolitix, spécialisée dans les systèmes dits compliants, a été nommée pour le prestigieux Prix Vigier 2013 ; elle a atteint cette même année la finale du prix Heuberger des jeunes entreprises innovatrices et figurait encore parmi les finalistes sélectionnés pour le ZKB-Pionierpreis 2014 de la Banque cantonale zurichoise.

Les cinq ans du glaTec

En 2013, le glaTec, situé sur le site de l'Empa à Dübendorf, hébergeait douze jeunes entreprises dont les besoins étaient les plus divers. Alors que pour les unes des locaux et le contact avec d'autres chercheurs occupaient le premier plan, d'autres recherchaient une aide pour définir leur marché ou un coaching dans leurs entretiens avec des investisseurs potentiels. Le glaTec accompagne de jeunes entreprises jusqu'à ce qu'elles soient « mûres » pour se risquer dans l'indépendance, et cela avec

Le directeur de l'Empa Gian-Luca Bona (à gauche) se réjouit du succès des deux incubateurs d'entreprises avec le directeur du glaTec Mario Jenni (au centre) et le directeur du tebo/STARTFELD Peter Frischknecht.



succès depuis déjà cinq ans ; les festivités organisées à cette occasion ont fourni à leurs clients, investisseurs et aux visiteurs l'occasion de mieux connaître ces jeunes firmes.

Toutefois, ce centre de technologie de l'Empa n'accueille pas n'importe qui ; la procédure de sélection est sévère. Les projets présélectionnés sont évalués par une commission consultative. Une douzaine d'entrepreneurs, de spécialistes des start-ups de la CTI et d'experts en marketing, économie, droit et finances auscultent les demandes dans les moindres détails, les examinent en profondeur quant à leur potentiel d'innovation, leur pertinence commerciale et décortiquent leur modèle d'entreprise. On veille aussi à ce que ces jeunes entreprises possèdent le potentiel pour réaliser dans les faits leur plan d'affaire. Ce n'est qu'alors que la

direction de l'Empa décide de les accueillir ou non dans son incubateur. La qualité doit primer sur la quantité ; mieux vaut moins de jeunes entreprises mais qui possèdent des chances de réalisation et un potentiel élevés. L'incubation dans le glaTec et le label spin-off de l'Empa doivent signaler que l'on peut s'attendre ici à l'excellence.

Collaboration fructueuse entre le tebo et STARTFELD

C'est le même but que poursuit le tebo à Saint-Gall avec STARTFELD, en collaboration avec l'Université et la Haute école spécialisée de Saint-Gall. La ville et le canton de Saint-Gall ainsi que les deux cantons d'Appenzell participent aussi à son financement. De manière réjouissante plusieurs start-ups bénéficient aussi des



Le jubilé du glaTec a fourni à leurs clients, investisseurs et aux visiteurs l'occasion de mieux connaître les jeunes firmes qu'il héberge.

Contact

glaTec
Mario Jenni
mario.jenni@empa.ch

tebo/STARTFELD
Peter Frischknecht
peter.frischknecht@empa.ch

mesures de promotion de la CTI. Par exemple Weibel CDS, qui produit des emballages primaires et des appareils innovateurs et très fonctionnels pour l'administration des médicaments et Boxtango qui développe une nouvelle technique pour le transbordement des conteneurs et des caisses mobiles pour le transport combiné rail-route en Europe. Boxtango a aussi atteint la finale du « STARTFELD Diamant 2013 », un prix attribué par la Banque cantonale de Saint Gall et tout comme Monolitix – la finale du prix Heuberger des jeunes entreprises. Combivac, qui produit des diodes lumineuses à partir de matériaux organiques, a elle aussi été nominée pour le « STARTFELD Diamant 2013 ». Ce diamant a finalement été remporté par Cosibon qui développe un système de fidélisation de la clientèle innovateur qui offre un mode de communication totalement nouveau entre les entreprises commerciales, les fabricants de produits et les consommateurs.

Des changements importants sont intervenus pour deux firmes du tebo : Empa-Testmaterialien AG, qui poursuit ses activités avec succès, s'appelle désormais Swisstatest Testmaterialien AG, mais sa collaboration avec l'Empa demeure inchangée. Et Bluesign

Technologies AG, qui a créé le label bluesign® qui assure une évaluation de tous les flux de matière et d'énergie et les impacts écologiques des textiles sur la totalité de leur chaîne de valorisation, a vu ses effectifs passer de cinq à 30 personnes – et a quitté récemment le tebo.

Un engagement dans la formation aussi

Sous la dénomination de Technopark® Academy, le glaTec, le tebo et STARTFELD ont créé un consortium avec d'autres partenaires actifs dans la promotion des jeunes entreprises qui, sur mandat de la Commission pour la technologie et l'innovation (CTI), a conçu et offre des cours d'entrepreneuriat. L'année dernière, 17 cours de cinq jours chacun, qui ont rencontré un écho très favorable, ont déjà eu lieu. Trois d'entre eux ont été organisés à Saint-Gall par STARTFELD.

