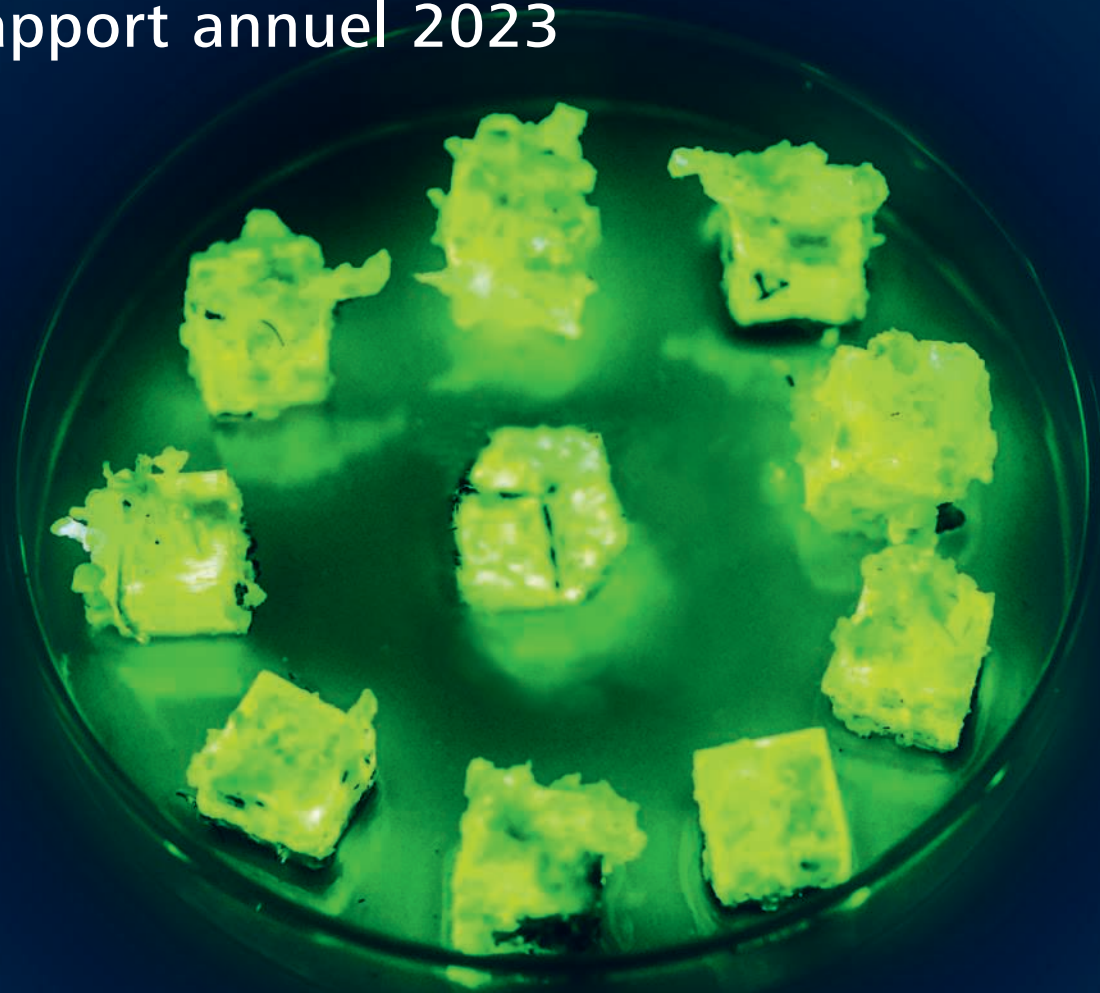


Rapport annuel 2023



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

30

Axes de recherche

40

De la recherche à l'innovation

56

Faits et chiffres

Photo page de titre:

Francis Schwarze, chercheur à l'Empa, a développé un procédé de bois luminescent en traitant des cubes de bois avec des champignons. Les filaments fongiques d'un agent pathogène de la pourriture blanche pénètrent dans le bois et se nourrissent des composants du bois, produisant ainsi la luciférine, une substance naturelle qui produit de la lumière.

Editeur: Empa

Conception/Maquette/Graphique: Empa

Production: Neidhart+Schön Print AG, Zurich

Images: ©Empa, sauf mention contraire

© Empa 2024 – ISSN 1424-2176 Rapport annuel Empa



ClimatePartner
klimaneutral

Druck | ID: 53232-1504-1011



Fabriqué à partir de 100% de fibres recyclées



Donner plus d'élan à l'innovation

L'année écoulée a été marquée par de grandes avancées et quelques initiatives pionnières que nous avons lancées, en partie avec nos partenaires. J'aimerais vous donner un aperçu des derniers développements et vous donner un aperçu des perspectives passionnantes qui nous attendent.

Notre objectif de donner un coup de pouce à l'innovation nous a inspirés pour l'introduction de nouveaux «outils» internes destinés à nous aider à générer des idées révolutionnaires et à lancer de nouvelles activités de recherche porteuses d'avenir. Les deux premiers «Research Booster», cette fois dans les domaines de la biomédecine et des matériaux 2D, en sont des exemples. De même, nous portons notre attention sur des initiatives à l'échelle de l'institut telles que «Mining the Atmosphere» (voir p. 28), qui nous permettent de focaliser encore davantage notre recherche interdisciplinaire sur un objectif clair.

L'interdisciplinarité, qui est, comme chacun sait, au cœur de notre philosophie de recherche, se reflète également dans notre équipe de direction, en partie renouvelée. En l'espace d'un an et demi, quatre nouveaux chefs de département issus d'horizons extrêmement divers – des grands groupes aux start-up en passant par la recherche translationnelle orientée vers l'application – ont pris des fonctions de direction à l'Empa. Cette diversité stimule la créativité et renforce notre capacité à trouver des solutions innovantes aux défis complexes de notre époque.

Le partenariat avec notre institut frère, l'Eawag, est centré sur la mise en commun de nos forces. Sous le motif directeur

«Climate Solutions», nous travaillons ensemble à des solutions pour faire face au changement climatique. Nous y intégrerons de manière ciblée nos activités «Mining the Atmosphere». Dans le contexte de «Beyond Zero» et de la circularité, nous planifions déjà plusieurs unités NEST qui présenteront des solutions pour un avenir durable et respectueux des ressources. Notre nouveau campus Empa-Eawag «co-operate», que nous mettons en service cette année, nous aidera à nous rapprocher de notre objectif «net zéro» de manière significative grâce à différentes approches innovantes comme un grand champ de sondes géothermiques.

Bien sûr, les défis auxquels nous sommes confrontés sont énormes. Nous sommes convaincus que nous ne pourrions les relever avec succès que grâce à des coopérations étendues à l'ensemble du Domaine des EPF et au-delà. C'est pourquoi nous nous engageons activement dans différentes «Joint Initiatives» du Domaine des EPF, que ce soit dans le domaine de l'énergie ou dans d'autres thèmes. Notre objectif est clair: nous souhaitons obtenir un impact maximal en faisant progresser notre recherche par une focalisation et un regroupement des forces, tant en interne qu'en association avec nos nombreux partenaires de la recherche et de l'industrie.

C'est dans cet esprit que je me réjouis de franchir avec vous les prochaines étapes du passionnant voyage de l'Empa et que je vous remercie chaleureusement de votre intérêt et de votre soutien continu. Bonne lecture!

Tanja Zimmermann

Prof. Dr. Tanja Zimmermann, Directrice

L'année en rétrospective



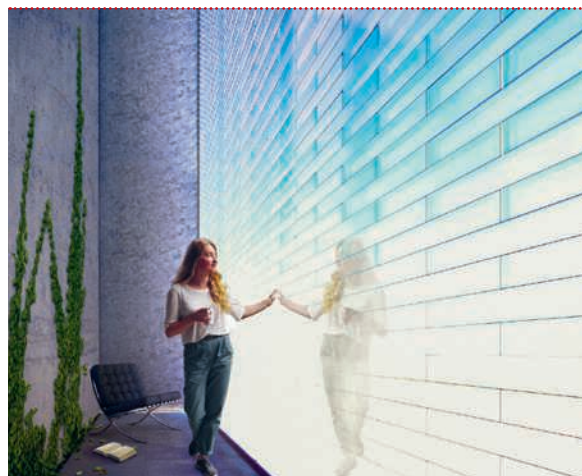
Nouveaux chefs de département

Depuis octobre 2023, le département «Énergie, mobilité et environnement» a une nouvelle directrice: pour succéder à Brigitte Buchmann, c'est Nathalie Casas, ingénieure chimiste et bio-ingénieure, une experte reconnue en matière de captage du CO₂, qui a assumé ce rôle de direction. Casas était dernièrement responsable de la recherche et du développement au sein de l'entreprise spin-off et cleantech «Climeworks» de l'EPFZ. Elle est en outre membre du Conseil de l'innovation d'Innosuisse, l'agence de promotion de la Confédération.

Suite au départ à la retraite d'Alex Dommann, le département de recherche de l'Empa «Materials meet Life» est désormais dirigé sous la forme d'un co-lead: René Rossi et Manfred Heuberger représentent le département en tant que co-chefs.

Faire du neuf avec du (vieux) asphérique

La Suisse est construite, du moins en ce qui concerne le réseau routier. C'est pourquoi, malgré le recyclage, il y a aujourd'hui nettement plus d'asphalte d'aménagement qu'il n'est possible de remettre dans les nouvelles routes. Il est donc d'autant plus important que la part d'asphalte recyclé soit la plus élevée possible là où l'on répare et rénove. Les chercheurs de l'Empa se sont fixé pour objectif d'augmenter la part de recyclage dans l'asphalte – avec des méthodes de fabrication adaptées et des instructions simples. Deux pistes d'essai avec de l'asphalte recyclé à Uster et au col du Lukmanier sont prometteuses.



Une maçonnerie lumineuse

Les briques de verre sont appréciées depuis longtemps en architecture pour apporter plus de lumière dans les bâtiments. Mais jusqu'à présent, elles ne convenaient pas aux murs porteurs et étaient encore mal isolées. Une équipe de l'Empa a maintenant développé une brique de verre translucide et bien isolante grâce à l'aérogel, qui permet même de réaliser des éléments porteurs. Il est ainsi possible de construire des murs esthétiques et translucides qui réduisent le besoin d'éclairage artificiel à l'intérieur des bâtiments.

