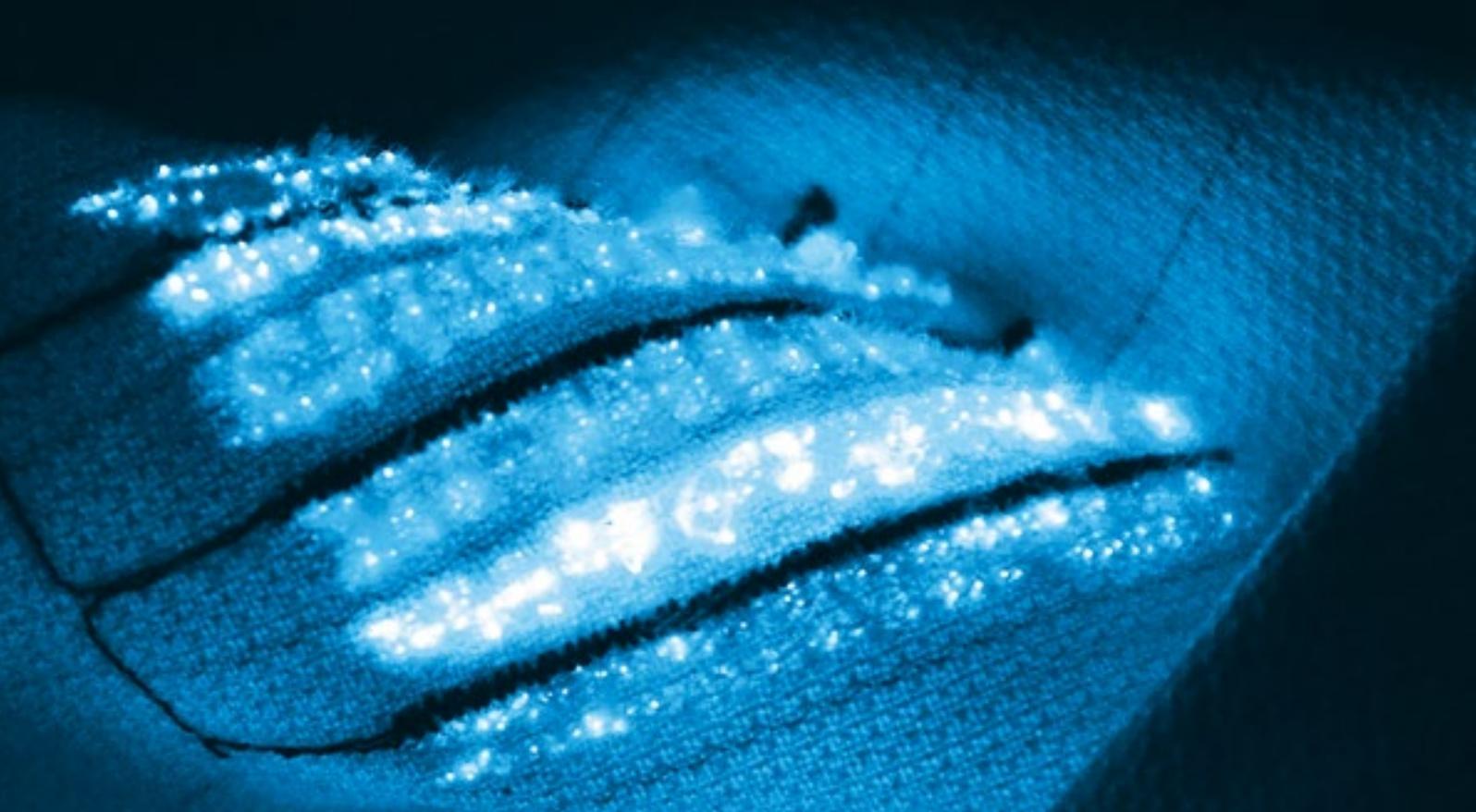


Rapport annuel 2018



Empa

Materials Science and Technology

Notre mission.

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

4

Préface

6

L'année en rétrospective

10

Projets en mire

32

Axes de recherche

44

De la recherche à l'innovation

60

Faits et chiffres

Photo page de titre: les textiles dotés de capteurs très sensibles peuvent mesurer des valeurs physiologiques telles que la fréquence cardiaque ou la saturation en oxygène dans le sang. Les fibres optiques polymériques du capteur sont produites par «melt spinning» et peuvent être traitées directement sous forme de fil.

Editeur: Empa; Conception/Maquette/Graphique: Empa; Impression: NeidhartSchön AG, Zurich

© Empa 2019 – ISSN 1660-2285 Rapport annuel Empa



Imprimé sur du papier recyclé à 100%.



La recherche de pointe, sine qua non d'un bon transfert des technologies

Dans un environnement aussi concurrentiel que la recherche scientifique, il est conseillé de prendre périodiquement du recul pour voir où l'on se situe au niveau international. En octobre dernier, l'Empa a donc lancé une «Peer Review». Onze experts internationaux dans différents champs d'activité de notre Institut ont examiné ses prestations dans le domaine de la recherche et de l'innovation, puis les ont comparées avec ce qui se faisait ailleurs. Le résultat est remarquable. Les experts ont unanimement loué la notoriété internationale de l'Empa comme institut d'étude des matériaux et sa capacité d'attirer des savants et ingénieurs du plus haut niveau. Ils ont également souligné la portée peu commune de ses recherches et de ses innovations, tant pour l'industrie que pour la science. Ce qui consolide notre volonté de poursuivre sur la voie tracée.

Ainsi, nous allons poursuivre méthodiquement la numérisation de l'étude des matériaux et du développement des technologies, approche essentielle à l'ensemble de nos travaux. En «Advanced Manufacturing» (AM), le développement de nouveaux matériaux passe par la simulation – très vorace en données – de leurs propriétés et des procédés complexes de leur fabrication. Nous allons poursuivre la modélisation des nouveaux systèmes énergétiques qui font converger des réseaux de différentes échelles (bâtiments, quartiers, villes) et la modélisation tout aussi complexe de la mobilité. L'Empa va intensifier ce type de recherches dans son nouveau «Materials and Technology Center of Robotics», en renforçant sa collaboration avec le «Swiss National Supercomputing Center» (CSCS) de Lugano, en créant une nouvelle infrastructure «High Performance Computing» sur son propre campus et en accordant une attention particulière aux capteurs nécessaires à la conduite autonome des véhicules.

D'autres études viennent confirmer l'excellente réputation de notre Institut. Ainsi, le «Center for Science and Technology Studies» (CWTS) de l'Université de Leiden a conduit en 2018 une analyse bibliométrique des publications scientifiques des dix dernières années. Constat: les publications de l'Empa jouissent d'une considération internationale et d'un nombre de citations nettement supérieurs à la moyenne. Qui plus est: en ce qui concerne les publications scientifiques publiées en commun avec l'industrie, l'Empa se place parmi les 40 meilleures universités ou centres de recherche du monde.

Même succès du côté des brevets. L'analyse du portefeuille de brevets du domaine des EPF menée par l'institut de recherches économiques bâlois «BAK Economics» place 45% des brevets de l'Empa en Classe mondiale et 20% supplémentaires dans le Top des brevets.

Beaucoup de ces brevets sont issus de coopérations. L'année dernière, l'Empa a conclu de nouveaux contrats de recherche avec 330 partenaires universitaires et industriels. Plus de 1200 contrats avec des partenaires industriels, dont 70% de notre pays, sont actuellement actifs. J'y vois la preuve que la recherche fondamentale génère des innovations commercialisables et que le transfert efficace des connaissances et des technologies doit nécessairement s'appuyer sur des bases scientifiques solides. Cette approche duale est à l'origine de notre succès et nous restons fidèles à notre devise: Empa – The Place where Innovation Starts.



Prof. Dr. Gian-Luca Bona, Directeur général

L'année en rétrospective

Deux chercheurs de l'Empa honorés

Deux chercheurs de l'Empa, Bernd Nowack et Maksym Kovalenko (en bas) ont rejoint cette année la liste des «Highly Cited Researchers». C'est la cinquième fois consécutive que Nowack y figure. Publiée chaque année par «Clarivate Analytics», la liste indique quels chercheurs de différentes disciplines scientifiques voient leurs publications le plus souvent citées. Seul le pourcentage supérieur des chercheurs y figure, soit en gros 3500 personnes dans le monde.

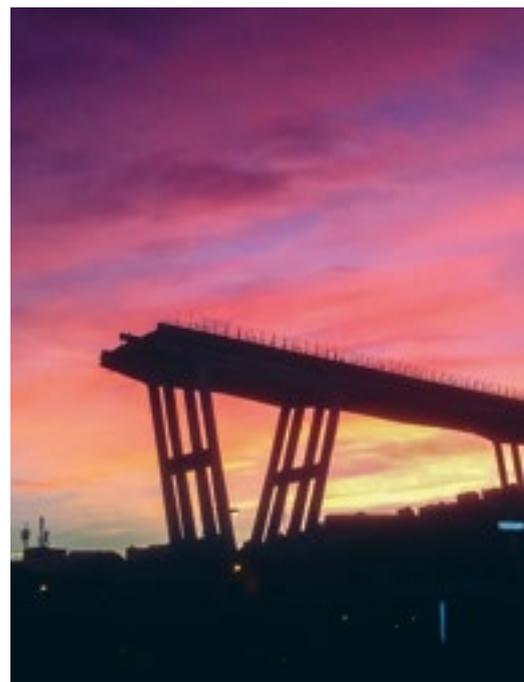


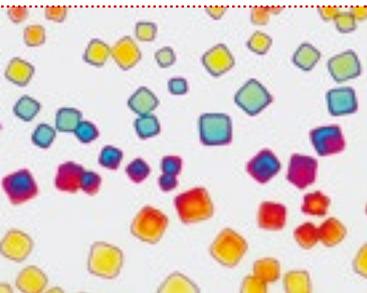
Cohabiter avec des drones

Au nouveau «Materials and Technology Center of Robotics» de l'Empa, tout gravite autour des drones autonomes. L'objectif des chercheurs sur les matériaux de l'Empa et des experts en robotique de l'«Imperial College London» qui y collaborent est d'introduire les matériaux fonctionnels en robotique pour créer et optimiser de nouveaux drones. Ces robots volants logeront au NEST et doivent en faciliter l'entretien. «La ville de l'avenir sera un écosystème partagé entre humains et robots», affirme Mirko Kovac, chercheur en robotique et directeur du nouveau centre.

Bourse Consolidator du CER pour un chercheur de l'Empa

Maksym Kovalenko est l'un des quelque 300 chercheurs d'Europe qui, cette année, ont reçu une bourse «Consolidator» du Conseil européen de la recherche (CER). Son projet, sélectionné parmi près de 2400 propositions, est l'un des 13 soutenus dans le domaine «Chimie synthétique et matériaux». Kovalenko dispose maintenant de deux millions d'euros pour le projet «SCALE-HALO» dont l'objectif est de développer des liaisons moléculaires solides hautement lumineuses, aux nombreuses applications telles que les dispositifs d'affichage, l'éclairage et les futures technologies quantiques.





La prochaine génération de spiraux de montres

Que se passe-t-il lorsqu'on réduit et réduit encore un objet? Des chercheurs de l'Empa se sont penchés sur la question. L'un des sous-produits de leur recherche est un spiral entièrement original. Le spiral, l'élément qui bat comme un cœur dans les montres mécaniques, est généralement laminé à partir de fils Nivarox. Les nouveaux spiraux de l'Empa sont obtenus par dépôt électrochimique d'une solution aqueuse saline froide dans une forme adéquate. Ils sont ensuite intégrés au mouvement de prototypes dans le département de la recherche d'une grande manufacture horlogère suisse.

(Photo: A. Lange & Söhne)



En quête d'indices dans une montagne de décombres

Plusieurs éléments du pont Morandi de Gênes qui s'est écroulé le 14 août 2018, chacun de plusieurs tonnes, ont été livrés le 5 novembre à l'Empa pour étude des causes possibles de l'effondrement. C'est dans le cadre de la procédure de sauvegarde des preuves que les trois experts engagés par la justice ont confié à l'Empa l'analyse en laboratoire du béton et des câbles d'acier du pont. Non moins de cinq départements de notre institut ont participé à ces analyses, sous la direction de Gabor Piskoty. Leur rapport, fort de 172 pages, a été remis au groupe des experts dans les délais, le 11 décembre 2018. Deux jours plus tard, l'ensemble des décombres et des échantillons prélevés retournait à Gênes. (Photo: iStock)

Recherche de pointe à 3450 mètres

Au début des années 30, alors que de nombreux pays d'Europe s'isolaient, la Suisse inaugure sa station de recherche internationale du Jungfraujoch. En 2019, deux récompenses lui étaient décernées à titre de site historique de la science: la Société européenne de physique lui a rendu hommage pour services rendus à la physique, et l'Académie suisse des sciences naturelles pour services rendus à la chimie. L'Empa poursuit des recherches au Jungfraujoch depuis bientôt 50 ans.





Deux nouvelles têtes de département

Un intérêt particulier pour la technique: lors de ses études d'architecture à Vienne, Kristina Orehounig était déjà attirée par l'aspect technique de la construction, tout particulièrement par la physique du bâtiment. Elle a maintenant trouvé son pré carré dans la simulation des systèmes énergétiques. Depuis février 2018, elle dirige le département «Urban Energy Systems» de l'Empa. Auparavant, elle était chercheuse et enseignait à l'EPF de Zurich.

Gustav Nyström, d'origine suédoise, dirige le département «Cellulose & Wood Materials» de l'Empa depuis avril 2018. Lui aussi s'est fixé des objectifs originaux: développer des batteries à base de papier et des capteurs à base de nanocellulose. Sa thèse de doctorat à Uppsala porte déjà sur le stockage de l'énergie par nanofibrilles de cellulose. Mais il souhaite avant tout aider à résoudre les questions fondamentales qui se posent à notre époque.



Mieux cerner la maladie du béton

Lorsque des fissures se forment dans le béton de ponts, de murs de soutènement ou de fondations, la RAG, réaction alcalis-granulats, en est souvent la cause. Elle provoque le gonflement du béton, ce qui impose soit son assainissement, soit la reconstruction de l'ouvrage. Un projet soutenu par le Fonds national suisse (FNS) et coordonné par l'Empa a étudié cette maladie du béton et trouvé que les fissures provoquées par la RAG naissaient dans de minuscules fentes cristallines et étaient rapidement visibles à l'œil nu. La cause de l'éclatement du béton est la formation d'un hydrate de silicate de calcium alcalin dont la structure a pu être établie pour la première fois avec le concours de l'Empa.



Le plus gros dumper électrique du monde

Le plus gros véhicule électrique du monde, le «eDumper», est à l'œuvre depuis 2018 dans une carrière de Péry, dans le Jura bernois. C'est le fruit d'un partenariat industriel entre la Haute Ecole Spécialisée Bernoise (BFH), la Haute Ecole Technique de Buchs (NTB) et l'Empa. Lourd de 58 tonnes, ce robuste ami de l'environnement va transporter cette prochaine décennie plus de 300 000 tonnes de matériaux par année. Au vu des calculs actuels, cela permettra d'économiser en tout près de 1300 tonnes de CO₂ et 500 000 litres de diesel. (Photo: eMining AG)





Des bulles microscopiques comme isolant

Si une bonne isolation réduit les factures de chauffage, elle ne devrait pas étouffer la créativité des architectes. Des chercheurs de l'Empa ont donc remplacé la perlite utilisée dans les briques isolantes par un aérogel, corps solide extrêmement poreux, au pouvoir isolant très élevé et qui résiste à des températures pouvant atteindre 300°C. Ces briques fourrées à l'aérogel devraient permettre de construire des murs peu épais et très isolants, sans enveloppe supplémentaire.



Comment les poumons réagissent-ils au graphène?