Des innovations grâce à de forts partenariats

La collaboration avec l'économie a toujours eu une grande importance pour l'Empa. A côté d'un échange intense avec des partenaires de l'industrie dans plus de 110 nouveaux projets de recherche, le développement de plateformes communes a aussi joué un rôle majeur en 2013.

NEST – un catalyseur d'innovations dans le domaine du bâtiment

« NEST » est un bâtiment modulaire comportant un noyau permanent (appelé aussi backbone) et des unités d'habitation ou de travail interchangeables. Il permet d'accélérer notablement

la recherche et le développement de matériaux de construction et de matériaux isolants, d'aménagement intérieur, de technologies du bâtiment et de systèmes de gestion de l'énergie par rapporte à ce qui était jusqu'ici possible dans les bâtiments conventionnels. NEST est un espace de rencontre pour des équipes internationales de chercheurs d'universités et de hautes écoles spécialisées, de bureaux d'architectes de renom et d'entreprises innovatrices qui y développeront des concepts d'habitation de l'avenir, installeront leur modules de recherche dans NEST et évalueront en commun les résultats ainsi acquis.

Le financement de base du projet NEST, d'un volume total de 38 millions de francs, a été bouclé avec succès en 2013. Ce financement de

base, destiné à la réalisation du backbone, à l'exploitation de NEST ainsi qu'à la réalisation



d'une grande part des modules, est assuré le Secrétariat d'Etat à la formation, la recherche et l'innovation (SEFRI), l'Office fédéral de l'énergie (OFE), le canton de Zurich, la ville de Dübendorf, la fondation Ernst Göhner et l'Empa. Des partenaires de projet et des partenaires industriels apporteront le financement restant dans le cadre de la réalisation des différents modules. L'acquisition de ces partenaires sera l'un des objectifs principaux en 2014.

A la fin 2013, un nouveau partenaire a été trouvé avec le Schweizerisch-Liechtensteinische Gebäudetechnikverband (suissetec) qui cofinancera un module « Fitness/wellness Solaire ». Actuellement cinq modules au total sont en phase d'étude : à côté du module « Fitness/wellness Solaire », ce sont les modules « City Lifting » sur le thème de la densification verticale de l'habitat, « HiLo », le penthouse de l'avenir, « Meet2Create » – nouvelle conception de



Différents modules seront construits dans le noyau permanent (backbone) de NEST (à gauche). A droite : vue avec des modules en place.
(Visualisation : Gramazio & Kohler)

Contact

Gabriele Dobenecker
gabriele.dobenecker@empa.ch

bureaux et de places de travail et « Visionary Wood », sur l'exploration de nouvelles possibilités d'utilisation du bois. Le début des travaux de construction proprement dits est prévu pour 2014 et l'inauguration officielle de NEST devrait avoir lieu en 2015.

Le « Coatings Competence Center » (CCC) en pleine voie de réalisation

La Suisse se trouve parmi les pays de pointe dans le domaine des technologies de revêtement; c'est ainsi que, par exemple, les 80 pour-cent des revêtements durs sont produits par des firmes suisses. En collaboration avec des partenaires de l'industrie et de la recherche, l'Empa projette la création d'un « Coatings Competence Center » (CCC). Ce centre offrira d'une part des cycles de formation et de perfectionnement dans le domaine des technologies de revêtement; d'autre part il devrait assurer un transfert aussi rapide et direct que possible des résultats de la recherche du laboratoire aux partenaires industriels intéressés pour développer des technologies et des produits innovateurs capables de s'imposer sur le marché – et de leur assurer ainsi un avantage concurrentiel international. Des accords de principe avec les partenaires intéressés à la création de ce centre ont été conclus en 2013 et leur concrétisation est actuellement en cours.

Nouveau parc technologique à Saint-Gall

La vente par le St. Galler Tagblatt de son immeuble à proximité immédiate du site de l'Empa Saint-Gall ouvre de nouvelles perspectives. Un nouveau parc technologique devrait y être créé sous la direction du tebo (« Technologiezentrum für die Euregio Bodensee »). Ce parc technologique abritera des entreprises qui correspondent au profil de compétence de l'Empa et qui créeront ainsi de nouvelles possibilités de collaboration.



Ce à quoi pourrait ressembler le nouveau parc technologique dans l'ancien bâtiment du St. Galler Tagblatt à proximité immédiate de l'Empa à Saint-Gall. (Visualisation : Standortförderung Stadt St. Gallen)

Recherche de pointe et innovation grâce à un travail d'équipe global

La recherche moderne nécessite de plus en plus de disposer d'un réseau international aussi étendu que possible et de bonnes relations partenariales. Ce que l'Empa cultive aussi par des coopérations internationales, la participation à des programmes de recherche internationaux et l'échange de scientifiques talentueux.