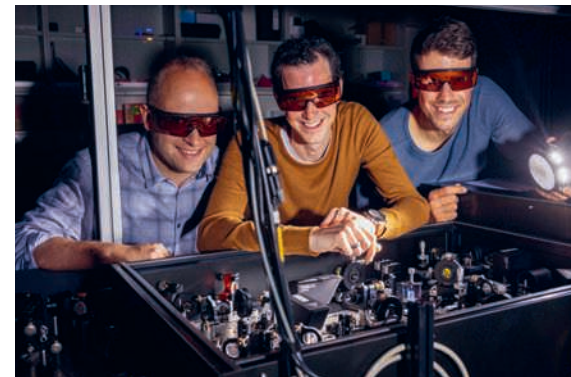


Test rapide de la septicémie

En cas de septicémie, les bactéries présentes dans le sang doivent être identifiées le plus rapidement possible afin de pouvoir démarrer une thérapie salvatrice. Des chercheurs de l'Empa ont maintenant développé des «capteurs de septicémie» avec des nanoparticules magnétiques qui reconnaissent les germes en peu de temps et déterminent les candidats à une antibiothérapie efficace. Les nanoparticules magnétiques se lient aux bactéries présentes dans un échantillon d'urine et peuvent être isolées à l'aide d'un champ magnétique. Si des agents pathogènes *Pseudomonas* résistants sont présents, ils peuvent être rendus visibles par une réaction de chimioluminescence.

L'ordinateur quantique grâce aux défauts atomiques

Le physicien de l'Empa Bruno Schuler (au centre) lance avec son équipe un projet de recherche ambitieux: il souhaite créer des défauts ciblés sur des couches atomiques de semi-conducteurs et tenter de mesurer et de contrôler leurs propriétés quantiques avec une résolution temporelle de l'ordre de la picoseconde et en même temps avec une précision de l'ordre de l'atome. Il devrait en résulter des connaissances fondamentales pour les futurs ordinateurs quantiques. Le chercheur de l'Empa est soutenu par des fonds de l'European Research Council (ERC).



Electronique écologique

Est-il possible de fabriquer des platines écologiquement durables pour l'industrie électronique à partir de fibres de cellulose? Thomas Geiger, chercheur à l'Empa, s'est penché sur cette question et a fabriqué à titre expérimental des boîtiers de souris d'ordinateur en fibres de cellulose. Les surfaces brillent comme de l'ivoire noble; les composants sont entièrement compostables. Entre-temps, Geiger fait partie d'un projet multinational de l'UE appelé «Hypelignum». Son objectif: l'électronique biodégradable.



Des composants de l'Empa en route vers Jupiter

La sonde spatiale européenne «JUICE», lancée en avril, doit explorer Jupiter et ses lunes glacées. Les instruments utilisés à cet effet doivent résister au lancement de la fusée et au long voyage à travers l'espace, puis continuer à fonctionner de manière précise et fiable. A bord se trouvent également des composants fabriqués à l'Empa, grâce à un procédé de brasage spécialement mis au point.





Une nouvelle matière plastique protège des flammes – et du gaspillage

Les chercheurs de l'Empa ont développé une résine époxyde qui peut être réparée et recyclée – et qui est en outre difficilement inflammable et résistante mécaniquement. Elle conserve en outre les propriétés thermomécaniques favorables des résines époxy. Les applications possibles vont des revêtements pour parquets aux matériaux composites pour les trains et les avions. Image: Adobe Stock.

Bruit ferroviaire virtuel – proche de la réalité

A l'Empa, des spécialistes de l'acoustique étudient depuis des années comment le bruit est généré par les trains de voyageurs et de marchandises – et quelles mesures techniques et architecturales sont particulièrement efficaces pour le combattre. Leurs connaissances théoriques et pratiques ont été intégrées dans le projet «SILVARSTAR». Le résultat est un outil de simulation du bruit ferroviaire qui peut également être utile dans la pratique. Il permet par exemple de vivre de manière ludique le passage d'un train de marchandises: l'écran montre ce que l'utilisatrice voit en trois dimensions dans la réalité virtuelle – avec le bruit réaliste du train exactement dans sa position.



Quand le désordre contribue à résoudre nos problèmes énergétiques

Amy Knorpp, chercheuse à l'Empa, veut apporter de la systématique dans le jeune domaine de recherche des oxydes à haute entropie. Ces derniers sont des cristaux dont la spécialité n'est pas l'ordre, mais le désordre. En utilisant ces cristaux, la chercheuse souhaite développer de nouveaux catalyseurs plus robustes et plus efficaces et contribuer ainsi de manière significative à l'abandon des énergies fossiles au profit de solutions neutres en CO₂. Pour ses recherches, Amy Knorpp a été récompensée par une «Empa Young Scientist Fellowship».



Une nouvelle technologie révolutionne l'analyse des glaces anciennes

Les carottes de glace sont des archives climatiques uniques. Grâce à une nouvelle méthode développée par des chercheurs de l'Université de Berne et de l'Empa, les concentrations de gaz à effet de serre peuvent être mesurées avec encore plus de précision dans des glaces vieilles de 1,5 million d'années. Pour cela, il faut un spectromètre laser avec un système d'entrée automatique pour les échantillons d'air de carottes de glace. L'air extrait des échantillons de glace n'est pas perdu lors de la mesure dans le spectromètre laser nouvellement développé par l'Empa, mais peut ensuite être utilisé pour d'autres analyses.

La recherche de l'Empa comme base pour de nouvelles mesures européennes

Les véhicules neufs représentent environ 10 pourcent de la demande de plastique dans l'UE, et le secteur automobile est le principal consommateur de matières premières telles que l'aluminium, le magnésium, les métaux du groupe du platine et les éléments des terres rares. Un nouvel ensemble de règles que la Commission européenne a proposé pour réviser la directive européenne sur les voitures en fin de vie vise à renforcer l'économie circulaire dans le secteur automobile. Les chercheurs de l'Empa ont participé de manière significative au développement des bases scientifiques dans le cadre d'une étude «Science for Policy». Image: AdobeStock.



Prix spécial pour les apprentis de l'Empa

Celui qui réalise une performance particulière au concours national de «La Science appelle les jeunes» se voit ouvrir de nouvelles portes. C'est exactement ce qu'ont réussi Sofie Gnannt et Nick Cáceres, apprentis laborantins en physique au «Transport at Nanoscale Interfaces Lab» de l'Empa. Avec leur projet «Séparation des plastiques par rayonnement térahertz», jugé «excellent», ils pourront représenter la Suisse en octobre à MILSET, la conférence internationale des jeunes chercheurs qui se tiendra au Mexique.



Des semelles imprimées en 3D mesurent la pression de la semelle directement dans la chaussure

Des chercheurs de l'ETH Zurich, de l'Empa et de l'EPFL ont développé une semelle imprimée en 3D avec des capteurs intégrés, qui permet de mesurer la pression de la semelle dans la chaussure et donc pendant n'importe quelle activité. Cela aide les athlètes ou les patients à déterminer les progrès en matière de performance et de thérapie.



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.

Le succès grâce aux «polymères serpents»

De nouveaux polymères diélectriques s'allongent sous l'effet d'une tension électrique et peuvent être utilisés comme couches ultrafines dans des actionneurs – par exemple pour des muscles artificiels ou pour la production d'électricité. C'est dans ce domaine que travaille le groupe de recherche «Functional Polymeric Materials» de l'Empa, sous la direction de la chimiste Dorina.

Lors de ses débuts dans la recherche sur les matériaux, la chimiste a dû surmonter des obstacles: les idées ont échoué, les fonds n'ont pas été accordés. Finalement, le Fonds national suisse et le programme de bourses Sciex lui ont apporté un soutien. Puis, en 2020, un «ERC Consolidator Grant» pour le projet «TRANS» («Synthesis of novel stimuli responsive dielectric polymers and their use in powerful transducers») – pour des polymères diélectriques imprimables qui transforment la tension électrique en extension ou les mouvements et les changements de température en courant.

Si Dorina Opris maîtrise ce domaine avec ses collaborateurs créatifs, elle le doit aussi à un savoir-faire né à l'Empa – comme celui de Gabor Kovac, qui a fait avancer la fabrication d'actionneurs empilés avec des disques de silicone.

Contrairement à ses collègues, la chimiste travaille moins à l'impression de tels composants qu'à un «étage en dessous» – à la synthèse de polymères pour des couches non conductrices pour des transistors empilés ou des films élastiques.

Le profil souhaité: le plus fin possible, bien extensible, sensible à une faible tension électrique, mais en même temps robuste. Et surtout: imprimable, donc sans solvant pour les couches conductrices entre lesquelles se trouvent les polymères. Les composés qui suscitent des espoirs sont les polysiloxanes: ils sont faciles à synthétiser; la «colonne vertébrale» de leurs brins est très mobile – et ils peuvent être facilement manipulés avec des groupes polaires, c'est-à-dire des molécules chargées en plus ou en moins.

Pour les profanes, Dorina Opris les explique par une image: «On peut se représenter les polysiloxanes comme une marmite remplie de serpents qui veulent toujours bouger.» Les groupes polaires ont un double effet sur eux. D'une part, ils rendent ces serpents plus sensibles aux champs électriques, afin qu'ils réagissent aux basses tensions. D'autre part, ils agissent comme une sorte de colle entre les molécules. Il s'agit d'ajuster finement ces deux effets. Pour une utilisation

dans la pratique, il est en outre important de passer de l'état solide à l'état élastique à basse température, afin que la technologie puisse ensuite être appliquée à température ambiante.

De plus, ces structures polymères doivent être «réticulées» chimiquement – par exemple par la lumière UV et à l'aide de ce que l'on appelle des groupes terminaux: des «chapeaux» quasi moléculaires que les «serpents» portent à leurs extrémités. Mais dans la pratique de laboratoire, il s'avère jusqu'à présent difficile de doter ces polymères de manière fiable de groupes terminaux définis. La chimiste qualifie elle-même le projet TRANS de «très, très ambitieux».

Des travaux antérieurs rendent son équipe optimiste, comme par exemple l'élastomère de polysiloxane qui s'est déformé à une tension de seulement 300 volts – une valeur extrêmement faible. L'impression de couches de condensateurs sans solvant a également été réalisée. De nombreuses étapes sont toutefois encore nécessaires – et des qualités qui ont amené Dorina Opris à l'Empa et à l'ETH Zurich: la capacité de transformer les essais infructueux en progrès et de créer un environnement inspirant pour les collaborateurs qui permette également les essais infructueux. //

Dr. Dorina Opris, dorina.opris@empa.ch



Travail d'équipe: avec le doctorant Malte Beccard, Dorina Opris inspecte un liquide qui sert à produire le colorant spirropyranne.

Construire avec de l'argile: une bataille de boue propre

L'environnement construit est d'une part le fondement architectural d'une société et d'autre part l'un des plus grands pollueurs du climat. A elle seule, la production de ciment génère environ 7 pourcent de toutes les émissions de gaz à effet de serre dans le monde. Les chercheurs de l'Empa travaillent donc sur des moyens de réduire ces émissions grâce à des matériaux et des technologies de construction innovants. L'une de ces voies vers une construction propre est boueuse: Ellina Bernard du laboratoire «Béton et Asphalte» de l'Empa et de la chaire de construction durable de l'ETH Zurich étudie actuellement le potentiel de l'argile en tant que matériau de construction durable. En effet, par rapport au béton, l'argile devrait dégager nettement moins de CO₂. De plus, elle est disponible presque indéfiniment, recyclable et facile à travailler – même avec d'autres «hipsters» de la culture moderne de la construction comme les déchets organiques issus du traitement du chanvre.