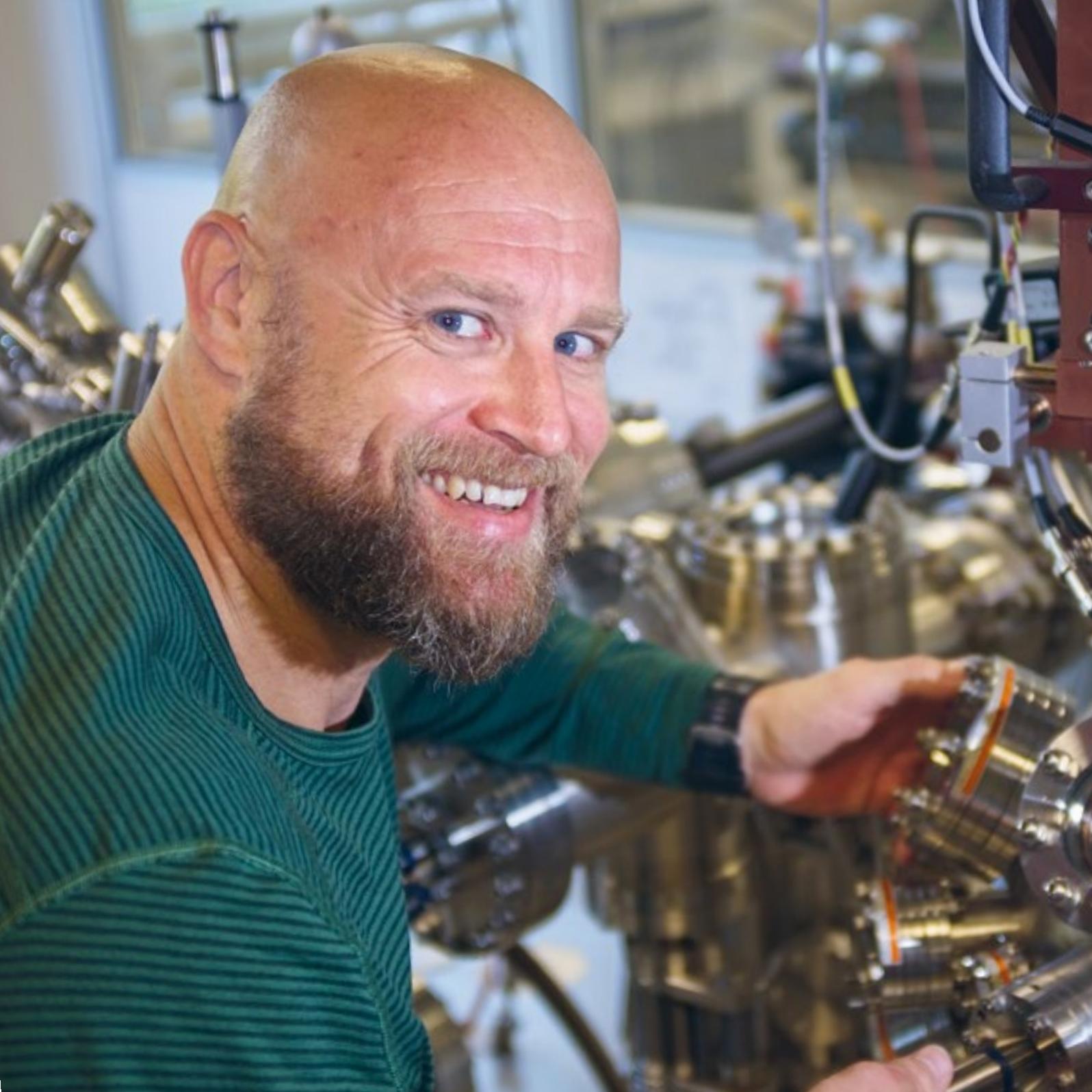
Le graphène est le «matériau de l'avenir». Mais quels sont ses effets sur la santé lorsqu'il parvient à l'intérieur du corps? Une équipe de chercheurs de l'Empa et de l'Institut Adolphe Merkle (AMI) de Fribourg a étudié comment le graphène et des matériaux du même type se comportaient lorsqu'ils étaient inhalés. C'est une première. Ils ont utilisé pour cela un modèle cellulaire tridimensionnel du poumon. Ils ont pu montrer que les poumons ne subissaient pas de dommages aigus lorsque leurs cellules épithéliales étaient exposées à des oxydes de graphène (GO) ou à des nanoplaquettes de graphène (GNP). Comme l'un de ses objectifs est de dépister d'éventuels dommages chroniques, le projet, soutenu par le Fonds national suisse (FNS), s'étend sur trois ans. (Photo: iStock)



Fini la mascarade

«Rire, c'est bon pour la santé!», affirme la recherche médicale. Mais comment un soignant ou un proche peuvent-ils faire rire un patient lorsque leur visage est caché par un masque? Des chercheurs de l'Empa et de l'EPFL perfectionnent actuellement un nouveau type de masque chirurgical transparent permettant de lire l'expression du visage. Le projet a déjà obtenu la Challenge Debiophar-Inartis Award pour son financement initial. Soutenu entre autres par la Fondation Gebert Ruff et la Fondation Staub Kaiser, il doit se terminer à la fin 2019. (Photo: iStock)







Projets en mire

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

Une touche stylée de pourriture



Prof. Dr. Francis Schwarze, francis.schwarze@empa.ch

Les champignons qui, dans la nature, décomposent les troncs d'arbres, le font parfois de manière artistique... mais néanmoins fatale. Des chercheurs de l'Empa ont réussi à isoler et contrôler en laboratoire ces prouesses graphiques, produisant ainsi des bois «échauffés» se prêtant à la fabrication de magnifiques meubles et instruments de musique.

Lorsqu'on laisse pourrir des troncs en forêt, il faut attendre des années avant de pouvoir espérer y trouver du bois utilisable ainsi décoré. C'est pourquoi les chercheurs de l'Empa ont mis au point une technique de traitement des bois durs tels que le hêtre, le chêne et l'érable, par des cultures ciblées de champignons permettant de contrôler la formation des motifs recherchés.

Les fines lignes noires témoignent du combat qui se livrent dans le bois. Les champignons ont effectivement livré bataille dans le bois pour en contrôler les ressources; leurs territoires sont clairement délimités par des lignes pigmentées. Les filaments colorés de ces communautés mycologiques ne font pas que les séparer les unes des autres, ils font barrière aux bactéries et insectes et assurent également le maintien d'un taux d'humidité idoine.

Lignes noircies de mélanine

Les chercheurs ont commencé par identifier et analyser les souches naturelles de champignons dont les caractéristiques convenaient le mieux au traitement souhaité. La croûte noire et le polypore tracent des lignes noires pigmentées par mélanine et blanchissent les zones voisines par une enzyme dite laccase. D'où la formation de motifs fortement contrastés.

La stabilité structurelle du bois est maintenue

L'une des caractéristiques les plus appréciées des champignons utilisés par l'Empa est la délicatesse de leur mordant. En effet, bien que produisant des dessins remarquables, les candidats retenus n'attaquent pour ainsi dire pas leur substrat. Le bois reste stable et conserve sa forme.

Le contrôle du processus ne dépend pas que du type d'agent de pourrissement. Les chercheurs ont également développé un procédé permettant de préparer le bois à son traitement par champignons en quelques semaines seulement. En effet, les souches sélectionnées n'ont pas besoin d'un bois très humide pour prospérer. Après traitement, la matière première ne doit donc plus être longuement entreposée et séchée, d'où une appréciable économie de temps, d'énergie et d'argent.

A partir de hêtres suisses

Les chercheurs de l'Empa finalisent actuellement l'application de cette technique durable, efficace et écologique en collaboration avec leur partenaire industriel Koster Holzwelten AG de Arnegg (SG). Le bois provient de la région. Le hêtre, très présent en Suisse, n'est pas utilisé dans la fabrication de meubles. Sous forme de bois échauffé pour produits de qualité, le hêtre indigène pourrait s'assurer un débouché sur le marché suisse du bois qui s'élève à quelque 3 milliards de francs.

Ce bois échauffé convient à la fabrication de meubles, de parquets, de panneaux décoratifs de cuisine ainsi que d'objets décoratifs et d'instruments de musique. Les artisans de l'antiquité y recouraient déjà pour des objets d'exception. Les nouvelles techniques permettent de réaliser des pièces uniques plus rapidement, dans le respect de la durabilité et, de surcroît, en choisissant le type de motif ou de marbrure souhaité. //



1

1
Bois échauffé obtenu en laboratoire: différents champignons produisent différents motifs.

2
Coupe à fruit en bois échauffé obtenu en laboratoire.



2

Consolidation d'ouvrages à l'aide de fibres de carbone et d'acier à mémoire

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

Conserver plutôt qu'éliminer – une bonne idée non seulement pour les villas Belle Epoque, les voitures anciennes et les vinyls des années 60, mais également pour les ponts de chemin de fer, les ponts routiers et les bâtiments du siècle dernier, industriels ou locaux. Ces monuments contribuent collectivement à l'image et à l'âme des villes européennes, ils font partie intégrante de notre culture.

Cependant, les ponts historiques souffrent fréquemment de l'augmentation de la charge de trafic, et les pièces des logements d'hier n'offrent pas l'espace auquel on s'attend aujourd'hui. Ces ouvrages doivent donc être adaptés à l'usage que l'avenir leur réserve.

Pour les ponts anciens, des bandes de fibres de carbone

Une équipe de l'Empa s'est distinguée dans la sauvegarde des ponts ferroviaires du XIX^e siècle. Sa méthode: en renforcer la résistance en les dotant de manière réversible d'un corset de PRFC (polymère renforcé de fibres de carbone) conforme aux exigences de la protection des sites. Les PRFC sont idéalement adaptés à la situation: ils résistent à la corrosion et ne sont pas sujets à la fatigue des matériaux, ils sont légers et ne surchargent pas l'ou-

vrage. Le pont ferroviaire de Münchenstein, construit en 1892, a ainsi été équipé de bandes précontraintes de PRFC. Il est traversé quotidiennement par plusieurs douzaines de trains de voyageurs ou de marchandises. Un système de surveillance mesure la charge et les mouvements des différentes parties de l'ouvrage métallique historique et envoie les données à l'Empa en temps direct.

En Australie, le pont routier sur Diamond Creek, érigé en 1896, a été renforcé en janvier 2018. Il est également équipé de capteurs de charge dont les mesures seront transmises à l'Empa pendant au moins dix-huit mois. Le système de renforcement par PRFC développé à l'Empa est d'ores et déjà protégé par un brevet.

Pour les bâtiments industriels anciens, de l'acier à mémoire

Alors que les PRFC conviennent au renforcement pérenne des ponts, c'est l'acier à mémoire qui convient le mieux à celui des bâtiments anciens. Lorsqu'on perce de nouvelles ouvertures – fenêtres, portes ou cages d'ascenseurs – dans une ancienne structure de béton, il est souvent nécessaire de la renforcer. Dans les bâtiments industriels, l'objectif est fréquemment d'augmenter la résistance à la charge d'une dalle intermédiaire.

Une quinzaine d'années de recherche ont permis à des experts de l'Empa et de la start-up refer AG de mûrir une méthode de renforcement parfaitement adaptée et se prêtant à la production en série. Elle fait appel aux alliages à mémoire sur base de fer qui se rétractent à la chauffe et précontrainent ainsi les structures. Ce nouveau produit est en vente sous le nom «memory steel». Pour renforcer un bâtiment ancien, on y cheville une bande de cet acier spécial à une dalle puis on la chauffe par courant électrique ou par rayonnement infrarouge. Les éléments de renfort peuvent également être noyés dans le béton. On fraise des fentes dans la dalle, y loge des barres nervurées en memory steel, puis on rebouche le tout avec un mortier spécial. Après quoi, on chauffe les profils en y faisant circuler un courant continu, créant ainsi la précontrainte. On peut également poser l'armature dans une couche complémentaire de béton projeté.

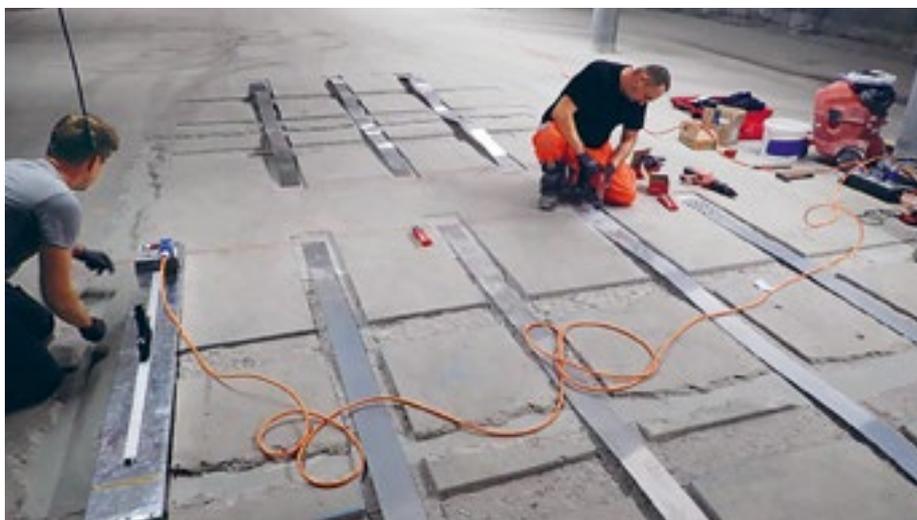
La présentation en Suisse de ce nouveau matériau, le memory steel, a fait l'objet en septembre et octobre 2018 de quatre journées d'étude réservées à un public d'architectes et de professionnels du bâtiment. //

1
Le pont de Diamond Creek, près de Melbourne, a été renforcé en 2018 à l'aide de bandes de PRFC puis testé par un poids lourd de 42 tonnes.

2
Renforcement de la dalle intermédiaire d'un ancien bâtiment au moyen de memory steel.



1



2

L'économie circulaire, c'est plus que «juste» recycler

Dr. Patrick Wäger, patrick.waeger@empa.ch

Trois Terres, c'est ce qu'il nous faudrait si tous les habitants de la planète ponctionnaient les ressources à la manière des Suisses et des Suissesses. Il est donc urgent de réduire notre consommation, comme l'ont souligné de nombreux experts en octobre 2018, lors du second Forum Suisse sur les Ressources organisé à l'Empa.

Réutiliser plutôt que jeter: ce qui vaut pour nos tee-shirts et nos smartphones s'applique également aux matériaux d'isolation ou aux carrelages des appartements à rénover. Cela s'applique tout particulièrement aux déchets électroniques, lesquels recèlent de véritables trésors outre l'or qui est déjà récupéré: le néodyme et l'indium sont des éléments dits rares mais présents dans beaucoup de technologies clés, comme par exemple les écrans LCD. Ces deux métaux risquent à l'avenir de nous manquer et figurent donc sur la liste des métaux critiques pour notre économie.

Récupérer ces métaux serait non seulement faire preuve de bon sens, mais s'impose si l'on veut éviter les ruptures d'approvisionnement. Il est vrai que, pour le moment, une telle mesure n'est pas intéressante du point de vue financier. Il suffirait pourtant d'une légère hausse des contributions au recyclage

pour que ce soit le cas, en particulier pour l'indium. Des chercheurs de l'Empa ont fait une étude à ce sujet. Il en ressort qu'une montagne d'anciens écrans LCD contient plus d'indium qu'une mine de zinc (source de l'indium) de volume équivalent. L'impact sur l'environnement d'une récupération de l'indium des écrans LCD serait comparable ou moindre que celui de sa production primaire. En ce qui concerne le néodyme, le bilan du recyclage serait encore plus favorable.

Un inventaire européen

Plus généralement, la question se pose de savoir quelles matières sont en circulation, et en quelles quantités. On peut s'en faire une idée en consultant la base de données des matières premières secondaires (www.urbanmineplatform.eu) au développement de laquelle l'Empa a beaucoup contribué. Cette base, financée par un des projets du programme de recherche «Horizon 2020» de l'UE, répertorie les ressources en matières premières que recèlent les autos, les batteries et les appareils électroniques vendus, utilisés et finalement recyclés ou éliminés dans les vingt-huit pays de l'UE, ainsi qu'en Norvège et en Suisse. Trois départements de l'Empa ont participé au projet avec dix-sept autres centres de recherches de douze pays.

Les mines urbaines recèlent bien plus que les métaux rares des smartphones et ordinateurs, on est loin de les avoir épuisées. C'est ce que montre l'unité NEST «Urban Mining et Recycling» mise en service en 2018. Ce nouveau module de la plateforme NEST de recherche en grandeur réelle de l'Empa et de l'Eawag est non seulement largement constitué de matériaux de récupération mais, en fin de vie, sera démontée en éléments distincts faciles à réutiliser et à recycler. Une étude de l'Empa a déjà mis en évidence les économies d'énergie et la durabilité d'une telle approche des «mines urbaines». Les résultats de la modélisation de cette unité NEST suggèrent qu'on pourrait économiser d'importantes quantités de matières premières et épargner bien des dégâts à l'environnement en pratiquant désormais ce mode de construction à grande échelle.

Les principes clés d'une utilisation responsable et mesurée de nos ressources sont donc le recyclage, la réutilisation et un design des produits intégrant l'ensemble de leur cycle de vie. C'est l'unique moyen de ménager nos ressources et d'en assurer la disponibilité pérenne. //



1

1
Tous les matériaux réutilisables, recyclables ou compostables utilisés pour construire l'unité NEST Urban Mining and Recycling (UMAR) sont largement documentés dans la bibliothèque de matériaux de l'unité. (Photo: Felix Heisel)

2
Paroi utilisée comme séparateur par l'unité NEST Urban Mining et Recycling (UMAR) pouvant pivoter de 90 degrés. Les pierres ont été obtenues par cuisson de gravats. (Photo: Zoey Braun, Stuttgart)



2

Chaînes quantiques dans des nanorubans de graphène

Dr. Oliver Gröning, oliver.groening@empa.ch

Des chercheurs de l'Empa, leurs collègues de l'Institut Max Planck de recherche sur les polymères de Mayence (Mainz) et d'autres partenaires ont réalisé une percée dont les nanotransistors de précision, voire, dans un avenir plus lointain, les ordinateurs quantiques pourraient profiter.

Les nanorubans de graphène, larges de quelques atomes de carbone seulement et épais d'un unique atome, manifestent des propriétés électroniques fort différentes selon leur forme et leur largeur: conducteur, semiconducteur ou isolant. Une équipe internationale dirigée par le département «nanotech@surfaces» de l'Empa a réussi à régler ces propriétés de manière précise en agissant sur la forme des rubans. Une technique qui permet non seulement d'ajuster les caractéristiques électroniques «habituelles» mentionnées ci-dessus, mais également de provoquer localement des états quantiques très particuliers.

Zoom sur les zones de transition

Que se cache-t-il là-dedans? Lorsque la largeur d'un nanoruban de graphène change, passant en l'occurrence de sept à neuf atomes, il se crée en ce point une zone spéciale due au fait que les caractéristiques électroniques des deux do-

maines diffèrent sur un plan dit topologique; apparaît alors dans la zone de transition un nouvel état quantique «protégé» très robuste. Cet état quantique, localement limité, peut être utilisé comme composant de base de semiconducteurs, métaux ou isolants aux propriétés taillées sur mesure, et peut-être même comme composant pour ordinateurs quantiques.