« Brain Transfer » – l'échange de « cerveaux brillants »

Pour les jeunes chercheurs surtout, les expériences dans des institutions de recherche étrangères, telles que celles qu'offre le programme Erasmus, ont une importance considérable. Raison aussi pour laquelle l'Empa a conclu de nombreux accords bilatéraux avec des instituts partenaires renommés. L'année dernière, le directeur de l'Empa, Gian-Luca Bona, a par exemple signé un tel accord de coopération avec le Los Alamos National Laboratory aux Etats-Unis. Il a encore signé un « Memorandum of Understanding » avec le Korean Institute of Metals and Materials

(KIM) ainsi qu'avec – à l'occasion de la visite de la Présidente de la Corée du Sud Park Geun-hye en Suisse – le Korea Institute of Science and Technology (KIST).

Ces accords conclus avec ces « instituts frères » coréens ont été engagés à l'occasion de la visite du Conseiller fédéral Johann Schneider-Ammann en Corée du Sud en juin 2013 lors de laquelle le directeur de l'Empa Bona faisait partie de la délégation officielle. Cette visite

Signature d'un protocole d'entente entre l'Empa et le Korea Institute of Science and Technology (KIST) à Berne. En arrière-plan, le Conseiller fédéral Didier Burkhalter avec la Présidente sud-coréenne Park Geun-hye.

avait pour but d'identifier les domaines possédant un potentiel d'innovation intéressant pour les deux pays afin d'intensifier la collaboration en recherche dans les domaines identifiés comme tels que sont, par exemple, l'énergie, les ressources naturelles et les technologies de l'environnement mais aussi la construction durable.

Dans la formation des doctorants ainsi que dans la recherche sur l'utilisation durable des technologies de l'information et de la communication, l'Empa a élargi sa collaboration avec l'Institut royal de technologie KTH à Stockholm; le chercheur de l'Empa Lorenz Hilty, qui est aussi professeur à l'Université de Zürich où il dirige le «Groupe Informatique et durabilité», a été nommé au début de l'année professeur pour les technologies de l'information et le développement durable au KTH. Après l'expert en construction routière Manfred Partl, Hilty est déjà le deuxième chercheur de l'Empa à occuper un poste de professeur au KTH.

L'Empa devient coéditrice d'une revue scientifique open-access

Avec le National Institute for Materials Science (NIMS) japonais, avec lequel l'Empa collabore étroitement depuis déjà quelques années en nanorecherche, l'Empa assurera à partir de 2014 en tant que coéditrice la publication de la revue scientifique open-access «Science and Technology of Advanced Materials». Ces

deux instituts désirent faire de cette revue une des publications mondiales de premier plan dans le domaine de la recherche sur les matériaux. Gian-Luca Bona assumera la fonction de «Regional Editor» et Harald Krug celle de «Co-Editor-in-Chief».

Le «who's who» de la recherche sur les matériaux hôte de l'Empa

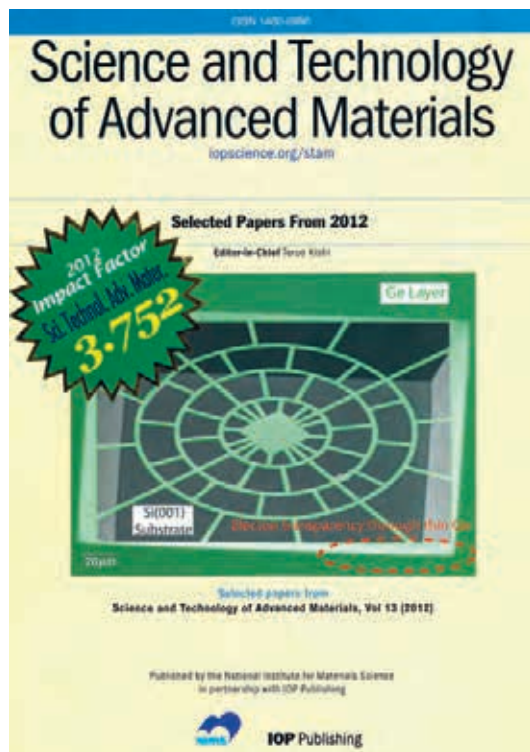
A la mi-mai, à l'occasion du 5^e symposium du World Materials Research Institutes Forum (WMRIF), des représentants du NIMS



Le directeur de l'Empa Gian-Luca Bona (tout à gauche) a accompagné au mois de juillet une délégation gouvernementale suisse à l'occasion de la visite du Conseiller fédéral Johann Schneider-Ammann (quatrième depuis la gauche) en Corée du Sud. Un chercheur du Korean Institute of Science and Technology (KIST) explique son travail à la délégation. (Photo : ST Office Seoul)

Contact

Prof. Dr Gian-Luca Bona
gian-luca.bona@empa.ch



ont été les hôtes de l'Empa avec des collègues de quelque 50 autres «instituts frères» du monde entier. Le thème central de cette manifestation, «Materials meet Life», autrement dit comment les matériaux interagissent avec notre corps et comment utiliser ce savoir pour développer des technologies et des matériaux médicaux nouveaux, a soulevé un vif intérêt et a conduit à des discussions animées entre les participants.

