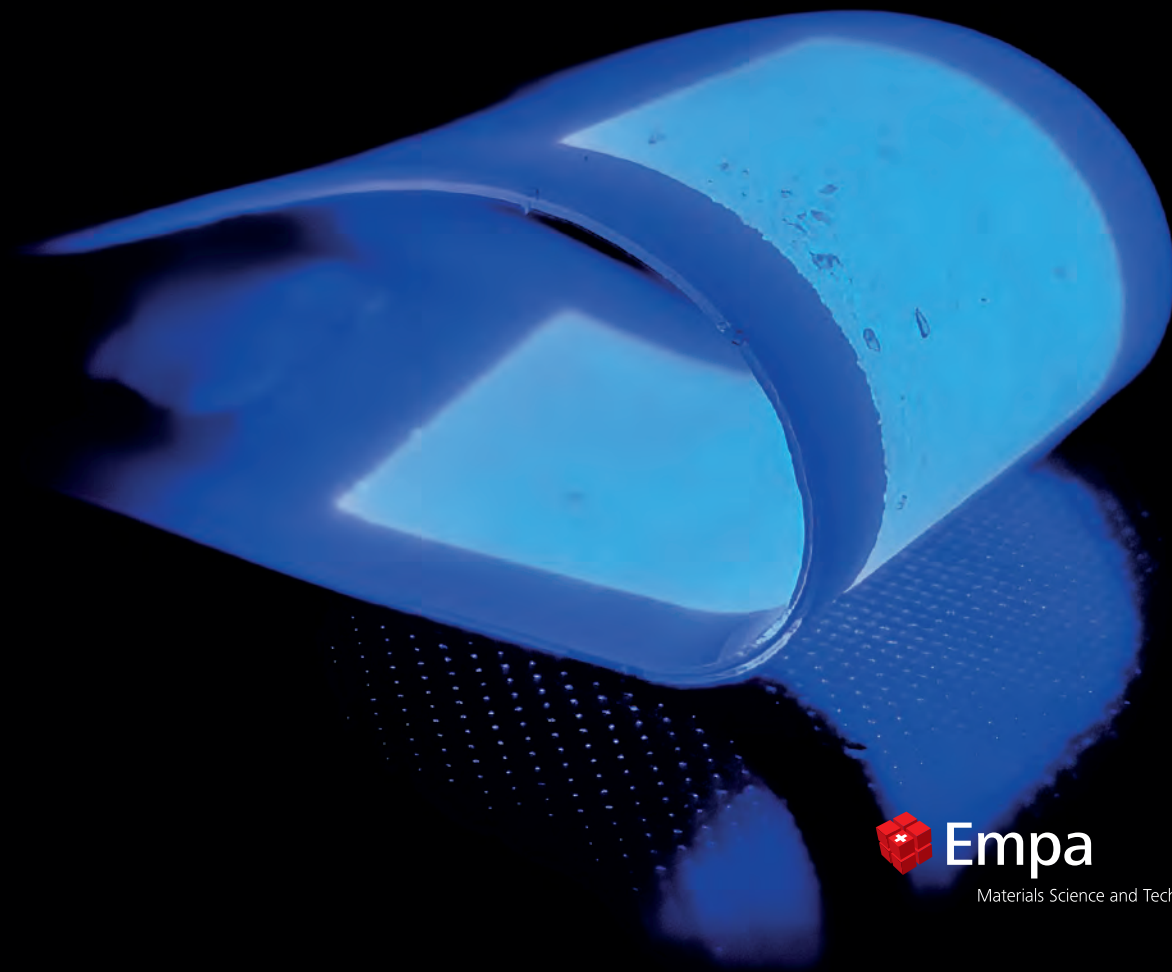


Rapport annuel 2022



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:

Ruban électroluminescent étirable à courant alternatif pour application en composants électroniques, par exemple dans des écrans flexibles.

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

© Empa 2023 – ISSN 1424-2176 Rapport annuel Empa



ClimatePartner
klimaneutral

Druck | ID: 5222-1004-1011



Imprimé sur du papier recyclé à 100%



Pour que la recherche porte de beaux fruits: focaliser les efforts, collaborer

L'an 2022 aura été une année pleine de changements partout dans le monde, en Suisse et à l'Empa. En juin dernier, après treize remarquables années sous la direction de mon prédécesseur Gian-Luca Bona, l'Empa m'a été confiée. Une responsabilité que je reprends avec énergie et enthousiasme, mais aussi avec respect. D'où ma grande joie en voyant le soutien que m'ont témoigné tant nos partenaires de l'industrie, de la politique et de l'administration, que nos collaborateurs.

Cette dernière décennie, l'Empa s'est transformée en une véritable forge à innovations pour l'industrie suisse, «The Place where Innovation Starts». Nous n'allons pas changer entièrement de cap, mais renforcer cette dynamique par la qualité de notre recherche, tant au service de nos partenaires que de l'ensemble de la société.

L'un des moyens d'y parvenir est de gagner en agilité en renforçant et cross-fertilisant les compétences de toutes nos unités pour dégager et matérialiser des réponses à la hauteur des urgentes questions de notre temps. C'est pourquoi, dorénavant, nous allons nous concentrer sur quatre grands axes de recherche: les matériaux et technologies nanométriques, l'énergie – ressources et émissions –, l'environnement bâti et les technologies de la santé.

Nous allons par ailleurs instaurer un système de «hubs» qui concentreront les compétences de différents laboratoires sur des sujets d'actualité tels que les batteries post-lithium ou les matériaux quantiques. Il s'agit d'équipes ad hoc dynamiques, flexibles et adaptatives constituées sur des problématiques précises et qui se dissoudront une fois l'objectif atteint.

Ces mesures concourent toutes au même but: résoudre les questions de manière holistique, inter- et transdisciplinaire.

Ainsi, dans le domaine de l'énergie, notre approche est de considérer l'atmosphère et ses composants – dont le gaz à effet de serre CO_2 – comme de précieuses ressources, des matières premières qu'il s'agit d'isoler et d'utiliser pour de nouveaux produits tels que carburants de synthèse ou intrants pour l'industrie chimique. Premier résultat: un vecteur énergétique stockable et transportable et des articles d'usage quotidien.

L'affaire devient passionnante lorsque les hydrocarbures ainsi produits sont à leur tour dissociés en hydrogène (vecteur énergétique) et carbone solide. L'opération a certes un coût énergétique, mais on a soustrait de l'atmosphère du CO_2 qui, sous forme de carbone solide, peut être indéfiniment séquestré dans des matériaux de construction tels que le béton ou l'asphalte – où il peut même remplacer des matières premières venant à manquer. Soit un grand pas vers cette décarbonisation de la société que nous ne réussissons qu'en unissant toutes nos forces.

Au renforcement de notre collaboration interne, nous ajoutons le renforcement de nos collaborations externes, que ce soit dans le Domaine des EPF par le biais de projets communs (joint initiatives), entre les quatre instituts de recherche de l'initiative ENRICH, ou au-delà, tout particulièrement lorsqu'il s'agit de concrétiser le résultat de nos recherches sous forme d'applications pratiques. Seul face à la complexité de la tâche à accomplir, un institut de recherche, même aussi brillant que le nôtre, se heurte tôt ou tard à ses limites. Des limites que nous pouvons régulièrement repousser en joignant nos forces pour nous préparer un avenir durable où il fera bon vivre.

Je vous remercie tous et toutes de votre engagement comme de votre soutien, et vous souhaite une bonne lecture!

Tanja Zimmermann

Prof. Dr. Tanja Zimmermann, Directrice



Tanja Zimmermann – première directrice de l'Empa

Au mois de février, le Conseil fédéral a nommé Tanja Zimmermann directrice de l'Empa. Elle a pris ses fonctions le 1^{er} juin. Spécialiste en science des matériaux de renommée internationale, Tanja Zimmermann était membre de la direction et directrice du département «Functional Materials» ainsi que co-directrice de notre domaine de recherche «Construction durable». Au cours de ses 140 années d'histoire, c'est la première fois que le Laboratoire fédéral d'essai des matériaux est dirigé par une femme.

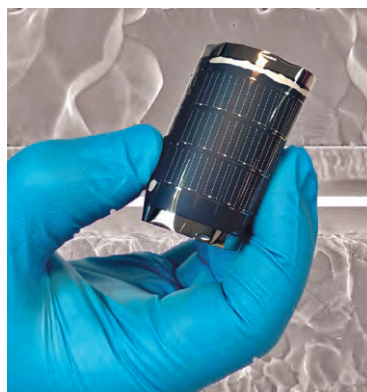
Un ouvrage pionnier de l'Empa distingué en Allemagne

Le pont sur l'autoroute A8 du réseau ferroviaire urbain de Stuttgart a reçu le prix 2022 des ingénieurs allemands pour sa conception innovante d'arc au treillis en câbles de polymère renforcé de fibres de carbone. Il y a quarante ans, le recours au PRFC dans la construction était révolutionnaire. Urs Meier, ancien directeur de l'Empa qui en avait lancé l'idée et, par ses recherches et ses développements, puissamment contribué à son adoption, a célébré son 80^e anniversaire le 8 janvier 2023. Sa carrière est jalonnée de brevets, de quelque 300 publications technoscientifiques et de nombreuses distinctions. Photo: sbp/Andreas Schnubel.



Un gant de réalité virtuelle par impression 3D

Une équipe de l'Empa travaille avec des experts de l'EPFL et de l'EPFZ sur un gant de RV de prochaine génération qui rendra tangibles les objets des espaces virtuels du métavers. Fait sur mesure pour l'utilisateur, il est réalisé presque entièrement automatiquement par une imprimante 3D. Des actionneurs électrostatiques à renfort hydraulique épais d'environ un millimètre créent la sensation du toucher, y compris la perception des textures. Les actionneurs électrostatiques de couplage peuvent fournir la force non négligeable nécessaire au sentiment de vraiment saisir les objets virtuels. Illustration: Herberet Shea/EPFL.



Rendement encore amélioré

Une année après leur dernière prouesse, les chercheurs et les chercheuses de l'Empa ont franchi une nouvelle étape en obtenant un rendement de 22,2 pourcent, record en matière de cellules photovoltaïques souples GIGS sur feuille de plastique. La version biface de ces cellules devrait permettre de produire encore plus de courant puisque ces cellules captent l'énergie solaire sur leurs deux faces. Une équipe de l'Empa a mis au point un procédé de fabrication ayant conduit à un rendement record de 19,8 pourcent sur la face avant et de 10,9 pourcent sur la face arrière. Elle a également fabriqué la première cellule tandem pérovskite CIGS biface, laquelle laisse espérer des résultats encore meilleurs.

Le béton comme puits de carbone?

L'industrie du ciment émet de grandes quantités de CO₂, nocif pour le climat. D'autres liants à base de carbonate de magnésium pourraient, eux, fixer le CO₂. Tel est le sujet du projet de recherche de Barbara Lothenbach qui étudie les bases et prépare les applications pratiques de ce nouveau liant, projet qui a valu à l'Empa son premier «Advanced Grant» du Fonds national suisse (FNS).



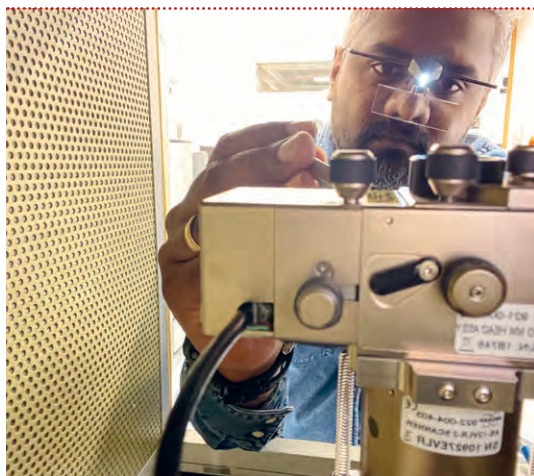
Détection précoce de la démence

Les diverses formes de démence constituent l'un des graves problèmes de santé publique actuels. Leur diagnostic – compliqué – n'est souvent possible que lorsque la maladie est bien engagée. Une équipe de l'Empa développe avec des partenaires hospitaliers une nouvelle méthode de détection précoce de perturbations neurodégénératives à l'aide d'une ceinture équipée de capteurs. Ils montrent dans une étude que les variations de la température cutanée fournissent des indications sur les performances cognitives des sujets avant l'apparition de la démence.



Parkinson: et si c'était le cuivre?

La pollution de l'environnement par le cuivre et l'alpha-synucléine, une protéine naturellement présente dans le cerveau humain, pourraient jouer un rôle important dans la maladie de Parkinson. Une équipe de l'Empa et de l'université de Limerick a pu montrer que la protéine prenait une forme inhabituelle sous l'effet d'une haute concentration d'ions cuivre. Cette observation ouvre la voie à de nouvelles stratégies de traitement de la pathologie neurodégénérative.





Un essai de drones pour les travaux de construction et de réparation

Une équipe internationale de chercheurs de l'Empa et de l'Imperial College de Londres s'est inspirée des abeilles pour créer un essai coopératif de drones. Sous contrôle humain, les robots volants impriment en 3D les éléments nécessaires à la construction ou à la réparation de structures, comme l'indiquent les chercheurs dans l'article de tête du numéro de septembre du périodique scientifique Nature. Image: Yusuf Furkan KAYA, Aerial Robotics Laboratory, Imperial College London / Empa.

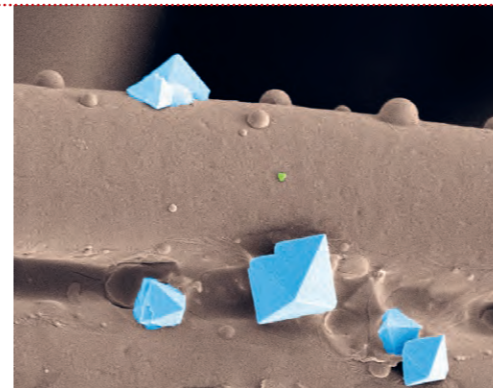
Batteries et économie circulaire

Le projet de recherche «CircuBAT» se propose de fermer la boucle production – application – recyclage des batteries lithium-ion utilisées en électromobilité. Sept instituts suisses de recherche, dont l'Empa, et 24 entreprises œuvrent de concert à la durabilité de chacune des étapes du cycle de vie des batteries. Le projet s'inscrit dans les nouveaux «Flagships» d'Innosuisse, l'agence pour l'encouragement de l'innovation.



Bloquer le passage des virus

Exploitant un nouveau procédé d'analyse, des chercheurs de l'Empa ont pisté des virus à travers divers types de masques protecteurs et comparé les défaillances de différentes couches filtrantes. Ce procédé devrait accélérer le développement de surfaces neutralisant les virus.



Un envol moins bruyant à moindre impact environnemental

En collaboration avec d'autres organisations de Suisse, d'Allemagne et de France, des chercheurs de l'Empa ont développé les premiers éléments d'un système embarqué d'aide au pilotage permettant aux avions de décoller de manière moins bruyante et en émettant moins de CO₂. Le système optimise en particulier la manœuvre des volets et du train d'atterrissage afin de réduire le bruit et la consommation de carburant.

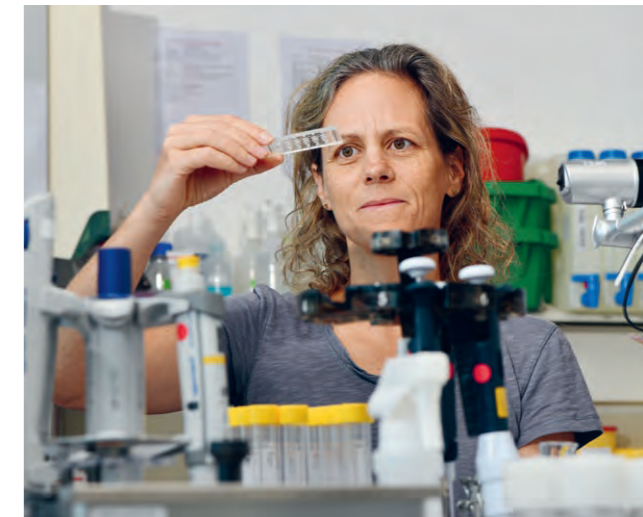
Une pile en papier activée par l'eau

Une équipe de chercheurs de l'Empa a réalisé une pile jetable en papier déclenchée par eau. Elle pourrait alimenter une large gamme de petits appareils électroniques ne nécessitant que peu de courant (étiquettes intelligentes de suivi d'objets, capteurs environnementaux ou de diagnostic médical) tout en ne présentant qu'un impact environnemental minime. L'idée a même obtenu une place dans la liste des principales inventions de l'année du magazine américain TIME.



Une puce pour remplacer les essais sur animaux

En combinant une puce polymérique, du placenta humain et des cellules souches, des chercheuses de l'Empa ont développé en collaboration avec l'EPF de Zurich et l'hôpital cantonal de Saint-Gall un système d'analyse de la toxicité pour le développement qui offrira une alternative aux essais sur animaux. La puce permet d'étudier le passage placentaire et l'effet de substances sur l'enfant porté par la mère. Ce genre de tests est nécessaire au développement de nouveaux médicaments ou à l'évaluation du danger des nanoparticules présentes dans l'environnement. Le projet est soutenu par la fondation zurichoise ProCare.