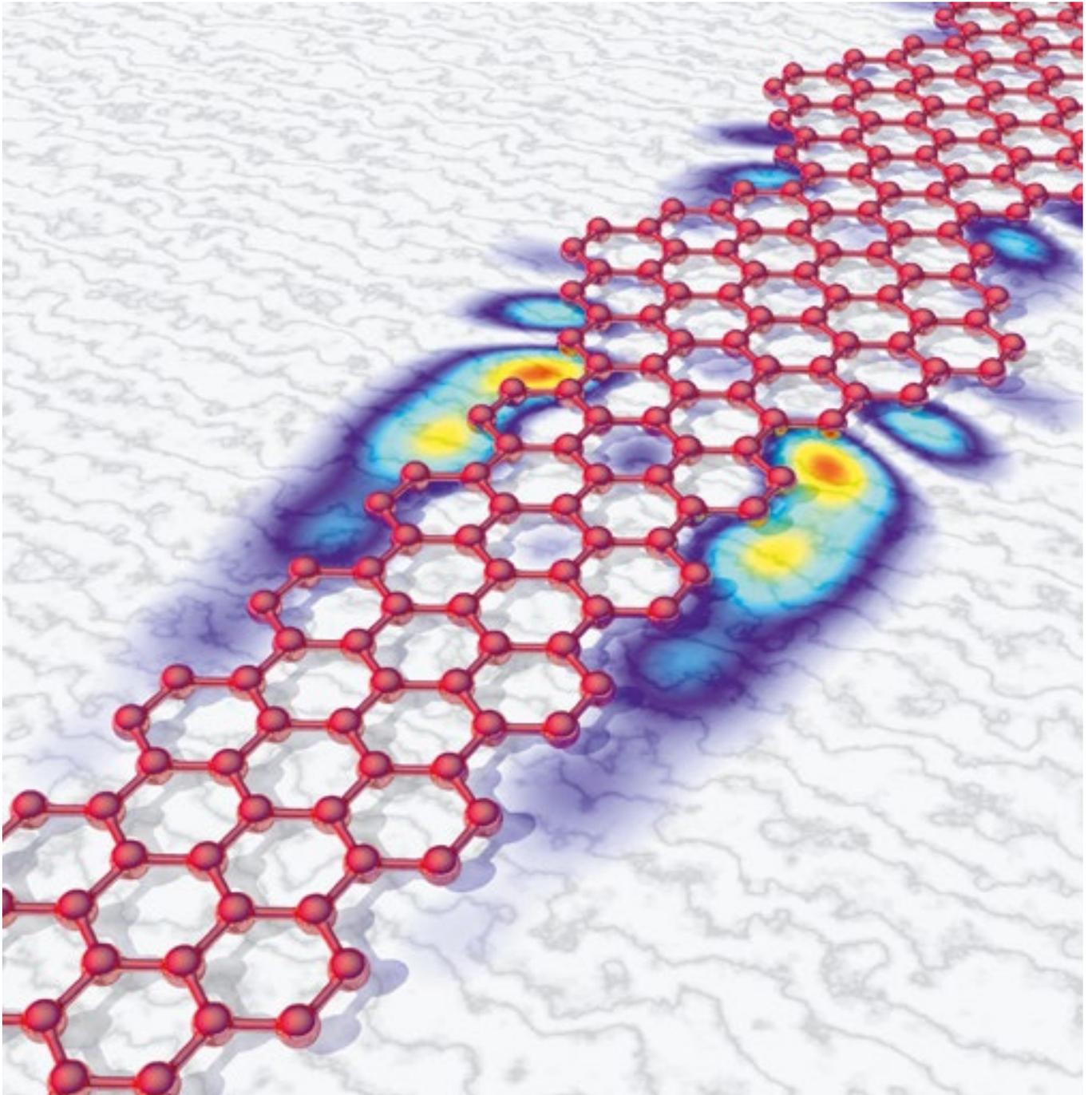
Les chercheurs de l'Empa sous la direction d'Oliver Gröning ont pu montrer que les rubans présentant une alternance régulière de largeurs forment de ce fait un enchaînement d'états quantiques ayant une structure électronique propre. Le passionnant ici, c'est que les propriétés électroniques de la chaîne changent en fonction de la largeur des segments. Il est donc possible d'ajuster finement les valeurs de conduction ou de semiconduction en jouant sur la largeur des bandes interdites. Ce principe vaut pour divers types de transitions comme, par exemple, les transitions de sept à neuf atomes.

Dans le «vrai monde» cependant, cela n'est pas si simple. Pour que la chaîne présente les caractéristiques électroniques souhaitées, chacun de ses quelques centaines, voire milliers d'atomes, doit se trouver très exactement à sa place. «Ce qui a nécessité un travail de recherche interdisciplinaire complexe», explique

Olivier Gröning, chercheur à l'Empa. «Des chercheurs en différentes disciplines de Dübendorf, Mayence, Dresde et Troy (USA) y ont collaboré; leur travail a porté sur la compréhension théorique de ce phénomène spécifique, sur la manière de réaliser les précurseurs moléculaires, celle de faire croître les structures sur des surfaces appropriées et jusque sur l'analyse structurale et électronique du phénomène par microscopie à effet tunnel.»

Nanoélectronique à l'horizon!

Ces chaînes quantiques d'un nouveau genre pourraient permettre de fabriquer des nanotransistors de précision – un grand pas vers la nanoélectronique. En effet, pour que l'écart de commutation entre l'état 1 et l'état 0 d'un nanotransistor soit suffisant, il faut que la largeur de la bande interdite du semiconducteur soit d'une certaine importance. Avec cette nouvelle méthode, il est possible de la régler presque à volonté. On peut également envisager d'autres applications, par exemple en spintronique, voire en informatique quantique, et ouvrir de nouvelles perspectives à des disciplines très voraces en calcul telles que la cryptographie et la machine learning. //



Lorsque les nanorubans de graphène présentent des variations de section, les zones de transition entre deux largeurs peuvent être le siège de nouveaux états quantiques très robustes.

Nouvelle manière de dispenser des médicaments: Les textiles thérapeutiques

Prof. Dr. René Rossi, rene.rossi@empa.ch
Dr. Luciano Boesel, luciano.boesel@empa.ch

Les substances actives à usage médical ne peuvent pas toutes être utilisées sous forme de comprimés à avaler ou de liquide à injecter. La peau, notre plus grand organe, offre une vaste surface par laquelle le corps peut absorber des molécules, pour autant qu'elles ne dépassent pas une certaine taille. Des chercheurs de l'Empa sont engagés dans différents projets visant à en tirer profit.

L'une des approches est l'utilisation de timbres transdermiques appliqués facilement et sans douleur. Une équipe de l'Empa et de l'Université de Fribourg / Adolphe Merkle Institut ont mis au point un système permettant de réguler le dosage de la substance active à l'aide d'une source lumineuse. L'idée de l'interrupteur lumineux moléculaire est inspirée de la nature, son principe est celui de la rétine de l'œil humain. Des photochromes synthétiques sont, comme les pigments de l'œil, activés par la lumière. Ces interrupteurs moléculaires sont noyés dans des nanobilles polymériques. Lorsque ces dernières sont exposées à des rayons lumineux, leur structure se modifie et laisse les substances actives diffuser alentour. Lorsque la couleur de la lumière change, la réaction est bloquée en quelques secondes et les nanobilles retrouvent leur étanchéité.

L'équipe, qui bénéficie d'un soutien du Fonds national suisse (FNS) et du «National Center of Competence in Research for Bio-Inspired Materials», travaille actuellement à l'optimisation de l'interrupteur lumineux. Première étape: contrôler avec précision les quantités de substances libérées dont la prescription transdermique est déjà autorisée, comme certains analgésiques.

Des fibres réagissant aux besoins

Une autre approche pour faire passer des substances actives à travers la peau est d'y appliquer des textiles qui en contiennent. C'est la voie choisie par le projet «Self Care Materials» qui étudie différents modes de production de fibres polymériques intelligentes. Le choix du procédé de fabrication dépend naturellement de l'usage envisagé. Pour les membranes douces et de grande surface, la technique appropriée est l'électrofilage. Pour les fibres plus robustes utilisées par exemple dans les tenues de protection, on peut recourir à l'étirage de la substance active préchauffée ou fondue.

Le dosage précis des antibiotiques ou des analgésiques est ingénieux: des polymères pouvant se décomposer au contact du corps libèrent la substance durant leur décomposition. Le mécanisme

peut être déclenché, par exemple, par le pH d'une plaie qui signale que les tissus cutanés doivent être traités. Les fibres, intégrées à l'habillement du patient, participent ainsi au diagnostic et au traitement des maladies.

Il est également possible de régler le dosage de molécules par des stimuli extérieurs. Certains textiles réagissent à une légère pression ou à un stimulus lumineux. Ce qui peut permettre d'améliorer le bien-être des patients tout en déchargeant le personnel soignant. Cette technique a également sa place dans la prévention. Les fibres jouent alors le rôle de détecteur monitorant, par exemple, la glycémie de nouveau-nés et leur épargnant ainsi la pique d'une prise de sang.

Les chercheurs de l'Empa poursuivent la mise au point de ces fibres intelligentes en collaboration avec des chercheurs de l'EPFL. Le projet s'inscrit dans le cadre du «Competence Center for Materials Science and Technology» (CCMX) du Domaine des EPF. Vingt partenaires industriels suisses l'ont rejoint et l'association professionnelle «Swiss Textiles» y participe également par le projet de recherche Subitex. //



1

1
Aussi précis qu'une pipette: les textiles intelligents pourront bientôt libérer des médicaments.

2
Les nanobilles creuses à «interrupteur lumineux» fonctionnent à la manière de l'œil humain.



2

Le grand bond du laboratoire à l'industrie

Dr. Lars Sommerhäuser, lars.sommerhaeuser@empa.ch

Les chercheurs ne cessent d'inventer de nouveaux produits aux fonctions surprenantes ou dont les caractéristiques ont été améliorées. Mais du démonstrateur réalisé en laboratoire à la nouveauté prête à affronter le marché, la voie est longue. Le démonstrateur n'est souvent que le coup de pistolet ouvrant la phase de développement d'une nouvelle technologie. Les obstacles à surmonter avant sa commercialisation sont nombreux, le travail de développement considérable.

De concert avec d'autres institutions du Domaine des EPF, l'Empa s'est fixé pour tâche de soutenir activement et spécifiquement le développement et le transfert de technologies innovantes en «Advanced Manufacturing» (AM). Le grand axe stratégique AM, qui, en 2017, s'est vu attribuer par le Domaine des EPF 20 millions de francs sur une période de quatre ans et qui est coordonné par l'Empa, finance des projets de développement technologique. Des équipes interdisciplinaires de recherche du Domaine des EPF travaillent en étroite liaison avec des partenaires industriels à la mise au point de nouvelles technologies de fabrication qui renforceront la compétitivité de l'industrie suisse. Le programme soutient actuellement onze pro-

jets auxquels collaborent 34 laboratoires de recherches et 41 partenaires industriels. Pour plus de détails, voir le site Web de l'initiative www.sfa-am.ch.

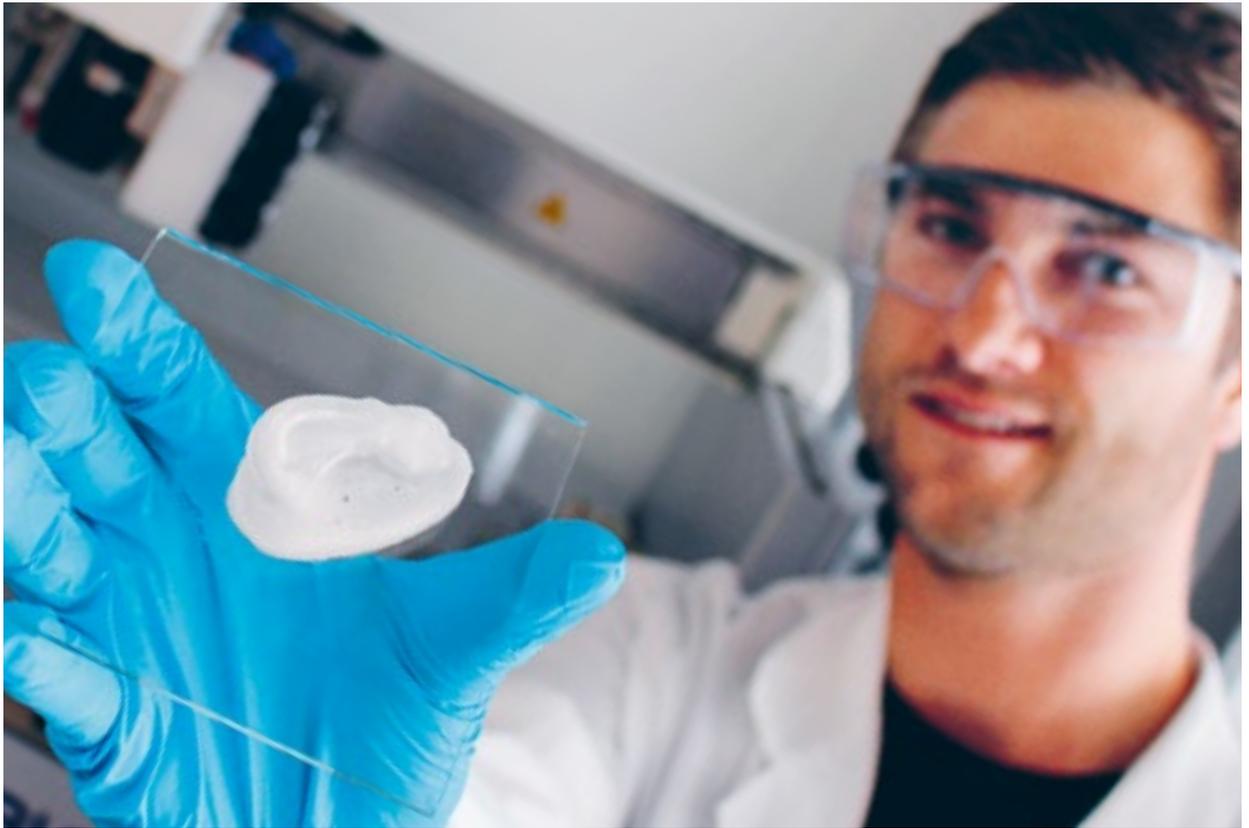
Changement d'échelle entre le laboratoire et l'industrie

Soutenir un projet financièrement ne suffit pas. Les équipes ont besoin d'infrastructures et d'installations permettant de démontrer que leurs nouvelles technologies fonctionnent hors laboratoire, en grandeur réelle, et que leurs nouveaux produits peuvent être réalisés industriellement. En 2016 déjà, l'Empa a ouvert son centre de production pilote «Coating Competence Center» et s'est équipée d'infrastructures venant combler le fossé entre la recherche en laboratoire et la production industrielle dans le domaine des techniques de traitement des surfaces.

Suivant cet exemple, l'Empa et ses nombreux partenaires du monde de la recherche et de l'industrie ont mis sur pied un nouvel axe de recherche visant à fédérer différents centres de transfert des technologies du domaine de l'AM, les «Advanced Manufacturing Technology Transfer Centers» (AM-TTC). Cette initiative fait partie du plan d'action «Numérisation» lancé par la Confédération à la mi-2017, lequel permet aux consortiums

de centres de recherche et d'entreprises industrielles souhaitant réaliser et exploiter ensemble un centre de transfert des technologies de faire appel à des moyens publics. Le Conseil des EPF a réservé à cette fin 10 millions de francs pour la phase pilote 2019–2020 qui doit voir la réalisation de premiers centres de ce type. Pour la période suivante allant de 2021 à 2024, il est prévu que la Confédération consacre 40 millions de francs au titre de soutien aux installations de recherche d'importance nationale.

Le processus de dépôt et d'évaluation des candidatures a démarré. A la fin 2018, douze centres avaient déposé une demande. Les sujets abordés vont de l'impression 3D à la conception d'implants sur mesure, en passant par la fabrication de batteries électriques ou l'emploi de robots et de technologies numériques sur les chantiers de construction. Le choix des bénéficiaires d'un soutien pour la phase pilote tombera au milieu de l'année 2019 et les premiers centres devraient entrer en service fin 2019. Pour plus d'informations, voir le site Web de cette initiative: www.am-ttc.ch //



1

1
Oreille réalisée par impression 3D. Des chercheurs de l'Empa ont amélioré les propriétés de la nanocellulose extraite du bois, permettant à ce matériau d'être utilisé en impression 3D, par exemple dans le champ du traitement des problèmes de cartilage.

2
L'entrée du «Coating Competence Center» créé en 2016 à l'Empa de Dübendorf.



2

NEST grandit et se diversifie

Reto Largo, reto.largo@empa.ch

Le bâtiment modulaire NEST est une plateforme consacrée à l'innovation. Chercheurs et entreprises y travaillent ensemble à l'intégration d'unités concrétisant leurs idées. Nouveaux matériaux, technologies innovatrices et systèmes inédits peuvent y être testés en grandeur réelle. Le réseau qui s'est constitué autour de ce démonstrateur regroupe actuellement plus de 140 partenaires venant de la recherche, de l'économie et du secteur public.

Deux nouvelles inaugurations...

En 2018, deux nouvelles unités sont venues s'ajouter aux trois unités déjà présentes. Il s'agit de «Urban Mining & Recycling» (UMAR) et de «SolAce». La première est habitée en continu depuis le mois de mai. L'idée initiale et le concept de UMAR sont dus aux architectes et chercheurs allemands Werner Wobek, Dirk E. Hebel et Felix Heisel. Leur prémisses: lors du démantèlement d'une structure, la totalité des matériaux doit pouvoir être réutilisée, recyclée ou compostée.

L'unité «SolAce», elle, poursuit une double exigence: capter le plus d'énergie solaire possible par les façades et assurer un excellent confort intérieur par l'utilisation judicieuse de la lumière du Soleil. Le concept de «SolAce» est dû

à Jean-Louis Scartezzini, chercheur à l'EPFL. L'objectif est d'assurer un bilan énergétique annuel positif sans recours à la toiture. La voie choisie est la production de courant photovoltaïque et d'eau chaude directement par la façade. Le choix a porté sur des modules photovoltaïques et des collecteurs solaires à vitrage coloré. En outre, le verre des fenêtres présente une microstructuration qui permet une gestion dynamique et saisonnière du rayonnement solaire thermique et lumineux les traversant.