Une pâte à base de terre pour les habitations

Le potentiel de cette alternative au béton serait énorme. Certes, le béton ne pour-

rait pas être remplacé par de l'argile pour toutes les applications. Mais il est possible de construire des murs porteurs pour les maisons d'habitation, en plus d'une multitude de constructions non porteuses. Et après tout, plus de la moitié de tous les permis de construire en Suisse sont accordés à des bâtiments d'habitation.

Un véritable remède miracle? Malheureusement pas encore, car bien que l'argile fasse partie des premiers matériaux de construction de l'histoire humaine, cette pâte terreuse ne se laisse pas vraiment maîtriser jusqu'à aujourd'hui. D'une part, la composition de ce matériau naturel varie partout dans le monde, ce qui rend difficiles une production et une utilisation standardisées. D'autre part, du ciment traditionnel est actuellement ajouté à l'argile afin d'obtenir un matériau de construction stable et durable. Cet ajout fait toutefois glisser l'empreinte écologique de l'argile dans la zone rouge. C'est pourquoi Ellina Bernard et son équipe veulent étudier des matériaux à base de terre, définir des normes pour leur composition et leur résistance mécanique désirée et développer en même temps un matériau de construction alternatif propre pour l'utilisation industrielle. Pour ce projet

Dr. Ellina Bernard, ellina.bernard@empa.ch

ambitieux, elle a reçu l'une des très convoitées subventions «Ambizione» du Fonds national suisse (FNS).

La force douce du magnésium

Le ciment à base de magnésie est un candidat prometteur dans la recherche d'un liant stabilisant approprié. S'il est extrait de manière durable, il présente un excellent bilan climatique par rapport au ciment contenant du calcium, dont la réaction chimique libère de grandes quantités de CO₂. De plus, le ciment à base de magnésie raccourcit le temps de séchage tout en n'intervenant que doucement dans la microstructure et la nanostructure avantageuses des particules élémentaires argileuses.

Lors des premières expériences en laboratoire, l'équipe atteint déjà une résistance à la compression allant jusqu'à 15 mégapascals avec différentes recettes d'argile – une résistance bien plus grande qu'avec une argile non traitée. Un bon début pour Ellina Bernard. Comme elle souhaite évaluer la durabilité des matériaux de construction de manière globale, les expériences en laboratoire doivent également être accompagnées d'analyses du cycle de vie qui englobent la durabilité, la déconstruction et le recyclage des matériaux. //



1

1

La composition géologique de la terre est différente partout dans le monde. Ellina Bernard souhaite développer des normes pour son utilisation dans l'industrie de la construction.

2

Matières premières composant la terre: la terre de construction est composée de minéraux argileux, de sable et de sédiments de silt à grain fin. Pour développer un matériau résistant à l'eau et présentant des propriétés similaires à celles du béton, d'autres additifs doivent être ajoutés.

2



Prof. Dr. Mickael Lucien Perrin, mickael.perrin@empa.ch

La technologie quantique devrait nous permettre de réaliser diverses percées technologiques au cours des prochaines décennies: des capteurs plus petits et plus précis, des réseaux de communication hautement sécurisés et des ordinateurs puissants. Pour y parvenir, nous avons besoin de matériaux dits «quantiques»: des substances qui présentent des effets physiques quantiques prononcés. L'un de ces matériaux est le graphène. Cette forme structurale bidimensionnelle du carbone possède des propriétés inhabituelles, telles qu'une résistance à la traction et une conductivité thermique et électrique extraordinairement élevées. En restreignant encore davantage ce matériau déjà bidimensionnel, par exemple en lui donnant une forme de ruban, on obtient toute une série d'effets quantiques contrôlables.

C'est précisément ce que l'équipe de Mickael Perrin exploite dans ses travaux: depuis plusieurs années, les chercheurs du laboratoire «Transport at Nanoscale Interfaces» de l'Empa, dirigé par Michel Calame, effectuent des recherches sur les nanorubans de graphène sous la direction de Mickael Perrin. En variant la longueur et la largeur des rubans ainsi que la forme de leurs bords et en y ajou-

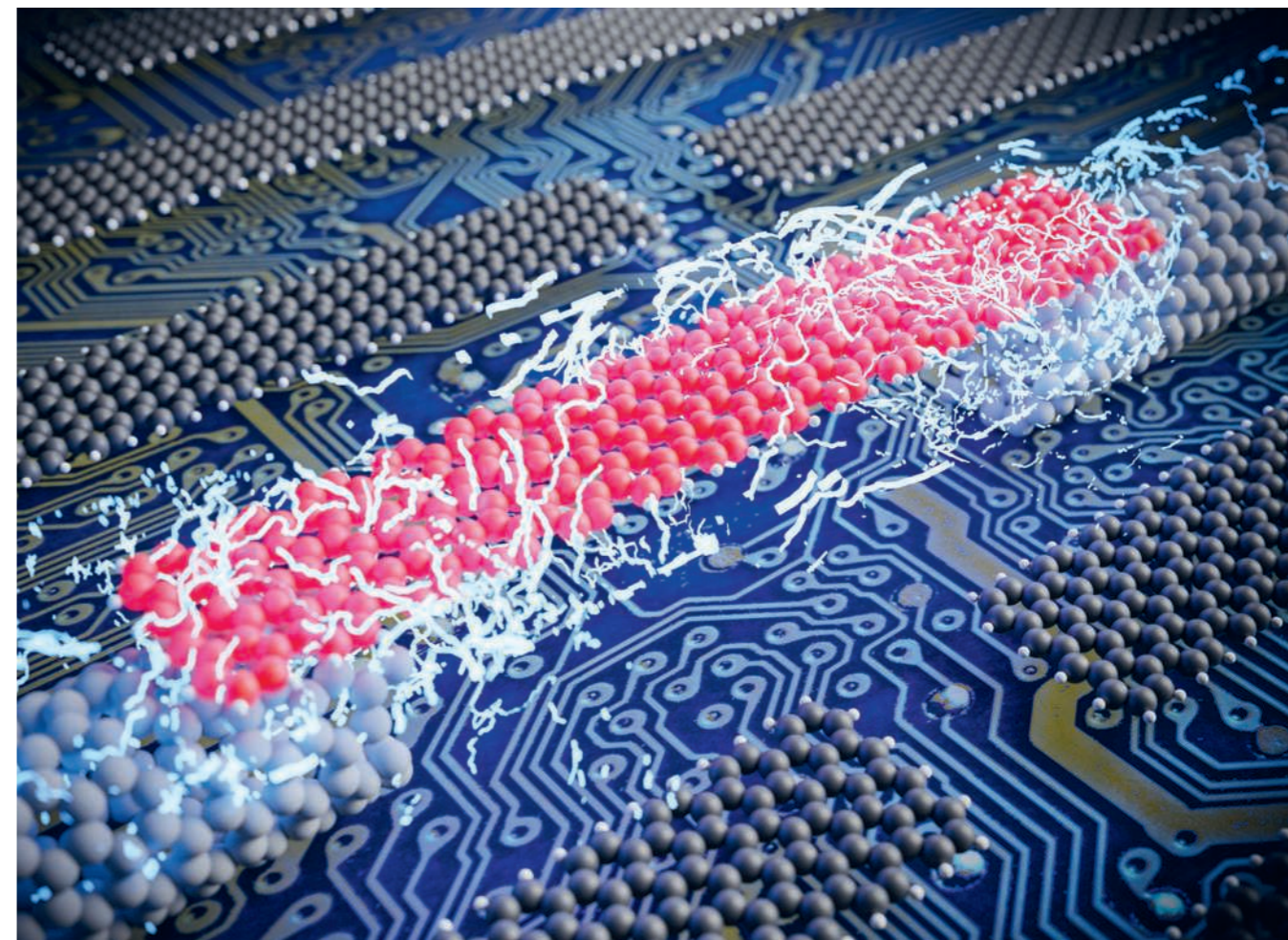
tant d'autres atomes, les chercheurs sont en mesure de leur conférer toutes sortes de propriétés électriques, magnétiques et optiques. La fabrication précise de ces nanorubans est assurée par le laboratoire nanotech@surfaces de l'Empa.

Précision ultime – jusqu'à l'atome

Dans une nouvelle étude publiée en août dans la revue *Nature Electronics*, Mickael Perrin et son équipe ont réussi pour la première fois à mettre en contact des nanorubans de graphène individuels, longs et d'une précision atomique. Ce n'est pas une tâche triviale, puisque les rubans ne mesurent qu'un nanomètre de large. Pour s'assurer qu'un seul nanoruban est contacté, les chercheurs ont utilisé des électrodes de taille similaire: ils ont utilisé des nanotubes de carbone dont le diamètre n'était lui aussi que de 1 nanomètre. La précision a été essentielle à chaque étape du processus, depuis la synthèse des matériaux de base jusqu'à la connexion des rubans et des nanotubes et à la mesure de leurs propriétés. L'interdisciplinarité et la collaboration internationale étaient également essentielles: des scientifiques de diverses institutions en Allemagne, en Chine et au Royaume-Uni ont contribué à l'étude.

De la théorie à la pratique

Les nanorubans de graphène ne sont pas encore prêts pour des applications commerciales, mais l'Empa et ses partenaires ont l'intention d'ouvrir la voie dans les années à venir avec la nouvelle initiative de recherche «Materials to Devices». L'objectif est de transformer de plus en plus des matériaux prometteurs comme les nanorubans de graphène en dispositifs, c'est-à-dire en composants électroniques pour de nouveaux types de capteurs ou d'ordinateurs quantiques. Un autre objectif de l'initiative est de développer et d'augmenter les processus de production de ces dispositifs, permettant ainsi de passer de la recherche fondamentale à l'application pratique. A l'avenir, ces technologies pourraient faciliter des percées, telles que la production d'ordinateurs quantiques ne nécessitant pas d'infrastructure de refroidissement à forte consommation d'énergie. //



Un nanoruban de graphène d'une précision atomique avec des électrodes en nanotubes de carbone: un premier pas vers de nouveaux dispositifs électroniques.

La pollution plastique sous la loupe

La plupart des Suisses sont conscients du fait que le plastique constitue un problème pour l'environnement. Les sacs en plastique et les bouteilles en PET ne sont pas biodégradables et peuvent être mortels pour les animaux. Mais toutes les pollutions plastiques ne sont pas visibles à l'œil nu. Les chercheurs de l'Empa étudient et modélisent la pollution invisible de l'environnement par les microplastiques.

Quelle quantité de microplastiques se trouve dans les eaux suisses?