Une chaîne virtuelle du froid contre le gaspillage alimentaire

L'organisation sans but lucratif «Basel Agency for Sustainable Energy» (BASE) souhaite développer avec le concours de l'Empa une nouvelle application mobile visant à réduire au maximum les pertes de production alimentaire, en particulier dans les climats chauds, et réduire ainsi les émissions de gaz à effet de serre. L'application fournit des informations sur le marché avant comme après la récolte, permettant aux petits agriculteurs d'assurer la manutention et le stockage idoines de leurs produits afin d'en garantir la qualité. Image: BASE.





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 perceuse attentive

L'audition des malentendants dont le nerf auditif est intact peut être améliorée par un implant cochléaire. La pose de l'implant dans l'oreille interne n'est cependant pas sans risque, l'intervention pouvant léser des nerfs faciaux. Des chercheurs de l'Empa ont mis au point un nouveau type de perceuse «intelligente» qui réduit ce risque en s'arrêtant d'elle-même à proximité d'un nerf.

L'équipe animée par Stefan Weber de l'ARTORG Center for Biomedical Engineering Research de l'université de Berne a utilisé des méthodes d'Advanced Manufacturing (AM) pour fabriquer le foret intelligent. La perceuse est commandée par un robot opératoire. Objectif: poser l'implant cochléaire de manière plus fine qu'un chirurgien.

Le chirurgien commence par enlever un volume relativement important de l'os crânien et n'utilise la perceuse que lorsqu'il entrevoit la position des nerfs. Il ne peut pas percer «à l'aveugle», l'ouverture nécessaire à l'implant devant être pratiquée entre le nerf gustatif et le nerf facial. Il est impératif de ménager ces deux nerfs qui, en un endroit, se rapprochent à trois millimètres l'un de l'autre. Jusqu'à présent, le chirurgien arrêtaient la perceuse juste avant cet

endroit qu'il stimulait avec une fine électrode. Si le tressaillement du visage du patient restait mesuré, le chirurgien pouvait prudemment poursuivre.

Percer et stimuler en même temps

Les médecins de l'ARTORG Center ont demandé à l'Empa s'il était possible de concevoir un foret qui, tout en creusant, stimulerait le nerf facial – un foret qui indiquerait lui-même sa position relative aux nerfs dans le crâne du patient. Dans le cadre d'un projet Innosuisse, Kerstin Thorwarth et son équipe du département «Surface Science & Coating Technologies» ont réalisé un foret à pointe conductrice. Les couches dures de nitrure de titane (TiN, conducteur) et de nitrure de silicium (Si₃N₄, isolant) sont déposées sur la tête du foret par pulvérisation cathodique magnétron, ce qui nécessite de couvrir les spires de masques sur mesure.

Certification médicale ultérieure

Le foret ayant reçu ce traitement de surface développé à l'Empa présente les caractéristiques électriques souhaitées et a passé les tests en laboratoire de forage osseux. Avantage supplémentaire: le robot dégage un canal large de 1,8 mm seulement dont le tracé est préalable-

ment déterminé à l'aide d'une image tomographique. Satisfaits de ces résultats, les partenaires envisagent d'utiliser ces forets intelligents non seulement dans la pose d'implants cochléaires, mais également en chirurgie de la colonne vertébrale.

L'équipe et les chirurgiens de Berne cherchent maintenant un partenaire industriel capable de produire le Smart-Drill conformément aux prescriptions légales sur les dispositifs médicaux. Le financement du développement encore nécessaire reste à trouver. //

Dr. Kerstin Thorwarth, kerstin.thorwarth@empa.ch



1 Un foret à tête sensible pour la pose d'implants cochléaires.

2 Kerstin Thorwarth a développé le foret spécial à couches dures conductrice et isolante.



Chauffer en calculant – des centres de calcul de quartier

Philipp Heer, philipp.heer@empa.ch

Le moindre clic sur Internet laisse une trace. Pas uniquement sur le réseau mais aussi sur l'environnement. On peut se persuader poétiquement que nos données vivent dans les nuages, le Cloud, mais leur stockage et leur traitement nécessitent bien des centres de calcul matériels qui consomment d'énormes quantités d'électricité, dont une bonne part pour leur refroidissement. L'évolution actuelle du numérique pointe vers l'intelligence artificielle (IA), la réalité augmentée et l'Internet des choses (IoT), avec les problèmes que cela entraîne: la masse des données à manipuler explose et leur traitement doit se faire en temps réel, sans attente. Ce qui incite à rapprocher les centres de calcul des centres de stockage de leurs données. Par exemple sous forme de centres de calcul de quartier. L'idéal serait alors que ces centres, outre leurs prestations numériques, contribuent au chauffage des bâtiments. C'est ce que vont tester trois essais en grandeur réelle, l'un sur la plateforme NEST de l'Empa, le second en Turquie, le troisième aux Pays-Bas.

Rafraîchir intelligemment

Le projet «ECO-Qube», soutenu par le programme d'encouragement européen

«Horizon 2020», réunit des partenaires de la recherche et de l'industrie de Suisse, Turquie, Espagne, Allemagne, Pays-Bas et Suède. Objectif: réduire d'un cinquième les besoins en énergie et les émissions de CO₂ des petits centres de calcul. Les centres de calcul n'utilisent fréquemment que 15 pourcent de leur capacité alors que leurs serveurs doivent être alimentés et refroidis en continu. L'approche d'ECO-Qube est d'accumuler les données provenant des capteurs des différents composants électroniques dans des structures Big-Data afin de fournir une meilleure vision de la répartition de la chaleur dans l'installation. L'IA combine ces données avec des simulations des flux d'air de manière à bien cibler le refroidissement. Par ailleurs, les charges de calcul sont réparties entre les trois centres-tests de manière à en optimiser l'exploitation du point de vue énergétique.

Exploiter les rejets thermiques

Les trois centres de calcul seront en outre directement intégrés au système énergétique de leur quartier et devront être autant que possible alimentés par de l'énergie renouvelable. Le courant de NEST provient entre autres de ses propres installations photovoltaïques et du démonstrateur de mobilité move. Les

rejets thermiques du centre de calcul seront dirigés vers les réseaux existants de basse ou moyenne température. En hiver, ils serviront directement au chauffage de l'édifice et, tout au long de l'année, comme source calorifique d'une pompe à chaleur utilisée pour la production d'eau chaude. Le couplage électricité-chaleur avec l'équipement et les prestations informatiques présente un important potentiel d'optimisation et, ainsi, d'exploitation durable des installations.

Le projet doit s'étendre sur trois ans. L'équipe prévoit de publier ensuite un document sur les bonnes pratiques d'intégration énergétique de centres de calcul dans les bâtiments et les quartiers à l'attention des projeteurs et exploitants d'immeubles. //

1

L'exploitation par intelligence artificielle (IA) des données recueillies par capteurs permettra de ne refroidir les centres de calcul que là où nécessaire.

2

Le centre de calcul ECO-Qube du NEST relève simultanément de l'infrastructure numérique et de la technique du bâtiment.



1



2

Des semelles sous les rails pour réduire le bruit et les vibrations

Le bruit du train peut s'avérer une véritable nuisance pour les riverains. Des centaines de millions de francs ont déjà été investis en parois antibruit, systèmes de freinage plus silencieux et autres mesures afin qu'en 2025, 80 pourcent de la population suisse en soient protégés. Pourtant, avec l'augmentation du trafic, il reste beaucoup à faire.

Sous la conduite de l'EPFL, des chercheurs de l'Empa et de la Haute Ecole d'ingénierie et de gestion du canton de Vaud ont repensé un élément plutôt discret des voies ferrées: les semelles sous rail. En matière synthétique élastique, ces éléments se posent entre les rails et les traverses de béton. Ils protègent la voie – traverses et ballast compact – en contenant le mouvement des rails, lequel est un facteur déterminant du bruit des convois circulant entre 60 et 160 km/h.

Un matériau sur mesure

En Suisse, ces semelles sont majoritairement en éthylène-acétate de vinyle (EVA). Un matériau plus tendre protégerait mieux la voie ferrée mais au prix d'une augmentation du bruit. Pour résoudre la question – à la demande de l'Office fédéral de l'environnement

(OFEV) et de l'Office fédéral des transports (OFT) – l'équipe de chercheurs a mis au point ces dernières années un nouveau type de semelle en matériau composite.

Les spécialistes ont d'abord misé sur une combinaison d'EVA dur et de polyisobutène (PIB) tendre dont l'effet amortisseur peut être ajusté sur la bande des fréquences particulièrement intenses allant de 200 à 2000 hertz. Ils ont étudié des dizaines de variantes: structure en couches ou en sandwich, avec ou sans «couvercle» d'EVA, remplissage de PIB en zigzag, surfaces rainurées, etc.

Essais en grandeur réelle sur voie exploitée

Le calcul informatique et les mesures en laboratoire d'éléments de tous les types ont finalement débouché sur une autre solution: un matériau tendre à haut amortissement et géométrie soigneusement étudiée. Les chercheurs ont réalisé une première série de prototypes avec le fabricant de plastiques Semperit. Ces semelles ont été testées en 2022 avec des spécialistes des CFF sur un tronçon de 100 mètres près de Nottwil, dans le canton de Lucerne. La mesure des vibrations des traverses et des rails, et celle du bruit et d'autres données ont

Dr. Bart Van Damme, bart.vandamme@empa.ch

permis d'objectiver le comportement des nouveaux éléments soumis à des convois bien réels.

Les résultats se sont avérés très satisfaisants. L'exploitation des données a montré que les nouvelles semelles amortissaient sensiblement tant le bruit des trains que les vibrations de la voie ferrée. Les chercheurs pensent que ces nouveaux éléments ont de bonnes chances d'être utilisés, si la fabrication des intercalaires n'entraîne pas de surcoûts importants. //



3



1

1
Mesure des émissions sonores des nouvelles semelles sur un tronçon de 100 mètres près de Nottwil.



2

2
Le bruit des trains en ligne de mire: le chercheur de l'Empa Bart Van Damme avec un nouveau Rail Pad qu'il a été testé dans le trafic ferroviaire.

3
Les semelles – grises et élastiques – protègent les traverses contre les charges élevées. Image: HEIG-VD.

Un mélange caoutchouc-cellulose? Chiche?

Remplacer les matériaux pétrochimiques par des matériaux issus de matières renouvelables est l'une des étapes vers la durabilité. Les matériaux issus de la cellulose végétale sont, à cet égard, prometteurs car renouvelables, abondants et relativement peu nuisibles à l'environnement. L'industrie du caoutchouc n'a pas manqué de noter les qualités des microfibrilles de cellulose (MFC): forte rigidité, morphologie des fibrilles, faible densité et caractéristiques mécaniques. Un candidat intéressant pour l'amélioration des liaisons caoutchouc.

Mêler des MFC à du caoutchouc hydrophobe – qui repousse l'eau – est toutefois un vrai problème. Pour le résoudre, l'entreprise suisse de rayonnement international Dätwyler a développé en partenariat avec l'Empa un procédé de modification de la surface des MFC. Les premiers essais visaient le remplacement des fibres pétrochimiques d'aramide par ces MFC modifiées. Les résultats ont montré une bonne compatibilité entre la charge de MFC et la matrice de caoutchouc qu'elle renforçait, même meilleure que les fibres d'aramide d'origine pétrochimique. La mise au point de cette charge d'un nouveau type constitue une étape importante de durabilisa-

tion des articles à base de caoutchouc tels que, par exemple, les membranes de pompes.

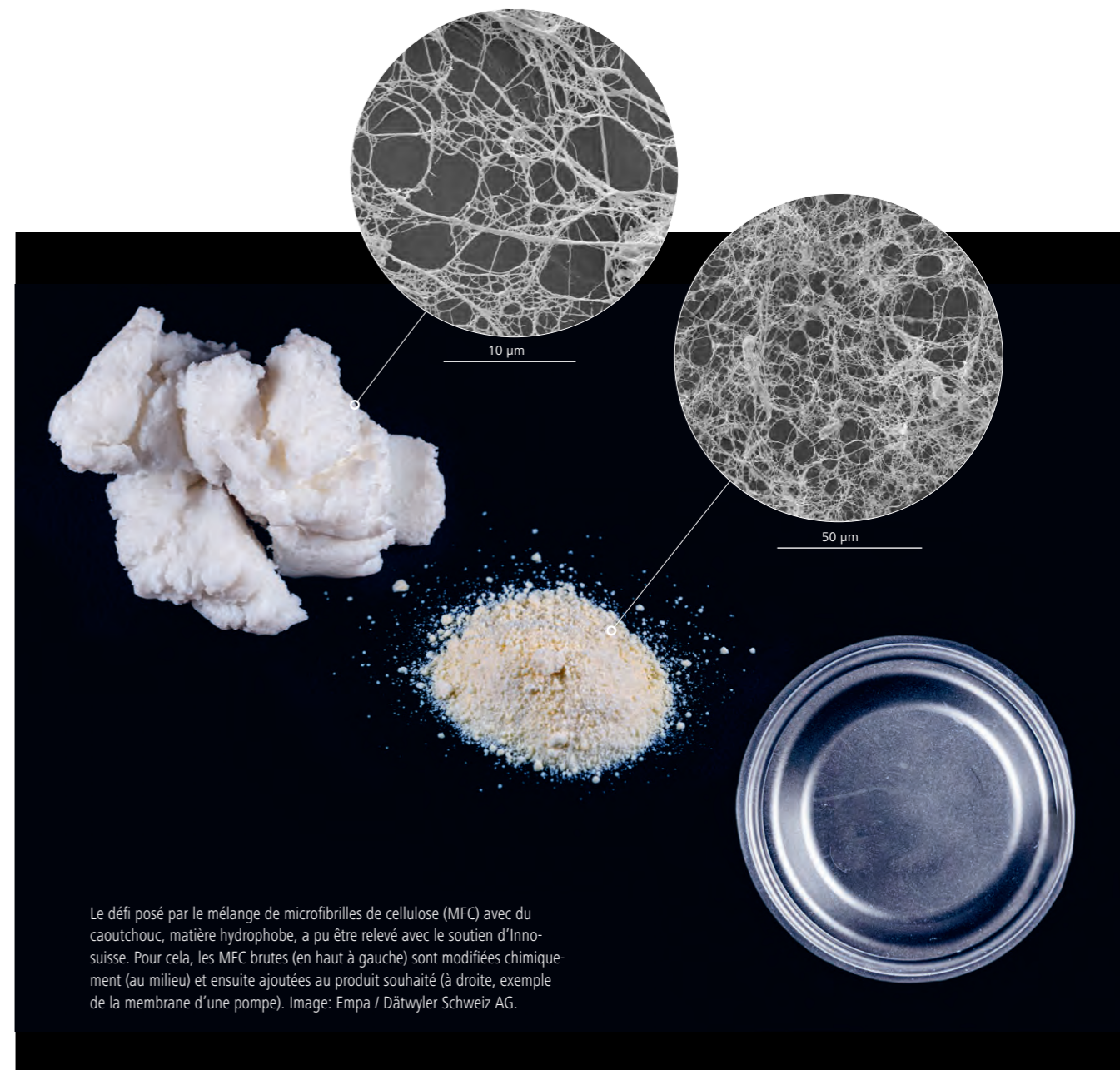
Du laboratoire à la production industrielle

Dans le cadre d'un projet soutenu par l'Agence suisse pour l'encouragement de l'innovation, il n'aura fallu que deux années de collaboration intense et ouverte entre l'Empa et Dätwyler Schweiz AG pour développer un procédé mariant le monde du caoutchouc avec celui de la cellulose. Le procédé est maintenant breveté.

La mise en œuvre de cette technique nécessite encore quelques travaux. La charge dérivée de la cellulose doit être produite à l'échelle industrielle, chaque lot dépassant 30 kg. La préparation et la mise en forme du produit doivent aussi faire l'objet d'essais de série. Les études visant à élargir le potentiel de cette nouvelle charge se poursuivent en collaboration avec d'importants utilisateurs d'élastomères. La nouvelle charge peut trouver des applications dans différents secteurs industriels, dont l'automobile. Il faut compter de deux à cinq ans pour que les produits issus de cette technologie soient prêts à être lancés sur le marché.

Dr. Thomas Geiger, thomas.geiger@empa.ch

Ce projet est un excellent exemple de l'aide qu'Innosuisse peut apporter aux projets innovateurs de produits et de procédés qui ne sont pas ciblés sur une seule entreprise mais renforcent la place industrielle suisse dans son ensemble. //



Traitement intelligent des plaies

Les plaies qui tardent à guérir posent de gros problèmes à la médecine, en particulier après les opérations du tube digestif. C'est pourquoi l'Empa a mis au point un pansement polymérique pour intestin qui colle les plaies opératoires de manière stable et étanche. Cet hydrogel empêche les liquides digestifs chargés de germes de fuir du tractus digestif et de provoquer une péritonite, voire un empoisonnement du sang potentiellement fatal (septicémie).

Ce produit a été doté de nouvelles propriétés: le composite caoutchouteux réagit sélectivement aux sécrétions digestives échappées de l'intérieur de la plaie: il se dilate et en renforce l'étanchéité. Le pansement à l'hydrogel est par ailleurs chargé d'antibiotiques et de réactifs chimiques qui réagissent promptement lorsqu'un point de suture fuit, avant que la santé du patient ne se dégrade. On attend de cette super-colle peu coûteuse et biocompatible qu'elle réduise la durée d'hospitalisation et le coût de la santé.