... et deux distinctions

Les unités installées précédemment ont également leur actualité: plusieurs produits intégrés à titre de prototype dans l'unité bureau «Meet2Create» sont maintenant commercialisés. L'unité «Solare Fitness & Wellness» a reçu diverses distinctions pour son approche de la durabilité, dont le Norman Foster Solar Award et, au début 2019, le Watt d'Or. Quant à l'Energy Hub de NEST, ses premiers projets de recherche ont maintenant abouti, livrant des enseignements sur la manière d'optimiser les flux d'énergie d'un quartier, entre autres par intelligence artificielle. Le Water Hub, où des chercheurs de l'Eawag travaillent sur les technologies de séparation et de traitement des eaux

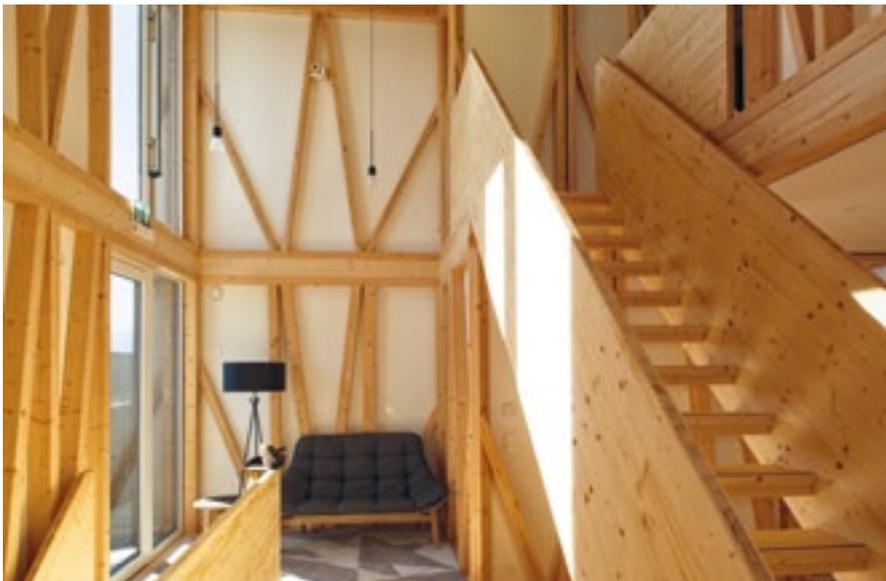
usées, a fait l'objet d'importantes transformations. «Aurin», engrais à base de l'urine collectée dans NEST, a été agréé en 2018 comme engrais.

Un vaste chantier

En 2018, le visage de NEST a de nouveau beaucoup changé lorsque la nouvelle unité «DFAB HOUSE», installée sur sa plateforme supérieure, est venue s'ajouter aux deux unités déjà en service. Inaugurée à la fin février 2019, «DFAB HOUSE» est une construction de trois étages essentiellement réalisée par robots et imprimantes 3D. L'ambition est d'ouvrir de nouveaux horizons en matière de «construction digitale» et d'«habitation digitale». L'unité a été réalisée en étroite collaboration avec de nombreux chercheurs de l'EPF de Zurich, dans le cadre du pôle de recherche national «Fabrication numérique», ainsi qu'avec un grand nombre de partenaires industriels. «DFAB HOUSE» est un nouvel exemple de coopération entre recherche et économie, source d'innovation dont tous les participants tirent profit. //



1



2

1

La paroi Mesh Mould à double courbure sépare l'espace de vie. (Photo: Roman Keller)

2

Spatial Timber Assemblies permet d'obtenir des géométries uniques dans le «DFAB HOUSE». (Photo: Roman Keller)

Sur le campus de l'Empa, le démonstrateur move a fourni en 2018 près de 1,2 tonne d'hydrogène d'origine renouvelable, permettant ainsi d'économiser quelque 8600 tonnes d'essence. Cette plateforme de démonstration de la mobilité de demain permet aux véhicules à pile à combustible comme aux véhicules à gaz de faire le plein, et aux véhicules électriques de recharger leurs batteries. move n'est cependant pas qu'une station-service, c'est avant tout une infrastructure de recherche et de démonstration en grandeur réelle des différents modes de mobilité quotidienne.

Pour ce qui concerne l'hydrogène, plusieurs jalons devant faciliter le développement d'un réseau de points de distribution dans le pays ont été posés en 2018. Ainsi, en collaboration avec la SUVA, nous avons étudié l'efficacité des postes de distribution d'hydrogène et la fiabilité des tests d'étanchéité qui en assurent la sécurité, étape nécessaire à leur intégration au réseau des stations-services. Ces tests et l'étude d'autres mesures de sécurité ont permis de lancer en 2018 un premier projet de demande d'autorisation de mise en service de stations-services d'hydrogène. Après consultation des organes spécialisés et des autorités concernées, ce projet servira de

pilote aux démarches juridiques et aux études de sécurité préalables à la construction de postes de distribution d'hydrogène. Par ailleurs, une méthode d'étalonnage des postes est en cours de développement, en collaboration avec l'Office fédéral de métrologie (METAS), dans le cadre d'un projet de l'UE. Dans un autre projet, l'équipe move a étudié l'énergie nécessaire au pré-refroidissement de l'hydrogène à la colonne de distribution ainsi que la répartition des températures dans le réservoir des véhicules lors d'un plein rapide, ceci sur la base de mesures et d'une modélisation 3D. Objectif: réduire la complexité et la consommation d'énergie du système de pré-refroidissement.

Des batteries au sel comme accumulateurs intermédiaires

L'infrastructure du démonstrateur move s'est enrichie en 2018 d'une batterie stationnaire faisant tampon entre l'installation photovoltaïque et la station de recharge des véhicules électriques. Objectif: compenser les fluctuations du réseau. Les batteries au sel (NaNiCl_2) ont une capacité de 67,5 kWh. Tout comme les autres composants de move, elles sont intégrées au démonstrateur Energy Hub qui peut y faire appel en fonction des besoins.

L'année 2019 verra la mise en service d'une troisième filière de mobilité renouvelable, objet d'importants travaux préparatoires en 2018. Il s'agit d'une installation de méthanisation, élément clé de la mobilité à carburant synthétique. Les rejets de chaleur de l'installation serviront à la désorption de CO_2 extrait de l'atmosphère, d'où un gain d'efficacité de plusieurs pourcents. Viendra s'y ajouter un second étage de méthanisation à catalyse par sorption ne nécessitant pas de purification ultérieure du gaz. Il est prévu de produire ainsi 20 tonnes de méthane qui assureront le ravitaillement d'un camion à gaz. Cette filière permettra d'étudier la rentabilité et les paramètres de commercialisation des carburants synthétiques gazeux et liquides.

Cette année encore, move a attiré de nombreux intéressés à Dübendorf. Des visites guidées leur ont permis d'en bien saisir le concept de base. move a également donné lieu à de riches échanges entre chercheurs et représentants de l'industrie. L'un des grands moments de cette communication a été la participation au Salon international de l'Auto de Genève. En collaboration avec l'Union Pétrolière, move y a présenté la «station-service de l'avenir» dans laquelle – espérons-le – les énergies renouvelables prédomineront. //

1

Patrick Stadelmann mesure la répartition des températures dans un réservoir de véhicule lors d'un plein d'hydrogène.

2

Au Salon de l'Auto, le Conseiller fédéral Guy Parmelin, qui a pris en 2019 la tête du Département fédéral de l'économie, de la formation et de la recherche (DEFR), s'exerce à faire le plein d'hydrogène au stand «station-service de l'avenir» de l'Union Pétrolière et de l'Empa.



1



2

Les flux d'énergie sous le microscope

Philipp Heer, philipp.heer@empa.ch

Le Energy Hub, ou ehub, est la plateforme de recherche responsable de la gestion de l'énergie du quartier. Il fournit en énergie le complexe de recherche NEST et le démonstrateur de mobilité move. Il permet aux chercheurs d'étudier concrètement les problèmes qui se posent dès aujourd'hui: Comment interconnecter intelligemment les différents vecteurs énergétiques en usage dans le bâtiment et la mobilité? Est-il raisonnable de vouloir exploiter les bâtiments et les quartiers comme un tout énergétiquement autonome? Comment stocker l'énergie à court et à long terme?

Le ehub offre à ce type d'études une infrastructure souple de composants thermiques et électriques. Mentionnons les installations photovoltaïques, les réservoirs de chaleur et de froid, des pompes à chaleur ainsi que des batteries et des supercondensateurs. Tous ces éléments sont interconnectés, permettant la conversion et le stockage des différentes formes d'énergie. 550 capteurs et 210 effecteurs monitorant ou commandant un total de 6500 variables permettent le suivi et la régulation de l'ensemble.

Le stockage par batteries est-il utile?

En 2018, l'infrastructure ehub a été complétée par deux importants composants

immédiatement intégrés au programme de recherche. Il s'agit en premier lieu de batteries au sel: en collaboration avec l'entreprise locale Glattwerk AG de Dübendorf, fournisseur d'énergie et d'eau chaude, les chercheurs ont étudié comment utiliser intelligemment et de manière économiquement saine des batteries de diverses tailles et technologies dans des immeubles et des quartiers entiers. Ce n'est pas une mince affaire car les fournisseurs d'électricité doivent assurer la stabilité du réseau et donc éviter les fortes fluctuations du courant injecté ou consommé. Les consommateurs qui, parallèlement, produisent du courant photovoltaïque veulent d'une part pouvoir compter sur un approvisionnement sécurisé à l'abri de toute rupture et, d'autre part, tirer le plus grand avantage commercial du courant qu'eux-mêmes produisent, ce qui veut dire injecter leur courant dans le réseau lorsque cela leur rapporte et l'utiliser eux-mêmes lorsque le courant du réseau est cher. Le projet de recherche a démontré que le recours à de petites batteries décentralisées pouvait s'avérer avantageux pour les deux parties.

La face numérique de l'énergie

La seconde novation dont le ehub a bénéficié porte sur la mise en réseau: de nou-

velles interfaces permettent désormais d'intervenir sur l'infrastructure de l'extérieur et avec beaucoup de souplesse. Les projets communs de recherche entre start-up, entreprises et autres centres de recherche tels que l'EPF de Zurich, le PSI et la Haute-Ecole de Lucerne s'en trouveront facilités.

La numérisation de ehub proprement dit progresse également. Le hub digital, ou dhub, est une modélisation numérique de ehub (voir en page 30). Les technologies numériques telles que le machine learning peuvent participer à l'amélioration continue de la domotique. Bien souvent, les systèmes de régulation du chauffage ou de commande des stores, par exemple, sont réglés en fabriques et opèrent moyennement sur le terrain. Il est possible d'optimiser le fonctionnement, mais ce n'est ni simple, ni bon marché. Des chercheurs de l'Empa ont réussi à améliorer le processus de réglage fin d'une pompe à chaleur par intelligence artificielle. L'intégration fonctionnelle des démonstrateurs ehub, NEST, move et dhub ouvre la voie à de nouveaux projets de recherche sur la gestion des flux d'énergie, laquelle s'annonce déjà comme une préoccupation majeure des années à venir. //



550 capteurs et 210 effecteurs assurent le suivi et la régulation des 6500 variables qui alimentent le flux des données du ehub.

«Digital Hub» – un vrai quartier comme terrain d’essai numérique

Reto Largo, reto.largo@empa.ch

L’Empa a élargi son parc de démonstrateurs groupés sous le nom de «Research and Technology Transfer Platforms» (RTTPs). Aux unités NEST, move et ehub est venu s’ajouter le «Digital Hub», ou dhub. Il constitue en quelque sorte la couche numérique commune des démonstrateurs, reliant les bâtiments, la mobilité et le réseau de production et de distribution d’énergie. L’ensemble des données générées par ces plateformes est pris en compte en temps réel et permet de développer puis de valider de nouveaux produits et de nouvelles prestations destinés aux Smart Cities et Smart Communities.

Les technologies numériques modifient le paysage concurrentiel de nombreux domaines, dont ceux du bâtiment, de la mobilité et de l’énergie. Les entreprises qui entendent maintenir leur compétitivité, voire la renforcer, doivent sans cesse se confronter aux nouvelles technologies, de l’intelligence artificielle à la réalité augmentée et au traitement des données de masse (Big Data). Tout comme les trois autres démonstrateurs du campus de l’Empa, le Digital Hub doit être compris comme une plateforme sur laquelle les entreprises et les chercheurs peuvent tester et perfectionner de nouvelles idées numériques en grandeur réelle et sans risques.

Un jumeau numérique exact de NEST

Une série d’entreprises et de centres de recherche réputés ont déjà noué un partenariat avec le dhub. La première étape a été de créer un jumeau numérique exact de NEST, un NEST virtuel servant de base à la réalisation de projets concrets. NEST existe également sous forme de modèle 3D. Toutes les données qui y circulent sont maintenant aisément accessibles par un hub IoT (Internet of Things).

L’intelligence artificielle remplace les circuits de contrôle habituels

Le premier projet lancé dans le cadre de l’infrastructure ehub a porté sur le remplacement des circuits de régulation habituels des pompes à chaleur par de l’intelligence artificielle, ce qui permettrait de réduire le coût des installations. Il a également été possible de montrer qu’au niveau du quartier des démonstrateurs, le machine learning permettait de partiellement gommer les pointes de consommation. Donc de limiter les investissements consacrés au réseau, voire de les rendre superflus. Un autre projet encore s’attaque à la numérisation des méthodes de conception, ce qui doit par exemple permettre la préfabrication de l’ensemble des conduits de climatisation des prochaines unités de NEST. //



Le Digital Hub «dhub» relie et intègre numériquement les unités de NEST et les trois autres démonstrateurs de l’Empa.

Axes de recherche

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

Le carbone – matériau unique et stupéfiant nanomatériau

Dr. Pierangelo Gröning, pierangelo.groening@empa.ch

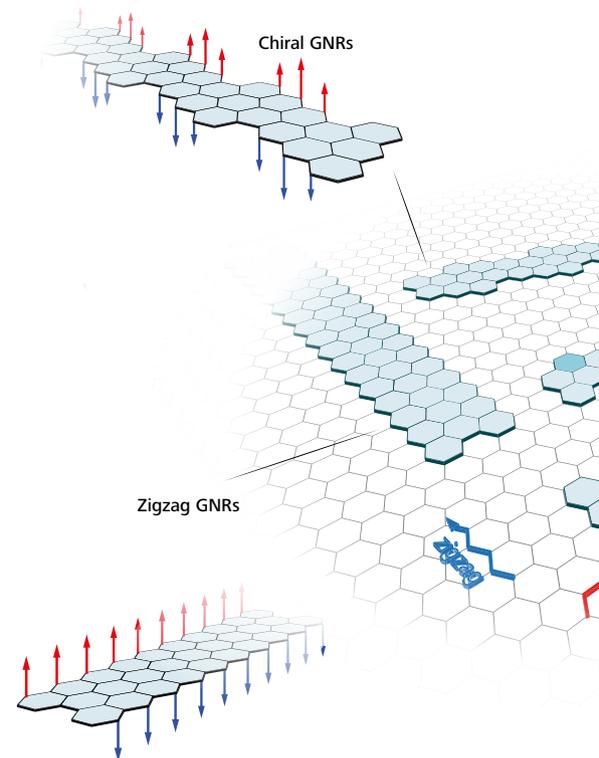
Le carbone, élément n° 6 du système périodique, dépasse par son point de fusion de 3727°C tous les autres éléments; avec sa densité de 2,26 g/cm³, il est l'un des plus légers. Ces deux chiffres suggèrent déjà que les caractéristiques mécaniques du matériau carbone doivent être excellentes. Par ailleurs, le carbone est l'élément pouvant entrer dans le plus grand nombre de liaisons chimiques, ce qui explique aussi l'existence de carbone pur sous diverses formes: diamant, graphite, graphène, fullerène ou nanotubes. Les propriétés physiques de ces allotropes sont distinctes et toujours excellentes. Le diamant est le matériau le plus dur, un isolant électrique parfait, il est transparent. Le graphite a des propriétés inverses: noir, très tendre et parfait conducteur électrique. Le fullerène C₆₀ est la molécule la plus stable connue. L'extraordinaire stabilité des variétés allotropiques du carbone à l'oxydation par l'oxygène en fait un nanomatériau idéal, stable aux conditions ambiantes, condition cruciale de succès dans les applications techniques.

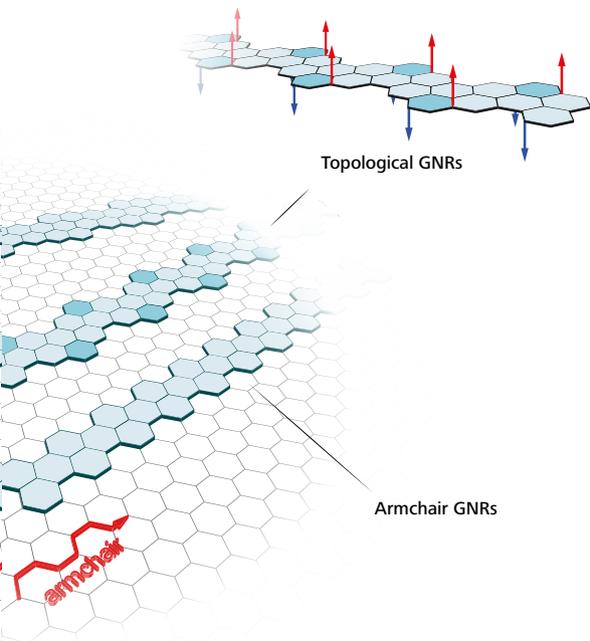
L'Empa étudie depuis de nombreuses années les matériaux intégrant des nanostructures de carbone, avec toutes sortes d'applications en vue. Exemples: les molécules contenant du C₆₀ comme accepteurs d'électrons pour les cellules solaires

organiques; les nanotubes de carbone comme matière de remplissage pour polymères; les matériaux composites améliorant la conductivité électrique ou la résistance mécanique. Le graphène est considéré depuis plusieurs années comme le «matériau de l'avenir», qu'il s'agisse de réaliser des électrodes extensibles, des supercondensateurs ou – sous forme de nanorubans – des composants nanoélectroniques.