La réponse: chaque année, environ 15 tonnes de microplastiques, des particules de plastique de l'ordre du micron ou du millimètre, sont déversées dans les rivières et les lacs suisses. Les microplastiques ont de nombreuses sources, comme les cosmétiques ou les vêtements en fibres synthétiques. L'abrasion et la décomposition de gros morceaux de plastique produisent également des microparticules de plastique qui, en raison de leur petite taille, se retrouvent particulièrement facilement dans les eaux. Leur concentration dans l'eau est difficile à mesurer, car il est difficile de distinguer les minuscules morceaux de plastique des particules d'origine naturelle, et leur quantité varie fortement en fonction du

temps et du lieu de la mesure, ainsi que de la méthode de mesure utilisée. Sur mandat de l'Office fédéral de l'environnement (OFEV), les chercheurs de l'Empa ont développé un modèle qui permet de prédire la concentration de microplastiques dans les eaux à l'échelle nationale. Il permet en outre d'estimer l'effet qu'auraient des changements de comportement ou des mesures étatiques sur les concentrations de microplastiques. Les scientifiques ont publié leurs résultats en juin dans la nouvelle revue *Nature Water*. Le modèle pourrait également être appliqué à d'autres pays et régions.

Un danger inconnu: les produits chimiques dans le plastique

Mais le plastique lui-même n'est pas le seul à polluer l'environnement; les matières plastiques contiennent des milliers de produits chimiques, et bien d'autres sont utilisés lors de leur fabrication. Un rapport technique du Programme des Nations unies pour l'environnement (PNUE), co-rédigé par des chercheurs de l'Empa, constate que plus de 13 000 produits chimiques différents peuvent être détectés dans les plastiques ou sont utilisés dans leur fabrication. Les scientifiques estiment qu'un quart d'entre eux posent des problèmes avérés et que l'on

Prof. Dr. Bernd Nowack, bernd.nowack@empa.ch
Dr. Zhanyun Wang, zhanyun.wang@empa.ch

en sait encore trop peu sur environ 50 pourcent d'entre eux pour pouvoir évaluer leur sécurité. En outre, le rapport classe par ordre de priorité dix secteurs dans lesquels les substances chimiques préoccupantes présentent un risque particulièrement rapide pour l'homme et l'environnement. C'est le cas par exemple des produits en plastique pour l'agriculture et la pêche, des jouets, des emballages alimentaires, des appareils électroniques, des meubles, des textiles, des véhicules, des matériaux de construction et bien d'autres. Les chercheurs proposent des mesures visant à réduire d'urgence la pollution chimique, en particulier dans ces produits. //



1

1 Les jouets, les meubles, les textiles et les emballages alimentaires font partie des produits dans lesquels les substances chimiques contenues dans le plastique posent de gros problèmes. Image: Adobe Stock.

2 Les morceaux de plastique de moins de 5 millimètres se retrouvent facilement dans les eaux.

3 Les microplastiques proviennent notamment de la décomposition et de l'abrasion de morceaux de plastique plus gros.



2



3

Comment les technologies de fabrication peuvent-elles être mises à l'échelle?

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

Dans notre travail quotidien de recherche, nous sommes confrontés aussi à des défis techniques: comment pouvons-nous améliorer les propriétés d'un produit, par exemple augmenter l'efficacité d'une cellule solaire? Ou comment pouvons-nous fabriquer un produit de manière plus efficace, par exemple imprimer des composants électroniques sur des films au lieu de les fabriquer sur des plaquettes de silicium à l'aide de techniques de lithographie et de revêtement coûteux?

De l'idée à la production en passant par le CCC

Au départ, il y a souvent une nouvelle idée. Ensuite, nous devons prouver que cette idée fonctionne: nous développons des modèles et les calculons à l'aide d'ordinateurs. Nous allons au laboratoire, fabriquons des échantillons et les examinons. Si nous avons réussi, nous avons un démonstrateur. Nous pouvons ainsi montrer que notre idée fonctionne – du moins en laboratoire.

En général, ce démonstrateur ne suffit pas à l'industrie. Cette dernière a besoin de la preuve que cela ne fonctionne pas seulement à l'échelle du laboratoire. Nous devons donc démontrer la scalabilité de la nouvelle technologie de fabri-

cation, le plus souvent en collaboration avec nos partenaires industriels. Le «Coating Competence Center» (CCC) de l'Empa est l'endroit idéal pour cela.

Le CCC abrite d'une part des installations de production plus petites, telles qu'elles sont utilisées par l'industrie, mais aussi des installations pilotes. Celles-ci sont fabriquées avec des paramètres de processus similaires à ceux des installations de production, mais en plus petites quantités. Cela permet d'utiliser des matériaux qui ne sont pas encore disponibles en grandes quantités. Et de nombreuses variantes de processus ou de produits peuvent être testées.

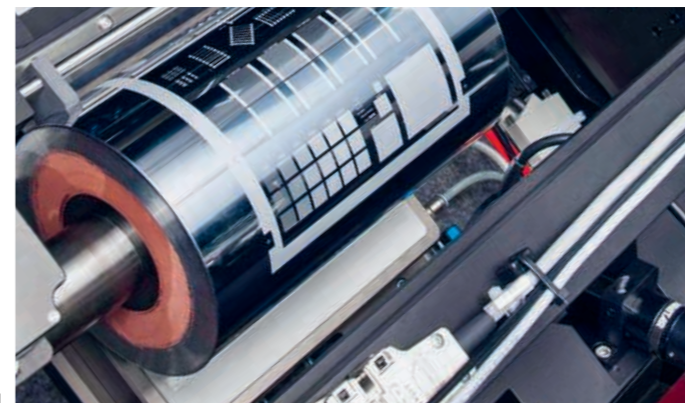
Le CCC est en même temps un lieu de développement technologique où des partenaires aux compétences différentes collaborent. Le projet «SCALAR» est un exemple d'une telle collaboration. Outre les groupes de recherche de l'Empa, de l'ETH Zurich, de l'EPFL et de l'Institut Paul Scherrer (PSI), de nombreux partenaires industriels tels que Norbert Schläfli Maschinen, 3D AG ou Hilti collaborent à ce projet.

Impression en héliogravure pour les circuits électroniques

Le projet vise à développer le procédé d'impression en héliogravure, très ré-

pandu, de manière à pouvoir imprimer des circuits électroniques complexes. L'objectif technique du projet est de pouvoir imprimer des structures de l'ordre du micromètre à une vitesse d'1 mètre par seconde. Jusqu'à présent, des structures aussi fines ne peuvent être imprimées que très lentement. Si l'on augmente la vitesse d'impression, la taille minimale des structures passe à 10 micromètres. Cette résolution n'est pas suffisante pour pouvoir fabriquer des circuits électroniques de manière compétitive.

Le projet a pour but de comprendre exactement quels sont les mécanismes qui agissent lorsque l'encre est transférée des très petites alvéoles du cylindre d'impression sur le substrat à imprimer. Cela dépend de nombreux facteurs. Il s'agit notamment des propriétés des matériaux, comme les propriétés d'écoulement de l'encre, la géométrie du cylindre d'impression ou les propriétés de surface du substrat. Parallèlement, il faut comprendre les phénomènes de processus, c'est-à-dire des facteurs tels que l'adhérence, la pression, les vitesses et les tensions de cisaillement. //



1
Vue de l'unité d'impression: sur le cylindre d'héliogravure, on peut voir les éléments à imprimer.

2
Préparation de la machine pour le processus d'impression. Les conditions sont celles d'une salle blanche.



NEST – à grands pas vers de nouveaux projets

Reto Largo, reto.largo@empa.ch

Près de 400 visites guidées et quelque 9000 visiteurs: en 2023, NEST a été très animé. Avec le début de la construction de l'unité «STEP2», le bâtiment d'innovation et de recherche s'est à nouveau animé extérieurement. Dès le mois d'octobre, il était possible de suivre en direct son processus de création et de faire de nouvelles découvertes chaque semaine. Après environ trois ans de développement, la réalisation avance rapidement, de sorte que STEP2 ouvrira ses portes en 2024. L'unité se concentre sur la collaboration en partenariat tout au long du processus de développement ainsi que sur l'introduction de différentes innovations dans des produits prêts à être commercialisés. Un partenariat stratégique avec Stahlton Betonteile AG et zirkulit AG a ainsi été lancé avant même les travaux de construction. Ensemble, les deux entreprises poursuivront la vision de bâtiments en béton pouvant être recyclés.

Lancement de deux unités supplémentaires

Parallèlement aux travaux de construction de STEP2, le développement et les projets se sont poursuivis à un rythme soutenu. Il en résulte deux nouvelles unités qui compléteront NEST: le «DroneHub» offrira à l'avenir un terrain d'essai pour les drones

qui effectueront des travaux de mesure, de construction et de maintenance, dans le style d'une volière. Il sera ainsi possible de réaliser des tests dans le domaine de la fabrication additive (AM) depuis les airs dans des conditions réalistes. Parallèlement, la «cage» du «DroneHub» peut être utilisée pour des vols d'essai sans avoir à demander d'autorisation. Dans l'ensemble, la recherche sur les drones à l'Empa reçoit ainsi une grande impulsion et de nouvelles possibilités prometteuses.

La dernière unité NEST, «Beyond Zero», doit étudier dans quelle mesure il est possible de construire avec des matériaux neutres en CO₂ provenant des laboratoires de l'Empa et dans quelle mesure les bâtiments pourraient ainsi fonctionner à l'avenir comme des puits de CO₂. Le développement de l'unité est mené par des chercheurs de l'Empa et des partenaires et s'intègre parfaitement dans la nouvelle initiative de recherche «Mining the Atmosphere». L'objectif de celle-ci est de capter le CO₂ de l'air et de le transformer en carbone solide et en hydrogène par des processus de transformation chimique. Il en résultera d'une part des possibilités d'utilisation dans le domaine de la mobilité ou, justement, dans le secteur de la construction.

Un engagement en faveur de l'économie circulaire

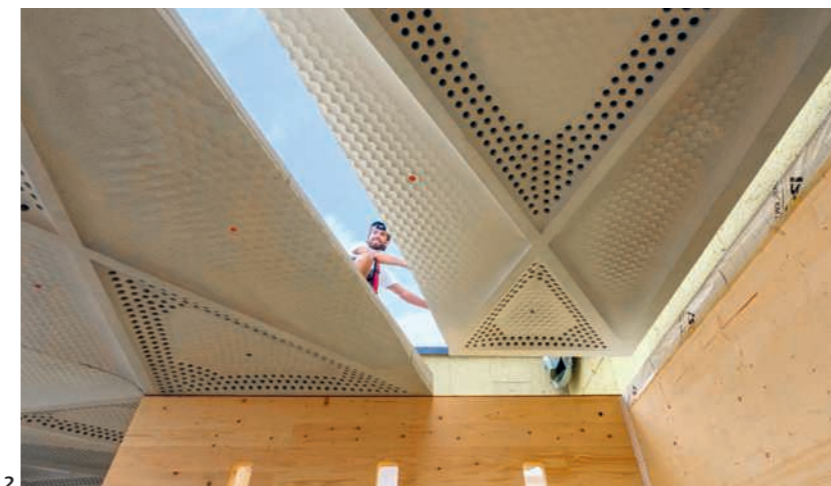
Mais NEST est aussi une source d'inspiration en dehors de ses murs: à l'initiative de NEST et du canton de Zurich, douze des plus grands maîtres d'ouvrage publics et privés de Suisse ont adhéré à la charte «construction circulaire» en été 2023. Ils confirment ainsi leur intention de réduire l'utilisation de matières premières primaires non renouvelables dans la construction à 50 pourcent maximum de la masse totale d'ici 2030, de recenser et de réduire fortement les émissions grises de gaz à effet de serre ainsi que de mesurer et d'améliorer considérablement la circularité des rénovations et des nouvelles constructions. Ensemble, les signataires atteignent un volume d'investissement dans le domaine du bâtiment d'environ 4 milliards de francs par an. La charte est un signe clair dans la lutte contre la pénurie d'énergie et de ressources ainsi que pour relever les défis actuels dans le secteur de la construction et faire progresser l'économie circulaire en Suisse. //

1

Les éléments du plafond STEP2 ont été préfabriqués dans l'usine de Stahlton Bauteile AG et assemblés sur le chantier. Image: ROK Architekten.