Alexandre Anthis travaille sur cette nouvelle technologie de scellement à l'Empa, dans le laboratoire d'Inge Herrmann, en collaboration avec l'EPFZ et des partenaires médicaux de l'hôpital cantonal de Saint-Gall, du Queen Elizabeth University Hospital de Birmingham et du

Charles University Biomedical Center de Pilsen, en République tchèque. Ces travaux sont soutenus par plusieurs fondations dont la Fondation Evi Diethelm-Winteler, la Fondation Hans Gröber et la Fondation Peter Bockhoff.

L'Empa a décerné son Prix de la recherche 2022 au jeune chercheur Anthis pour l'importance de son travail pour la technique médicale. Anthis a d'autre part reçu un des très convoités «ETH Pioneer Fellowships». Ses travaux lui ont valu d'être dans la liste des «Forbes 30 Under 30», catégorie «Science & Healthcare».

Anthis met actuellement sur pied la jeune pousse Veltist, une spin-off biomed de l'Empa et de l'EPFZ qui développera jusqu'à maturité commerciale des matériaux assurant la bonne cicatrisation des plaies et contribuant activement à leur guérison, permettant ainsi de prévenir des complications souvent lourdes de conséquences.

Pansement cutané intelligent

Des équipes interdisciplinaires de l'Empa explorent d'autres pistes d'amélioration du traitement des plaies. Mentionnons ici un pansement intelligent en fibres de polymère qui libère un germicide dès qu'une infection provoque une hausse de la température de la plaie. Les pansements ne

permettent généralement pas de voir si la plaie qu'ils protègent guérit ou si des bactéries y provoquent une inflammation. Le recours préventif aux antibiotiques favorise l'émergence de souches multi-résistantes qui représentent un immense problème de santé publique. Le nouveau pansement dispense spontanément son antibactérien, mais seulement lorsque c'est nécessaire. Les chercheurs ont intégré au pansement une fine membrane obtenue par électrofilage d'un polymère bien toléré par la peau. Un liant spécifique permet à la membrane de se ramollir et de libérer le médicament lorsque la température de la plaie augmente de manière pathologique. Cela permet d'attaquer les germes pathogènes de manière ciblée et au bon moment. //

Dr. Peter Wick, peter.wick@empa.ch

Prof. Dr. Inge Kathrin Herrmann, inge.herrmann@empa.ch

Prof. Dr. Katharina Maniura, katharina.maniura@empa.ch

Prof. Dr. René Rossi, rene.rossi@empa.ch



1 Fei-Pan, chercheur à l'Empa, travaille sur les pansements cutanés intelligents qui ne dispensent les produits médicaux que lorsque la plaie s'infecte.

2 Cette nanosurface d'un mélange de polymères (x 6000 sur cette vue colorée au microscope électronique à balayage) libère un antimicrobien lorsque la température dépasse un seuil donné.

3 Gel composite réalisé lors du travail de thèse d'Alexandre Anthis. Image: Schwarz Pictures / Empa.



Lancer des ponts pour le transfert des technologies

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

Au-delà de la recherche proprement dite, l'Empa consacre depuis bien des années beaucoup d'efforts au transfert à l'industrie des matériaux et technologies développés dans ses laboratoires. La réussite du transfert implique deux partenaires: un centre de recherche tel que l'Empa comme creuset d'innovations techniques, et un partenaire industriel prêt à tester ces innovations, à se les approprier et à les lancer sur le marché. C'est dans cet esprit que l'Empa construit avec ses partenaires industriels les ponts permettant aux nouvelles technologies de trouver des applications industrielles.

Les centres de transfert de technologie créés dans le cadre de l'initiative AM-TTC (Advanced Manufacturing Technology Transfer Centers) constituent autant de ponts. Les différents AM-TTC disposent d'infrastructures telles que des installations pilotes de production permettant aux industries suisses, en particulier aux PME locales, de se familiariser avec les nouvelles techniques de production, puis de les adopter.

Deux nouveaux centres pour l'industrie suisse

En 2019, dans le cadre de la première mise au concours d'AM-TTC, deux cen-

tres ont vu le jour: le «Swiss m4m Center» d'impression 3D d'implants (dans lequel l'Empa est fortement impliquée) à Bettlach dans le canton de Soleure, et le centre «ANAXAM» à l'Institut Paul Scherrer (PSI). Fin 2022, le Département fédéral de l'économie, de la formation et de la recherche (DEFR) et l'AM-TTC Alliance, organisation faitière de l'initiative, ont décidé de financer deux nouveaux centres, l'un en robotique collaborative et l'autre en photonique. Le financement d'un montant total de 6,5 millions de francs jusqu'à la fin 2024, sera assuré d'une part par le Conseil des EPF – qui a inscrit la construction d'AM-TTC en Suisse dans sa planification stratégique 2021-2024 –, d'autre part par la Confédération au titre d'«institution de recherche d'importance nationale» (LERI, art. 15).

Le «Swiss Robotics Competence Center» (S3C) du Parc de l'innovation de Bienne explore les perspectives de collaboration entre l'homme et le robot. Son objectif est de combler le fossé entre les capacités théoriques des robots et leur intégration à la réalité industrielle en vue d'y renforcer la robotique collaborative. Le S3C offre aux industries suisses un accès au savoir-faire en la matière ainsi qu'une plateforme de démon-

stration et d'expérimentation de solutions de cobotic.

Le second des deux nouveaux AM-TTC, le «Swiss Photonics Integration Center» (Swiss PIC), se trouve au parc d'innovation suisse «InnovAare». Il se concentre sur les composants et les systèmes optiques qui transmettent et manipulent les particules de lumière que sont les photons. Le Swiss PIC projette de construire des installations permettant d'intégrer et tester les plus petits composants optiques dans des appareils ou des systèmes plus grands. En Suisse, il existe de nombreuses entreprises, mais aussi des groupes de recherche qui développent et fabriquent de tels composants mais n'ont pas accès à de telles installations. Swiss PIC se propose d'y pourvoir. //



1

1
Les applications industrielles de la robotique collaborative sont au cœur des activités du nouveau «Swiss Robotics Competence Center» (S3C) de Bienne. Image: Envato.

2
Intégration et test de composants photoniques – le «Swiss Photonics Integration Center» (Swiss PIC) met les installations nécessaires à disposition. Image: Polariton.



2

NEST – le rendez-vous de l’innovation, source d’inspiration

L’annonce par le Conseil fédéral au printemps 2022 de la fin de la «situation particulière» provoquée par la pandémie a permis à de nombreuses réunions ayant pris leurs quartiers dans l’espace Zoom de retrouver le vrai monde. Au NEST, la joie fut palpable, tant cette plateforme d’essais et d’innovation vit d’échanges quotidiens entre chercheurs et spécialistes du bâtiment et de l’énergie. Une fête organisée en cours d’été a scellé les retrouvailles du réseau de partenaires qui ont passé en revue leurs derniers acquis et discuté de l’avenir. Les nouvelles unités HiLo et Sprint ont suscité un grand intérêt, au-delà même du réseau des partenaires. Plusieurs milliers de visiteurs et visiteuses, essentiellement du secteur du bâtiment, ont profité des visites et des événements NEST. Ils se sont montrés enchantés par les exemples de construction économe en matériaux et l’économie circulaire du bâtiment.

L’équipe du NEST continue de promouvoir activement cette circularité. Plusieurs séances de présentation réunissant également des partenaires de l’EPFZ et d’ailleurs ont été organisées pour tracer le contour d’un «Innosuisse Innovation Booster». Ces partenaires se sont retrouvés lors de la première «Circular Building UnConference» en autom-

ne 2022 au Parc de l’innovation de Dübendorf. Pour sa part, NEST a accueilli plusieurs ateliers sur cette question réunissant des maîtres d’ouvrage publics.

La mise en œuvre de la prochaine unité STEP2 avance à grands pas. Elle est consacrée à l’innovation numérique dans la construction, l’enveloppe des bâtiments, leurs systèmes de chauffage et l’économie circulaire. Le concept «énergie et confort» est bien posé et les premiers prototypes de couverture à filigrane nervurée et de volées d’escalier de béton en colonne vertébrale sont promoteurs. Les demandes de permis de construire ont été déposées et le chantier devrait débiter cette année.

Création de trois start-up en rapport avec le NEST

«Viboo», «MESH» et «Zurich Soft Robotics», sont trois jeunes pousses créées en 2022 et pour qui NEST a joué un rôle décisif. Viboo a reçu l’année dernière beaucoup d’attention ainsi que plusieurs distinctions et d’importants soutiens financiers pour son régulateur prédictif de chauffage permettant jusqu’à 40 pourcent d’économie. Ses premiers essais ont été réalisés dans l’unité «Urban Mining & Recycling». MESH, une spin-off de l’EPFZ, conduit la fabrication robotisée de structures de bé-

ton non coffré à la maturité commerciale. Cette technologie initiée par l’EPFZ a été mise en œuvre pour la première fois dans un projet de construction pour l’unité DFAB HOUSE. Zurich Soft Robotics est une création de chercheurs de l’Empa et de l’EPFZ qui entendent lancer cette année encore leur produit «Solskin», une façade solaire adaptative développée à l’EPFZ et intégrée à l’unité HiLo. Le Watt d’Or qui lui a été décerné en janvier 2023 par l’Office fédéral de l’énergie permet à la jeune entreprise d’envisager l’avenir avec optimisme.

En novembre, les auteurs de l’unité HiLo ont reçu le prix Arc Award d’architecture dans la catégorie Numérisation. Voici de nouveau distingué l’esprit d’innovation du NEST dont la flamme est entretenue par des échanges quotidiens entre la recherche et l’industrie. //

Reto Largo, reto.largo@empa.ch



1



2

1 Les unités «Urban Mining & Recycling» et «Sprint», exemples d’économie circulaire dans le bâtiment, suscitent beaucoup d’intérêt, également chez les maîtres d’ouvrage publics.

2 La façade solaire de l’unité HiLo de NEST honorée par le Watt d’Or. Photo: Roman Keller.

Nouvelles étapes vers une mobilité post-fossile

Les récentes turbulences du secteur de l'énergie ont une fois de plus montré que notre structure énergétique devait être réorientée et qu'il fallait hâter le passage aux énergies renouvelables. Le démonstrateur «move» de l'Empa a fait preuve de réactivité face aux nombreux événements de l'année écoulée.

Rouler aux Synfuels

En témoigne l'adoption d'une installation de capture directe de l'air (DAC) de Climeworks qui permet de soustraire quotidiennement à l'atmosphère jusqu'à 200 kg de CO₂. Ce CO₂ est combiné avec de l'hydrogène (H₂) pour synthétiser du carburant. Un premier démonstrateur de synthèse du méthane (CH₄) est entré en fonction en 2022. Il comprend un étage conventionnel et un second étage à renforcement par sorption développé à l'Empa. Amélioré de la sorte, le procédé permet à l'eau issue de la réaction d'être absorbée en continu par le substrat du catalyseur, et le produit final est du méthane pur. On économise ainsi la coûteuse purification des produits auparavant mélangés.

En outre, un système de valorisation de la chaleur dégagée par la production électrolytique d'hydrogène a été

mis en place. Une pompe à chaleur la fait passer de 60°C à 120°C. On peut alors opérer la désorption du CO₂ dans la DAC. Le projet bénéficie du soutien du Conseil des EPF, du canton de Zurich, de Glattwerk AG, Avenenergy Suisse, Migros, Lidl, Armasuisse et Swisspower.

Rouler à l'hydrogène

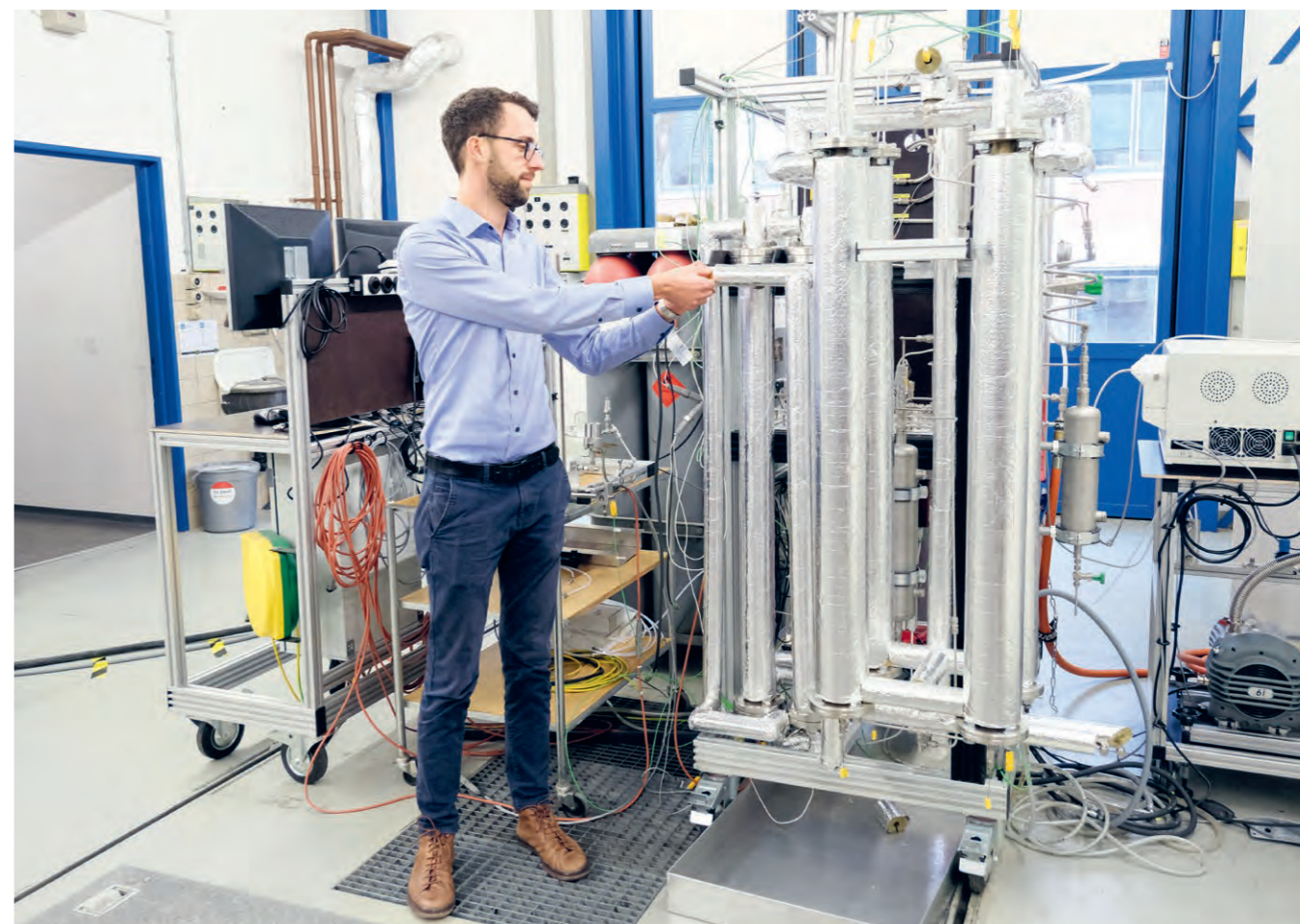
Dans le domaine de la mobilité hydrogène, l'accent porte sur l'analyse de la production de chaleur lors du remplissage des réservoirs de H₂ comprimé. En l'absence de mesures appropriées, la température des réservoirs de voitures peut atteindre jusqu'à 100°C, ce qui les vieillit prématurément. C'est pourquoi l'hydrogène est pré-refroidi à -40°C. On n'est toutefois pas certain que cela suffise pour les gros réservoirs employés par exemple par les poids lourds. Dans le cadre d'un travail de doctorat, un dispositif a été monté pour procéder à de premières analyses de la distribution de chaleur dans et sur un réservoir lors de son remplissage. Les chercheurs ont par ailleurs étudié divers modèles de flux et de transfert de chaleur pour mieux simuler les différents phénomènes physiques impliqués. Le projet est conduit en collaboration avec l'EPFZ, l'Office fédé-

ral de l'énergie (OFEN) et le programme européen de recherche Horizon 2020.

Rouler électrique

Dans le domaine de l'électromobilité, un des objectifs actuels est d'augmenter la fonctionnalité des recharges, actuellement unidirectionnelles. L'an dernier, une étude de l'Empa a montré que la «recharge concertée» des véhicules électriques contribuerait significativement à la transformation du système énergétique. Une étude détaillée portant sur l'usage effectif des véhicules individuels est en cours. Ses résultats serviront entre autres à concrétiser la mise en œuvre de la recharge concertée. //

Christian Bach, christian.bach@empa.ch



Les connaissances acquises avec le nouveau type de réacteur sont utilisées dans la conception de grandes installations. Florian Kiefer, en charge du projet de méthanation par sorption renforcée, et le dispositif d'essais.

Assurer la résilience du système énergétique

L'approvisionnement en énergie fut l'une des grandes préoccupations de 2022, entretenue par la crainte d'une pénurie hivernale. Une réflexion sur la résilience du système énergétique suisse et sur la réduction des risques de pénurie s'impose. Le démonstrateur «Energy Hub» (ehub) de l'Empa y contribue utilement en proposant et concrétisant de nouvelles approches. La combinaison des travaux des deux démonstrateurs du NEST (voir page 24) et move (page 26) apporte de précieuses indications sur la gestion de l'énergie au niveau des quartiers et sur le couplage au secteur, ainsi qu'un environnement de développement et de validation des idées et concepts en grandeur réelle.