Le graphène, substrat du numérique d'après-demain

La spintronique et les ordinateurs quantiques se présentent comme alternatives à l'électronique classique, laquelle joue sur le guidage des électrons pour effectuer des opérations logiques. La spintronique, elle, joue sur le moment cinétique des électrons (leur spin), et les ordinateurs quantiques sur leur état quantique. Des laboratoires du monde entier cherchent depuis deux décennies les matériaux convenant le mieux à ces deux technologies. L'équipe formée autour de Roman Fasel, Oliver Gröning et Pascal Ruffieux a montré – résultats spectaculaires à l'appui – que le «simple» graphène, sous forme de nanorubans, convenait tant à la nanoélectronique qu'à la spintronique et qu'à l'informatique quantique,





Représentation schématique de nanorubans de graphène (graphene nano ribbons, GNR) dont le bord présente différentes topologies. Les flèches rouges et bleues indiquent l'orientation du spin électronique. Les armchair-GNR conviennent à l'électronique, les zig zag-GNR à la spintronique et les topological GNR à l'informatique quantique.

cette dernière même à température ambiante, chose impensable jusqu'alors. La seule modification à apporter aux nanorubans pour les adapter à ces trois domaines est d'intervenir sur la topologie de leurs bords, soit une modification purement géométrique. La recherche donne dans l'esthétique! Selon leur configuration – «en fauteuil» («armchair»), «en zig-zag», ou «mixte» – ces nanorubans se prêtent à la réalisation d'éléments électroniques, spintroniques ou d'informatique quantique. C'est en collaboration avec des chercheurs du Max-Planck-Institut de Mayence (Allemagne) et du Lawrence Berkeley National Laboratory (USA) que ces chercheurs de l'Empa sont déjà parvenus à réaliser un nanotransistor au canal ultracourt de 20 nanomètres. Ce transistor peut commuter un courant d'une densité pouvant atteindre le milliard d'ampères par centimètre carré.

Des supercondensateurs imprimés

Dans le cadre de son nouveau domaine de recherche «Printed Electronics», l'équipe de Jakob Heier met actuellement au point une technologie permettant d'imprimer des supercondensateurs, électrolyte compris, par une combinaison de procédés classiques (sérigraphie, héliogravure et flexographie).

La densité d'énergie des supercondensateurs est sensiblement moindre que celle des batteries, en revanche leur puissance volumique est de 50 à 100 fois supérieure. Les supercondensateurs sont employés partout où l'on a besoin d'une grande puissance sur une courte durée (quelques secondes). La recherche se concentre actuellement sur le développement des encres à utiliser. Dans le cadre de ces travaux, les chercheurs ont mis au point une nouvelle méthode d'exfoliation du graphène à partir de graphite. Basée sur la centrifugation, cette méthode est sensiblement plus douce que les méthodes habituelles et produit un graphène de meilleure qualité. Elle fait l'objet d'une demande de brevet. Les premières encres ont été développées et produites à partir de cette nouvelle variété de graphène. Les premiers essais d'impression sont prometteurs. La production de condensateurs par impression promet d'être très économique. //

Une compréhension intime des matériaux, garante de succès

Dr. Tanja Zimmermann, tanja.zimmermann@empa.ch

La qualité de l'environnement construit est l'un des facteurs clés de la durabilité de notre société. Il nous faut des appartements et des locaux professionnels bien conçus et abordables, des voies de transport pour les personnes et les marchandises et des systèmes fiables de distribution de l'énergie, de l'eau et de l'information.

La recherche à l'Empa se poursuit à plusieurs niveaux, du développement de nouveaux matériaux fonctionnels au design de systèmes avancés, en passant par l'étude des interactions entre les villes et leur environnement. Mais il est une préoccupation commune à tous ces travaux, c'est réduire l'empreinte écologique tout en maintenant ou en améliorant le confort et la sécurité des usagers. Certains visionnaires vont jusqu'à imaginer un environnement construit surveillé, entretenu et réparé par des drones. C'est d'ailleurs l'objectif du Materials and Technology Center of Robotics créé au début 2019 par l'Empa et l'Imperial College London.

Que ce soit dans le bâtiment ou dans le secteur de l'énergie, l'énorme défi, aujourd'hui, est d'amener de nouvelles idées et de nouveaux produits efficacement et rapidement sur le marché. Dans le bâtiment, toutefois, l'importance des investissements en jeu retient trop sou-

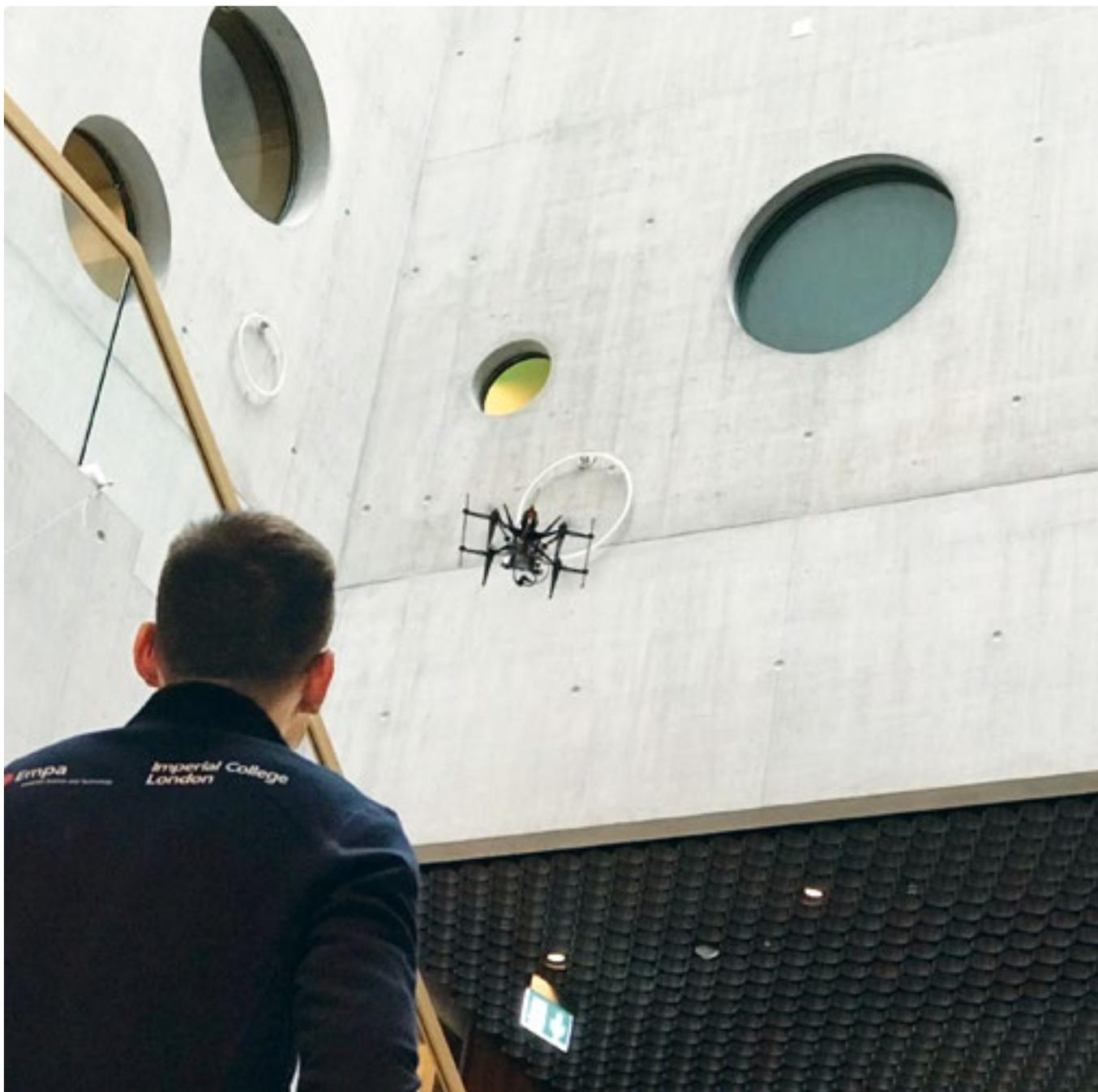
vent les entreprises de prendre des risques. C'est pourquoi l'Empa et l'Eawag ont construit et continuent de développer le démonstrateur NEST. Il permet aux chercheurs et aux entreprises de valider de nouvelles technologies en grandeur réelle; on peut y mettre en œuvre de nouveaux matériaux et de nouveaux systèmes, puis en suivre le fonctionnement dans des conditions qui sont celles de la vie pratique (voir en page 24). L'excellence dans la recherche et la bonne coopération avec d'autres instituts de recherche et avec l'industrie sont d'indispensables facteurs de succès dans la compréhension intime et l'application efficace des matériaux.

Rôle de la répartition de l'eau dans le fluage du béton

Le béton est de loin le matériau de construction le plus important et l'un des plus utilisés au monde. Il est donc primordial qu'il soit mis en œuvre de manière efficace et durable. Parmi les facteurs pouvant compromettre la stabilité et la durée des ouvrages en béton, les déformations immédiates et différées ont une importance particulière. Les déformations immédiates se produisent sous l'effet des charges mécaniques ou des changements de température. Les déformations

différées telles que le retrait et le fluage peuvent évoluer sur des décennies, à charge constante. On ne saurait accepter l'idée qu'un manque de connaissances scientifiquement fondées nous fasse négliger certains facteurs pouvant provoquer des déformations excessives et, ainsi, la défaillance d'une structure.

Le Fonds national suisse (FNS) a donc soutenu un projet «Ambizione» dont l'objectif était de préciser le rôle de l'eau dans le fluage du béton. Le fluage est une déformation différée du béton sous charge constante. Les chercheurs ont étudié la répartition de l'eau dans la microstructure de la pâte de ciment, au niveau micro- et macroscopique. Ils ont observé que les changements de température et, plus particulièrement, de charge mécanique, entraînaient une immédiate redistribution de l'eau, des petits pores vers les plus grands. Cette première preuve directe d'une redistribution de l'eau dans la microstructure du béton sous effort a fourni d'utiles enseignements sur les mécanismes de déformation thermique et sur le retrait à court terme. //



A l'avenir, notre environnement construit pourrait être surveillé, entretenu et réparé par des drones. Le Materials and Technology Center of Robotics de l'Empa et l'Imperial College London y travaillent.

Réduire les émissions de CO₂ dans l'environnement

Dr. Brigitte Buchmann, brigitte.buchmann@empa.ch

La combustion de carburants fossiles par les véhicules est l'une des principales causes de l'accroissement de la concentration en dioxyde de carbone (CO₂) dans l'atmosphère, elle est coresponsable du réchauffement climatique. Pour limiter les effets et les menaces liés au réchauffement, la Conférence de Paris sur le climat s'est engagée à limiter à moins de 2°C l'augmentation moyenne de la température par rapport à l'époque préindustrielle. Ce qui implique une réduction drastique des émissions de CO₂ et des autres gaz à effet de serre (GES) dans les décennies à venir. Les chercheurs de l'Empa y contribuent en préparant le terrain des techniques nécessaires à cette évolution.

Une commande «totivariable» des soupapes qui réduit la consommation de carburant

Il y a longtemps que l'industrie et la science rêvent d'un dispositif souple capable de réguler efficacement la consommation de carburant des moteurs à tous les régimes et pour toutes les charges. La commande à étranglement – la plus répandue – est peu efficace, en particulier quand le moteur tourne à charge réduite, ce qui arrive fréquemment; la consommation est alors inutilement élevée. Des

chercheurs de l'Empa ont développé en étroite collaboration avec le spécialiste en hydraulique Wolfgang Schneider un nouveau système de commande des soupapes réglable dans tous les registres, consommant peu d'énergie et bon marché, sans soupape magnétique, capteurs de précision ou matériaux coûteux. Un moteur de voiture à essence équipé d'un tel dispositif réalisé à l'Empa a été testé sur un banc d'essai. Les soupapes fonctionnent excellemment, tant à l'admission qu'à l'échappement. Cette régulation – sans étranglement – et la désactivation du cylindre permettent une économie de carburant de 15 à 20%. L'Empa a l'intention de transférer cette technologie à l'industrie.

Une nouvelle constellation de satellites pour quantifier les sources de CO₂

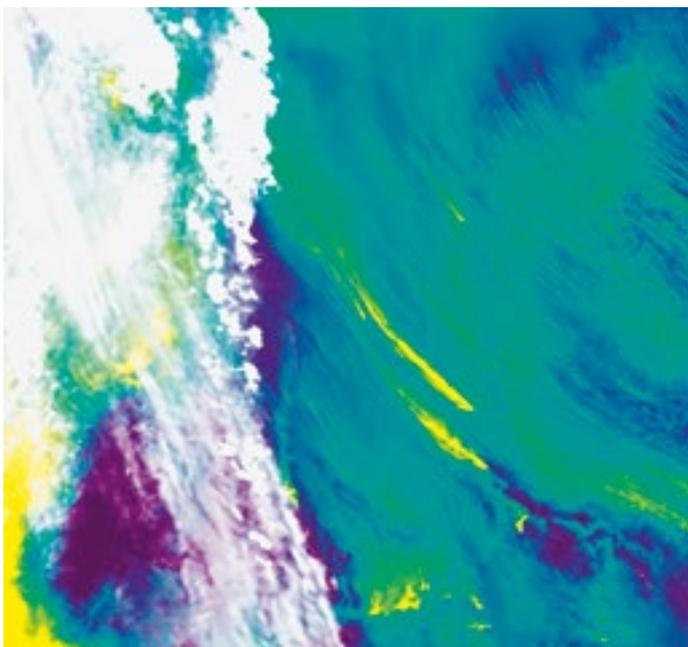
Pour mettre en œuvre la politique de réduction des émissions de CO₂, la Commission européenne développe actuellement un système global de surveillance permettant de quantifier les émissions de CO₂. Il se fonde sur la mesure des immissions combinée avec des modèles de transport atmosphérique à l'échelle nationale, urbaine et des installations. L'un des éléments clés de ce système est la mise en orbite d'une constellation de satellites





1
Moteur d'auto sur banc d'essai: la commande totivariable des soupapes développée à l'Empa en a clairement réduit la consommation.

2
Concentration en CO₂ d'un secteur de 700 km × 600 cm de l'est de l'Allemagne. Image en couleurs fictives réalisée à l'aide du modèle de prévision météo COSMO; en jaune, les traînées de différentes centrales fossiles se dissipant dans l'atmosphère.



2

fournissant les données nécessaires à l'imagerie de la teneur en CO₂ de l'atmosphère. Le programme Copernicus de surveillance de la Terre est en charge de l'opération.

Le projet «SMARTCARB», financé par l'Agence spatiale européenne (ESA) et placé sous la direction de l'Empa, devait étudier dans quelle mesure la constellation de satellites prévue permettrait de quantifier les sources importantes de CO₂ que sont, par exemple, les villes et les centrales électriques à combustible fossile.

Les chercheurs ont effectué à cette fin des simulations réalistes de la présence des gaz traces CO₂, NO₂ et CO basées sur le modèle de transport atmosphérique COSMO-GHC; ils en ont tiré des paquets de données synthétiques de satellites. Ces données ont été fournies à différentes configurations d'instruments de précision variable et couvrant des aires d'ampleurs différentes afin de préciser les spécifications des futurs satellites. L'une des importantes conclusions de cette étude est que l'ajout d'un instrument de mesure du NO₂ contribuerait significativement au succès de la mission. La suggestion a été retenue, le cahier des charges des satellites CO₂ prévoit maintenant un tel instrument. //

Comment le système énergétique de demain fonctionnera-t-il?

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

Le système énergétique de demain devra être sûr, abordable et respectueux de l'environnement. Dans son domaine de recherche «Energie», l'Empa travaille à différentes techniques susceptibles d'y contribuer. Le grand défi des prochaines années sera de satisfaire la demande d'énergie sans cesse croissante tout en sortant progressivement du nucléaire. A l'Empa, la recherche porte entre autres sur de nouveaux matériaux et de nouveaux systèmes d'approvisionnement, de conversion et de stockage de l'énergie. Les questions abordées recourent de nombreux travaux poursuivis dans d'autres domaines de recherche de l'Empa.

L'une des thématiques centrales de ces recherches est le stockage de l'énergie. On sait, par exemple, que les batteries sont utilisées en électromobilité et dans le stockage fixe. L'Empa développe de nouveaux matériaux pour ce type d'applications. Sa batterie sodium-ion sans cobalt ni électrolyte liquide inflammable augmente la sûreté et réduit le coût des systèmes fixes de batteries. La tension de leurs cellules a pu être élevée de 1,5 à 2,6 volts. Une batterie tout solide de 3 volts a également été mise au point; elle conserve 85% de sa capacité initiale après 250 cycles et peut être utilisée à des températures supérieures à 100°C, ce qui en

permet la recharge rapide. Le stockage saisonnier d'énergie porte sur un laps de temps plus long. L'Empa y pourvoit par l'intermédiaire de carburants de synthèse pour la production desquels il a développé un catalyseur sur base cuivre-zinc facilitant la réduction électrochimique du dioxyde de carbone (CO₂) en monoxyde de carbone (CO), un intermédiaire dans la production de carburants liquides par le procédé Fischer-Tropsch.