2

Le «DroneHub» est une sorte de volière qui permettra à l'avenir de mener des recherches variées avec des drones au sein de NEST.



La voie vers les émissions négatives

L'année 2023 était placée sous le signe de la nouvelle initiative de recherche de l'Empa: «Mining the Atmosphere». Il s'agit de transformer le CO₂ extrait de l'atmosphère en hydrocarbures à chaîne courte ou longue à l'aide d'hydrogène. Ceux-ci peuvent remplacer les énergies fossiles dans le trafic aérien, dans les processus industriels à haute température ou dans le transport de marchandises sur de longues distances. «move» joue un rôle central dans la mise en œuvre de cette vision, car le démonstrateur de mobilité fournit des connaissances importantes, par exemple sur les processus catalytiques et une gestion efficace de l'énergie, met en réseau les acteurs importants et montre comment la mobilité et l'industrie du futur pourraient fonctionner sans énergie fossile.

Optimiser les technologies

La production de sources d'énergie en circuit fermé, comme le méthane synthétique, est une solution d'avenir – mais elle comporte des écueils, car elle est liée à des pertes d'énergie relativement importantes. De plus, la flexibilité de la charge des procédés actuels n'est pas encore très développée. Celle-ci est importante, car l'électricité renouvelable est produite de manière fluctuante. Les chercheurs de

l'Empa ont donc développé un nouveau concept de réacteur pour la méthanation, optimisé pour la flexibilité de la charge. Un réacteur de laboratoire fonctionne depuis l'année dernière, un démonstrateur est en cours de construction. Il permet de produire du méthane en circuit fermé dans le «move». Le CO₂ nécessaire provient d'une installation de «Direct Air Capturing» de Climeworks dans le «move».

Non seulement la mobilité, mais aussi les processus industriels à haute température doivent être décarbonisés. L'association pour la décarbonisation de l'industrie s'y emploie, avec l'Empa comme membre fondateur. Actuellement, l'association met en place une installation de démonstration dans le Tech Cluster Zoug, dans laquelle le méthane utilisé comme gaz combustible pour le four d'émaillage de V-ZUG AG est décomposé par pyrolyse en ses composants hydrogène et carbone solide. Le carbone séparé doit ensuite être transformé en matière première pour la construction et l'agriculture, par exemple en tant qu'additif dans les matériaux de construction ou pour l'enrichissement de l'humus. Les laboratoires de l'Empa ont déjà effectué les premières analyses spectroscopiques du plasma de méthane et se sont attaqués aux bases de la préparation du carbone.

Christian Bach, christian.bach@empa.ch

Etablir une collaboration

Le potentiel de production nationale d'hydrogène renouvelable ou de méthane synthétique n'est toutefois pas suffisant pour couvrir les besoins de la Suisse. Il en va autrement dans la ceinture solaire de la Terre. C'est la conviction du consortium «reFuel.ch», composé de neuf hautes écoles, universités et instituts de recherche suisses – dont l'Empa – ainsi que d'un partenaire industriel. Il est financé par l'Office fédéral de l'énergie (OFEN) dans le cadre du programme de promotion SWEET. Les potentiels suisses et étrangers seront examinés. Dans ce contexte, l'ambassadeur omanais a déjà remis à l'Empa, en tant que co-coordonateur de reFuel.ch, une «Letter of Interest» pour une collaboration.

Un premier projet de recharge sans fil de véhicules électriques a été lancé à la fin de l'année. L'équipe de projet étudie la faisabilité technique de la recharge par induction, détermine les avantages et les inconvénients par rapport aux systèmes de recharge traditionnels et clarifie le processus d'autorisation. L'Empa fait partie de l'équipe de projet dirigée par Eniwa, qui est également soutenue par l'OFEN. //



1



2

1 La Suisse et Oman tirent à la même corde: l'ambassadeur d'Oman en Suisse, H.E. Mahmood Al Hassani (à droite) remet au chercheur de l'Empa Christian Bach (à gauche) une «Letter of Interest» pour la collaboration au projet reFuel.ch.

2 Les sources d'énergie durables proviendront en grande partie de pays situés dans la ceinture solaire de la planète, car il est possible d'y produire deux fois plus d'électricité par mètre carré de surface PV qu'en Suisse. Image: Adobe Stock Photo.

Stockage et flexibilité: les grands défis de la transition énergétique

Avec le développement des énergies renouvelables, les systèmes de stockage deviennent de plus en plus importants. Comme une grande partie de l'énergie renouvelable – surtout solaire et éolienne – est produite de manière fluctuante, il s'agit de trouver des moyens de rendre cette énergie «flexible». Depuis son ouverture en 2016, l'Energy Hub (ehub en abrégé) de l'Empa est une plateforme importante pour évaluer et développer des solutions de stockage, des technologies de conversion et la gestion des flux d'énergie dans un environnement réel.

L'année dernière, l'équipe du ehub s'est notamment occupée de l'extension de sa propre infrastructure. Des accumulateurs d'énergie thermique supplémentaires ont été créés, doublant pratiquement la capacité journalière. Le réseau basse, moyenne et haute température peut ainsi être exploité de manière plus robuste et flexible. Cette extension s'explique d'une part par le développement constant du bâtiment de recherche NEST, mais aussi par le souhait d'une plus grande flexibilité dans la gestion de l'énergie thermique.

S'ajoute à cela le fait qu'avec les nouveaux bâtiments sur le campus de l'Empa, le champ de sondes géother-

miques situé en dessous sera également intégré dans le système énergétique de l'Empa. Grâce à quelque 144 sondes géothermiques qui s'enfoncent jusqu'à 100 mètres de profondeur, la chaleur résiduelle est transférée dans le sol en été. En hiver, l'énergie est à nouveau extraite du sol pour le chauffage. Le champ de sondes géothermiques est utilisé par l'équipe du ehub et le département «Urban Energy Systems» de l'Empa pour étudier des conceptions expérimentales de tels réservoirs et l'interaction avec d'autres sources de chaleur. Les premiers résultats montrent qu'il peut apporter une contribution précieuse à la décarbonisation d'un système énergétique local.

Chauffer et refroidir par anticipation

Outre le stockage, la flexibilité de fonctionnement est une priorité pour l'optimisation des systèmes énergétiques. C'est pourquoi un projet de recherche du ehub a étudié l'année dernière le potentiel d'une commande prédictive pour les pompes à chaleur et les systèmes de refroidissement dans les quartiers – dans le but de stabiliser le réseau électrique. En raison de l'inertie des bâtiments en termes de pertes de chaleur ou de froid, les systèmes de chauffage et de refroidissement électrifiés peuvent être contrôlés de ma-

nière à servir le réseau. Les données des deux unités NEST «DFAB HOUSE» et «UMAR» ont été utilisées pour développer un régulateur automatique. Pour une plus grande flexibilité au sein d'un bâtiment, les données relatives à la présence de personnes sont également utiles. En collaboration avec le partenaire industriel «Oxygen at Work» et avec le soutien d'Innosuisse, les chercheurs de l'Empa ont mené des recherches au sein de NEST afin de déterminer quels capteurs et quels modèles de calcul sont appropriés pour que la concentration de CO₂ dans les pièces puisse être utilisée pour estimer la présence.

Outre les projets SWEET «PATHFINDER», «LANTERN» et, depuis peu, «reFuel.ch», le ehub fait partie du projet européen «REFORMERS». Ce projet se concentre sur la réalisation de systèmes multi-énergies régionaux résilients, qui doivent renforcer la sécurité énergétique tout en accélérant la transition énergétique en Europe. Par ailleurs, NEST deviendra à partir de 2024 un bâtiment pilote dans le cadre du projet «HEATWISE», également soutenu par l'UE. L'objectif de ce projet est de mieux utiliser la chaleur résiduelle des infrastructures informatiques dans les bâtiments et de l'intégrer dans le système énergétique. //

Philipp Heer, philipp.heer@empa.ch



Vue du chantier de l'extension du campus co-operate, sous le bâtiment duquel est construit un champ de sondes géothermiques avec 144 sondes géothermiques allant jusqu'à 100 mètres de profondeur (à gauche sur la photo).

Obtenu à partir de l'air: le CO₂ comme ressource

Dr. Peter Richner, peter.richner@empa.ch
 Dr. Nathalie Casas, nathalie.casas@empa.ch

Pour éviter des changements irréversibles du système climatique, nous devons extraire de l'atmosphère le CO₂ excédentaire produit par l'homme. C'est l'objectif d'une initiative de recherche à grande échelle de l'Empa: «Mining the Atmosphere».

Les énergies fossiles sont tout simplement géniales: faciles à manipuler, haute densité énergétique, polyvalentes, disponibles en grandes quantités. Elles sont le fondement de notre progrès technologique et de notre prospérité des 200 dernières années.

L'effondrement climatique menace

Mais nous en payons le prix fort: la Terre se dirige vers un effondrement climatique. Chaque année, nous «envoyons» environ 9,4 milliards de tonnes nettes de carbone (sous forme de CO₂) dans l'atmosphère. Les processus naturels, notamment par le biais de la végétation et des océans, permettent certes de compenser partiellement ces émissions gigantesques. Mais, finalement, il reste un «plus» d'environ 5,1 milliards de tonnes de carbone atmosphérique – chaque année. Depuis 1988 déjà, la concentration de CO₂ dans l'atmosphère est supérieure à 350 ppm («parties par million»), valeur limite pour la stabilité du climat. Si celle-ci est dépassée pendant une longue période, le système climatique de la Terre risque de basculer – avec des conséquences parfois irréversibles.