La recherche au service de la transition énergétique

Dans le projet PATHFINDER financé par l'Office fédéral de l'énergie (OFEN), des chercheurs de l'Empa et d'autres instituts étudient la manière de hâter l'intégration des énergies renouvelables au réseau énergétique suisse, ainsi que le couplage des différents secteurs. La souplesse de l'ensemble du système s'en trouverait renforcée.

L'équipe a obtenu d'importants résultats en 2022: en collaboration avec

l'Institut Paul Scherrer (PSI), la Haute Ecole de Lucerne (HSLU) et l'EPFL, l'Empa a établi une norme de description et de modélisation des composants techniques des systèmes énergétiques. Ainsi, les membres du consortium disposent de modèles numériques communs pour leurs recherches sur les infrastructures techniques.

Le mois d'avril a vu le coup d'envoi du projet SWEET Lantern également financé par l'OFEN. D'une durée prévue de huit ans, il a pour objectif de développer des solutions permettant à la Suisse d'atteindre son objectif de zéro émission nette. Une première: des partenaires venant des sciences sociales y collaborent avec les instituts techniques. On veille ainsi à ce que le facteur humain – décisif pour la transition en cours – soit bien pris en compte dans la décarbonation du système énergétique. Le ehub étudie l'approche sociotechnique qui constituera le pendant des éléments purement techniques.

Un campus parfaitement neutre

La décarbonation de l'espace Empa est également au programme. Le nouveau campus, actuellement en chantier, devra présenter un bilan CO₂ neutre. Bénéficiant de l'expérience acquise dans plus-

ieurs projets du NEST, l'équipe du ehub va établir le jumeau digital de chaque bâtiment. La modélisation permet d'en optimiser l'exploitation et de progresser vers le zéro émission.

Outre le nouveau campus, il s'agit également d'optimiser l'exploitation des actuels bâtiments de l'Empa. C'est là qu'intervient la solution innovante de la spin-off viboo. Cette entreprise, issue de plusieurs années de recherches conduites par le «Urban Energy Systems Lab» et créée en mars 2022 par l'équipe du ehub, a conçu un algorithme fondé sur les données fournies par le Digital Hub (dhub) et qui permet de réduire la consommation d'anciens bâtiments d'environ un quart, sans grande complication. Soulignons que le confort reste identique, voire est amélioré. Après le succès du projet pilote mené avec le fabricant de vannes thermostatiques Danfoss dans un immeuble de bureaux de l'Empa, c'est au tour d'autres immeubles du périmètre d'être équipés de ces thermostats intelligents. //

Philipp Heer, philipp.heer@empa.ch



Le renforcement du système énergétique nécessite qu'on accélère l'extension, l'intégration et le raccordement au secteur des énergies renouvelables. L'équipe du ehub participe à divers projets dans ce sens. Image: Adobe Stock.

Parmi nos projets «co-operate»

Kevin Olas, kevin.olas@empa.ch

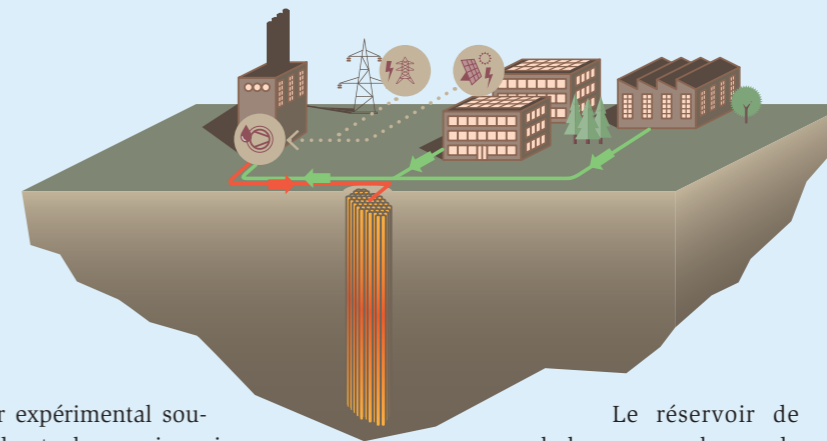
A Dübendorf, l'agrandissement du campus «co-operate» commun à l'Empa et l'Eawag progresse à grands pas. Au premier coup de pioche de mai 2021 a succédé la première pierre du mois de septembre. L'étape suivante a été franchie le 14 juillet 2022 avec la «levure» (fin du gros œuvre) du bâtiment des laboratoires couronné du traditionnel sapin autour duquel on se rassemble. A cette occasion, ce ne sont pas les chefs qu'on

célèbre, mais les ouvriers du bâtiment que le maître de l'ouvrage vient remercier.

Le bâtiment des laboratoires, qui accueillera une trentaine de laboratoires et une trentaine de bureaux à partir du printemps 2024, hébergera un jour des instruments de recherche très sensibles. C'est pourquoi les charges sont transmises par 48 pieux d'une «fondation combinée pieux-plaques» à une couche de sol plus résistante jusqu'à 18 mètres de profondeur.

Stockage souterrain de chaleur

Le projet «co-operate» est devenu à son tour objet d'une recherche. En effet, un

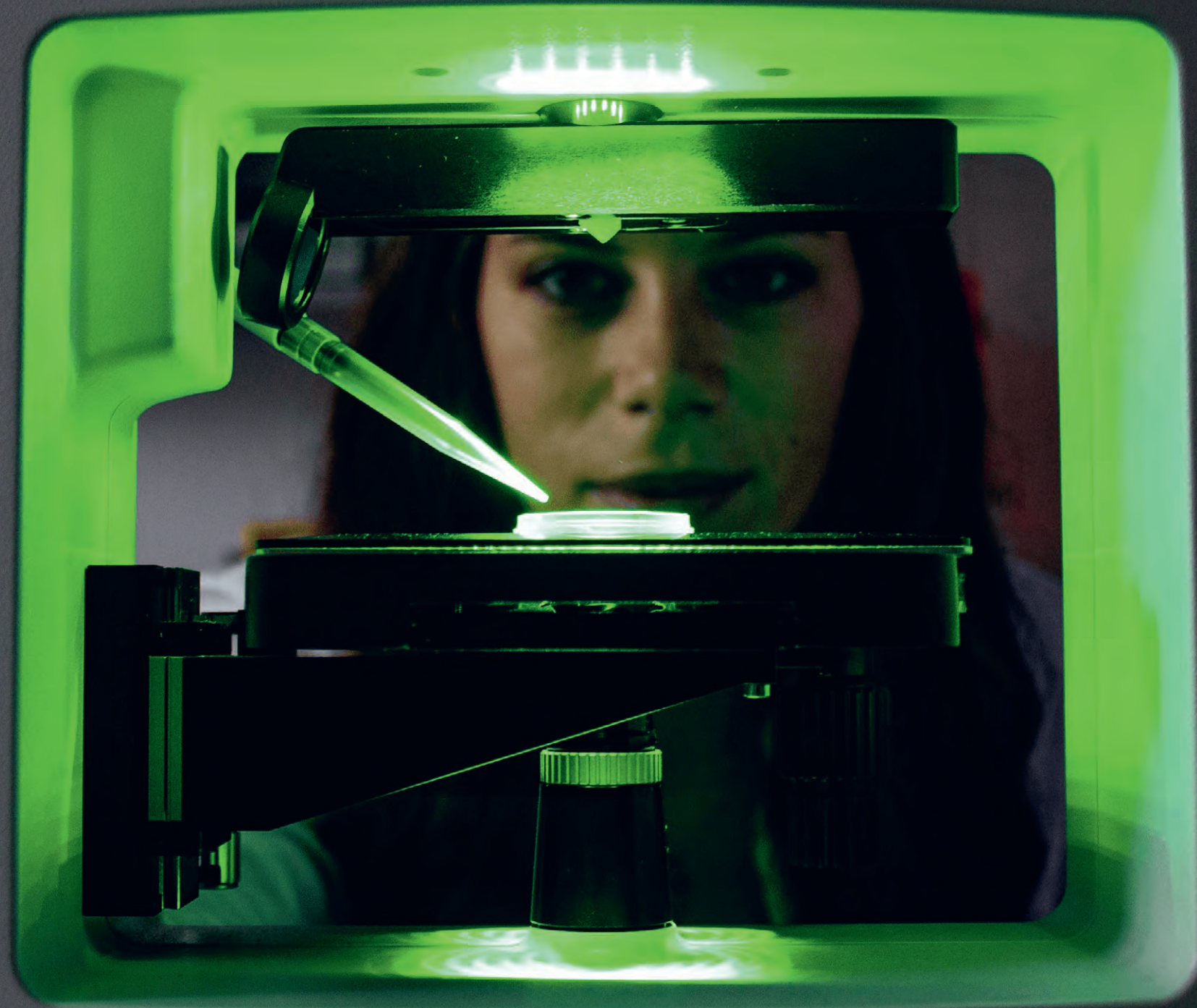


réservoir expérimental souterrain de stockage saisonnier d'énergie approvisionnera non seulement les nouveaux édifices, mais l'ensemble du périmètre Empa-Eawag. L'été, les calories rejetées entre autres par les installations de froid y seront stockées pour être utilisées en hiver pour le chauffage ou la production d'eau chaude. L'objectif est de valoriser 90 pourcent des rejets thermiques, soit directement, soit en les stockant temporairement sous terre. L'Empa compte là-dessus pour fortement réduire l'empreinte CO₂ de ses bâtiments, étape importante vers un avenir énergétiquement durable.

Le réservoir de chaleur – un champ de sondes terrestres à gradient de température – comprend 144 sondes plongeant jusqu'à 100 mètres sous terre. A ces profondeurs, le stockage s'avère particulièrement efficace, avec une très faible déperdition de la chaleur alentour. Au centre du champ de sondes, la température peut atteindre 50°C alors que, en périphérie, elle n'est que d'environ 10°C.

Les tuyaux du système sont contrôlables individuellement, ce qui permet d'optimiser le mix température-rendement-stockage tuyau par tuyau, ou par domaine. Ce mode de stockage est très efficace en raison de sa masse et de son inertie. Les chercheurs de l'Empa estiment que la température finale d'exploitation sera atteinte en trois à quatre ans. //





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.

Analyse ultrafine des matériaux au service des technologies de demain

L'idée que la matière se compose d'infimes particules remonte à plus de 2000 ans. C'est en Grèce antique que la notion d'atome fut pour la première fois formulée, une idée par la suite reprise et développée par de nombreux penseurs. Il est vrai que ces réflexions sont restées de nature philosophique et n'ont trouvé leur formulation scientifique qu'au cours des XIX^e et XX^e siècles. En 1974, le chercheur japonais Norio Taniguchi a lancé le concept de «nanotechnologie», l'art de modifier les arrangements d'atomes à l'échelle atomique. Mais pour y parvenir, il fallait d'abord réussir à visualiser la matière au niveau nanométrique.

Il y a environ 40 ans, Heinrich Rohrer et Gerd Binnig du Centre de recherche IBM de Rüschlikon ont franchi un grand pas dans ce sens avec le développement du microscope à effet tunnel. La porte du nanocosmos s'ouvrait aux expérimentateurs. Par cette technique et d'autres développements tels que la microscopie à force atomique et la spectroscopie à rayons X, il devint possible de mesurer des grandeurs matérielles à l'échelle du micro et du nanomètre.

De l'image fixe au diagnostic in situ à résolution temporelle

L'étape suivante est maintenant de passer

de l'examen statique à l'analyse des processus se déroulant dans le temps. Il existe depuis peu des méthodes permettant de suivre et d'étudier des processus temporels en surface ou à l'intérieur de matériaux. Non sans difficulté. En effet: quand on étudie des phénomènes d'échelle nanométrique, la résolution spatiale et la résolution temporelle se contrarient mutuellement. Une bonne résolution spatiale présuppose un bon rapport signal/bruit. Comme il n'est pas possible d'entièrement supprimer le bruit, on moyenne le signal sur une certaine durée, ce qui limite la résolution temporelle. Si bien qu'on doit souvent se résoudre à un compromis entre la résolution temporelle et la résolution spatiale.

De récents développements ayant bénéficié de l'amélioration des détecteurs et de la possibilité de traiter de grandes quantités de données en temps réel ont ouvert la voie à de nouvelles possibilités de résolution spatiale et temporelle d'une expérience donnée. Deux exemples impressionnants: la tomographie aux rayons X synchrotron et le microscope électronique à transmission. Il est maintenant possible, au cours d'une même expérience in situ, d'étudier des processus avec une haute résolution à la fois temporelle et spatiale.

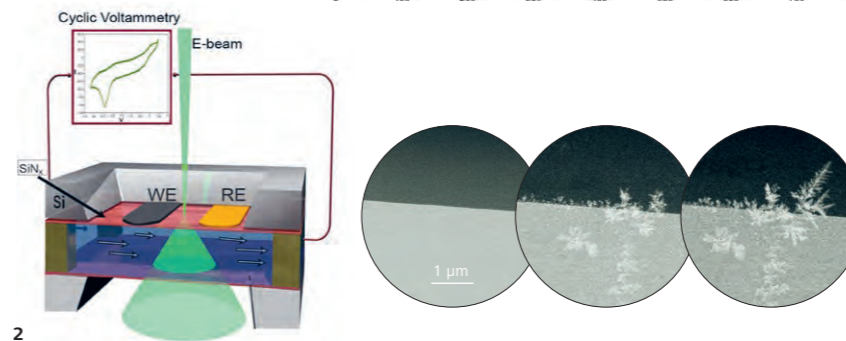
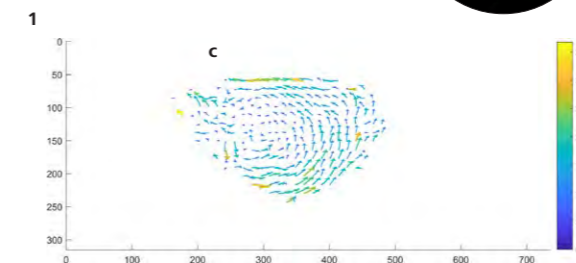
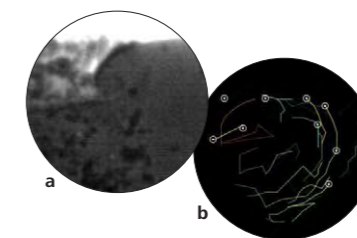
Dr. Lorenz Herrmann, lorenz.herrmann@empa.ch

De brèves séquences d'un bain de fusion d'acier lors d'une impression 3D ont ainsi pu être capturées grâce au faisceau TOMCAT de la Swiss Light Source (SLS) en collaboration avec des partenaires de l'EPFL. On s'est servi pour cela d'une installation miniaturisée de fusion sur lit de poudre développée à l'Institut Paul Scherrer (PSI). Pour renforcer les contrastes, on y a ajouté des particules de tungstène qui ne se dissolvent pas durant le processus. Des algorithmes d'apprentissage automatique permettent de suivre le mouvement des particules de tungstène dans le bain de fusion et d'en dériver la dynamique du bain en cours d'impression. Cela permet de mieux comprendre l'origine des défauts – tels que pores ou fissures – pouvant survenir en cours d'impression, et ainsi d'améliorer la qualité des éléments réalisés par fabrication additive.

Des chercheurs de l'Empa ont étudié par microscopie électronique à transmission la croissance des dendrites dans un électrolyte liquide sous tension électrique. Ce processus, reconstitué à l'intérieur d'une cellule liquide électrochimique, est une des principales causes de défaillance des piles et batteries où la présence de dendrites nanométriques peut provoquer des courts-circuits.

1
Les radiographies d'un bain de fusion contenant des particules de tungstène lors d'une impression 3D (a); trajectoire des particules (b); distribution des vitesses de convection des particules calculée à partir de 2000 instantanés (c).

2
Cellules liquides électrochimiques sous microscopie électronique à transmission. On y observe la croissance de dendrites dans un liquide électrolytique sous tension électrique.



Conduire les analyses à la bonne échelle

Ces exemples illustrent le potentiel de l'analyse nanométrique des matériaux. Une technique qui permettra de comprendre les phénomènes physiques et électrochimiques à l'échelle où ils se jouent et pourrait paver la voie à de toutes nouvelles technologies. //

Dr. Mateusz Wyrzykowski, mateusz.wyrzykowski@empa.ch
Dr. Peter Richner, peter.richner@empa.ch

L'une des clés de la réduction de la consommation des ressources et des émissions qui en découlent est de veiller à la pérennité de l'environnement bâti. Plusieurs équipes de l'Empa y travaillent en se concentrant sur la durabilité des matériaux. Comprendre les processus de vieillissement et de dégradation permet de prévoir les méthodes appropriées d'entretien et de rénovation des bâtiments ou de réutilisation de leurs éléments. D'autre part, la durabilité des nouveaux matériaux peut être améliorée, leur entretien simplifié et les causes de réparation réduites au minimum.