La nanotechnologie est aussi souvent l'objet de controverses et soulève des questions, notamment sur les nanotubes de carbone synthétiques dont les effets sur l'organisme n'ont pas encore été suffisamment étudiés. Des questions auxquelles les travaux de recherche du National Institute of Standards and Technology (NIST) américain et de l'Empa tentent d'apporter une réponse afin de reconnaître les chances possibles mais aussi déceler de façon précoce les risques éventuels de la nanotechnologie. Les méthodes ainsi développées sont validées dans des essais interlaboratoires avec des instituts renommés du monde entier.

L'Empa est nouvellement coéditrice de la revue scientifique «Science and Technology of Advanced Materials».

Nombreux hôtes reçus à l'Empa

En 2013, le calendrier des manifestations de l'Académie Empa a été bien rempli avec nombre d'événements saillants. Au total près de 5000 participants ont assisté à quelque 90 manifestations. A l'occasion de 35 conférences, cours ou séminaires, près de 2000 scientifiques



ont procédé à des échanges de vue sur leurs domaines. Lors des « Technology Briefings » maintenant bien établis, des représentants de l'industrie et de l'économie se sont rencontrés avec des chercheurs de différents domaines lors de sept de ces briefings pour lancer des ponts entre la science et la pratique. Les « Journées de la technique » ont rencontré un intérêt tout particulier, cette année sous le thème « L'électricité, un sujet sous tension ». 280 participants avaient répondu à l'invitation de Swiss Engineering, de l'Académie suisse des sciences techniques et de l'Empa pour s'informer sur l'aménagement d'un approvisionnement électrique durable pour la Suisse.

Les 50 ans de l'Empa à Dübendorf

Au mois d'août, le site de l'Empa à Dübendorf a fêté ses 50 ans. Parmi les personnalités présentes à qui ont présenté leurs vœux à l'Empa à cette occasion, on relevait la présence, à côté du Conseiller fédéral Johann Schneider-Amman, du président du Conseil des EPF Fritz Schiesser, de l'ancienne Conseillère nationale Brigitta Gadiant, des Conseillères et Conseil-

92 pour-cent des participants ont attribué la note « bien » ou même « très bien » aux manifestations de l'Académie Empa. (Photo: Andreas Bucher)

Contact

Anja Pauling
anja.pauling@empa.ch

lers nationaux Lothar Ziörjen (également président de la ville de Dübendorf), Maria Bernasconi, Martin Bäumle et Barbara Schmid-Federer ainsi que de la Conseillère d'Etat zurichoise Regine Aeppli et du président de l'EPFZ Ralph Eichler. Après un résumé des activités de l'Empa au cours de ces 50 dernières années, les quelque 240 hôtes ont pu se faire une idée des activités actuelles de l'Empa lors d'une visite de ses laboratoires.



Les Conseillers d'Etat du canton de Zurich se sont rencontrés à l'Empa avec des représentants de l'économie. (Photo : Andreas Bucher)

Hôtes de haut rang à Dübendorf

En automne, le Conseil d'Etat du canton de Zurich a choisi l'Empa pour son dialogue avec les acteurs économiques du canton, d'une part parce que le thème de cette manifestation, le transfert de technologie entre la recherche et l'industrie, la prédestinait pour cela et que d'autre part, comme l'a souligné le Conseil d'Etat, elle est une institution reconnue au-delà des frontières du canton et du pays – et est ainsi un vecteur d'image important pour le site économique et de recherche du canton de Zurich. Les participants à ce dialogue – des dirigeants des industries innovatrices de la région ainsi que tous les membres du Conseil d'Etat – ont pu se faire une idée approfondie des activités variées de l'Empa.

« Empa Technology & Innovation Forum »

Afin d'intensifier les échanges avec l'économie, l'Empa a créé en 2013 sa série de manifestations, « Empa Technology & Innovation Forum ». Créée pour renforcer les réseaux des entreprises entre elles et avec l'Empa, cette série de manifestations a débuté avec succès avec un premier forum sur le thème « Open innovation » au mois d'avril et un deuxième en novembre sur le thème « Durabilité et innovation » et s'est assurée pour l'avenir une place fixe dans le calendrier des manifestations de l'Académie Empa.

Une communication sur de nombreux fronts

La communication en général, et ainsi aussi la communication scientifique, devient de plus en plus diversifiée; régulièrement, des moyens et canaux nouveaux s'ouvrent à elle pour atteindre ses destinataires – ou, pour parler moderne : ses acteurs internes et externes. Une grande partie de cette communication utilise les « nouveaux » moyens électroniques que sont les réseaux sociaux. Depuis l'année dernière, l'Empa est elle aussi sociale, et ce « sur tous les canaux ».