«Continuer comme avant» n'est donc pas une option, et même le zéro net ne peut être qu'un objectif intermédiaire. Ce qu'il faut, c'est une solution globale qui soit techniquement réalisable et qui puisse être financée. Ce qui nous amène à «Mining the Atmosphere». Contrairement à la simple capture du CO₂ et à son stockage dans le

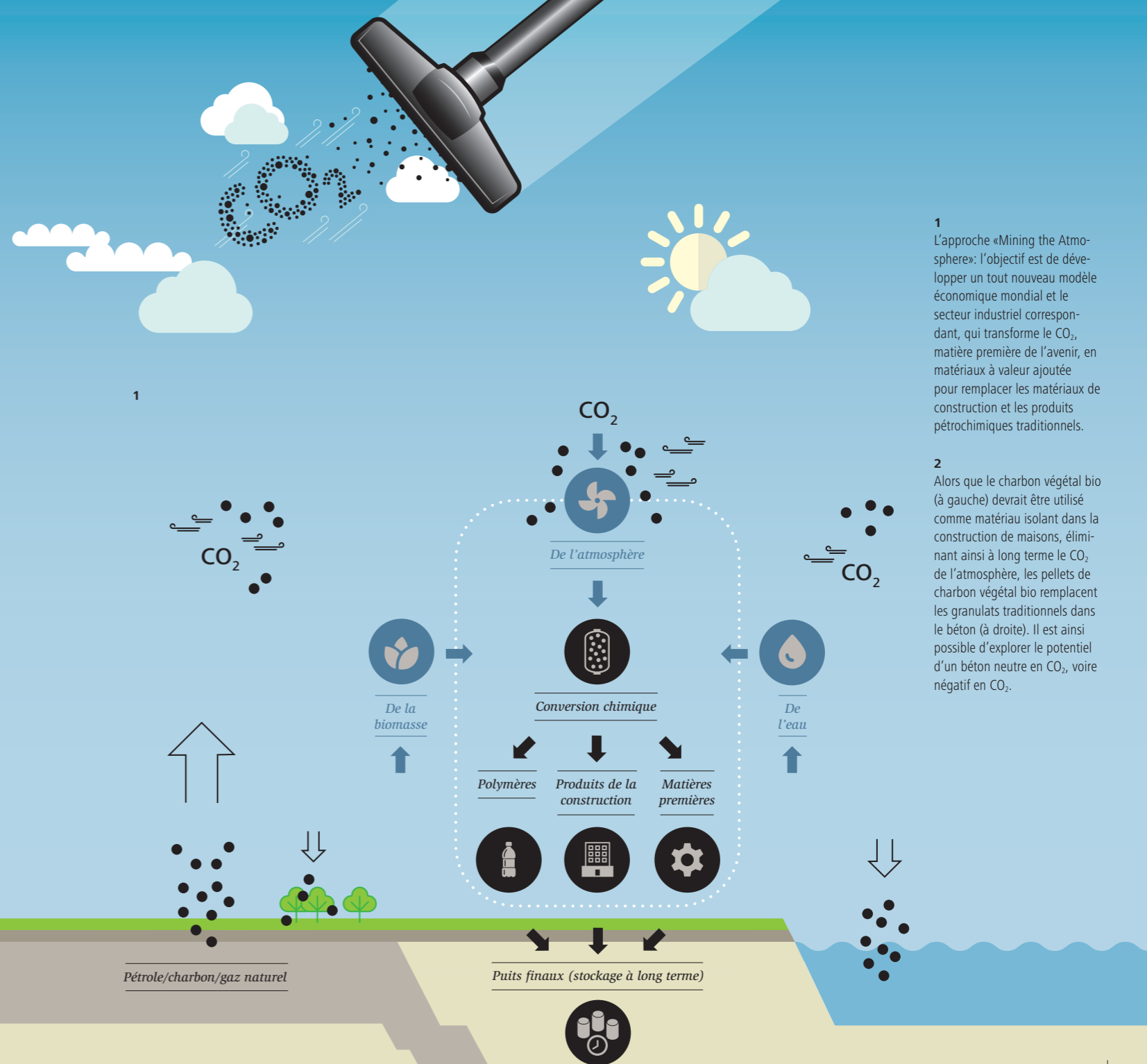
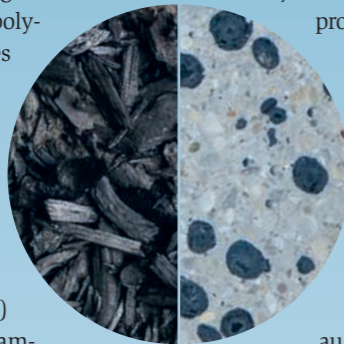
sol – première étape nécessaire – l'approche «Mining» va beaucoup plus loin: l'objectif est de développer un tout nouveau modèle économique mondial et le secteur industriel correspondant, qui transforme le CO₂, matière première de l'avenir, en matériaux à valeur ajoutée pour remplacer les matériaux de construction et les produits pétrochimiques traditionnels.

La tâche du siècle

Cette approche postule donc un changement de perspective: là où les matières premières étaient jusqu'à présent exploitées dans des mines souterraines, le regard se tourne désormais vers la «mine» atmosphérique. En même temps, cela concerne l'ensemble de la société, qui doit passer d'une société émettrice de CO₂ à une société fixatrice de CO₂ au cours des 20 prochaines années, ce qui représente un véritable tournant énergétique passant par le zéro net.

Voilà pour l'idée – dont la mise en œuvre est la tâche du siècle, pour laquelle d'innombrables acteurs de la recherche et de l'économie doivent se mobiliser. Car il s'agit d'éliminer de l'atmosphère une quantité de carbone estimée à 400 milliards de tonnes (soit environ 1500 milliards de tonnes de CO₂).

Et ce n'est que le début. Il s'agit ensuite de transformer ce carbone en matériaux à valeur ajoutée, polymères, matériaux de construction, etc. Le secteur de la construction, en particulier, a un rôle clé à jouer, car le béton et autres matériaux de ce type pourraient, en raison de leur masse, absorber une part énorme du carbone atmosphérique. Après avoir été recyclés plusieurs fois, les matériaux contenant du carbone pourraient être mis en décharge à la fin de leur «vie» en tant que puits de carbone finaux (p. 34). //



1 L'approche «Mining the Atmosphere»: l'objectif est de développer un tout nouveau modèle économique mondial et le secteur industriel correspondant, qui transforme le CO₂, matière première de l'avenir, en matériaux à valeur ajoutée pour remplacer les matériaux de construction et les produits pétrochimiques traditionnels.

2 Alors que le charbon végétal (à gauche) devrait être utilisé comme matériau isolant dans la construction de maisons, éliminant ainsi à long terme le CO₂ de l'atmosphère, les pellets de charbon végétal bio remplacent les granulats traditionnels dans le béton (à droite). Il est ainsi possible d'explorer le potentiel d'un béton neutre en CO₂, voire négatif en CO₂.



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.

De petits cristaux et de nouveaux types d'écrans

L'année dernière, Mounqi Bawendi, Louis Brus et Alexei I. Ekimov ont reçu le prix Nobel de chimie pour leurs travaux dans le domaine des points quantiques. Les points quantiques sont de minuscules nanocristaux, généralement semi-conducteurs, de quelques nanomètres seulement et dotés de propriétés étonnantes qui ne peuvent être expliquées que par la mécanique quantique. L'Empa mène également des recherches intensives dans ce domaine, au sein du groupe de Maksym Kovalenko et Maryna Bodnarschuk dans le laboratoire «Thin Films & Photovoltaics». Actuellement, les chercheurs s'intéressent surtout aux nanocristaux de pérovskites d'halogénures métalliques, une évolution des substances synthétisées à l'origine par les lauréats du prix Nobel.

Ce sont surtout les propriétés optiques des nanocristaux qui retiennent l'attention: leurs spectres d'émission optiques sont réglables, car les différents éléments peuvent être remplacés dans la composition du matériau. En même temps, les nanocristaux offrent un spectre d'émission à bande extrêmement étroite. Cela signifie que l'énergie fournie est utilisée de manière très efficace. Les nanocristaux sont donc parfaitement adaptés à une utilisation dans les futurs écrans.

Une autre application pourrait être les nouvelles sources de photons dans les circuits intégrés photoniques, un domaine de recherche qui est actuellement mis en avant en collaboration avec d'autres institutions du Domaine des EPF (ETH Zurich et PSI), des partenaires internationaux (Karlsruhe Institute of Technology, KIT) et le nouveau Swiss Photonic Integration Center (Swiss PIC) dans le contexte des «Advanced Manufacturing Technology Transfer Centers».

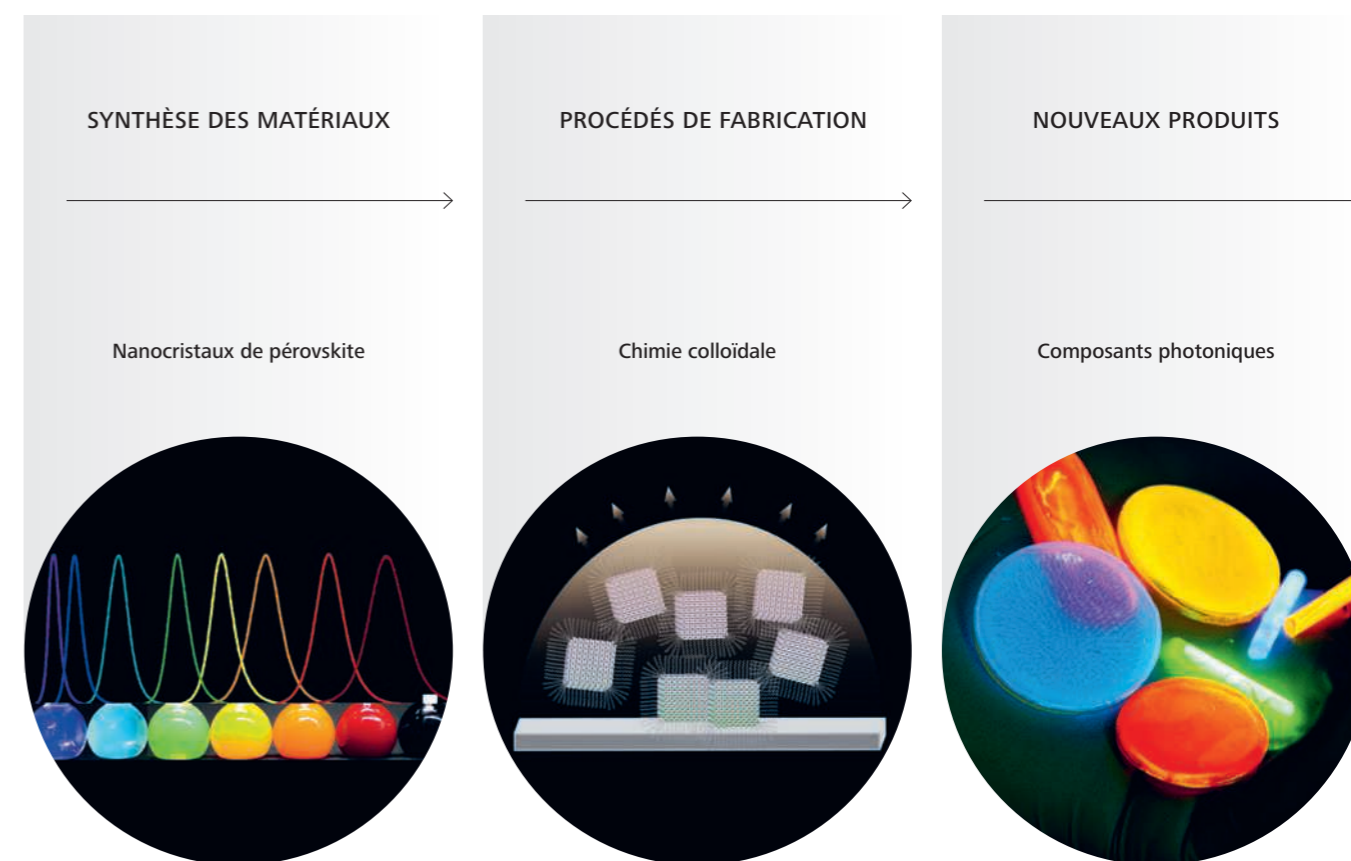
«Materials to Devices»: de la synthèse des matériaux au produit fini

Cet exemple illustre clairement la tâche principale du pôle de recherche Empa «Matériaux et technologies à l'échelle nanométrique»: en s'appuyant sur de vastes connaissances en science des matériaux, les chercheurs fabriquent et caractérisent de nouveaux matériaux à l'échelle nanométrique. L'accent est mis sur les matériaux présentant un grand potentiel d'application pour l'industrie et la société. Cela signifie que la fabrication de ces nouveaux matériaux doit être évolutive et intéressante d'un point de vue écologique et économique. Si ces conditions sont réunies, nous investissons dans une prochaine étape dans la recherche de techniques de production

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

appropriées et développons de nouveaux procédés pour fabriquer les matériaux en grandes quantités, idéalement déjà avec des partenaires de l'industrie.