Réduire la réaction alcali-silice pour assurer une longue durée de vie aux barrages en béton

La réaction alcali-silice (RAS) se produit lorsque les agrégats siliceux interagissent avec la solution alcaline présente dans le béton. La réaction conduit au gonflement puis à la fissuration du béton. En Suisse, comme partout dans le monde, ces fissures peuvent provoquer de sérieux dommages et réduire la durée de vie d'ouvrages de béton de première importance. Environ 25 pourcent des 130 barrages en béton de Suisse présentent des fissures suite à cette réaction. De nature multi-échelle, le phénomène reste

l'un des casse-têtes du métier. Sous la conduite d'Andreas Leemann du Concrete and Asphalt Laboratory, des chercheurs de l'Empa ont obtenu d'importants résultats, notamment dans le cadre du SNFS Synergia Grant (collaboration «Falling Walls» entre l'Empa, le PSI et l'EPFL). Les chercheurs de l'Empa ont mis en évidence le lien entre la structure des produits de RAS et la température, et développé des méthodes de contrastage pour microtomographie à rayons X permettant de suivre en 4D la propagation des RAS et des fissures. Soit deux importantes percées dans l'étude des RAS.

Pour évaluer de manière réaliste les risques de RAS, les recherches de pointe en laboratoire sont accompagnées d'études de terrain sur des ouvrages existants. Dans un projet en cours financé par cem-suisse et l'Office fédéral de l'énergie, l'équipe d'Andreas Leemann et Mateusz Wyrzykowski étudie des échantillons de béton exposés aux intempéries du chantier de construction du barrage de Spitalamm sur le lac de Grimsel. Ces études doivent permettre de composer des bétons moins susceptibles de RAS, prolongeant ainsi la durée de vie des ouvrages. Elles permettront également de mieux anticiper l'apparition de tels dommages dans les structures existantes.

Durabilité et réutilisation de brins de câbles en PRFC d'une passerelle

Que faire des coûteux câbles en polymère renforcé de fibres de carbone (PRFC) à filins parallèles précontraints lors du démontage d'un pont? La question s'est posée dans le canton de Lucerne lorsque, en avril 2016, le département lucernois de la mobilité et des infrastructures (Vif) dirigé par Gregor Schwegler a démonté la passerelle sur la Petite Emme. Erigée en 1998, cette passerelle pour piétons et cyclistes fut la première en acier-béton-composite post-contraint à câbles à filins parallèles en polymère renforcé de fibres de carbone. Son démontage n'est pas dû à quelque défaut mais à la nouvelle conception de protection de la ville contre les crues qui l'a rendue inutile. Dès l'origine, les câbles intégraient des fibres optiques – développées par le Transport at Nanoscale Interfaces Laboratory de l'Empa – qui en ont assuré la surveillance durant les 18 années d'exploitation. Durant cette période, aucune réduction de pré-tension n'a été détectée. A l'issue du démontage, Urs Meier de l'Empa a reçu en cadeau les deux câbles de PRFC contenant 8,7 km de filins d'une valeur de 45 000 francs. Etant donné leur excellente condition, on envisage la réutilisation dans une autre structure. Les essais en tension des filins

1
Chantier du nouveau barrage de Spitalamm sur le lac de Grimsel. Des échantillons de béton y sont exposés aux intempéries pour en étudier les éclatements dus aux RAS. L'ancien barrage, terminé en 1932, présente d'importantes fissures dues aux RAS et doit être remplacé. Photo: David Birri, Meiringen.

2
Démontage de la passerelle sur la Petite Emme en avril 2016. Après 18 années de service, les filins de PRFC dument récupérés présentent encore d'excellentes caractéristiques et pourraient être réutilisés dans de futurs projets.



1



2

de PRFC ont été conduits au Mechanical Systems Engineering Lab de l'Empa par Giovanni Terrasi, Christian Affolter et Valentin Ott, de même que la mesure de leurs caractéristiques au moyen de capteurs distribués à fibre optique et jauges de tension. Ces essais ont été menés en collaboration avec l'université d'Edimbourg. Les premiers résultats ont confirmé l'exceptionnelle durabilité des PRFC. Après 25 années, dont 18 sous forte précontrainte et exposition au cycle des intempéries, les PRFC présentent encore une résistance à la tension de 3250 MPa, soit 100 pourcent de la valeur nominale originale de 3000 MPa. Le laboratoire de Giovanni Terrasi et Carbo-Link collaborent actuellement avec le Vif à un projet de réutilisation d'une partie de ce PRFC dans deux nouveaux câbles qui seront équipés de nouveaux manchons d'ancrage en PRFC moulé et iront renforcer un pont de béton précontraint vieillissant. //

Le bouclage du cycle de vie des produits est un élément crucial du développement durable car les ressources nécessaires à leur production sont limitées et leur production consomme beaucoup d'énergie. C'est particulièrement vrai des secteurs de l'énergie et du bâtiment – forts consommateurs de matériaux – mais aussi de la production d'articles de consommation, et de l'approvisionnement et du stockage de l'énergie. Pour atteindre les objectifs de l'Accord de Paris – ce à quoi la Suisse s'est engagée – il est indispensable que, collectivement, nous attachions beaucoup plus d'importance à l'usage durable des ressources et au bouclage du circuit des matériaux.

CircuBAT – durabilité en électromobilité

Pour prétendre à la durabilité en électromobilité, il faut entre autres que, lorsque les batteries lithium-ion arrivent en fin de vie, leurs composants puissent être réinjectés dans l'économie. Dans le cadre du projet CircuBAT, sept instituts de recherche suisses – l'Empa, la BFG, le CSEM, l'EPFL, la HES EST, le SIPBB et l'université de Saint-Gall, ainsi que 24 entreprises étudient ensemble les différentes possibilités de fermeture du cycle

de vie de ces produits. Les différentes étapes de la vie des batteries sont auscultées sous l'angle scientifique et économique, de la production à l'utilisation et de l'utilisation au recyclage, en vue de dégager des stratégies permettant d'atteindre cet objectif.

Maximiser la récupération des métaux et l'efficacité dans l'utilisation des ressources, tel est le cadre dans lequel les matériaux des batteries de demain doivent être produits pour éviter que les batteries finissent à la décharge ou dans la nature. Les partenaires du projet étudient les manières de démonter les batteries et d'en récupérer les matières premières secondaires en quantité et qualité suffisantes pour être réinjectées dans la fabrication de nouvelles batteries.

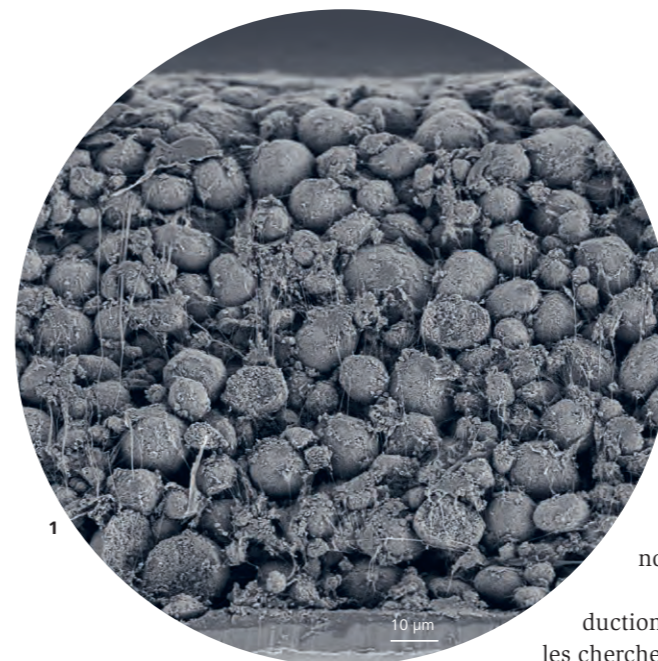
Autre aspect important: prolonger la durée de vie des batteries. Les partenaires étudient entre autres les stratégies optimales de charge et décharge ainsi que de nouvelles techniques d'assemblage facilitant les réparations. Après une première utilisation en électromobilité, les batteries peuvent servir au stockage stationnaire de l'électricité. Le projet étudie comment intégrer cette seconde vie de manière fiable et rentable au réseau électrique. En complément de ces recherches techniques, le projet étudie égale-

ment les aspects socio-économiques de la question et élabore les modèles d'affaires holistiques qui en favoriseraient l'application.

Pas à pas vers une économie circulaire

Les chercheurs de l'Empa pilotent trois des sept sous-projets du CircuBAT. Dans le sous-projet «récupération des matériaux», ils travaillent à l'optimisation d'un processus de recyclage développé avec

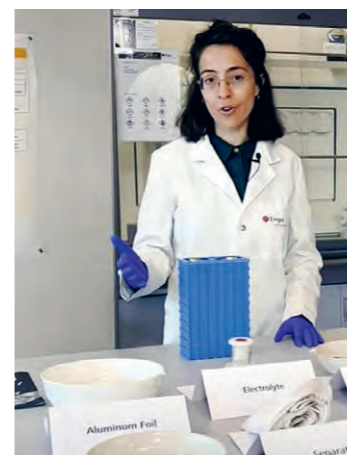
Dr. Brigitte Buchmann, brigitte.buchmann@empa.ch



1

1
Vue au microscope électronique à balayage d'une électrode traitée à sec de cellule de batterie lithium-ion. Ce nouveau procédé permet d'économiser jusqu'à 25 pourcent de l'énergie nécessaire à la fabrication des batteries. Image: Empa/Bühler.

2
Nora Bartoliomé, chercheuse à l'Empa, étudie de nouvelles méthodes de recyclage des batteries lithium-ion.



2

l'entreprise suisse Kyburz. Les matériaux recouvrant les anodes et les cathodes sont séparés dans un bain d'eau. On en tire entre autres du cuivre, de l'aluminium et du phosphate de lithium de qualité supérieure pouvant être réutilisés dans la production de nouvelles batteries.

Dans le sous-projet «production de cellules de batteries», les chercheurs de l'Empa mettent au point des procédés de fabrication sensiblement moins énergivores. Ainsi, l'étape mobilisant de loin le plus d'énergie dans la fabrication des batteries lithium-ion – soit le séchage suivant le revêtement des électrodes – est en cours de complète révision: le revêtement pourrait se faire à sec, sans solvant, et donc sans séchage. Les études menées à l'Empa sur la fabrication des électrodes montrent que l'élimination de cette étape permet d'envisager jusqu'à 25 pourcent d'économie d'énergie à la fabrication des cellules. Les chercheurs de l'Empa y travaillent en étroite collaboration avec le groupe technologique suisse Bühler.

Dans le sous-projet «modèles d'affaires durables», des experts de l'université de Saint-Gall et de l'Empa collaborent avec d'autres partenaires aux types de modèles d'affaires qui permettraient d'assurer la durabilité des circuits économiques des batteries d'électromobilité. Leurs calculs tiennent non seulement compte des coûts de production, mais également des effets environnementaux et sociaux le long de la chaîne de création de valeur. Objectif prioritaire: trouver des modèles d'affaires offrant une rentabilité suffisante pour assurer la rapide mise en œuvre de l'ensemble de ces innovations.

CircuBAT, l'un des 15 projets de l'Initiative Flagship de l'agence suisse d'encouragement de l'innovation Innosuisse, entend contribuer de manière importante à la décarbonisation de la mobilité en Suisse et à la bonne utilisation des énergies renouvelables. //

Le mot de l'année: Strommangellage

Le choix par nos amis alémaniques du mot «Strommangellage» (pénurie d'électricité) comme mot de l'année 2022 vaut pour le reste du pays. L'énergie s'est définitivement imposée au cœur du débat national. Et le début de la guerre d'agression contre l'Ukraine nous donne même à craindre une pénurie générale d'énergie touchant non seulement l'électricité mais le gaz naturel. Nous faisons face à un cumul de crises et défis dans le secteur de l'énergie: extrême augmentation des prix, pénurie de puces électroniques et de main-d'œuvre qualifiée, rupture de chaînes d'approvisionnement ainsi qu'absence de progrès dans les négociations d'un accord sur l'électricité avec l'UE. Un institut de recherche tel que l'Empa peut-il se révéler utile dans une telle situation de crise?

A court terme – réduire la consommation

Pour prévenir le risque de pénurie d'énergie au cours des hivers 2023 et 2024, il faut commencer par des mesures rapidement applicables. Le chauffage des bâtiments offre à cet égard un fort potentiel. Si les mesures portant sur le mode de construction des bâtiments prennent beaucoup de temps, d'autres

mesures beaucoup plus modestes offrent d'excellents résultats. L'Empa a développé un algorithme de réglage prédictif de la température des locaux qui, par intelligence artificielle, s'adapte de lui-même à la dynamique propre du bâtiment. Les études pilotes ont mis en évidence des économies de 20 à 40 pourcent. La nouvelle spin-off de l'Empa viboo a entrepris en été 2022 d'en commercialiser une solution simple à installer. Compatible via le Cloud avec plusieurs thermostats intelligents, cette nouvelle commande peut être commercialisée par les canaux existants et montée sur du matériel largement disponible, voire déjà installé.

A moyen terme – accélérer la commercialisation des innovations

Pour le moyen terme, soit dans les prochaines deux à cinq années, l'effort porte sur la réduction du temps de lancement des nouvelles technologies sur le marché et sur la restructuration urgentement nécessaire de notre système énergétique. Exemple de collaboration étroite de l'Empa avec des partenaires industriels: la création en juin 2022 de l'Association pour la décarbonisation de l'industrie. L'un de ses objectifs est la décarbonisation par recours à l'hydrogène

dans les processus industriels à haute température. L'accent porte sur la pyrolyse du méthane, technique de production d'hydrogène sur le point d'être commercialisable. Elle doit encore faire l'objet d'un démonstrateur à Zoug. La pyrolyse produit également du carbone solide qui peut être utilisé comme matériau de construction. Qu'elle travaille avec du méthane de synthèse ou du biogaz, cette technologie doit présenter des émissions négatives puisqu'elle soustrait durablement du CO₂ de l'atmosphère.

A long terme – voies de transition, matériaux et technologies: objectif Résilience

Et les prochaines décennies? Il s'agit avant tout de se doter d'un système énergétique assurant simultanément la sécurité de notre approvisionnement, des prix abordables et la neutralité climatique. Et pas seulement «par beau temps» mais également lors des crises qui ne nous épargneront pas. Il s'agit donc de combiner durabilité et résilience. L'Empa y travaille de différentes manières. Exemple: les scénarios de transition du secteur énergétique suisse, tels ceux de l'étude «Avenir énergétique 2050» réalisée par l'Empa et l'université

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

Dr. Björn Niesen, bjoern.niesen@empa.ch



L'Association pour la décarbonisation de l'industrie s'est fixé pour objectif de développer des méthodes globales de réduction du CO₂ rapidement applicables dans le cadre industriel. Premier objectif: les opérations industrielles à haute température. Les fours d'émaillage des V-ZUG AG se passeront à l'avenir de gaz naturel fossile. Photo: V-ZUG AG.

de Saint-Gall à la demande de l'Association des entreprises électriques suisses (AES). C'est la première modélisation scientifique de l'ensemble du système énergétique suisse jusqu'en 2050, tous secteurs confondus, qui prend également en compte les pays voisins. S'y trouvent différents scénarios sur la manière d'atteindre nos objectifs de politique climatique, avec indication des coûts et des conditions cadres.

L'Empa poursuit d'autres projets qui, pour renforcer la résilience globale de notre système énergétique, tablent sur les matériaux et les technologies durables. Ainsi, dans le domaine des batteries, l'Empa travaille aux technologies sodium, un métal largement disponible, plutôt que lithium – assez rare – ainsi que sur le recyclage des batteries, lequel, en bouclant le cycle des matériaux, réduirait la dépendance du pays aux importations de matières premières. //

Approche holistique de la recherche en matériaux médicaux

Pour obtenir de bons résultats dans l'étude des matériaux médicaux, il faut adopter une approche holistique, il faut prendre en compte l'ensemble des exigences complexes de la médecine. Le contact entre médecins et spécialistes des matériaux est donc essentiel. Bénéficiant d'une vue d'ensemble des domaines impliqués et de l'expérience accumulée par ses chercheurs dans la synthèse des matériaux, leur traitement, l'analyse biologique, la modélisation et la simulation numériques, la bioinformatique, l'imagerie et les sciences de la vie, l'Empa est le partenaire privilégié d'une telle collaboration.

Les innovations auxquelles l'Empa travaille visent à réduire la charge des hôpitaux qui, au fil des ans, n'a fait qu'augmenter. La situation dans les unités de soins intensifs, par exemple, est critique. Leur tâche est avant tout de maintenir la santé des patients et de réduire la durée des traitements.

Les «Wearables» (= capteurs portables) et les jumeaux numériques permettent aujourd'hui de diagnostiquer à un stade précoce des pathologies chroniques ou potentiellement mortelles. Ces systèmes peuvent suivre l'état du patient à l'aide de capteurs physiques, chimiques ou biologiques et lui administrer

des médicaments de manière contrôlée. Les jumeaux numériques permettent d'anticiper la réaction des patients aux thérapies adoptées et d'en ajuster le dosage.

Technologies d'imagerie biomédicale
L'intégration multi-niveaux et multimodale des données par apprentissage automatique permet la détection précoce des pathologies, laquelle est souvent une condition d'efficacité du traitement. La combinaison d'images 3D à haute résolution et de diverses techniques de microscopie couplée à des analyses génétiques et moléculaires – on parle de données «multi-omiques» – offre des perspectives entièrement nouvelles d'identification précoce. Ainsi, l'étude pilote que nous avons conduite en collaboration avec la clinique de neurologie de l'hôpital cantonal de Saint-Gall a abouti à une visualisation des protéines d'une précision sans précédent, offrant une meilleure compréhension de la maladie d'Alzheimer au niveau moléculaire. Cela devrait ouvrir la voie au diagnostic plus précoce de cette pathologie par l'examen d'une goutte de sang.