Les réservoirs saisonniers, une nécessité

Plusieurs projets ont étudié les effets de l'augmentation de la part relative de l'électricité et du remplacement des énergies fossiles sur le réseau électrique suisse. L'évolution va dans le sens d'une amélioration énergétique des bâtiments, du remplacement partiel des chaudières à combustible fossile par des pompes à chaleur et d'une électrification partielle du trafic individuel motorisé. Pour ce qui touche à la production de courant, les centrales nucléaires vont perdre de leur importance et la moitié des toitures s'y prêtant seront utilisées pour la production de courant photovoltaïque. L'étude des profils d'offre et de demande qui ressortent de cette évolution fait apparaître un défi de taille: la production





Maryna Bodnarchuk et son équipe étudient de nouveaux matériaux destinés aux techniques de stockage de l'énergie.

estivale sera largement excédentaire alors que la production hivernale sera insuffisante.

Pour y répondre, il faut prévoir des réservoirs pour le chauffage et la climatisation permettant de réduire plus encore la consommation des bâtiments. Il faut aussi prévoir des technologies de stockage ou de conversion des surplus de courant – par exemple par l'approche Power-to-Gas – qui viendront renforcer les possibilités de stockage de l'énergie à moyen et long terme. En l'absence de telles solutions, le pays devrait exporter de grandes quantités d'électricité en été et les réimporter en hiver, option problématique étant donné que nos voisins se trouvent dans la même situation.

Les démonstrateurs NEST, move et ehub de l'Empa constituent un environnement rêvé pour tester et valider les différentes stratégies qui nous aideront à relever ces défis. Nos chercheurs peuvent y combiner différentes configurations de filières, y convertir aisément l'énergie d'une forme sous une autre et la stocker sur des durées variées. Leurs premiers résultats montrent qu'il est possible d'améliorer considérablement l'efficacité des systèmes et la réduction des pointes de consommation et de réduire les émissions globales de CO₂. //

L'augmentation constante des connaissances en médecine ouvre la voie à de nouvelles approches et la demande de nouvelles technologies dans le secteur de la santé augmente pour notre société croissante et vieillissante. Les chercheurs du domaine «Santé et performances» de l'Empa développent des matériaux innovants dont le rôle sera de protéger ou de soutenir le corps humain. Cela implique, en particulier pour le développement de nouveaux concepts, une excellente compréhension des interactions entre la surface des matériaux et les cellules et tissus biologiques. Cela implique également, si l'on veut aboutir à des solutions personnalisées aux propriétés réellement intéressantes, la mise en commun de l'expertise de plusieurs domaines tels que la science des matériaux, leur usinage et leur façonnage, la modélisation numérique et les sciences de la vie.

Prévoir la résistance des os

Le nombre croissant de fractures osseuses est un problème sanitaire d'envergure mondiale. Les fractures de la hanche, en particulier, réduisent la mobilité, entraînant une plus forte mortalité. La solidité des os dépend de leur densité minérale et de la qualité du tissu osseux. Pour mesurer le changement des tissus osseux avec

l'âge ou à la suite de problèmes de santé, on combine différents types d'exams et d'informations. L'Empa, l'Institut de technique chirurgicale de Berne et la Plateforme protéomique «Personalized Health and Related Technologies» (PHRT) de l'EPF de Zurich ont joint leurs compétences dans une étude interdisciplinaire dont l'objectif est d'améliorer les prévisions personnalisées de solidité et de risques de fractures des os.

Réduction des dépôts minéraux dans les tissus mous, une nouvelle approche

La calcification des tissus mous, c'est-à-dire la formation de composants anorganiques à base de phosphates de calcium dans les tissus adipeux, musculaires ou conjonctifs, est répandue et associée à différentes pathologies dont l'artériosclérose et le cancer. Cependant, la composition des minéraux impliqués et leur ultrastructure n'ont que très peu été étudiées. Le projet «Mineralomics» de l'Empa recourt aux méthodes les plus modernes d'analyse des matériaux pour identifier et caractériser l'intégralité des matériaux présents dans des échantillons de tissus mous. Ce projet est mené avec des partenaires de l'University College de Londres et diverses cliniques de l'Inselspital de

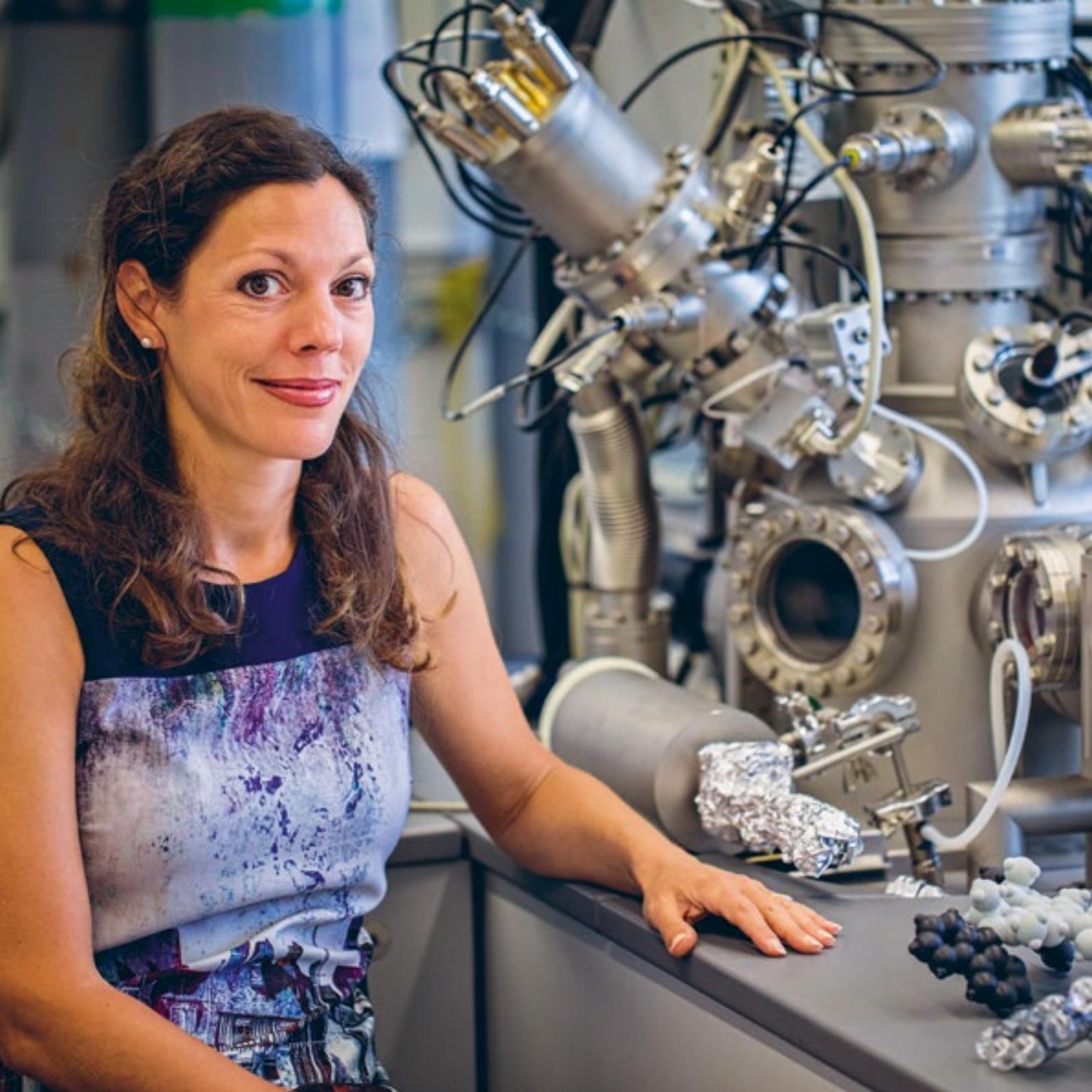
Berne et de l'Hôpital cantonal de Saint-Gall; il porte sur les dépôts de minéraux présents dans des biopsies de tumeurs ainsi que dans des valves cardiaques calcifiées. On en attend une amélioration des diagnostics ainsi que de nouvelles approches préventives et curatives.

Meilleur suivi de la guérison des plaies

Entre 1% et 2% de la population souffre de plaies chroniques, lesquelles représentent de 2% à 4% du coût de la santé. Par ailleurs, les blessures graves constituent la plus fréquente cause de mortalité dans les pays industrialisés. Le traitement de ces blessures se base actuellement sur des signes et symptômes visibles et dépend beaucoup de l'expérience du médecin traitant. Dans le cadre du projet «WoundSense», des chercheurs de l'Empa mettent au point une plateforme multi-capteurs non invasive de suivi des méta-bolites présents dans les excréments de plaies permettant de mieux surveiller le processus de guérison. //



Plus de 330 chercheurs travaillent à l'Empa dans le domaine des techniques médicales.





De la recherche à l'innovation

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

L'innovation par la coopération et le transfert des technologies

Marlen Müller, marlen.mueller@empa.ch

Il est crucial pour la Suisse – un petit pays – de maintenir sa position de champion mondial de l'innovation en entretenant et en développant sa tradition innovante qui est l'un des atouts de sa place économique. C'est pourquoi l'Empa, l'un des moteurs de l'innovation du pays, attache beaucoup d'importance aux partenariats étroits, interdisciplinaires et pointus avec l'industrie aussi bien qu'avec le monde universitaire. Cela lui permet de progresser sur la voie du développement durable et d'assurer le transfert des connaissances et des technologies des laboratoires à l'économie.

En 2018, l'Empa a lancé plus de 200 nouveaux projets de recherche avec des partenaires industriels, soit 18% de plus que l'année précédente. On a également déposé des demandes de brevet pour 14 nouvelles inventions et signé 16 nouveaux contrats de licence et de transfert de technologies avec des partenaires commerciaux.

Du «memory steel» pour les anciennes constructions

Jusqu'à ce jour, l'acier de précontrainte du béton était précontraint hydrauliquement. L'appareillage nécessaire à cette opération nécessite beaucoup de place, ce qui empêchait le renforcement des bâti-

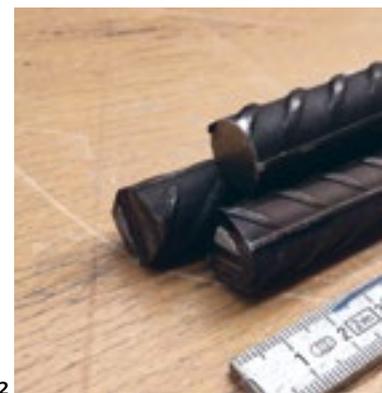
ments anciens qui en avaient le plus besoin. Après de nombreuses années de recherches, des experts de l'Empa et de la maison re-fer ont mis au point une nouvelle méthode prête à la production en série, basée sur des alliages ferreux à mémoire de forme. Ces éléments, lorsqu'on les chauffe, se rétractent et assurent ainsi la contrainte nécessaire au renforcement des structures de béton. On peut donc renoncer à la précontrainte hydraulique et chauffer brièvement l'acier par un courant électrique ou des rayons infrarouges. Ce nouveau matériau nommé «memory steel» a déjà fait ses preuves dans plusieurs projets pilotes; il est produit par l'entreprise Voestalpine Böhler Edelstahl et commercialisé par re-fer (voir également en page 14).

Evacuer la transpiration en pressant sur un bouton

Idéalement, les sports d'hiver devraient se pratiquer en vêtements qui tiennent le corps au chaud tout en évacuant la transpiration. Les tissus habituels ne satisfont généralement qu'une seule de ces deux exigences. La membrane électro-osmotique de l'entreprise suisse Osmotex est à l'origine du développement de la technologie Hydro-bot: une membrane percée de milliards de pores par mètre

1 Dans la pratique des sports hivernaux, le corps produit de grandes quantités d'humidité. Des tenues en textiles fonctionnels lui assurent néanmoins un microclimat agréablement chaud et sec. Deux membranes fonctionnelles intégrées à cette veste de ski en évacuent activement la transpiration vers l'extérieur. (Photo: Kjus)

2 Ces barres d'armature en alliage ferreux à mémoire de forme, le «memory-steel», se rétractent sous l'effet de la chaleur, exerçant une contrainte permanente sur les structures de béton. On peut ainsi se passer de la précontrainte hydraulique.



1



carré et entourée de tissus électriquement conducteurs. Sous l'effet d'une faible tension électrique, les pores se muent en micro-pompes qui évacuent rapidement et efficacement l'humidité vers l'extérieur. Un projet soutenu par Innosuisse a permis à des chercheurs de l'Empa d'amener cette technologie à maturité commerciale en partenariat industriel avec Kjus, Schoeller et Oxyphen. La première veste de ski de technologie Hydro-bot a été présentée en novembre 2018 par le fabricant suisse de vêtements de sport Kjus. Elle réagit à une commande semblable à une app de smartphone. L'évacuation active de l'humidité y assure un microclimat sec tout en maintenant l'isolation thermique.

Des textiles en polyamides ignifugés

Le polyamide 6 (PA6) est l'un des plus utilisés dans la confection de tissus pour l'industrie, le sport et les loisirs. L'un de ses défauts est qu'il prend facilement feu et dégage alors de grandes quantités de gaz toxiques. Les articles en PA6 ignifugés sont très peu répandus parce qu'ils contiennent des halogènes toxiques et parce que leurs propriétés mécaniques (p. ex. leur résistance) sont amoindries

par l'ignifugeant. Au vu du succès d'un avant-projet soutenu par Innosuisse, des chercheurs de l'Empa ont développé avec l'entreprise Litrax un nouvel additif du nom de L11 maintenant prêt à la commercialisation. Le L11, qui a fait l'objet d'une demande de brevet, ne contient pas d'halogènes, peut être produit par extrusion à chaud avec du PA6 sous forme de granulat pour la production de fibres, il est compatible avec la filature à chaud et présente d'excellentes propriétés anti-feu tout en laissant aux fibres de bonnes caractéristiques mécaniques. L11 suit actuellement la procédure européenne d'évaluation et d'autorisation de l'ordonnance REACH sur les substances chimiques, laquelle devrait aboutir cette année ou l'année prochaine. Plus rien alors ne s'opposera à la commercialisation des fibres de polyamides ignifugés. //

Diversité dans l'innovation – les incubateurs d'entreprises

Mario Jenni, mario.jenni@empa.ch

Peter Frischknecht, peter.frischknecht@empa.ch

Les deux incubateurs d'entreprises de l'Empa ont accompagné l'année dernière 55 start-up totalisant 286 collaborateurs, de leur projet commercial initial à l'entrée sur le marché.

Prix de l'innovation à la protection biologique des plantes et du bois

MycoSolutions est une spin-off de l'Empa de Saint-Gall qui développe des souches de champignons pour la protection biologique des plantes et du bois. On y sélectionne en laboratoire des variétés de Trichoderma qui seront soit adaptées aux besoins spécifiques de clients, soit vendues sur catalogue. La méthode permet de contrôler la propagation des micro-organismes nuisibles de manière entièrement biologique. Ainsi, la croissance d'arbres et de plantes a pu être sensiblement améliorée dans divers projets conduits en Italie, en Suisse, en Allemagne et en Autriche. Un des produits de MycoSolutions permettant de réduire la présence dans le sol de champignons détruisant le bois et de sensiblement prolonger la durée de vie des poteaux de bois – imprégnés ou non de chrome – a été distingué par l'Empa Innovation Award de 2018. En collaboration avec Swisscom AG, la spin-off a sélectionné un antagoniste et développé un procédé de contrôle

biologique des champignons résistant au cuivre. Remarquons que pour la seule entreprise Deutsche Telekom, le coût de la destruction prématurée des poteaux de bois s'élève chaque année à 25 ou 30 millions d'euros. Ce produit est déjà utilisé par Swisscom, BKW et d'autres fournisseurs d'électricité.

Une plateforme logicielle d'étude des systèmes énergétique de demain

Symphony est une spin-off de l'Empa qui se concentre sur les logiciels d'aide à la conception de réseaux de production et de distribution d'énergie renouvelable à l'échelle de quartiers ou de communes. Objectif: aider les bureaux d'étude à s'orienter rapidement, exhaustivement et efficacement dans le foisonnement des options technologiques à disposition et à identifier les quelques solutions répondant le mieux à une situation et à un client donné. Cette plateforme a été mise au point ces quatre dernières années dans le cadre du «Urban Energy Systems Laboratory» de l'Empa, dépendant de la chaire de Physique du bâtiment de l'EPFZ, et du «Swiss Competence Center for Energy Research» (SCCER Future Energy Efficient Buildings & Districts). //





Francis Schwarze (troisième de gauche), fondateur de la spin-off MycoSolutions AG, a consacré ses travaux de recherche aux nouvelles méthodes d'évaluation et de sélection d'auxiliaires de la lutte biologique, organismes qui sont déjà utilisés avec succès. Le prix Empa de l'innovation a été décerné cette année à l'entreprise pour ce transfert réussi du laboratoire au produit industriel.

L'Empa Zukunftsfonds – Une recherche qui voit loin

Gabriele Dobenecker, gabriele.dobenecker@empa.ch

Depuis maintenant 140 ans, l'Empa est l'un des principaux centres de recherches en sciences naturelles et sciences techniques de Suisse. Assurant le lien entre la recherche et la pratique, nos équipes de scientifiques, ingénieurs et techniciens trouvent des solutions aux principaux défis posés à notre industrie et à notre société, qu'il s'agisse de poser les bases d'un approvisionnement durable en énergie ou d'œuvrer au développement de technologies qui nous aideront à protéger notre santé. L'Empa s'est fixé pour tâche d'identifier et de frayer des chemins vers un avenir permettant aux générations futures de vivre de manière digne. Nos chercheurs doivent ainsi explorer de nouveaux horizons, pousser toujours plus loin les frontières de la science et de la technique. Cet effort constant est la raison d'être de l'«Empa Zukunftsfonds» (Fonds Avenir de l'Empa). Il finance aujourd'hui une série de recherches dont les résultats concernent le monde de demain et peuvent nous aider à trouver des réponses aux questions qui nous assaillent.