Dans les années à venir, nous nous pencherons entre autres sur la classe de matériaux des MXènes. Les MXènes sont un terme générique désignant des composés inorganiques bidimensionnels constitués de couches atomiques minces de carbures, de nitrides ou de carbonitrides de métaux de transition. Ici aussi, les propriétés des matériaux peuvent être influencées de manière décisive par une variation ciblée de la composition chimique des matériaux. Après les premiers résultats prometteurs concernant l'application de tels MXènes dans le groupe de Jakob Heier au sein du laboratoire «Polymères fonctionnels», nous souhaitons à l'avenir porter une attention particulière à la première partie de l'itinéraire du processus, à savoir la synthèse et la caractérisation. Nous devrions donc bientôt voir si cette nouvelle classe de matériaux a également un potentiel d'application similaire à celui des pérovskites mentionnées au début. //



Le nouveau concept «Materials to Devices», illustré ici par l'exemple des nanocristaux pour de nouvelles applications optiques, vise à accélérer l'adaptation de nouveaux nanomatériaux dans les produits.

Dr. Mateusz Wyrzykowski, mateusz.wyrzykowski@empa.ch

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

Le secteur du bâtiment et de la construction est actuellement l'une des principales sources d'émissions de gaz à effet de serre en Suisse et dans le monde. Il est possible d'inverser cette tendance en transformant les matériaux de construction en véritables stockages de carbone.

Le béton comme absorbeur de carbone

Une solution pratique qui pourrait permettre cela est l'incorporation de biochar ou d'autres types de carbone pyrolysé – basé sur le CO₂ capturé directement dans l'atmosphère – dans le béton. De cette manière, les émissions initiales (provenant principalement de la production de ciment) peuvent être compensées par les émissions négatives du carbone pyrolysé. L'acceptation de cette approche est limitée en grande partie par les défis liés à la manipulation du biochar brut. Le biochar est généralement très léger et poreux, ce qui nuit à la fluidité du béton. En outre, le biochar est très variable d'un

lot à l'autre et difficile à manipuler dans une usine de béton ou sur un chantier de construction, principalement en raison de la fine poussière noire qu'il produit. Dans le cadre d'un projet de l'Internal

Research Call 2021, des chercheurs du

laboratoire «Béton et Asphalte»

de l'Empa, sous la direction

de Pietro Lura, ont

étudié la faisabilité de

l'incorporation de

biochar dans le béton

et ont développé

de nouvelles

méthodes pour relever

les principaux défis. Ils ont mis au

point une méthode

pour transformer le biochar

en granulés légers et

les utiliser pour remplacer

les granulats conventionnels dans le béton.

Ces granulés sont beaucoup plus faciles

à manipuler dans la pratique de la

construction que le biochar brut. Le béton

contenant des granulés riches en

biochar dans une proportion de 20 pourcent

peut atteindre des émissions nettes

nulles. Les développements ultérieurs de

ce concept incluent la fabrication de granulats

avec du carbone pyrogène issu de

la pyrolyse du méthane, en collaboration

avec des équipes de l'Empa et du PSI dans le cadre du centre de compétences du Domaine des EPF, SCENE.

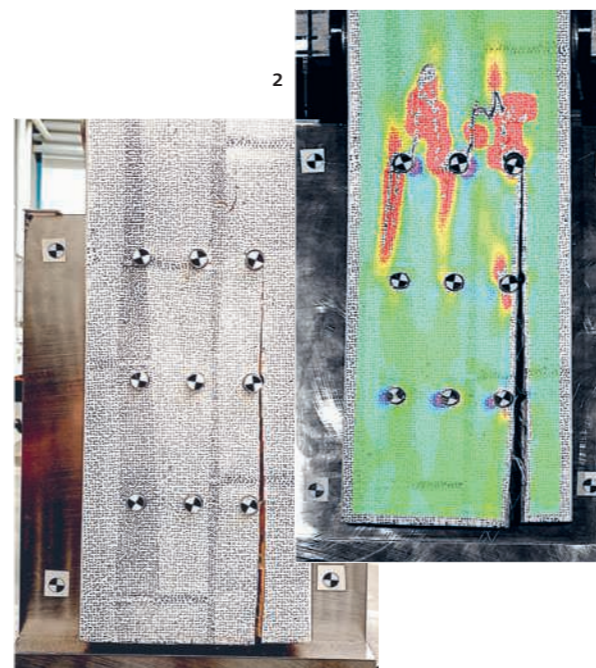
Connexions dans les structures en bois

Contrairement aux structures en béton, qui sont coulées en monolithes, les structures en bois sont constituées de multiples composants individuels qui sont assemblés à l'aide de connexions structurelles. Le rôle de ces connexions est d'assurer la continuité des composants et, dans la mesure du possible, d'améliorer le comportement structurel global en ajoutant une capacité de déformation et de dissipation de l'énergie. Les connexions structurelles sont donc aussi importantes que les composants individuels et critiques du point de vue de la conception structurelle.

Les types de connexions structurelles les plus courants comprennent des pièces métalliques insérées dans les éléments en bois connectés. Les attaches en acier de type goujon et les plaques fendues sont couramment utilisées en raison de leur facilité d'assemblage et de démontage, de leur capacité de charge élevée, de leur ductilité et de leur capacité à dissiper l'énergie. Cependant, leur comportement présente une grande va-

1 Les granulats légers riches en carbone permettent d'incorporer du CO₂ dans le béton et de laisser une empreinte nette nulle, voire positive.

2 Les techniques expérimentales les plus modernes et les outils de modélisation les plus avancés permettent aux experts de l'Empa de développer de nouveaux systèmes de connexion pour les structures en bois réutilisables.



riabilité, principalement due à la variabilité naturelle des composants en bois, et des ruptures fragiles, ce qui limite la fiabilité des analyses basées sur des modèles de connexion simples. Ces problèmes sont étudiés par une équipe dirigée par René Steiger et Pedro Palma au laboratoire «Ingénierie des Structures» de l'Empa. De nouvelles approches de modélisation des assemblages sont développées. Pour répondre aux nouvelles exigences en matière de réutilisation des éléments et des structures en bois, des systèmes d'assemblage permettant le démontage et la réutilisation sont étudiés dans le cadre d'un projet phare d'Innosuisse intitulé «Think Earth – La construction régénératrice».

L'Empa, un centre d'expertise clé

Comme les années précédentes, nos laboratoires continuent d'être une source importante d'expertise pour l'industrie suisse et mondiale, ainsi que pour le grand public. L'analyse des défaillances du système de tension de la ligne ferroviaire électrique dans le tunnel du Saint-Gothard en est un exemple frappant. Elle a été réalisée sous la direction de Gabor Piskoty du laboratoire d'Ingénierie des Systèmes Mécaniques, en coopération avec des experts du laboratoire

des Technologies d'Assemblage et de la Corrosion. Dans le cadre de cette analyse, le contexte physique de l'endommagement précoce des câbles a été identifié sur la base de mesures sur site et d'analyses en laboratoire des câbles endommagés. Les résultats ont permis de formuler des recommandations pour un futur système de tension fiable.

Un autre exemple est une analyse de défaillance réalisée par une équipe dirigée par Andreas Leemann du laboratoire Béton et Asphalte qui a étudié les raisons de l'effritement du béton et donc des structures en béton dans des milliers de maisons en Irlande, avec des dommages globaux s'élevant à des milliards d'euros. Ils ont découvert que les dommages sont principalement dus à la présence de pyrrhotite dans les agrégats et non, comme on le pensait auparavant, à la détérioration provoquée par la formation de gels expensifs dans les granulats contenant du mica. Grâce aux activités de nos experts de renommée mondiale, de graves défaillances dans le domaine de la construction pourront ainsi être évitées à l'avenir. //

Un «booster» en recherche dans le domaine de la santé

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

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

La recherche en santé de l'Empa vise à préserver la santé et à accélérer la régénération et la guérison par le développement de nouveaux outils de diagnostic, d'implants innovants et de concepts thérapeutiques basés sur les matériaux. Une étroite collaboration avec les hôpitaux, comme en témoignent les nouveaux partenariats avec l'Inselspital à Berne et le Balgrist à Zurich, permet d'identifier les défis cliniques les plus urgents et de transposer les résultats des recherches les plus récentes dans la pratique clinique. Comme il peut s'écouler de 10 à 15 ans entre la recherche fondamentale et la mise en œuvre d'une nouvelle technologie dans la pratique clinique, il est impératif de se concentrer sur un nombre limité de thèmes ayant le plus grand impact possible. En 2023, l'Empa a lancé des projets dits «booster» qui sont financés à la fois par des moyens internes et externes. Ces projets interdisciplinaires favoriseront la collaboration de plusieurs doctorants, postdocs et scientifiques en combinant les connaissances de différents groupes de recherche afin d'accélérer le processus d'innovation. Dans notre domaine de recherche Santé et performance, deux projets booster sur le traitement intégré des plaies et la biodynamique musculo-squelettique ont pu être lancés cette année.

Traitement intégré des plaies

Les nouveaux matériaux pour la cicatrisation des plaies sont un thème de recherche important pour l'Empa depuis plusieurs années. En 2023, un multicapteur portable «lab-on-a-fiber» a été développé pour le suivi de la cicatrisation des plaies. Il permet de détecter simultanément plusieurs biomarqueurs présents dans l'exsudat de la plaie. Le capteur peut mesurer le pH, le niveau de glucose et la concentration d'une enzyme spécifique appelée «métalloprotéinase matricielle», des paramètres importants pour distinguer les plaies cicatrisantes des plaies chroniques. Pour le traitement des plaies chroniquement infectées, un nouveau matériau de pansement contenant des bactéries probiotiques est actuellement en cours de développement. Des essais en laboratoire ont montré que le matériau chargé de probiotiques était capable de prévenir les infections et même de tuer les agents pathogènes de la peau. Dans le cadre du nouveau projet de l'Empa «wound booster», six laboratoires différents travaillent ensemble au développement d'un système intégré qui surveille l'état physiopathologique précis d'une plaie cutanée sur la base de données protéomiques. Les biomarqueurs nouvellement découverts permettront de surveil-

ler les plaies en ligne à l'aide de nouveaux dispositifs portables et, finalement, de traiter les plaies de manière précise et spécifique au patient.