Diverses techniques d'analyse sans marqueur permettent de simuler numériquement une pathologie sans modification des tissus prélevés. Ainsi, des cher-

Prof. Dr. Alex Dommann, alex.dommann@empa.ch
Prof. Dr. René Rossi, rene.rossi@empa.ch

cheurs de l'Empa développent des techniques d'imagerie 3D et 4D permettant d'observer et de surveiller certains processus utiles à l'établissement d'un diagnostic et aux contrôles ultérieurs. Les méthodes d'imagerie 3D ouvrent de nouvelles voies aux examens de médecine numérique de précision non invasive de tissus tumoraux ou, par exemple, de caillots de sang ayant provoqué un accident vasculaire.

Systèmes de nano-médecine

Les thérapies actuelles ne sont souvent efficaces que sur des groupes restreints de patients. Pour en élargir la portée, il faudrait traiter chaque patient individuellement. Cela nécessite de nouvelles approches en étude des matériaux. Si les méthodes personnalisées de diagnostic et de traitement prennent progressivement pied dans la clinique, la médecine de précision doit encore se faire entendre dans le développement des produits et des matériaux. La modélisation informatique des interactions entre nouveaux matériaux et modèles de tissus multicellulaires doit permettre aux chercheurs de l'Empa de mieux comprendre les processus physiologiques humains, leurs interactions complexes, leurs voies d'échanges de signaux et leurs processus de guérison. Une modification ci-

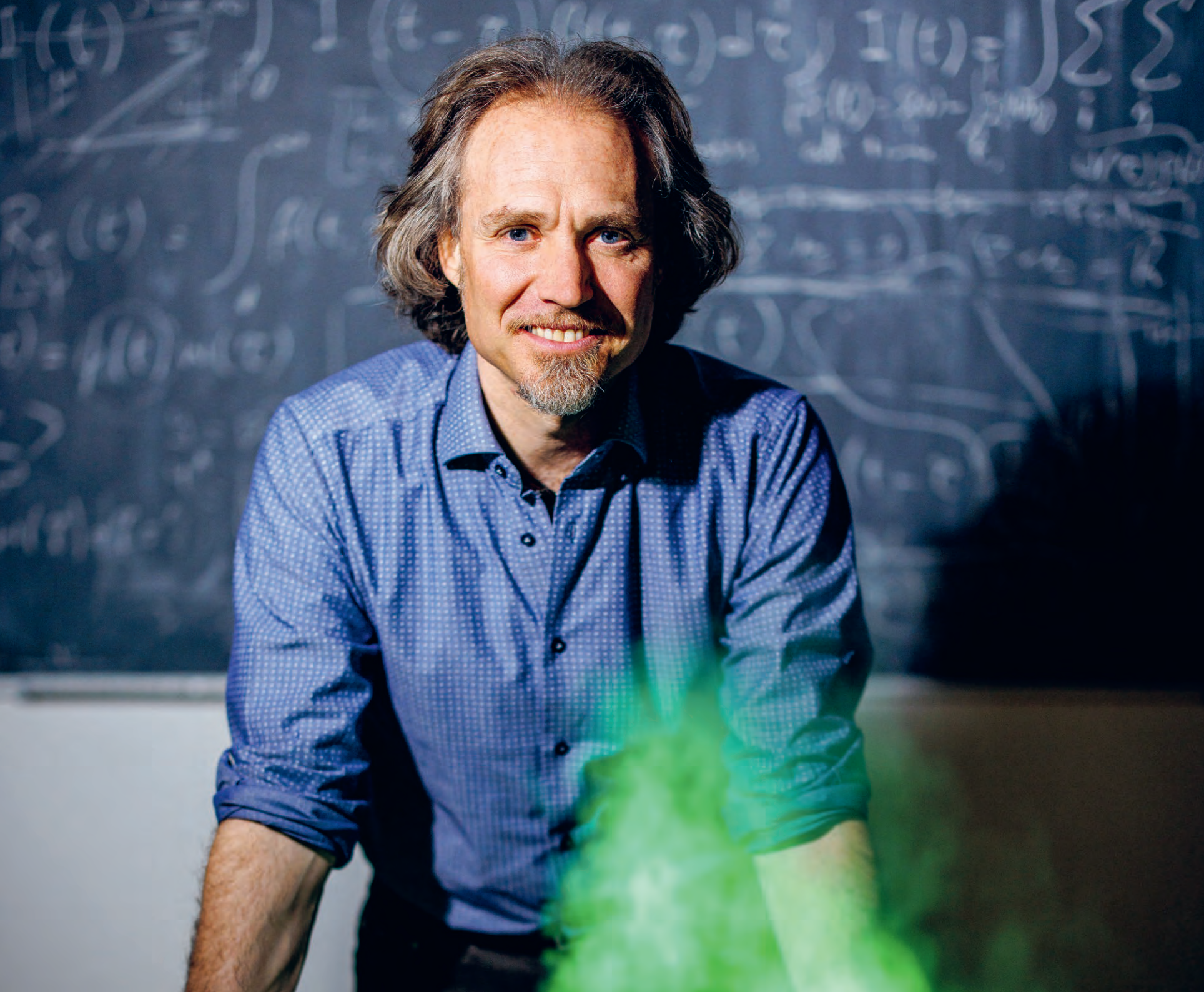


La ceinture cardio, faite d'un tissu souple et d'électrodes brodées, permet de mesurer confortablement et sur une longue durée des paramètres physiologiques importants. Image: Robert Stürmer / Empa.

blée des surfaces peut, par exemple, influencer l'adhérence d'une protéine, modifiant ainsi la réaction biologique des cellules. En travaillant au développement de matériaux et aux méthodes d'analyse, l'Empa entend hâter le développement de la médecine de précision en Suisse.

Contact entre implants et tissus biologiques

Dans le domaine biomédical, le vieillissement de la population augmente la demande en implants et en nouvelles techniques et matériaux de régénération. A l'Empa, l'objectif de l'étude de matériaux destinés à des domaines aussi variés que les revêtements, la tribologie, la corrosion, la biomécanique et la fabrication additive est de comprendre et contrôler la réaction de différents types de cellules et tissus à leur contact, leur adaptation aux surfaces rencontrées et les modifications qu'ils y apportent. Cela pour épauler la réparation, la régénération et le bon fonctionnement des tissus et organes concernés. L'approche interdisciplinaire de l'Empa et de ses partenaires industriels et cliniques dans l'étude des matériaux est la plus susceptible d'aboutir à des découvertes au réel impact clinique. //



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 près de 600 scientifiques hautement qualifiés et son infrastructure technique de haut niveau.

La collaboration avec l'industrie est inscrite dans l'ADN de l'Empa et omniprésente dans sa culture d'entreprise. C'est de concert avec ses partenaires industriels que le laboratoire travaille à l'élaboration de nouveaux matériaux et à la mise au point de techniques pouvant répondre aux mutations technologiques et aux défis de notre société, et donc au renforcement de la place économique suisse. Concrétiser ensemble ces idées et les faire rapidement adopter par l'économie est au cœur de la mission du transfert des technologies.

En 2022, quelque 200 nouveaux projets de recherche ont été lancés par l'Empa, la plupart avec des partenaires industriels. Dix-huit inventions ont fait l'objet d'une demande de brevet et dix nouveaux contrats de licence et de transfert technologique ont été conclus avec des partenaires commerciaux. Notre spin-off CTsystems AG a été reprise par la société Dätwyler (voir p. 48).

Nouvelle fonctionnalité pour les forêts médicaux

Des chercheurs du département Surface Science & Coating Technologies de l'Empa ont développé en collaboration avec l'ARTORG Center for Biomedical Engineering Research de l'université de Berne un forêt

de perceuse complété d'un traitement de surface bi-couche formant en sa pointe deux électrodes isolées l'une de l'autre. Les couches dures de nitrure de titane (TiN, conducteur) et de nitrure de silicium (Si₃N₄, isolant) sont déposées sur la tête du forêt par pulvérisation cathodique magnétron. Le forêt est entraîné par un robot développé par l'ARTORG Center pour réduire les risques liés à la pose d'implants cochléaires. Il permet, en cours d'opération, de s'assurer par un signal électrique que la distance avec les nerfs faciaux est bien maintenue (voir p. 12).

Une demande commune de brevet portant sur la technique de revêtement du forêt a été déposée en 2017 par l'Empa et l'ARTORG Center; le brevet a déjà été accordé par plusieurs pays. Fin 2021, un contrat exclusif de licence a été conclu avec la société bernoise CAScination AG, qui a vu le jour en 2009 comme spin-off de l'ARTORG Center et a reçu le Swiss Medtech Award 2019 pour son robot de pose d'implants cochléaires. La licence sur la technique de revêtement du forêt parachève le développement de ce système d'assistance chirurgicale.

Des emballages écologiques pour les fruits et légumes frais

Les films de plastique qui, dans le com-

merce, protègent les fruits et légumes représentent une quantité non négligeable de déchets. En collaboration avec Lidl Suisse, l'Empa a mis au point un film dérivé de matières premières renouvelables. Développé par la section «Cellulose & Wood Materials» de l'Empa sous la direction de Gustav Nyström, il est tiré du marc de fruits et légumes (pelures et épluchures compressées). Déposé sur les fruits soit par pulvérisation, soit par bain, le film est aisément lavable. Inoffensif pour l'utilisateur, il peut être ingéré sans problème. Le temps de conservation des fruits et légumes en est sensiblement augmenté. Ainsi, celui des bananes a été prolongé d'une semaine.

La mise au point finale du film de cellulose se poursuit en collaboration avec un grossiste en fruits et légumes dans le cadre d'un projet Innosuisse. Objectif: l'introduire dans les commerces d'alimentation dès la conclusion du projet afin de réduire les emballages et le gaspillage alimentaire.

L'Empa Innovation Award 2022 décerné à viboo AG

L'Empa Innovation Award est décerné tous les deux ans à un projet remarquablement innovant ayant réussi son transfert technologique au marché. En 2022, la

Marlen Müller, marlen.mueller@empa.ch



1 Jaune est le nouveau brun. Deux bananes de dix jours; celle du bas est protégée par le nouveau film de cellulose. Image: Empa, Lidl Suisse.



2 La conversion thermostats analogiques / thermostats intelligents viboo Cloud est facile à effectuer dans les installations existantes et permet des économies d'énergie de 20 à 40 pourcent.

distinction a été décernée à la spin-off de l'Empa viboo AG. Après plusieurs années de recherches à l'Urban Energy Systems Lab, Felix Bünning et Benjamin Huber ont mis au point un algorithme qui, sur la base de données météorologiques et de données relatives au bâtiment peut en calculer les besoins plusieurs heures à l'avance et ainsi optimiser le chauffage des locaux. Facilement réalisable dans les bâtiments existants, la conversion thermostats analogiques / thermostats intelligents que la solution Cloud de viboo propose permet des économies d'énergie de l'ordre de 20 à 40 pourcent. Pour lancer leur produit sur le marché, les chercheurs de l'Empa ont créé la société viboo AG. Ils travaillent déjà à plusieurs projets pilotes avec des fabricants tels que Danfoss, ABB et Schneider Electric. //

Industrialisation réussie

Les pépinières d'entreprises de l'Empa ont pour but de faciliter le transfert des résultats de la recherche vers des applications industrielles via des start-up. Au cours de l'année sous revue, trois spin-off de l'Empa ont brillamment validé cette démarche.

Dätwyler reprend la spin-off CTsystems de l'Empa

Le groupe industriel Dätwyler, basé dans le canton d'Uri et actif au niveau international, a repris CTsystems, spin-off de l'Empa logée au glatec. Les brevets de CTsystems sur les polymères électroactifs passent ainsi à Dätwyler qui peut maintenant en produire à l'échelle industrielle. Soumis à une tension électrique, ces polymères changent de forme et peuvent effectuer une variété de mouvements mécaniques élastiques. Empilables, ils peuvent avantageusement remplacer les actuateurs actuels de bien des applications, et permettre de toutes nouvelles applications par exemple dans l'automobile de demain. Les deux entreprises collaborent étroitement depuis 2018.

Un fournisseur bâlois d'énergie rejoint Sympheny

L'étude du système énergétique d'édifices isolés ou de groupes de bâtiments

requiert la prise en compte de nombreux facteurs. Pour identifier puis évaluer les différentes solutions envisageables, la spin-off Sympheny de l'Empa a développé un logiciel d'étude des systèmes énergétiques. Il intègre des algorithmes, un jumeau numérique du système et, depuis peu, un système d'information géographique (SIG), ce qui lui permet de simuler la production, le stockage et la consommation locales d'énergie.

Le logiciel de Sympheny a déjà été intégré à 20 grands projets de construction. Des fournisseurs d'énergie et des entreprises générales de la Suisse entière comptent parmi ses clients. En 2022, les services industriels bâlois Energieversorger Industrielle Werke Basel (IWB) ont annoncé avoir acquis plus de 30 pourcent des actions de la jeune pousse cleantech. L'injection de capital doit avant tout permettre la poursuite du développement du logiciel.

La spin-off Nahtlos obtient un million

Lors d'une première ronde de financement, Nahtlos, autre spin-off de l'Empa, a obtenu un million de francs d'un réseau de business angels de Suisse et du Liechtenstein, ainsi que de la Fondation Startfeld. Nahtlos a mis au point ces deux dernières années des électrodes no-

Mario Jenni, mario.jenni@empa.ch
Peter Frischknecht, peter.frischknecht@startfeld.ch

vatrices intégrées à des textiles permettant d'enregistrer l'activité cardiaque (électrocardiogrammes ECG) – par exemple pour diagnostiquer une fibrillation auriculaire – ou d'appliquer une électrostimulation thérapeutique – par exemple pour conserver la masse musculaire de patients paralysés. Les électrodes en technique textile sont douces de contact et n'irritent pas la peau, même appliquées durant plusieurs jours, voire plusieurs semaines.

Fusion de Startfeld et du Parc suisse d'innovation Est

Après la décision du Conseil fédéral d'intégrer le Parc suisse de l'innovation Est (Switzerland Innovation Park Ost) comme sixième entité du réseau Switzerland Innovation, le parc a fusionné en juin 2022 avec Startfeld, le réseau d'innovation et de start-up de Suisse orientale. Les deux entreprises étaient non seulement hébergées sous le même toit, mais bénéficient également toutes deux du soutien de l'Empa, du canton et de la ville de Saint-Gall, de l'université de Saint-Gall et de la Haute Ecole spécialisée de Suisse orientale. Le rayon d'action potentiel de Startfeld se trouve élargi par la proximité de Buchs et du bassin du Parc d'innovation. //



1 Les fondateurs de Nahtlos AG, José Näf et Michel Schmid, et les électrodes en technique textile pour ECG de longue durée dans leur laboratoire du Parc de l'innovation Est. Photo: Marlies Thurnheer.



2 Industriellement prometteurs: les polymères électroactifs empilables. Image: Dätwyler Holding AG.

De nombreux nouveaux partenariats

Dr. Martin Gubser, martin.gubser@empa.ch
Gabriele Dobenecker, gabriele.dobenecker@empa.ch

L'Empa, institut de recherche du Domaine des EPF, est financée à hauteur d'environ 60 pourcent par la Confédération. Les 40 pourcent restants sont assurés par des institutions suisses et de l'UE ainsi que par des projets de recherche pour et des prestations à l'industrie suisse. L'exercice sous revue a vu la signature de nombreux partenariats avec des fondations dont l'appui a permis la réalisation d'importants projets de recherche.

Thérapie personnalisée des tumeurs

Le glioblastome est la plus fréquente et la plus dangereuse tumeur primaire du cerveau. Pour l'étudier, Peter Wick, chercheur à l'Empa, et son équipe ont adopté une nouvelle approche. Ils cultivent sur des puces des organoïdes de glioblastome obtenus à partir de tissus prélevés sur des patients volontaires, les caractérisent et en pratiquent l'examen microscopique. Les chercheurs espèrent ainsi en apprendre plus sur ce type de tumeurs encore mystérieux afin de lui trouver une thérapie personnalisée. Ces recherches sont poursuivies grâce au soutien de la Fondation Hans Altschüler, la Fondation Elgin, la Fondation Hanne Liebermann, la Fondation Mirto, la Fondation stiftup, la Fondation VDSM, la Fondation Werner Geissberger et d'autres fondations.

Une puce pour remplacer les essais sur animaux

Les nouveaux médicaments à base de nanoparticules qui franchissent sans peine toutes nos barrières corporelles ouvrent d'intéressantes perspectives à la médecine. Pour que ces promesses se concrétisent sur le marché, il faut s'assurer de l'innocuité de la technique. Il s'agit en particulier de clarifier ce qui se passe lorsque, chez une femme enceinte, une substance traverse la barrière placentaire séparant la mère de l'enfant. Les toxines d'origine environnementale constituent également une menace pour le fœtus, très vulnérable, lorsqu'elles franchissent cette barrière ou interfèrent avec le développement et le fonctionnement du placenta. L'équipe de Tina Bürki, chercheuse au laboratoire «Particles-Biology Interactions» de Saint-Gall s'occupe d'embryotoxicité depuis longtemps déjà et cherche les moyens d'identification simples et précis des substances impliquées. Elle développe actuellement en collaboration avec l'hôpital de Saint-Gall et l'EPFZ un nouveau procédé d'identification précise des substances embryotoxiques se passant d'essais sur animaux. Ces travaux ont été rendus possibles par le soutien de la Fondation ProCare.