Le Fonds Avenir prête son soutien à des projets de recherche et à des chercheurs de talent qui, autrement, ne trouvent pas (encore) d'appui, à des idées qui, correctement mûries, pourraient ap-

porter une importante contribution à l'équilibre et à la durabilité du monde. L'«Empa Zukunftsfonds» alloue les moyens qui lui ont été confiés à titre de donations d'intérêt général par des entreprises, des fondations et des personnes privées. C'est ainsi, et à l'aide de ses moyens propres, que l'Empa a déjà pu lancer toute une série de projets difficiles et prometteurs.

Traitement ciblé de la septicémie

La septicémie est une infection potentiellement mortelle ayant échappé à tout contrôle. En Suisse, chaque année, près de 15'000 personnes en sont victimes. Dans un tiers des cas, l'issue est fatale. Le traitement est difficile car l'agent pathogène est souvent difficile à identifier. La thérapie consiste le plus souvent en antibiotiques à large spectre dont l'usage à fortes doses est l'une des causes de la résistance accrue des germes pathogènes. C'est pourquoi un projet soutenu par la Fondation Novartis étudie une nouvelle manière de traiter la septicémie. Les microbes circulant dans le sang y sont «pêchés» par de nanoparticules magnétiques. Ce qui doit permettre d'une part d'identifier rapidement les bactéries à l'origine de l'infection et, d'autre part, de prescrire un antibiotique mieux ciblé.

Nouveaux matériaux pour les filtres à eau

Chaque année, des centaines de millions de personnes tombent malades pour avoir consommé de l'eau souillée. Des millions d'entre elles y laissent leur vie. Les filtres habituels permettent de retenir les bactéries et les petits organismes; ils restent toutefois impuissants face aux virus qui sont cinquante fois plus petits que les bactéries. L'objet de ce projet est de développer des matériaux revêtus d'une couche spéciale qui, sous forme de carrelage, retiennent les virus pathogènes.

La batterie au sel: sûre et bon marché

L'eau pourrait être à la base de batteries particulièrement sûres et bon marché. En 2018, des chercheurs de l'Empa ont réussi à en doubler la stabilité électrochimique à l'aide d'une solution saline spéciale. Ce qui permet d'envisager l'exploitation commerciale de cette technologie. Le projet a pour origine une recherche financée en 2015 par le Empa Zukunftsfonds. En 2018, le projet s'est trouvé parmi les finalistes du «Falling Walls Lab» organisé chaque année à Berlin. //



1

1
Traitement ciblé de la septicémie:
les bactéries peuvent être
éliminées par purification magné-
tique du sang.

2
Kiosque à eau avec filtration
sur membrane en Ouganda.
(Photo: Eawag)

3
Recherche sur l'électrolyte d'eau.



2



3

Globalisation des partenariats

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

On l'entend de toute part, aussi à l'Empa: la recherche est une affaire globale. Ce n'est pas une formule creuse mais bien un fait, comme en témoigne une récente étude sur nos projets de recherche. 60% des publications scientifiques des chercheurs de l'Empa résultent d'une collaboration avec des partenaires étrangers. En tout et pour tout, l'Empa a collaboré ces cinq dernières années avec des partenaires de 93 pays, soit pratiquement le monde entier, bien que 60% de ces partenaires relèvent de l'espace européen, et que quatre pays, les Etats-Unis, le Japon, la Chine et la Corée du Sud, soient nettement surreprésentés.

Collaborations stratégiques

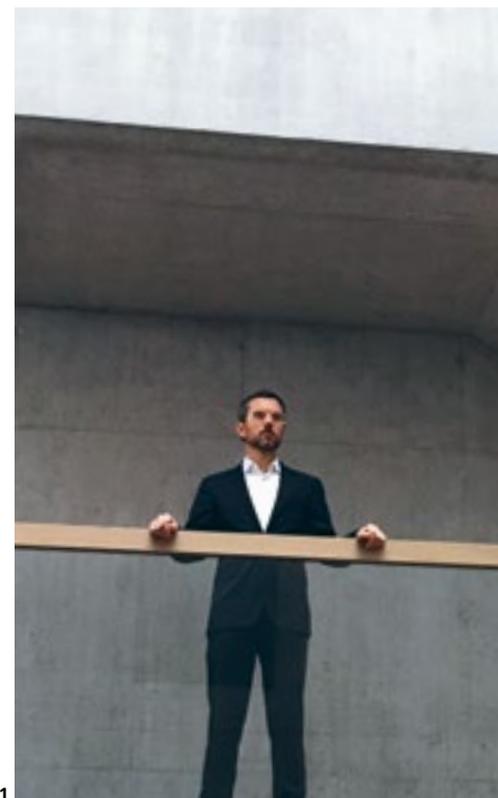
C'est dans le cadre du programme ICON («International Cooperation and Networking») de coopération internationale stratégique de la Fraunhofer-Gesellschaft que l'Empa et l'Institut Fraunhofer d'étude des silicates de Würzburg ont lancé au début 2019 un projet de recherche commun visant à poser les bases d'une nouvelle génération de batteries pour voitures électriques prêtes à être produites en série, en collaboration avec l'industrie et jusqu'à la réalisation des premiers prototypes. A la différence des accumulateurs lithium aujourd'hui omniprésents, les

nouvelles batteries ne doivent contenir que de matières solides et plus d'électrolyte liquide inflammable. Par son programme ICON, la Fraunhofer-Gesellschaft souhaite développer ses collaborations scientifiques au niveau international avec des centres d'excellence spécialisés dans divers domaines. Des projets ont déjà été lancés entre autres avec l'Université de Cambridge et l'Université Johns Hopkins. Le projet avec l'Empa est le premier projet ICON avec un partenaire suisse.

Le nouveau «Materials and Technology Center of Robotics» de l'Empa et de l'Imperial College London, lui, se concentre sur les drones autonomes. L'objectif de cette coopération lancée en décembre dernier est de faire profiter la robotique des nouveaux matériaux fonctionnels. Pour pouvoir évoluer librement, les robots-drones se sont installés dans le bâtiment de recherche NEST. Ils vont y cohabiter avec les autres occupants et, par exemple, participer en toute autonomie à l'entretien du bâtiment pour en faciliter l'exploitation.

L'Empa et la Swiss-Swedish Innovation Initiative

Le 25 septembre, quelque 150 chercheurs et représentants de l'industrie de Suède et de Suisse se sont réunis à l'Aca-



1



2



1

Le chercheur en robotique Mirko Kovac dirige le tout nouveau «Materials and Technology Center of Robotics» de l'Empa et de l'Imperial College London.

2

Réunion de la Swiss-Swedish Innovation Initiative dans l'Académie de l'Empa en septembre dernier. Environ 150 chercheurs et représentants de l'industrie suédoise et suisse se sont rencontrés pour un échange de connaissances dans le domaine Advanced Manufacturing.



démie de l'Empa dans le cadre de la Swiss-Swedish Innovation Initiative (SWII), programme officiel de partenariat d'encouragement à la recherche et au développement orientés marché. La réunion avait pour thème l'Advanced Manufacturing (AM). Ces rendez-vous périodiques de réseautage – celui de septembre 2018 a été ouvert par l'ambassadeur suédois Magnus Hartog-Holm – ont pour objectif de réunir des représentants des entreprises les plus innovantes des deux pays et des chercheurs de pointe afin de développer les collaborations bilatérales dans plusieurs domaines stratégiques. Lancée en octobre 2012, la SWII a déjà débouché sur 34 projets bilatéraux de recherche et de développement pour un total d'environ 43 millions d'euros.

Des visiteurs du monde entier

Signalons enfin que cette année encore, de nombreuses délégations étrangères sont venues visiter l'Empa et ses installations de recherche. Parmi elles, celles de divers länder allemands, dont celle des ministres de l'économie de Rhénanie-Palatinat et de Saxe, Volker Wissing et Martin Dulig, ainsi qu'une délégation de Baden-Württemberg International (bw-i), le centre de compétences du Bade-Wurtemberg pour l'internationalisation de l'économie et de

la science, pour y parler des futures collaborations avec l'Empa dans le domaine de la mobilité, ainsi qu'un groupe de l'Agence d'encouragement de la technologie, de l'innovation et de la recherche de Thuringe (STIFT). Nous avons également reçu une délégation indienne conduite par l'ambassadeur Sibi George, ainsi que la visite de Peter Dröll, directeur des technologies industrielles de la direction générale «Recherche et Innovation» de la Commission européenne. Peter Dröll a participé fin septembre à l'«Empa Technology and Innovation Forum» (ETIF) qui, en 2018, avait pour thème «Sécurisation de la place industrielle suisse – l'atout innovation». //

En tant qu'institut de recherche, l'Empa est largement financé pas des moyens publics, c'est-à-dire par l'impôt. L'institut tient donc beaucoup à entretenir des échanges bien nourris avec les représentants du monde politique et de la société, lesquels en sont en quelque sorte «propriétaires». Ces échanges ont lieu d'une part lors des nombreuses visites que l'Empa reçoit au cours de l'année ainsi que lors des manifestations professionnelles organisées par l'Académie de l'Empa. L'an dernier, l'Empa a reçu quelque 16 000 visiteurs, soit le même nombre que l'année record 2017. Parmi eux, de nombreuses délégations étrangères (voir en page 52), de nombreuses entreprises et associations professionnelles suisses telles que, par exemple, Femmes & PME du canton de Zurich, ainsi que des représentants d'administrations cantonales ou de l'administration fédérale, comme une délégation du Tribunal administratif fédéral. Mentionnons également les nombreux événements organisés en Suisse sur les grandes questions que sont, par exemple, la recherche, l'innovation, la durabilité et la compétitivité.

Le Parc de l'innovation prend forme

C'est ainsi que le Parc de l'innovation de Zurich a célébré au début mars dans le

périmètre du terrain d'aviation de Dübendorf une nouvelle étape de son développement: une journée des portes ouvertes pour l'inauguration du Pavillon en tant que centre de rencontre et premier élément du nouveau projet. Ont entre autres participé à la fête le Conseiller fédéral Guy Parmelin et la Conseillère d'Etat zurichoise Carmen Walker Späh. Les grands thèmes qui y feront l'objet de recherches sont la robotique, les véhicules autonomes ainsi que, sous la conduite de l'Université de Zurich, l'aéronautique et l'aérospatial, et, sous celle de l'Empa, les techniques modernes de production (Advanced Manufacturing).

L'innovation est également l'un des grands thèmes du WEF

Une quarantaine de représentants du monde politique suisse ont répondu à l'invitation du Domaine des EPF les conviant à l'Institut Fédéral de Recherches sur la Forêt, la Neige et le Paysage (WSL/SLF) de Davos à l'occasion du World Economic Forum (WEF). Parmi les personnes présentes, citons le Conseiller fédéral Guy Parmelin, nouveau chef du Département de l'économie, de la formation et de la recherche (DEFR) et, à ce titre, responsable du Domaine des EPF, et la nouvelle secrétaire d'Etat Martina Hirayama du

Secrétariat d'Etat à la formation, à la recherche et à l'innovation (SEFRI). La direction de l'Empa était représentée par Gian-Luca Bona et Tanja Zimmermann, et a présenté aux participants quelques surprenantes innovations centrées sur le bois, telles que «Swiss Ebony», une alternative durable et ignifuge aux bois tropicaux menacés comme l'ébène, et le «bois marbré» produit à partir d'essences locales communes traités par une «cure de champignons» et se prêtant à la réalisation de magnifiques meubles, instruments de musiques et autres travaux de designers.

La recherche attire aussi les médias

Outre ces échanges directs et animés, l'Empa s'est également adressée indirectement à ses partenaires par le truchement des médias. L'impressionnante moisson de résultats enregistrée dans ses laboratoires en 2018 a suscité beaucoup d'intérêt. En témoignent plus de 5300 articles en 32 langues consacrés aux travaux de recherche de l'institut, dont plus de 1250 dans les médias imprimés et 56 contributions télévisées. Ces deux chiffres constituent de nouveaux records. //



1

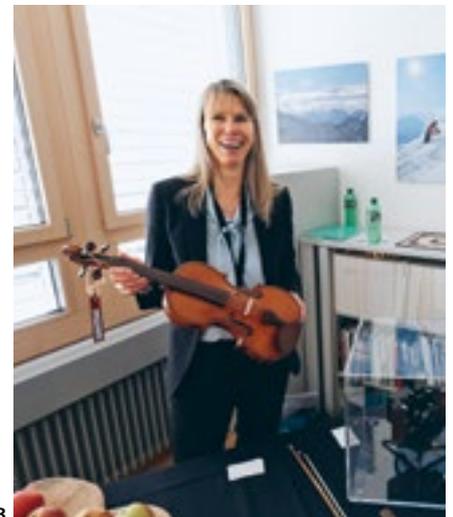
1
Le directeur de l'Empa, Gian-Luca Bona (à gauche), membre du conseil de fondation du Parc de l'innovation de Zurich, se réjouit de l'ouverture du Parc de l'innovation qui s'installe dans le périmètre du terrain d'aviation de Dübendorf, en compagnie du Conseiller aux Etats Ruedi Noser et de la Conseillère d'Etat Carmen Walker Späh.



2

2
Le directeur de l'Empa Gian-Luca Bona (à droite) s'entretient lors du World Economic Forum (WEF) à Davos avec le nouveau chef du Département de l'économie, de la formation et de la recherche, le Conseiller fédéral Guy Parmelin. (Photo: Markus Mallaun)

3
Tanja Zimmermann, directrice du département «Functional Materials» de l'Empa, présente lors du WEF un violon en «ébène suisse». (Photo: Markus Mallaun)



3

Soutenir l'égalité des chances et la diversité

Marianne Senn, marianne.senn@empa.ch

Le Conseil des EPF a publié en 2018 sa Stratégie des genres 2017–2020. Elle doit permettre d'améliorer la parité ainsi que l'égalité des chances entre hommes et femmes. Il s'agit en particulier d'augmenter la proportion de femmes dans l'enseignement et la recherche ainsi qu'aux postes de direction. En mars 2018, la Confédération publiait à son tour son «Rapport annuel sur la gestion du personnel» qui analyse également l'évolution observée dans le Domaine des EPF ces cinq dernières années. On voit que la proportion générale de femmes n'a que modestement progressé depuis 2013, passant à 34 %; chez les cadres, elle est passée de 17 à 20 %. A l'Empa, la proportion générale de femmes est de 28 % (moins 1 % par rapport à 2013) et est restée stable chez les cadres avec 16 %.

Soutien aux (jeunes) femmes scientifiques

L'Empa poursuit sa participation aux programmes de soutien ciblé pour jeunes femmes engagées dans la recherche. Le Laboratoire fédéral soutient entre autres le programme «Fix the leaky pipeline» du groupe de travail «Égalité des chances des EPF» qui entend limiter le départ des femmes du champ scientifique après un doctorat ou un postdoc. Quelques docto-



L'Empa n'est pas qu'un des lieux d'excellence de la recherche suisse, mais également l'une des meilleures entreprises formatrices du pays, comme le précise le bureau «Great Place to Work». Avec un millier de collaborateurs, plus de 40 apprenti(e)s dans dix filières d'apprentissage, l'Empa est un centre de recherche peu commun, passionnant et pratiquant une pédagogie moderne. (Photo Marc Weiler)



rantes et postdocs de l'Empa ont participé aux cours et groupes de coaching; par contre, on n'a pas encore pu enregistrer d'échanges fructueux entre mentors et mentees. Quant aux travaux de mise en place du programme «CONNECT» du groupe de travail «Égalité des chances des EPF», ils avancent à grands pas. Il a pour but de mettre de jeunes femmes scientifiques en contact avec de jeunes femmes cadres de l'économie et de l'administration afin de leur faciliter l'accès à ces secteurs professionnels.

Le cycle de manifestations «women in science» de l'Empa et de l'Eawag s'adresse à l'ensemble du personnel scientifique féminin des deux instituts. Deux événements ont eu lieu en 2018: la conseillère en management Silvie Klein-Franke s'est penchée sur les facteurs de succès des femmes envisageant de prendre une position de dirigeante. Le rendez-vous suivant avait pour sujet les start-up. Trois femmes assumant des fonctions différentes l'ont animé: Cornelia Gut, directrice de la Fondation Startfeld, réseau pour l'innovation et les start-up de la région Saint-Gall-Lac-de-Constance, la néo-entrepreneuse Kristin Schirmer, qui,

alors chercheuse à l'Eawag, a fondé la start-up aQuatox Solutions GmbH, et Andrea Kennel, présidente de l'Association Suisse des Femmes Ingénieures (ASFI) et cheffe d'Infopunkt Kennel GmbH. Il en est ressorti une image vive et inspirante de la scène suisse des fondatrices de start-up.

Science pour la jeunesse

Le soutien à la relève féminine a également été l'un des grands thèmes de la journée Futur en tous genres. Le programme «Filles et technique» a permis à près de la moitié des participantes de découvrir les différents métiers pratiqués à l'Empa. Au-delà des questions de genre, l'Empa a de nouveau organisé en 2018 un camp d'été pour nos juniors. Une partie des parents travaillant à l'Empa ont ainsi pu faire profiter leurs enfants d'une semaine de vacances intelligemment occupée. Ce camp d'été est pour les enfants l'occasion de se faire une première idée du monde professionnel de leurs parents.