Empa goes social

Celui qui ne tweete pas, n'affiche rien et ne distribue pas de « like » est un communicateur du passé, c'est ce que l'on entend dire partout. Et en effet les médias sociaux sont un instrument approprié pour atteindre avant tout les « suiveurs » et les communautés de la jeune génération. C'est pourquoi l'Empa s'est décidée en 2013 de s'engager davantage sur le plan social – communicativement parlant. Depuis l'automne, nous « existons » aussi dans l'univers Facebook, Twitter, Flickr et Co. Avec cela, l'Empa complète son

offre existante sur les réseaux professionnels Xing! et LinkedIn ainsi que sur les portails vidéo et podcast YouTube et sur iTunes Store.

Depuis environ une année, l'appli des Empa News est disponible sur iTunes Store ainsi que sur le Play Store de Google pour les appareils Android. Ce magazine digital de la recherche

offre de nombreux extras tels que des vidéos, des podcasts audio, des galeries d'images, des graphiques interactifs et des liens externes. Et, en plus, on peut le lire en tout temps et n'importe où.

Soigner le dialogue direct

Mais tous ceux qui désiraient voir l'Empa et ses chercheurs « live » ont en eu largement l'occasion en 2013 lors de nombreuses manifestations sur les différents sites de l'Empa. Par exemple lors du

jubilé des 50 ans de l'Empa sur son site de Dübendorf auquel le Conseiller fédéral Johann Schneider-Ammann avait fait l'honneur d'assister en tant que ministre de l'économie et de la recherche et ministre de tutelle de l'Empa. Ou lors du premier dialogue avec ses acteurs économiques organisé par le gouvernement zurichois auquel il avait invité à l'Empa des représentantes et représentants de l'économie pour dialoguer avec eux sur le thème (parfaitement adapté au lieu) du transfert de technologie entre la



Le Conseiller fédéral Johann Schneider-Ammann a présenté ses vœux à l'Empa à l'occasion du jubilé des 50 ans sur son site de Dübendorf.

Une équipe de l'Empa-TV interviewe la membre de la direction de l'Empa Brigitte Buchmann.

recherche et l'industrie. C'est aussi sur le dialogue, avec des partenaires industriels existants ou potentiels, qu'est centrée la nouvelle série de manifestations « Empa Technology & Innovation Forum », dont les deux premières éditions ont chacune attiré plus de 120 participants à l'Empa (voir aussi page 88).

Des membres de l'Empa, et avant tout les membres de la direction ainsi que le directeur Gian-Luca Bona, sont aussi régulièrement partis « en tournée », par exemple pour divers podiums sur des thèmes tels que le tournant énergétique ou la gestion de l'innovation, comme le « Swiss Energy and Climate Summit » l'été dernier à Berne, la Journée des infrastructures du Département fédéral de l'environnement, des transports, de l'énergie et de la communication (DETEC) placée sous l'égide de la Conseillère fédérale Doris Leuthard au mois de novembre à Lausanne ou encore à des manifestations sur le futur parc d'innovations suisse, ou plus précisément sur son « hub » zurichois qui devrait être créé sur l'aérodrome de Dübendorf – et ainsi à proximité immédiate de l'Empa. En outre, le directeur de l'Empa Gian-Luca Bona a accompagné la délégation gouvernementale suisse à l'occasion de la visite du Conseiller fédéral Johann Schneider-Ammann en Corée du Sud pour évaluer les possibilités de coopération bilatérale avec ce pays dans le domaine high-tech (voir aussi page 85).

Nombreux groupes de visiteurs suisses et étrangers

Comme toujours, les visites organisées de groupes jouissent d'une très grande popularité. Au mois d'octobre, par exemple, l'Empa a participé pour la première fois en tant que partenaire externe au « Treffpunkt Science City » de l'EPF de Zurich sur le thème des nouveaux matériaux et de la recherche dans ce domaine; les 80 places de la manifestation en soirée ont été très rapidement réservées. Au total, plus de 2700 visiteuses et visiteurs ont profité de l'occasion qui leur était offerte de jeter un regard dans les coulisses de la recherche moderne sur les matériaux.

Et parmi ceux-ci à nouveau de nombreuses délégations gouvernementales de la Suisse et de l'étranger; à côté du Conseil d'Etat zurichois, le gouvernement du canton d'Appenzell Rhodes-Intérieures a effectué une visite à l'Empa à Saint-Gall, de même qu'une délégation accompagnant le ministre thaïlandais de la recherche Phiraphan Phalusuk et une mission du gouvernement luxembourgeois sous la conduite de Tom Eischen, commissaire à l'énergie du ministère de l'économie de ce pays. Des délégations de l'industrie et de l'économie de plusieurs pays, dont la France, l'Autriche, la Roumanie, le Kazakhstan et la Corée du Sud, ont profité de leur visite pour un échange d'idées avec des représentants de l'Empa.