Des pansements intestinaux intelligents

Les interventions gastro-intestinales sont maintenant une réalité quotidienne. Il n'en demeure pas moins que les empoisonnements sanguins pouvant survenir en cours de rétablissement comptent parmi les complications chirurgicales les plus redoutées. De 5 à 15 pourcent des sites opératoires intestinaux ne guérissent pas et laissent le contenu des viscères sourdre dans l'abdomen, ce qui peut pro-

voquer un empoisonnement sanguin fatal. Le traitement de ces insuffisances dites d'«anastomose», souvent constatées tardivement, est souvent long et compliqué. Dans un projet récemment lancé, une équipe de chercheurs de l'Empa dirigée par Inge Herrmann développe un nouveau pansement fonctionnel qui combat efficacement ce type d'insuffisance anastomotique et, pour la première fois, permet de surveiller les processus de guérison par imagerie ultrasonique non invasive. La technique se fonde sur un nouveau type d'adhésif qui ancre le pansement dans le tissu et absorbe les liquides digestifs et le contenu intestinal qui s'échappent. Des capteurs intégrés au pansement signalent à temps les éventuelles fuites, ce qui peut permettre d'en prévenir les graves conséquences. Cette recherche est poursuivie avec le soutien de la Fondation Evi Diethelm-Winteler, de la Fondation Hans Gröber, de la Fondation Peter Bockhoff et d'une autre fondation. //



1 Radiographie d'un glioblastome, la plus fréquente et dangereuse tumeur primaire du cerveau. Image: Tonpor Kasa, iStockphoto.

2 Breveté: l'équipe d'Inge Herrmann et d'Alex Anthis a développé un pansement hydrogel qui scelle les plaies opératoires.

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

Regrettable pour tout le monde, l'exclusion de la Suisse des programmes et des instances de recherche de l'UE souligne l'importance et l'attention qu'il faut accorder à nos contacts et réseaux internationaux. Au cours des échanges organisés l'année dernière avec différentes délégations étrangères, la direction de l'Empa n'a pas manqué d'explorer les possibilités de futures coopérations.

En première ligne de ces visites: la promotion de l'innovation au niveau international, et surtout européen. C'est ce dont est venue discuter début septembre une délégation de l'agence suédoise Vinnova – dont le rôle est semblable à celui d'Innosuisse dans notre pays – conduite par sa directrice générale Darja Isaksson. Objectif: améliorer le transfert des technologies et promouvoir les entreprises et les partenariats public-privé (PPP) en particulier dans le domaine de l'Advanced Manufacturing (AM). A suivi en novembre une réunion de la Swedish-Swiss Innovation Initiative pour la numérisation dans l'industrie à laquelle ont assisté près de quatre-vingt personnes de la recherche et de l'industrie suisse et suédoise. Puis l'Allemagne a été reçue pour des échanges sur les questions de durabilité, d'énergie et, à nouveau, d'AM.

L'Empa a également créé des occasions de rencontre (match-making) pour identifier d'éventuels partenaires, en particulier pour les nouveaux appels d'offre lancés à l'occasion de l'événement EU-REKA/EUROSTAR.

Economie et politique: quelques visites

Plusieurs délégations économiques autrichiennes sont venues à l'Empa dans le cadre du «voyage dans le futur» initié par le ministère fédéral du Numérique et de l'Economie et de la Chambre de commerce autrichienne. Il y a surtout été question de solutions novatrices dans le bâtiment – en particulier pour le béton et l'asphalte – et des nouveaux matériaux dérivés du bois, une ressource naturelle et renouvelable largement disponible dans nos deux pays.

La Grande-Bretagne est à plusieurs égards un partenaire logique de la Suisse dans le domaine de la science et des technologies. Elle a aussi été exclue des partenariats de recherche de l'UE (au lendemain du Brexit), et dix des vingt meilleures universités d'Europe se trouvent dans l'un ou l'autre de nos deux pays. Ainsi, l'approfondissement de la collaboration entre nos pays fut l'un des sujets de la visite en avril à l'Empa d'un groupe de parlementaires britanniques.

Comment s'y prendre? Mirko Kovac – spécialiste en drones – l'a concrètement illustré au NEST. En effet, il dirige à la fois un département de recherche à l'Empa et une équipe de l'Imperial College de Londres. Parfaitement dans l'esprit de l'accord de partenariat (memorandum of understanding) sur l'approfondissement de la collaboration en matière de recherche et innovation signé à Londres au mois de novembre par les ministres de la Recherche des deux pays.

Les grands défis sous nos yeux

Le NEST et ses démonstrations grandeur nature de solutions pour le bâtiment et l'énergie nous ont aussi valu au mois de mai la visite de représentants de l'Institut fédéral allemand de la recherche dans le bâtiment, l'urbanisme et l'aménagement du territoire, ainsi que de différentes universités allemandes qui travaillent comme nous sur la base d'unités de démonstration plug-and-play. Autre thème central du NEST, l'économie circulaire dans le bâtiment. Elle fit en juillet l'objet d'une rencontre avec des représentants du ministère de l'Intérieur et de la Gérance immobilière centrale du gouvernement néerlandais. Le Forum des technologies numériques du ministère fédéral allemand de l'Economie et de la Protec-

1
Visite à l'Empa d'un groupe de parlementaires britanniques au mois d'avril.

2
Au démonstrateur de mobilité move, Christian Bach (second à gauche) explique à des représentants du ministère des Finances du Qatar et au conseiller fédéral Ueli Maurer quelques-unes des pistes suivies pour boucler le cycle du carbone, dont la synthèse de carburants.

3
Mi-mai: une délégation de Swissnex – le réseau mondial du Secrétariat d'Etat à la formation, à la recherche et à l'innovation – admire l'unité DFAB du NEST.



tion du climat s'est à nouveau informé – entre autres à l'Empa – des progrès de l'informatique quantique et du numérique dans la construction.

Le même mois, au démonstrateur de mobilité move, le ministre qatari des Finances, Ali bin Ahmed Al Kuwari et son homologue suisse, le conseiller fédéral Ueli Maurer, se sont renseignés sur les vecteurs énergétiques durables et la mobilité de demain. Christian Bach, chercheur de l'Empa, et Peter Richner, vice-directeur de l'Empa, leur ont fait la démonstration du bouclage du cycle du carbone par combustibles synthétiques.

Au mois de mai, un groupe authentiquement multinational de représentants et représentantes de Swissnex – le réseau mondial du Secrétariat d'Etat à la formation, à la recherche et à l'innovation (SEFRI) – s'est retrouvé en réunion annuelle sur le campus de l'Empa. Ils s'y sont renseignés sur les projets de recherche en cours et sur l'évolution des techniques de construction durable et de fabrication numérique. //

Echanges et dialogue – vive le retour aux contacts personnels!

Dr. Michael Hagmann, michael.hagmann@empa.ch

En mars 2022, au lendemain de la levée des mesures restrictives liées à la pandémie, l'Empa a enfin pu accueillir à nouveau «de vrais» visiteurs et visiteuses. Quelque 12000 personnes ont participé aux visites guidées de laboratoires et du NEST ou à l'une ou plusieurs des manifestations ciblées sur des recherches et des innovations spécifiques issues de ces laboratoires. On retrouve ainsi la fréquentation habituelle. S'y sont ajoutés quelques milliers de visiteurs et visiteuses virtuelles par le truchement de la nouvelle «réalité hybride».

Pour renforcer les échanges avec le public, l'Empa a lancé en octobre dernier un nouveau format de rencontre: savoir2go. D'une durée d'environ 90 minutes, ces soirées compactes proposent aux intéressés des «bouchées» de nouvelles technologies, compréhensibles et présentées de manière attrayante. Suit un échange de questions et réponses avec les chercheurs de l'Empa, qui peut se poursuivre lors d'une verrière. Le premier savoir2go portera sur la mobilité à faible impact climatique.

Roman Fasel, chercheur de l'Empa spécialiste des matériaux quantiques de précision sur base de carbone ou de graphène, a été l'un des dix lauréats des

«percées scientifiques de l'année» honorés lors du festival scientifique Falling Walls qui se tient chaque année à Berlin. Lors de l'inauguration des journées numériques sur la Place fédérale de Berne, l'Empa a également pu toucher et émerveiller un large public par une démonstration de drones du Sustainability Robotics Lab puis, en direct mais virtuellement, en abordant le thème de la gestion de l'énergie de demain. La spin-off viboo a par ailleurs remporté la GreenTech Startup Battle des journées numériques avec sa technologie – commandée par intelligence artificielle – capable de réduire la consommation d'énergie des bâtiments de 20 à 40 pourcent.

Vif intérêt également de la part du monde politique et de l'administration

L'an dernier, la direction de l'Empa a pu s'entretenir avec plusieurs conseillers fédéraux de questions de politique de la recherche et de l'innovation. Une première fois en mai, en marge du «WEF de remplacement» organisé à Davos par le Domaine des EPF dans les murs de l'Institut pour l'étude de la neige et des avalanches. Le conseiller fédéral Guy Parmelin et une soixantaine d'hôtes de marque de la politique, de la recherche et de l'économie y ont débattu du sujet

«Comment servir au mieux la Suisse». Ensuite à la fin du mois d'août, où le conseiller fédéral Ueli Maurer et l'ensemble des cadres du Département fédéral des finances ont passé deux journées à l'Empa afin, entre autres, de resserrer la collaboration avec l'Office fédéral des constructions et de la logistique (OFCL) – l'un des principaux exploitants immobiliers du pays – et d'appliquer les techniques énergétiques et du bâtiment développées à l'Empa et, ce faisant, servir de modèle en matière de durabilité.

Fin septembre fut l'occasion de la visite annuelle de groupes parlementaires. «Le Centre» et son président Gerhard Pfister se rendirent à l'Empa de Thoune, le PS et la conseillère fédérale Simonetta Sommaruga au Parc de l'innovation Zurich à Dübendorf. En octobre, le président de la Confédération Ignazio Cassis, accompagné des conseillers d'Etat Beat Tinner et Marc Mächler, et de la maire de Saint-Gall



1

Pour renforcer ses échanges avec le public, l'Empa a lancé en octobre dernier une nouvelle formule de rencontres, les savoir2go.



2

Maria Pappa, visitaient à l'OLMA de Saint-Gall le stand commun de l'Empa et du Parc de l'innovation Est consacré aux jumeaux numériques. Par ailleurs, plusieurs membres d'offices fédéraux tels que l'Office fédéral de l'environnement (OFEV), l'Office fédéral des routes (OFROU) et le Contrôle fédéral des finances (CFF) ont eu avec l'Empa des échanges au niveau des directions.

Quelques-unes des meilleures inventions de l'année

Les innovations de l'Empa se prêtent-elles à la production de masse? Les piles biodégradables en papier activables par eau montrent que oui. Issu du laboratoire de Gustav Nyström, ce produit s'est valu une place dans la liste des 100 meilleures inventions de l'année du magazine américain «TIME». Par ailleurs, l'intérêt suscité par les recherches conduites à l'Empa a été énorme: plus de 9000 articles (un record) dans 39 langues l'an dernier. En témoignent également plusieurs visites de groupes de journalistes venant du Japon, des Etats-Unis, d'Allemagne et d'Autriche.

Enfin, l'Empa a pris soin de ses rapports avec son plus jeune groupe d'interlocuteurs, les enfants et les jeunes. Les enthousiasmer pour les sciences natu-

2

Rencontre à l'OLMA au stand commun de l'Empa et du Parc suisse de l'innovation Est: (de gauche à droite) René Rossi, chercheur à l'Empa, le conseiller d'Etat Beat Tinner, le président du CA du Parc suisse de l'innovation Est Roland Ledergerber, Ignazio Cassis, président de la Confédération, le conseiller d'Etat Marc Mächler, Maria Pappa, maire de Saint-Gall, Tanja Zimmermann, directrice de l'Empa, Hans Ebinger, CEO du Parc suisse de l'innovation Est.

3

Le célèbre magazine américain «TIME» publie chaque année une liste des inventions les plus importantes de l'année. En 2022, Gustav Nyström et son équipe du Cellulose & Wood Materials Laboratory de l'Empa y figuraient avec leur pile jetable biodégradable en papier qui réduira l'impact environnemental de futures applications électroniques.



3

La diversité et l'inclusion, toujours et encore

La diversité est absolument primordiale – mes meilleures expériences, je les ai faites dans des groupes mixtes», précise Tanja Zimmermann dans son interview de décembre 2022. Les questions de diversité, d'égalité des chances et d'inclusion restent donc centrales pour la nouvelle directrice de l'Empa.

Ancrage plus profond de la diversité, de l'égalité des chances et de l'inclusion

Le déploiement du plan d'action Egalité des chances et Diversité 2021-2024 s'est poursuivi en 2022. L'accent a surtout porté sur un meilleur ancrage des questions de diversité et d'inclusion. L'expertise du service Diversité & Inclusion s'est rendue dans plusieurs départements et laboratoires. Ces visites se poursuivront en 2023. Mentionnons également la «Newsletter for Equity» commune de l'Empa, de l'Institut Paul Scherrer (PSI) et de l'Institut pour l'étude de la neige et des avalanches. On y trouve tous les deux mois des informations sur les événements, campagnes et autres nouveautés en lien avec la diversité. Destinée aux collaborateurs et collaboratrices déjà intéressés par ces questions ainsi qu'aux nouveaux intéressés.

Etes-vous intéressée par le réseautage ou les ateliers de perfectionnement? L'Empa est membre d'Advance qui, avec plus de 120 membres, est la principale association d'entreprises pour l'égalité des sexes en Suisse. Le réseau œuvre à l'augmentation de la part des femmes aux postes de direction. Il propose de passionnants ateliers de renforcement des compétences (skill-building-workshops) et de bonnes pratiques, ainsi que des occasions de réseautage.

Lancement du nouveau programme de mentorat feM-LEAD

Le premier appel de candidature au nouveau programme de mentorat feM-LEAD (female Mentoring: Leadership for Equity And Diversity) a été lancé en 2022. Le programme s'adresse aux femmes qui veulent accéder à un poste de direction ou s'interrogent sur l'intérêt d'une telle démarche. Initié par le PSI, il débute en mars 2023 avec neuf participantes de l'Empa et durera une année. Les femmes sélectionnées dans les secteurs de la science, des techniques et de la communication participeront à un programme cadre très varié et bénéficieront de séances de mentorat. Objectif: l'augmentation du nombre de femmes aux postes de responsabilité tant à l'Empa que dans l'ensemble du pays.

Melina Spycher, melina.spycher@empa.ch

CONNECTer le monde universitaire et l'industrie

Avec sa quatrième édition, le programme CONNECT (connecting women's careers in academia and industry) s'est poursuivi en 2022. Un groupe de scientifiques très motivées – comprenant des collaboratrices de l'Empa – s'est rendu en visite dans diverses sociétés ou services de l'Etat tels que McKinsey, le DETEC, Bystronic et Siegfried pour y rencontrer des femmes exceptionnelles ayant franchi le pas entre l'université et l'industrie.



Les petits, à grande échelle

Après les contraintes que l'année dernière nous a imposées, il a de nouveau été possible de célébrer pleinement la journée Futur à l'Empa. A Saint-Gall et à Dübendorf, 89 enfants y ont participé. Différents ateliers leur ont permis de conduire des expériences, d'assembler des voitures électriques ou des ordinateurs, d'isoler l'ADN d'une tomate, de jouer à cache-cache dans le noir ou de participer à une course de bobby-cars. A Saint-Gall, ils ont pu si bien garnir leurs pizzas que la question du gaspillage alimentaire a semblé résolue.

Le traditionnel camp d'été a de nouveau pu recevoir 16 enfants motivés du personnel de l'Empa. Ils ont bricolé des batteries, construit des fusées et filmé avec des caméras infrarouge. Autant de moments que les enfants ont eux-mêmes documentés comme des paparazzi en herbe. //

Le camp d'été et la journée Futur nationale ont donné aux enfants l'occasion de se plonger dans le monde de la recherche et du développement et de se familiariser de manière ludique avec divers matériaux.

Les défis d'après-pandémie

Après le net recul des vols d'affaires lors de la pandémie de Covid-19, les émissions de gaz à effet de serre ont repris de plus belle en 2022. On s'attendait à un renversement de tendance, mais pas à une telle échelle. Les déplacements professionnels représentent environ un tiers des émissions globales de l'Empa, soit un peu moins qu'avant la pandémie. Si les communications numériques ont nettement augmenté, on constate aussi un fort besoin de rattrapage au niveau des contacts personnels et des déplacements.

La transition énergétique

Le chauffage des bâtiments est à l'origine d'environ 50 pourcent des émissions de gaz à effet de serre de l'Empa. Pour réduire ce chiffre, il s'agit d'optimiser les flux d'énergie. Le réseau thermique du site de Dübendorf est maintenant pleinement fonctionnel et permet de valoriser les rejets thermiques de la ventilation, des appareils et des serveurs du campus. Le projet visionnaire de réservoir souterrain de chaleur est en cours de construction. Il plonge 144 sondes sous le futur campus de recherche «cooperate» pour stocker la chaleur dans le sol et la récupérer en hiver. Il est prévu d'utiliser ce réservoir saisonnier tant

pour l'exploitation des bâtiments qu'à des fins de recherche.