Diversité

La diversité des collaborateurs et collaboratrices de l'Empa se manifeste clairement dans la variété de leurs origines. En 2017, un peu moins de 60% d'entre eux étaient d'origine suisse et un peu plus de 40% d'origine étrangère, représentant plus de 50 pays. La diversité se manifeste aussi par le nombre des collaborateurs techniques et administratifs venant compléter le personnel scientifique. Par ailleurs, outre ses étudiants et doctorants, l'Empa forme plus de 40 apprentis dans dix filières d'apprentissage. //

Rénovation majeure – Impact majeur

Marcel Gauch, marcel.gauch@empa.ch

L'optimisation du patrimoine bâti du site de Dübendorf et l'avancement des travaux sur son réseau d'eau tempérée vont bon train. Bientôt, il sera possible d'échanger de l'énergie entre producteurs et consommateurs à différents niveaux de température. Le réseau relie l'ensemble du campus de l'Empa et de l'Eawag à Dübendorf et, en conjonction avec l'optimisation des bâtiments, permettra de réduire considérablement la demande en sources d'énergie fossiles. Une planification globale du stockage temporaire de la chaleur pendant les mois froids permettra de réduire davantage les besoins en gaz naturel et de diminuer les émissions de CO₂ qui en découlent. Cette transformation globale du site a pris pour modèle l'Energy Hub (ehub), qui relie le bâtiment de recherche NEST au démonstrateur énergie move et est capable de distribuer l'énergie disponible de manière judicieuse grâce à son concept intelligent de réseau et de pilotage. Pour une fois, la recherche à l'Empa n'a donc visé qu'à satisfaire ses propres besoins.

Analyse de la mobilité des collaborateurs de l'Empa

Pour la première fois, une vaste enquête sur les habitudes de déplacement a été menée auprès des collaboratrices et col-

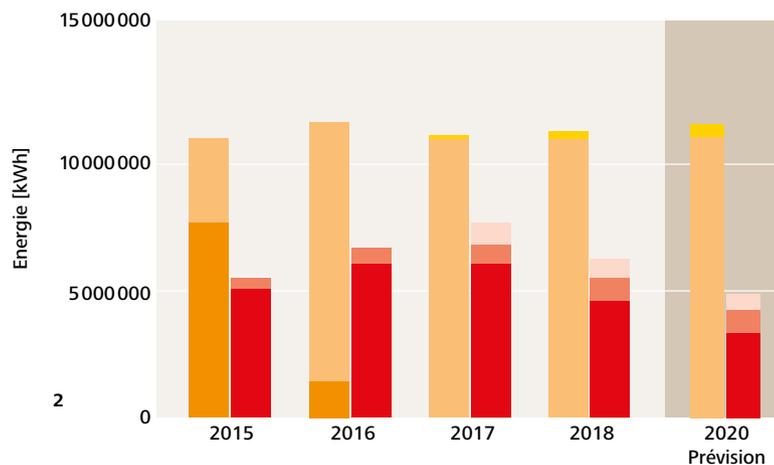
laborateurs de l'Empa sur les trois sites. Grâce à un taux de réponse de 52 %, elle a fourni des résultats représentatifs et intéressants. La longueur moyenne d'un aller simple pour se rendre au travail à l'Empa est d'environ 24 kilomètres. Les collaborateurs du site de Thoune effectuent le trajet domicile-travail moyen le plus long (34 km), suivis par ceux de Saint-Gall (27,5 km) et de Dübendorf (22 km). Au total, les collaborateurs de l'Empa parcourent annuellement dans ces allers-retours quelque 10 millions de km, dont 62 % en transports publics, 28 % par des moyens de transport individuel motorisés et 10 % à pied ou à vélo. Il est intéressant de comparer ces chiffres avec le kilométrage effectué pour des raisons professionnelles: il n'en représente environ que la moitié, dont 4 millions de kilomètres par avion.

Evolution de la consommation d'énergie

La demande en électricité a été maintenue au niveau de l'année précédente, la totalité provenant de sources renouvelables. La part de l'énergie solaire produite à l'Empa a presque doublé. Les mesures de réaménagement en cours ont un impact positif sur les besoins de chauffage: en raison de la baisse des

besoins énergétiques due aux travaux de modernisation et de rénovation, il a fallu acheter nettement moins de gaz naturel. De plus, une proportion accrue de biogaz contribue de manière significative à l'amélioration du bilan CO₂. //





- Courant réseau kWh/a
- Courant renouvelable kWh/a
- Courant photovoltaïque kWh/a
- Chaleur fossile kWh/a
- Chaleur Biogaz kWh/a
- Chauffage urbain kWh/a

1

L'Energy Hub relie le bâtiment de recherche NEST au démonstrateur énergie-mobilité move. La saisie généralisée des données permet d'étudier les possibilités d'amélioration de l'efficacité énergétique globale.

2

Tendance de la consommation en énergie de l'Empa. Depuis 2017, toute l'électricité provient de sources renouvelables et le rendement de nos installations photovoltaïques a pu être augmenté.



Faits et chiffres

Les chercheurs aiment bien mesurer, y compris leurs propres performances: en 2018 les chercheuses, chercheurs, ingénieures et ingénieurs de l'Empa ont publié 700 articles dans des revues scientifiques et déposé 14 brevets pour leurs développements. A la fin de l'année, 122 projets financés par le Fonds national suisse (FNS), 95 projets soutenus par Innosuisse et près de 70 projets UE étaient en cours à l'Empa. Ses 26 spin-off occupaient avec les autres start-up de ses deux incubateurs d'entreprises au total 784 collaborateurs.

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

Stefan Hösli, stefan.hoesli@empa.ch

La gestion des risques a pour objectif d'identifier à temps les risques auxquels l'entreprise et ses collaborateurs sont exposés, de les analyser et de déterminer les mesures à prendre, puis de s'assurer de l'efficacité de ces mesures. Cette approche entretient une réelle culture de la sécurité garante de l'amélioration constante du niveau de sécurité de l'Empa.

Les bases de la gestion des risques

L'Empa règle sa politique de sécurité sur les directives de gestion des risques édictées par le Domaine des EPF et la Confédération. Sa politique rigoureuse de sécurité et de gestion des risques procède d'une approche cohérente et systématique des nombreux risques encourus par et à l'Empa. La première priorité de l'ensemble des mesures est la protection de la vie et de l'intégrité corporelle de ses collaborateurs, de ses hôtes et de toute personne exposée à ses activités. Ses autres objectifs sont la protection de l'environnement contre, la protection du savoir-faire, de la propriété intellectuelle ainsi que de la réputation de l'établissement. L'accent porte avant tout sur la prévention.

La gestion des risques suit une procédure normalisée qui commence par l'inventaire périodique des risques. Chaque risque est évalué quant à sa probabilité d'occurrence et ses conséquences possibles, tout au moins sur les plans financier et de la réputation. Finalement, les mesures nécessaires à leur maîtrise sont précisées et mises en œuvre. Le processus de gestion des risques est périodiquement soumis au contrôle et, si nécessaire, adapté.

Extension de la gestion des risques

Le renforcement des effectifs de l'équipe de gestion des risques a porté ses premiers fruits en 2018. Si le nombre des demandes n'a cessé de croître, il a toujours été possible d'y répondre à temps. Divers projets ont été menés à bonne fin, et de nouveaux ont été lancés.

Le projet le plus coûteux a été la finalisation, l'installation et la mise en service d'un système de surveillance vidéo professionnel sur le site de Dübendorf. Le suivi légal et l'implication des représentants du personnel ont permis de trouver des solutions acceptables par tous et respectant la protection de la personnalité. Le système d'évacuation a également été renforcé en cours d'année. Un important logiciel, maintenant évalué et testé, va beaucoup faciliter l'alerte des collaborateurs travaillant sur ordinateur et améliorer l'efficacité générale du système d'alarme, réduisant d'autant les temps de réaction. Dès 2019, il permettra, en cas d'incident, d'informer simultanément tous les utilisateurs de PC. Par ailleurs, quelques mesures ont été prises pour poursuivre la professionnalisation de l'équipe d'intervention en cas d'incendie ou d'incident chimique. Elle bénéficiera de formations et d'exercices renforcés, et les investissements dans les équipements et l'infrastructure seront accrus.

En 2018, la gestion des risques de l'Empa a fait l'objet d'un audit interne approfondi par le Conseil des EPF. L'audit a porté sur la gouvernance, la gestion des risques, le respect des règles, les concepts d'intervention, les processus et les

mesures de contrôle. L'audit a conclu à la compétence de l'Empa en la matière, à la très bonne organisation de la sécurité, à l'excellent engagement de son personnel ainsi qu'à l'excellent niveau de sécurité assuré.

La sensibilisation des collaborateurs aux mesures de sécurité a été nettement améliorée. En témoigne le nombre accru de questions sur des points de sécurité tels que les vols de drones au-dessus du campus et des bâtiments, la protection contre les explosions, les risques présentés par certaines réactions chimiques ou l'examen des mesures à respecter dans la construction sur le campus de l'Empa d'un tronçon d'essai pour le prestigieux projet Swissloop de l'EPF. Dans le domaine des constructions, on intègre maintenant l'étude des risques dès les premières étapes d'un projet, et cela inclut par exemple l'évaluation des risques naturels et celle de la sécurité sur les chantiers. D'importants efforts ont été consacrés en 2018 à ce type d'études préalables dans le cas du projet de nouveau bâtiment de laboratoires.

L'évolution de la société et des techniques s'accompagne d'un souci croissant pour la sécurité de l'information. On n'a pas encore pris suffisamment conscience du fait que la sécurité dépasse largement le travail d'un département de la communication et de l'information et que le mode de travail et la manière d'échanger les informations de chaque collaborateur sont décisifs. La question ne peut que gagner en importance et va prochainement mobiliser toute l'attention de l'équipe de gestion des risques. //

Evolution du personnel

(les chiffres de l'année précédente entre parenthèses)

André Schmid, andre.schmid@empa.ch

A la fin 2018, L'Empa occupait 994 (966) personnes, apprentis compris. Du fait des nombreuses possibilités de temps partiel, cela équivaut à 928,6 (895,4) postes à plein temps. Les nouveaux venus sont avant tout des doctorants (+ 18) et des postdocs (+ 8).

Le personnel scientifique s'élevait à 558 (530) personnes, dont 108 (116) senior scientists. 396 (392) personnes travaillaient dans le domaine technique et administratif. Avec 28,9 (28,1) %, la proportion des femmes représentait celle des diplômées des facultés des universités et des EPF représentées à l'Empa.

Le nombre d'étrangers s'élevait à 426 (399), soit 43,9 (41,3) % des effectifs totaux. 281 (262) de ces personnes provenaient de l'espace de l'Union européenne, soit 64,4 (65,7) % des collaborateurs étrangers. L'Empa, qui offre une large palette d'apprentissages, occupait 40 (44) apprentis. En 2018, tous les apprentis en fin de formation ont cette fois encore passé avec succès leurs examens de fin d'apprentissage. //

EFFECTIFS DU PERSONNEL

AU 31 DÉCEMBRE 2018

	2017	2018
Personnel scientifique	530	558
Personnel technique/administratif	392	396
apprentis	44	40
Total	966	994

Chiffres clés

PRODUCTION SCIENTIFIQUE

	2017	2018
Publications ISI	695	700
Contributions à des conférences	1328	1372
Thèses de doctorat achevées	33	45
Doctorats en cours	177	191
Activités d'enseignement (en heures)	3987	4423
Prix/distinctions	65	81

PRÉSENCE DANS LES MÉDIAS

	2017	2018
Radio	103	72
TV	54	56
Presse écrite	1200	1250
Online	4850	3850
Total	6205	5250
Langues	34	32

ACADÉMIE EMPA

	2017	2018
Manifestations de l'Empa	55	96
Participants	3400	5931
Congrès scientifiques	10	17
Manifestations spécialisées pour l'industrie	36	24

TRANSFERT DE SAVOIR ET DE TECHNOLOGIE

	2017	2018
Nouveaux accords de recherche et développement	175	208
Contrats de valorisation actifs (licences/options/ventes)	68	68
Nouveaux contrats de valorisation	13	16
Nouveaux dépôts de brevet	14	14

SPIN-OFF & START-UP (tebo et glaTec)

	2017	2018
Entreprises total	72	94
dont spin-off	24	26
Collaborateurs total	580	784
dont collaborateurs spin-off	118	131

PROJETS EN COURS

	2017	2018
FNS	120	122
CTI/Innosuisse	103	95
Projets UE	69	69

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

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

MEMBRES

Kristin Becker van Slooten *Dr., EPF Lausanne*

Gian-Luca Bona *Prof. Dr., Empa*

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

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

Susan Gasser *Prof. Dr., Dr. h. c. mult., Universität Basel*

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

Christiane Leister, *Leister AG, Kägiswil*

Joël Mesot *Prof. Dr., PSI, ETH Zürich*

Martin Vetterli *Prof. Dr., EPF Lausanne*

Industrial Advisory Board

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

PRÉSIDENT

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

MEMBRES

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

Burkhard Böckem **Dr.**, Hexagon, Heerbrugg

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

Andreas Hafner **Dr.**, BASF, Bâle

Markus Hofer **Dr.**, Bühler, Uzwil

Urs Mäder **Dr.**, SATW, Zurich

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

Commission de la Recherche

La commission de la recherche et la commission «International peer review committee» conseillent la direction de l'Empa sur la recherche, sur le choix des activités R&D et dans l'évaluation des projets R&D internes.

MEMBRES

Urs T. Dürig **Dr.**, SwissLitho AG, Zurich

Rik Eggen **Prof. Dr.**, Eawag, Dübendorf

Thomas Egli **Prof. em. Dr.**, Feldmeilen

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

Alexander Wokaun **Prof. em. Dr.**, Endingen

Organigramme

Etat avril 2019

RESEARCH FOCUS AREAS

(Axes de recherche)

Matériaux nanostructurés

Dr. Pierangelo Gröning

Sustainable Built Environment

Dr. Tanja Zimmermann
Prof. Dr. Giovanni Terrasi

Santé et performances

Prof. Dr. Alex Dommann

Ressources naturelles et polluants

Dr. Brigitte Buchmann

Energie

Dr. Peter Richner
Urs Elber

DIRECTION

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

DÉPARTEMENTS

Matériaux modernes et surfaces	Science de l'ingénierie	Materials Meet Life
Dr. Pierangelo Gröning	Dr. Peter Richner	Prof. Dr. Alex Dommann
Centre de microscopie électronique Dr. Rolf Erni	Center for Synergetic Structures Dr. Cédric Galliot	Center for X-ray Analytics Prof. Dr. Antonia Neels
		Electronics & Reliability Center Prof. Dr. Alex Dommann
LABORATOIRES		Nanoscale Materials Science Prof. Dr. Hans Josef Hug
Technologie des assemblages et corrosion Dr. Lars Jeurgens	Ingénierie des structures Prof. Dr. Masoud Motavalli	Biomimetic Membranes and Textiles Prof. Dr. René Rossi
Advanced Materials Processing Prof. Dr. Patrik Hoffmann	Mechanical Systems Engineering Prof. Dr. Giovanni Terrasi	Particles-Biology Interactions Dr. Peter Wick
nanotech@surfaces Prof. Dr. Roman Fasel	Multiscale Studies in Building Physics Viktor Dorer	Biointerfaces Prof. Dr. Katharina Maniura
Mécanique des matériaux et nanostructures Dr. Johann Michler	Experimental Continuum Mechanics Prof. Dr. Edoardo Mazza	Transport at Nanoscale Interfaces Prof. Dr. Michel Calame
Films minces et photovoltaïque Prof. Dr. Ayodhya N. Tiwari	Urban Energy Systems Dr. Kristina Orehounig	
Polymères fonctionnels Prof. Dr. Frank Nüesch		

PLATEFORMES DE RECHERCHE ET DE TRANSFERT DE SAVOIR ET DE TECHNOLOGIE

NEST/dhub Reto Largo	move Dr. Brigitte Buchmann	ehub Philipp Heer	Coating Competence Center Dr. Lars Sommerhäuser	Académie Empa Claudia Gonzalez	Business Incubators glaTec Mario Jenni STARTFELD Peter Frischknecht	International Research Cooperations Prof. Dr. Gian-Luca Bona
--------------------------------	--------------------------------------	-----------------------------	---	--	--	--

Empa-Portal portal@empa.ch / Tél. +41 58 765 44 44 / www.empa.ch/web/empa/empa-portal

Mobilité, énergie et environnement	Functional Materials	Corporate Services
Dr. Brigitte Buchmann	Dr. Tanja Zimmermann	Dr. Urs Leemann
	Materials and Technology Center of Robotics Dr. Mirko Kovac	Bibliothèque (Lib4RI) Dr. Lothar Nunnenmacher
		Fundraising / Entrepreneurship / Industry Relations Gabriele Dobenecker
Materials for Energy Conversion Dr. Corsin Battaglia	Céramiques hautes performances Prof. Dr. Thomas Graule	Service Informatiques Stephan Koch
Advanced Analytical Technologies PD Dr. Davide Bleiner	Construction routière / Etanchéités Dr. Peter Richner a.i.	Bureau d'étude / Atelier mécanique Stefan Hösli
Polluants atmosphériques/ Techniques de l'environnement Dr. Lukas Emmenegger	Cellulose & Wood Materials Dr. Gustav Nyström	Finances / Controlling / Achats Heidi Leutwyler
Technologies de propulsion automobile Christian Bach	Béton / Chimie de la construction Prof. Dr. Pietro Lura	Communication Dr. Michael Hagmann
Materials for Renewable Energy Prof. Dr. Andreas Züttel (Antenne Sion)	Building Energy Materials and Components Dr. Matthias Koebel	Ressources humaines André Schmid
Technologie et société Dr. Patrick Wäger	Advanced Fibers Prof. Dr. Manfred Heuberger	Transfert de savoir et de technologie / Droit Marlen Müller
Acoustique / Contrôle de bruit Kurt Eggenschwiler		Real Estate Management Hannes Pichler

Empa – The Place where Innovation Starts

Empa
www.empa.ch

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

CH-9014 Saint-Gall
Lerchenfeldstrasse 5
Téléphone +41 58 765 74 74
Fax +41 58 765 74 99

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



Empa

Materials Science and Technology