La culture d'entreprise en évolution

En 2013, l'Empa a participé à l'étude «Les femmes dans les métiers d'ingénieur – recherchées et respectées?» menée dans le cadre du Programme de recherche national 60. Le conseiller d'entreprise Rütter + Partner a étudié l'influence de la culture d'entreprise sur la carrière des ingénieures et des femmes scientifiques et a montré quels sont les obstacles

qui empêchent le plus souvent les femmes d'accéder aux fonctions dirigeantes. Sur la base de ces résultats, Rütter+Partner a créé un atelier de travail d'une demi-journée afin de sensibiliser avant tout les cadres sur ce thème. L'Empa va intégrer dès maintenant le thème de la culture de management spécifique des genres dans le programme de formation continue de ses cadres dirigeants.



**eawag empa
kinderpavillon**

bains ont pu être emménagées dans la maison d'hôtes de l'Empa comme premier domicile. Aujourd'hui, le pavillon construit en 2006 peut accueillir 34 enfants dans ses trois groupes. A eux seuls déjà, ces chiffres témoignent du succès de cette entreprise. La crèche de l'Empa et de l'Eawag fait désormais partie intégrante de ces deux institutions et contribue

Concilier travail et famille

Il y a 20 ans, l'association de parents «IG Kinderpavillon» a été fondée dans le but d'ouvrir une crèche pour les enfants des collaborateurs de l'Empa et de l'Eawag. Le 1^{er} novembre 1994 déjà, deux pièces ainsi qu'une cuisine et une salle de

Le logo de la crèche a lui aussi changé:
celui des débuts (au-dessus) et l'actuel (au-dessous).

pour une bonne part au fait que les chercheuses et chercheurs travaillent volontiers à l'Empa et à l'Eawag car leurs enfants peuvent bénéficier jusqu'à l'âge du jardin d'enfants d'une structure d'accueil toute proche. En particulier, les collaboratrices et collaborateurs qui viennent de l'étranger apprécient tout spécialement cette offre. Une fête a eu lieu l'été dernier pour les

20 ans de l'association des parents. Les enfants ont inauguré à cette occasion avec joie de nouvelles attractions de jeu avec un portique d'escalade et l'ancien bateau « Forch » installés dans le jardin du pavillon des enfants.

En été 2013, l'Empa s'est vue attribuer à nouveau le label « Famille & Profession » par le Bureau UND avec la mention « Best Practice ». Ces dernières années, de grands progrès ont été réalisés en particulier dans les domaines « contenus du travail, culture directoriale et développement du personnel ». L'Empa poursuit ses efforts afin de créer pour ses collaboratrices et collaborateurs des conditions optimales leur permettant de concilier famille et travail. Ainsi, par exemple, la durée du congé de paternité a été doublée de cinq à dix jours en 2013.



Petits et grands ont fêté l'été dernier les 20 ans de l'association des parents « IG Kinderpavillon ».

Faits et chiffres

Excellence en recherche et proximité de l'industrie – à nouveau l'Empa a démontré que l'un n'exclut pas forcément l'autre. C'est ainsi qu'une analyse de l'Université de Leyde sur la production scientifique montre que l'Empa atteint pour les indicateurs déterminants des valeurs qui la placeraient parmi le top 20 des meilleures universités mondiales. Et un état des lieux du SEFRI sur les projets UE en Suisse souligne l'excellent réseautage international de l'Empa; seule l'EPFL participe à plus de projets UE. A côté de cela, l'Empa a augmenté notablement le nombre de ses projets CTI de 80 à 108, cela avant tout suite aux mesures d'accompagnement contre le franc fort. Les moyens secondaires et fonds de tiers ont ainsi augmenté de 15 pour-cent par rapport à l'année précédente. Simultanément, l'Empa a encore accru le transfert de technologie; ses demandes de brevet sont supérieures de 50 pour-cent à celle de 2012 et elle a conclu 150 nouveaux accords de recherche et de développement.

ft	right		Eva
bottom	top	bottom	6
	Ag(1+1)	Au/nica	0-
		PE/IR ① etched 23.9.13	Na
U-tip Omirion 28.2.13		Ta-plate	21
crucible transfer holder		Qplus II	15
PdGa CX3-3 110 10020	PdGa CX3-3 110 10023	PE/IR ② etched 22.1. insert STM	0-
QPlus Basel	broken spring		1 refi

porator
-fold

Kentax

2x evap

13c

up 192d

up | empty

.Cl

down PTCDA

down | 3-Ethynyl
phenanthrene

3b(SI)

54a

STM

Transfer
carrier

FEL

manipulator
cool

18a



25e

illed 4.11.2013

Argon



vent here



W
Tu,

manipulator
heat

	15/07/13	23/07/13
P sputt 700V 6mA (1KV)	3E-6	3E-6



PRODUCTION SCIENTIFIQUE

	2012	2013
Publications ISI	509	527
Contributions à des conférences	1043	1134
Thèses de doctorat achevées	44	26
Doctorats en cours	160	188
Activités d'enseignement (en heures)	3500	3885
Prix/distinctions	37	45