Nos amies les grenouilles

Revalorisée en 2021, la surface caillouteuse de l'Empa Saint-Gall a bénéficié l'an dernier d'un nouveau coup de pouce à la biodiversité. Lors de la Journée nationale de nettoyage, le groupe Grassroot y a ménagé un étang à insectes et amphibiens. Bravant la pluie, l'équipe et des proches ont pu se réjouir du travail accompli.

Que se passe-t-il sous mon pupitre?

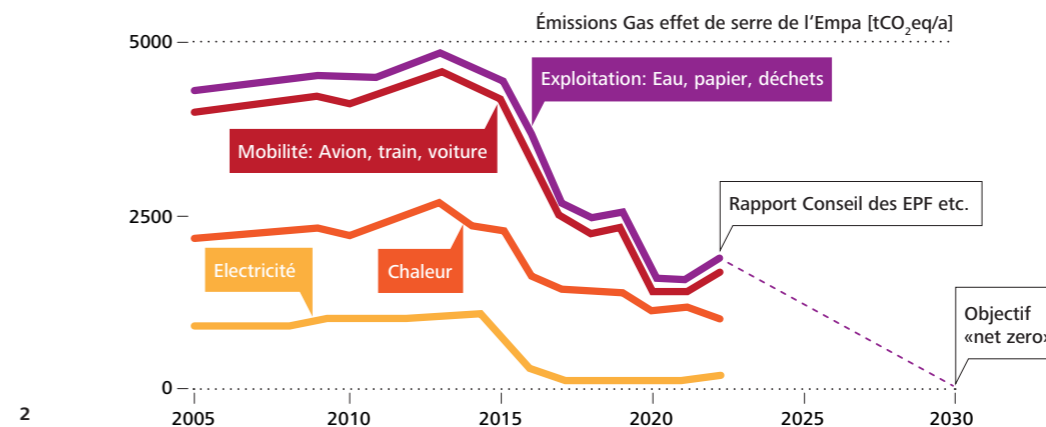
La crise climatique s'est imposée dans le débat socio-politique tout au long de l'année 2022. Pour y répondre, l'Empa a adopté diverses mesures d'importance variable. Le chauffage a été réduit et l'eau chaude n'est plus fournie que là où elle est indispensable. A Saint-Gall, des avaleurs de courant ont été chassés des bureaux: les blocs d'alimentation des anciens modèles de pupitres réglables électriquement consomment 7 watts en mode veille. En revanche, ceux des équipements informatiques obsolètes mis au rebut ont une consommation quasi nulle. Leurs caractéristiques étant compatibles, c'est par douzaines que nos collaborateurs les ont échangés.

Marcel Gauch, marcel.gauch@empa.ch

Cela permettra d'économiser 62 kWh d'électricité par an et par bureau, soit en gros l'équivalent d'un ordinateur portable. //

1 Les militants du groupe Grassroot ont creusé un étang à insectes et amphibiens.

2 La relance des émissions de gaz à effet de serre est bien visible et ne va pas faciliter l'atteinte de l'objectif «zéro émission nette d'ici 2030». D'importantes mesures dans le domaine du chauffage sont en cours d'application. Les déplacements professionnels restent un casse-tête.





Faits et chiffres

Les chercheurs aiment bien mesurer, y compris leurs propres performances: en 2022 les chercheuses, chercheurs, ingénieures et ingénieurs de l'Empa ont publié 869 articles dans des revues scientifiques et déposé 18 brevets pour leurs développements. A la fin de l'année, 104 projets financés par le Fonds national suisse (FNS), 86 projets soutenus par Innosuisse et 76 projets UE étaient en cours à l'Empa. Ses 34 spin-off occupaient avec les autres start-up de ses deux incubateurs d'entreprises au total 1082 collaborateurs.

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 et de prendre les mesures nécessaires pour y remédier. La politique de l'Empa est d'entretenir une réelle culture de la sécurité garante de l'amélioration constante du niveau de sécurité qui y prévaut.

Principes de base dans les situations à risque

L'Empa règle sa politique de sécurité sur les directives de gestion des risques édictées par le Domaine des EPF et la Confédération. Cette politique rigoureuse 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 des collaborateurs, des hôtes de l'Empa, ainsi que de toute personne exposée à ses activités. Ses autres objectifs sont la protection de l'environnement, la protection du savoir-faire, de la propriété intellectuelle et 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 et ses éventuelles conséquences, puis évalué sur le plan financier et de la réputation. Finalement, les mesures nécessaires à la maîtrise de ces risques sont précisées et mises en œuvre. Le processus de gestion des risques est périodiquement soumis à contrôle et, si nécessaire, adapté.

Sortie de la pandémie et risque de pénurie d'énergie

Au printemps 2022, la pandémie a nettement reculé, si bien que l'Empa a pu reprendre son fonctionnement habituel en

début d'été. Mais le service de la gestion des risques a rapidement été confronté à un nouveau problème, l'éventualité d'une pénurie d'énergie. La question – fort complexe – fut confiée à un groupe de travail. L'Empa redoubla son travail d'évaluation des besoins en énergie, point par point, heure par heure, informations indispensables à l'établissement de scénarios réalistes. Pour faire face aux éventuelles coupures répétées et prolongées de courant, l'Empa a loué des groupes électrogènes qui sont venus s'ajouter aux équipements de secours dont disposaient déjà les TIC. Objectif: assurer le service de base nécessaire pour éviter tout dommage aux installations et instruments souvent fort coûteux.

Notre principal effort a cependant porté sur les économies d'énergie et l'amélioration de notre efficacité énergétique. L'application de mesures d'économie à l'étude a été accélérée. Parmi elles, la réduction et le renouvellement de l'éclairage intérieur et extérieur, le remplacement des vannes de chauffage par des systèmes commandés par intelligence artificielle (IA), l'abandon du mode veilleuse des appareils et le passage de l'ensemble des imprimantes au mode économie. Ces mesures ont été accompagnées de campagnes de sensibilisation.

Economiser l'énergie est une préoccupation de longue date de l'Empa. En particulier dans le bâtiment. Il y a longtemps que l'Empa y veille lors de rénovations ou dans ses nouveaux projets. Ainsi, le nouveau campus «co-operate» de l'Empa et de l'Eawag disposera en 2023/24 d'un réservoir thermique saisonnier constitué d'un champ de sondes thermiques souterraines s'étendant sur un diamètre d'environ 60 mètres. Quand il aura atteint sa température nominale, il fournira annuellement quelque 1700 MWh au chauffage du campus. Les besoins étant en-

viron de 6000 MWh (2018), le champ de sondes en couvrira environ 28 pourcent. Un pas non négligeable vers la concrétisation des objectifs CO₂ de la Confédération.

Evolution des organes de sécurité

La formation des collaboratrices et collaborateurs est l'un de nos principaux axes de prévention. Avec quelque 500 arrivées et départs par année, il s'agit d'un véritable défi. Le service de gestion des risques offre un large éventail de formations dans les domaines de la chimie, des nanotechnologies, de l'utilisation des lasers, etc. adaptées aux différents niveaux d'engagement.

Les équipes d'intervention, le service du feu et l'équipe d'intervention en cas d'accident chimique ont pu maintenir en 2022 le rythme habituel de leurs exercices. Quelques formations continues ont permis de conserver et renforcer le niveau de préparation. Plusieurs exercices communs ont été organisés et ont fourni d'importantes contributions à l'amélioration continue des procédés. Des exercices communs avec les services d'intervention extérieurs sont en cours de préparation.

La question de la sécurisation de l'information a encore gagné en importance lors de l'exercice sous examen avec la multiplication des cyberattaques. L'équipe en charge de la sécurité de l'information a élaboré un concept de sécurité accompagné d'instructions et entrepris l'inventaire du patrimoine des données informatiques, base sur laquelle fixer les règles adaptées aux divers types d'information. Objectif: protéger les informations en fonction des risques encourus par l'établissement sous l'angle de la confidentialité, de l'intégrité et de la disponibilité. Cette sécurisation sera régulièrement mise à jour en fonction des normes du métier et continuellement adaptée à l'institution. //

Evolution du personnel

(entre parenthèses: chiffres de l'année précédente)

André Schmid, andre.schmid@empa.ch

A la fin 2022, l'Empa occupait 1021 (1012) personnes, apprentis compris. Du fait des nombreuses possibilités de temps partiel, cela équivaut à 959,5 (948,2) postes à plein temps.

Le personnel scientifique s'élevait à 577 (574) personnes, dont 102 (101) senior scientists. 401 (395) personnes travaillaient dans le secteur technique et administratif. Avec 29,5 (28,2) pourcent, la proportion des femmes reflétait celle des diplômées des facultés des universités et des EPF représentées à l'Empa.

Le nombre d'étrangers s'élevait à 467 (457), soit 45,7 (45,2) pourcent des effectifs totaux. 279 (268) de ces personnes provenaient de l'Union européenne, soit 59,7 (58,6) pourcent des collaborateurs étrangers. L'Empa, qui offre une large palette d'apprentissages, occupait 43 (43) apprentis. En 2022, tous les apprentis en fin de formation ont cette fois encore passé avec succès leurs examens de fin d'apprentissage. //

EFFECTIFS DU PERSONNEL

	2021	2022
Personnel scientifique	574	577
Personnel technique/administratif	395	401
apprentis	43	43
Total	1012	1021

PRODUCTION SCIENTIFIQUE

	2021	2022
Publications ISI	850	869
Contributions à des conférences	942	1103
Thèses de doctorat achevées	34	54
Doctorats en cours	226	226
Activités d'enseignement (en heures)	4529	5390
Prix/distinctions	50	52

ACADÉMIE EMPA

	2021	2022
Manifestations de l'Empa	70	64
Participants	4490	4038
Sur place / en ligne	1266 / 3224	3011 / 1027
Congrès scientifiques	18	19
Manifestations spécialisées pour l'industrie	14	20

TRANSFERT DE SAVOIR ET TECHNOLOGIE

	2021	2022
Nouveaux accords de recherche et développement	232	196
Contrats de valorisation actifs (licences/options/ventes)	54	45
Nouveaux contrats de valorisation	14	9
Nouveaux dépôts de brevet	13	18

PRÉSENCE DANS LES MÉDIAS

	2021	2022
Radio	143	150
TV	57	45
Presse écrite	1370	1200
Online	6880	7700
Total	8450	9100
Langues	39	39

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

	2021	2022
Entreprises total	107	112
dont spin-off	28	34
Collaborateurs total	1097	1082
dont collaborateurs spin-off	173	196

PROJETS EN COURS

	2021	2022
FNS	112	104
Innosuisse	98	86
UE	71	76

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

Michael O. Hengartner **Prof. Dr.**

VICE-PRÉSIDENTE

Barbara Haering **Dr., Dr. h.c., econcept AG**

MEMBRES

Kristin Becker van Slooten **Dr., EPF Lausanne**
Marc Bürki **Dipl. El.-Ing., Swissquote**
Beatrice Fasana **Dipl. Ing. Lm, Sandro Vanini SA**
Susan Gasser **Prof. Dr., Dr. h.c.mult., Université de Bâle**
Christiane Leister **Leister AG**
Joël Mesot **Prof. Dr., EPF Zurich**
Cornelia Ritz **Bossicard**
Christian Rüegg **Prof. Dr., Institut Paul Scherrer PSI**
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

Stefan Ramseier **Dr., Consenec AG**

MEMBRES

Burkhard Böckem **Dr., Hexagon Geosystems Services AG**
Beat Flühmann **Dr., Vifor Pharma Group**
Robert Frigg **Prof. Dr. mult. h.c., 4i medical**
Markus Hofer **Dr., Bühler AG**
Christian Koitzsch **Dr., Robert Bosch GmbH**
Katharina Lehmann **Blumer-Lehmann AG**
Chris Luebke **Dr., EPF Zurich**
Céline Mahieux **Shell (Switzerland) AG**

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.

PRÉSIDENT

Andrea Bergamini **Dr., Empa**

MEMBRES

Urs T. Dürig **Dr., SwissLitho AG**
Thomas Egli **Prof. em. Dr.**
Thomas Geiger **Dr., Empa**
Pierangelo Gröning **Dr., Empa**
Erwin Hack **Dr., Empa**
Dirk Hegemann **Dr., Empa**
Inge Katrin Herrmann **Dr., Empa**
Joachim Mohn **Dr., Empa**
Dorina Opris **Dr., Empa**
Daniele Passerone **Prof. Dr., Empa**
Patrik Soltic **Dr., Empa**
Georg Spescha **Dr., Empa**
Marcus Textor **Prof. em. Dr., EPF Zurich**
Alexander Wokaun **Prof. em. Dr.**

Organigramme

Etat mai 2023

DIRECTION	Directrice générale Prof. Dr. Tanja Zimmermann	Suppléant Dr. Peter Richner	Membres Dr. Brigitte Buchmann Dr. Lorenz Herrmann Dr. Urs Leemann
------------------	--	---------------------------------------	---

DÉPARTEMENTS	Matériaux modernes et surfaces Dr. Lorenz Herrmann	Sciences de l'ingénierie Dr. Peter Richner
---------------------	--	--

LABORATOIRES	Céramiques hautes performances Prof. Dr. Thomas Graule	Ingénierie des structures Prof. Dr. Masoud Motavalli
	Technologie des assemblages et corrosion Dr. Lars Jeurgens	Mechanical Systems Engineering Prof. Dr. Giovanni Terrasi
	Advanced Materials Processing Prof. Dr. Patrik Hoffmann	Multiscale Studies in Building Physics Dr. Ivan Fabrizio Lunati
	nanotech@surfaces Prof. Dr. Roman Fasel	Experimental Continuum Mechanics Prof. Dr. Edoardo Mazza
	Mécanique des matériaux et nanostructures Prof. Dr. Johann Michler	Béton et asphalte Prof. Dr. Pietro Lura
	Films minces et photovoltaïque Prof. Dr. Ayodhya N. Tiwari	Urban Energy Systems Dr. Kristina Orehounig
	Surface Science and Coating Technologies Dr. Lars Sommerhäuser a.i.	Sustainability Robotics Prof. Dr. Mirko Kovac
	Polymères fonctionnels Prof. Dr. Frank Nüesch	

CENTRES	Centre de microscopie électronique Prof. Dr. Rolf Erni	Center for Synergetic Structures Dr. Cédric Galliot
----------------	--	---

RESEARCH FOCUS AREAS (Axes de recherche)

Nanomatériaux et Technologies Dr. Lorenz Herrmann	Built Environment Dr. Peter Richner	Santé et Performances Prof. Dr. René Rossi a.i.	Energie, Ressources et Emissions Dr. Brigitte Buchmann
---	---	---	--

PLATEFORMES DE RECHERCHE ET DE TRANSFERT DE SAVOIR ET DE TECHNOLOGIE

NEST 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 / SIP Ost Peter Frischknecht	International Research Cooperations Prof. Dr. Tanja Zimmermann
---------------------------	--------------------------------------	-----------------------------	---	--	--	--

Materials Meet Life Prof. Dr. René Rossi a.i.	Energie, mobilité et environnement Dr. Brigitte Buchmann	Corporate Services Dr. Urs Leemann
---	--	--

Magnetic and Functional Thin Films Prof. Dr. Hans Josef Hug	Building Energy Materials and Components Dr. Wim Malfait	Services informatiques Stephan Koch
Cellulose & Wood Materials Dr. Gustav Nyström	Materials for Energy Conversion Dr. Corsin Battaglia	Bureau d'étude / Atelier mécanique Stefan Hösli
Biomimetic Membranes and Textiles Prof. Dr. René Rossi	Advanced Analytical Technologies PD Dr. Davide Bleiner	Finances / Controlling / Achats Susann Hug a.i.
Advanced Fibers Prof. Dr. Manfred Heuberger	Polluants atmosphériques / Techniques de l'environnement Dr. Lukas Emmenegger	Communication Dr. Michael Hagmann
Particles-Biology Interactions Dr. Peter Wick	Technologies de propulsion automobile Christian Bach	Ressources humaines André Schmid
Biointerfaces Prof. Dr. Katharina Maniura	Materials for Renewable Energy Prof. Dr. Andreas Züttel (Antenne Sion)	Transfert de savoir et de technologie / Droit Marlen Müller
Transport at Nanoscale Interfaces Prof. Dr. Michel Calame	Technologie et société Dr. Patrick Wäger	Real Estate Management Kevin Olas
	Acoustique / Contrôle de bruit Dr. Jean Marc Wunderli	

Center for X-ray Analytics Prof. Dr. Antonia Neels	Bibliothèque (Lib4RI) Dr. Lothar Nunnenmacher
--	---

Entrepreneurship / Industry Relations
Gabriele Dobenecker

Fundraising
Dr. Martin Gubser

Scientific IT
Prof. Dr. Eleni Pratsini

Empa-Portal portal@empa.ch / Téléphone +41 58 765 44 44 / empa.ch / empa-portal
Aperçu complet des liens d'intérêt des membres de la direction sur: <https://www.empa.ch/web/empa/vested-interests>

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