ACADÉMIE EMPA

	2012	2013
Manifestations de Empa	95	88
Participants	4000	4500
Congrès scientifiques	9	13
Manifestations spécialisées pour l'industrie	31	35

TRANSFERT DE SAVOIR ET TECHNOLOGIE

	2012	2013
Nouveaux accords de recherche et développement	150	111
Contrats de valorisation actifs (licences/options/ventes)	87	83
Nouveaux contrats de valorisation	33	19
Nouveaux dépôts de brevet	18	14

PROJETS EN COURS

	2012	2013
FNS	99	110
CTI	108	108
Projets UE	64	62

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

	2012	2013
Entreprises total	29	32
Dont spin-offs	15	18
Collaborateurs total	197	250
Dont Collaborateurs spin-offs	87	94

EFFECTIFS DE PERSONNEL (AU 31 DÉCEMBRE 2013)

	2012	2013
Personnel scientifique	519	516
Dont professeurs	24	25
Dont doctorants	119	131
Dont personnel scient. sans prof./doctorants	376	360
Personnel technique/administratif	446	442
Dont apprentis	42	38
Total	965	958

PRÉSENCE DANS LES MÉDIAS

	2012	2013
Radio & TV	88	100
Presse écrite	945	845
On-line	1938	1795
Total	2971	2740
Langues	34	31

COMPTE DE RÉSULTATS (EN M. CHF)

	2012	2013
Recettes		
Contribution de la Confédération	97,8	97,3
Mesures « franc fort »	0,0	0,0
Fonds de tiers	59,4	61,4
Dont recettes des services	13,3	14,6
Divers	2,6	2,0
Recettes financières	0,0	0,4
Total des recettes	159,8	161,1
Charges		
Charges de personnel	105,8	106,5
Charges de matériel	6,0	5,1
Autres charges de fonctionnement	35,9	36,3
Variation des provisions pour prestations promises	3,3	0,0
Formation de provisions pour projets en cours	3,8	4,6
Total des charges pour activités en cours	154,8	152,5
Résultat	5,0	8,6
Investissements		
Biens immobiliers	3,8	4,3
Biens mobiliers	8,4	8,3
Informatique	0,2	0,5
Total des investissements	12,4	13,1

Organes de l'Empa

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](#)

Ralph Eichler [Prof. Dr, EPF Zurich](#)

Beatrice Fasana Arnaboldi [Dipl. Ing. Lm, Sandro Vanini SA, Rivera](#)

Barbara Haering [DrDrh.c., Econcept AG, Zurich](#)

Beth Krasna [Dipl. Ing. EPF, membre du conseil d'administration indépendante](#)

Joël Mesot [Prof. Dr, PSI, Villingen](#)

Jasmin Staiblin [Dipl. El.-Ing., Alpiq Holding AG, Lausanne](#)

Markus Stauffacher [Dr, EPF Zurich](#)

Olivier Steimer [lic. iur., Banque Cantonale Vaudoise \(BCV\), Lausanne](#)

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](#)

Norman Blank [Dr, Sika, Zurich](#)

Peter Chen [Prof. Dr, EPF Zurich](#)

Andreas Hafner [Dr, BASF, Bâle](#)

Robert Frigg [Prof. Dr mult. h.c., MEDTECinside, Bettlach](#)

Jan-Anders Manson [Prof. Dr, EPF Lausanne](#)

Markus Oldani [Dr, ALSTOM, Baden](#)

Andreas Schreiner [Dr, Novartis, Bâle](#)

Eugen Voit [Dr, Leica Geosystems, Heerbrugg](#)

Commission de la recherche / International Peer Review Committee

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.

COMMISSION DE LA RECHERCHE

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](#)

INTERNATIONAL PEER REVIEW COMMITTEE

Erkki Leppävuori [Prof. Dr, VTI, Finlande \(président\)](#)

David Grainger [Prof. Dr, Université d'Utah, USA](#)

Bengt Kasemo [Prof. Dr, Université Chalmers, Suède](#)

Jacques Marchand [Prof. Dr, Université Laval, Canada](#)

Claudia Stürmer [Prof. Dr, Université Constance, Allemagne](#)

Eberhard Umbach [Prof. Dr, KIT, Allemagne](#)

Sukekatsu Ushioda [Prof. Dr, NIMS, Japon](#)

Organigramme 2014

Research Focus Areas (Axes de recherche)

Matériaux nanostructurés

Dr. Pierangelo Gröning

Sustainable Built Environment

Dr. Peter Richner

La santé et les performances

Dr. Alex Dommann

Ressources naturelles et polluants

Dr. Brigitte Buchmann

Energie

Dr. Peter Richner

DIRECTION

Directeur général

Prof. Dr. Gian-Luca Bona

Suppléant

Dr. Peter Richner

Membres

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

DEPARTMENTS

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

Centre de cinématique et actionneurs à l'état solide

Dr. Flavio Campanile

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

Technologies du bâtiment

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

Acoustique / Contrôle de bruit

Kurt Eggenschwiler

Materials meet Life

Dr. Alex Dommann

Center for X-ray Analytics

Dr. Alex Dommann

Protection et physiologie

Dr. René Rossi

Advanced Fibers

Prof. Dr. Manfred Heuberger

Materials-Biology Interactions

Dr. Katharina Maniura / Dr. Peter Wick

Bioactive Materials

Prof. Dr. Dr. h.c. Linda Thöny-Meyer

Reliability Science and Technology

Dr. Urs Sennhauser

Commission de la recherche

Nationale

Prof. Dr. Thomas Egli, Eawag, Dübendorf
 Dr. Karl Knop, Zürich
 Prof. Dr. Dimos Poulikakos, ETH, Zürich
 Prof. Dr. Heike Riel, IBM, Rüschlikon
 Prof. Dr. Marcus Textor, ETH, Zürich
 Prof. Dr. Alexander Wokaun, PSI, Villigen

Interne

Dr. Pierangelo Gröning (président)
 Dr. Georg Spescha (secrétaire général)
 Dr. Andrea Bergamini
 Dr. Erwin Hack
 Dr. Dirk Hegemann
 Dr. Bernd Nowack
 Dr. Daniele Passerone
 Dr. Stefan Reimann
 Dr. Patrik Soltic

Industrial Board

Dr. Henning Fuhrmann, Siemens, Zug (président)
 Prof. Dr. mult. hc Robert Frigg, MEDTECinside, Bettlach
 Dr. Norman Blank, Sika, Zürich
 Dr. Andreas Hafner, BASF, Basel
 Dr. Markus Hofer, Bühler, Uzwil
 Dr. Markus Oldani, ALSTOM, Baden
 Dr. Andreas Schreiner, Novartis, Basel
 Dr. Eugen Voit, Leica Geosystems, Heerbrugg
 Dr. Kurt Baltensperger, ETH-Rat, Zürich
 Prof. Dr. Peter Chen, ETH, Zürich
 Prof. Dr. Jan-Anders Manson, EPF, Lausanne

Transfert du savoir et de technologie

NEST

Reto Largo

Académie Empa

Anja Pauling

**glaTec – Parc
technologique à Dübendorf**
Mario Jenni

**tebo – Parc
technologique à St Gall**
Peter Frischknecht

Réseau fiabilité
Dr. Urs Sennhauser

**International Research
Cooperations**
Prof. Dr. Harald Krug



E-Mail portal@empa.ch
Tel. +41 58 765 44 44
www.empa.ch/portal

Mobilité, énergie et environnement

Dr. Brigitte Buchmann

Materials for Energy Conversion & Devices

Dr. Corsin Battaglia (dès 1.9.2014)

Chimie analytique

Dr. Heinz Vonmont

Polluants atmosphériques / Techniques de l'environnement

Dr. Lukas Emmenegger

Moteurs à combustion

Christian Bach

Hydrogène et énergie

Prof. Dr. Andreas Züttel

Technologie et société

Heinz Böni a.i.

Support

Dr. Urs Leemann

Bibliothèque (Lib4RI)

Dr. Lothar Nunnenmacher

Informatique

Stephan Koch

Bureau d'étude / Atelier mécanique

Stefan Hösli

Finances / Controlling / Achats

Heidi Leutwyler

Communication

Dr. Michael Hagmann

Facility Management

Peter Wegmann

Ressources humaines

André Schmid

Marketing, transfert du savoir et de technologie

Gabriele Dobenecker

Construction 3 IR / Service technique

Hannes Pichler

International Peer Review Committee

Prof. Dr. Erkki Leppävuori, VTT, Finlande (président)
Prof. Dr. David Grainger, Université d'Utah, USA
Prof. Dr. Bengt Kasemo, Université Chalmers, Suède
Prof. Dr. Jacques Marchand, Université Laval, Canada
Prof. Dr. Claudia Stürmer, Université Constance, Allemagne
Prof. Dr. Eberhard Umbach, KIT, Allemagne
Prof. Dr. Sukekatsu Ushioda, NIMS, Japon

Empa. Recherche sur les matériaux et technologie.



Materials Science & Technology

CH-8600 Dübendorf

Überlandstrasse 129

Téléphone +41 58 765 11 11

Fax +41 58 765 11 22

CH-9014 St. Gallen

Lerchenfeldstrasse 5

Téléphone +41 58 765 74 74

Fax +41 58 765 74 99

CH-3602 Thun

Feuerwerkerstrasse 39

Téléphone +41 58 765 11 33

Fax +41 33 228 44 90

www.empa.ch

ClimatePartner^o
climat neutre

Impression | ID: 53232-1401-1010