1

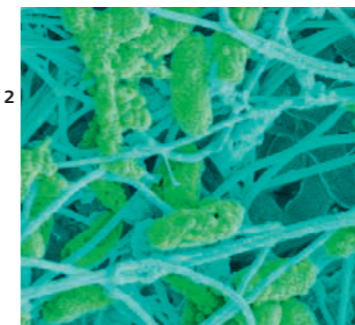


3

1 De bonnes bactéries pour de mauvaises blessures: Qun Ren, à l'Empa, chercheuse de nouveaux moyens de lutter contre les biofilms persistants.

2 Les bactéries de la plaie (*Pseudomonas aeruginosa*, vert clair) entre les fibres du tissu conjonctif de la peau humaine (bleu gris) peuvent provoquer une grave infection chronique de la plaie. L'image montre des cellules mortes (microscopie électronique à balayage, recolorée).

3 L'Empa est l'un des partenaires qui ont créé le nouveau Dynamic Imaging Center (DIC) à Berne. Image: sitem.



2

Biodynamique musculo-squelettique

L'année dernière, l'étroite collaboration entre l'Inselspital de Berne et l'Empa a conduit au lancement d'un nouveau centre d'imagerie dynamique au sitem-insel, l'Institut suisse pour la médecine translationnelle et l'entrepreneuriat, qui combine les connaissances médicales avec l'expertise en modélisation biomécanique et en traitement d'images. Ce centre illustre parfaitement comment la combinaison de différentes méthodes analytiques peut conduire au développement de nouvelles méthodes de diagnostic plus précises. Les troubles musculo-squelettiques sont la deuxième cause d'invalidité dans le monde et il est très difficile de les diagnostiquer avec précision sans tenir compte des mouvements du patient. La combinaison de caméras infrarouges de capture de mouvement et d'imagerie radiographique permet d'évaluer avec précision les mouvements de roulement et de glissement dans les articulations des patients. Dans le cadre d'un nouveau projet de l'Empa impliquant trois laboratoires, ces nouvelles informations cinématiques seront combinées avec des données provenant de méthodes d'imagerie «classiques» telles que la tomodensitométrie assistée par ordinateur (CT) et l'imagerie par résonance magnétique (IRM) ainsi qu'avec des données anthro-

pométriques du patient et la perception subjective de la douleur. L'apprentissage automatique et les outils d'IA seront utilisés pour améliorer les capacités de diagnostic et de pronostic des maladies articulaires musculo-squelettiques et auront un impact considérable sur la prise de décision clinique.

Un nouveau partenariat avec l'hôpital universitaire Balgrist de Zurich

Une nouvelle collaboration avec l'hôpital universitaire Balgrist et l'Université de Zurich a débuté avec la création d'un laboratoire de recherche commun sous la direction d'Inge Herrmann, cheffe de groupe à l'Empa. L'étroite collaboration avec les équipes cliniques de Balgrist permettra d'accélérer le transfert de technologie du laboratoire au chevet du patient, par exemple pour le développement de nouvelles colles chirurgicales avec des capteurs intégrés permettant de détecter à un stade précoce les infections ou d'autres complications. Les travaux de l'équipe d'Inge Herrmann ont bénéficié d'une grande visibilité l'année dernière grâce à deux récompenses prestigieuses: Inge Herrmann a reçu le prix Latsis 2023 de l'ETH Zurich et son collègue Alexandre Anthis, chercheur postdoctoral, s'est vu décerner le prix Lopez-Loreta 2023. //

Zéro émission nette de CO₂ d'ici 2050

Dr. Björn Niesen, bjoern.niesen@empa.ch
Dr. Nathalie Casas, nathalie.casas@empa.ch

En 2023, des étapes importantes ont été franchies en matière de politique environnementale et énergétique; la loi sur le climat et l'innovation a été acceptée par les électeurs et la loi fédérale sur la sécurité de l'approvisionnement en électricité grâce aux énergies renouvelables a été adoptée par le Parlement. Ces lois montrent également à quel point les domaines thématiques de l'énergie, de l'environnement et du climat sont étroitement liés: ce n'est qu'en sortant des énergies fossiles tout en garantissant l'approvisionnement aussi bien en énergie qu'en matières premières critiques que l'on pourra atteindre l'objectif climatique ambitieux de la Suisse – zéro net d'ici 2050.

Des bases pour les décisions politiques

Dans ce contexte politique, l'Empa, en tant qu'institut de recherche appliquée, est en contact étroit avec les acteurs de la politique et de l'administration afin d'élaborer les bases scientifiques nécessaires à la prise de décisions fondées sur des faits. Cela a conduit l'année dernière à une série de résultats importants, par exemple dans le domaine de l'électromobilité: les chercheurs du département «Technologie et société» ont élaboré avec des partenaires, sur mandat de l'Office fédéral de l'énergie, un document de base qui iden-

tifie les questions qui se posent tout au long du cycle de vie des batteries pour les voitures électriques et y répond en fonction de l'état actuel des connaissances. Les aspects importants sont par exemple la disponibilité des matières premières, les besoins en énergie et en matériaux, la sécurité ainsi que les répercussions écologiques et sociales.

En tant que membres de la Commission fédérale de l'hygiène de l'air (CFHA), les chercheurs de l'Empa Brigitte Buchmann et Lukas Emmenegger ont évalué l'importance des nouvelles valeurs indicatives de la qualité de l'air de l'Organisation mondiale de la santé pour l'ordonnance suisse sur la protection de l'air. Pour ce faire, la CFHA s'est surtout appuyée sur les mesures du réseau national d'observation des polluants atmosphériques, géré par l'Empa et l'Office fédéral de l'environnement. S'appuyant sur ces mesures et sur des études scientifiques récentes, la CFHA recommande d'abaisser d'importantes valeurs limites d'immission, par exemple dans le domaine des oxydes d'azote et des poussières fines.

Excellence de la recherche sur les matériaux

L'excellence scientifique a conduit en 2023 à de nombreuses publications de l'Empa

dans des revues scientifiques spécialisées dans le domaine de l'énergie et de l'environnement, par exemple dans l'édition de janvier de la célèbre revue *Nature Energy*: l'étude illustre comment une compréhension approfondie des propriétés des matériaux peut contribuer à une percée. Les cellules solaires à base de diséléniure de cuivre, d'indium et de gallium (CIGS) permettent d'obtenir des modules solaires légers et flexibles. Cependant, il n'a pas été possible jusqu'à présent de les fabriquer dans une configuration bifaciale à haut rendement. Les cellules solaires bifaciales peuvent produire de l'électricité à partir de la lumière du soleil sur les deux faces, ce qui est intéressant par exemple pour les modules verticaux sur les toits plats ou dans les installations alpines en plein air. Ces deux types d'installations produisent une part importante de leur électricité pendant le semestre d'hiver et joueront donc à l'avenir un rôle important dans l'approvisionnement énergétique de la Suisse tout au long de l'année. Les chercheurs du département «Thin Films and Photovoltaics» ont adapté le processus de revêtement et la composition chimique des couches de quelques micromètres d'épaisseur à l'intérieur de la cellule solaire CIGS de manière à obtenir un rendement élevé de près de 20 pourcent. En cas d'utilisation dans un

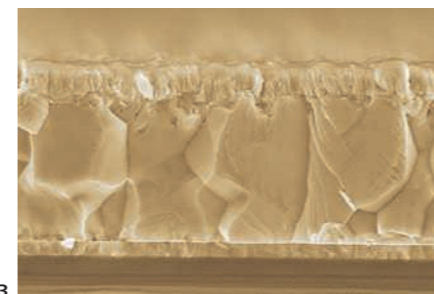
1 Les véhicules à batterie sont considérés comme la clé de la décarbonisation des transports. Le recyclage des batteries de traction permet, après une éventuelle deuxième utilisation, de récupérer des matières premières importantes comme le lithium, le cobalt, le nickel et le graphite. Image: istock.

2 L'Empa et l'Office fédéral de l'environnement gèrent ensemble le réseau national d'observation des polluants atmosphériques, qui continuera à jouer un rôle central dans l'évaluation de la qualité de l'air en Suisse.

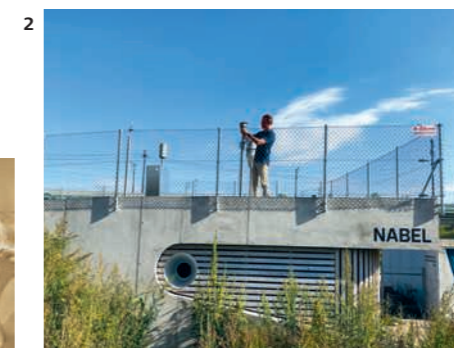
3 Les cellules solaires CIGS bifaciales sont composées de couches actives extrêmement fines, d'une «épaisseur» totale d'environ 3 micromètres seulement. La couche polycristalline CIGS est appliquée sur un contact électrique transparent et absorbe la lumière aussi bien de l'avant que de l'arrière.



1



3



2

environnement enneigé, la face arrière peut même augmenter la production d'électricité de plus de 50 pourcent.

Initiatives communes dans le Domaine des EPF

En 2023, plusieurs initiatives ont été lancées dans les domaines de l'énergie et de l'environnement. L'une d'entre elles est le «Swiss Center of Excellence on Net-Zero Emissions» (SCENE), au sein duquel plus de 30 groupes de recherche issus des six institutions du Domaine des EPF collaborent et se penchent sur des questions liées au zéro net. Il s'agit notamment de la gestion optimale des forêts et de l'utilisation du bois comme matériau de construction et source d'énergie, d'un modèle intersectoriel de toutes les émissions de gaz à effet de serre de la Suisse et du développement d'approches pour des constructions d'infrastructures pouvant être recyclées.

Mais il vaut parfois la peine de faire le premier pas seul sur des thèmes visionnaires. Ainsi, l'Empa a lancé en 2023 l'initiative «Mining the Atmosphere». L'objectif est d'extraire du CO₂ de l'atmosphère au moyen de différentes approches afin de fabriquer des matériaux durables. Cela doit conduire à des émissions «négatives» et ainsi lutter contre le réchauffement climatique (voir aussi page 28). //



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 personnels techniques, l'Empa est la bonne adresse avec ses un peu plus de 600 scientifiques hautement qualifiés et son infrastructure technique de haut niveau.

Construire l'avenir ensemble grâce à la recherche et à l'innovation

Marlen Müller, marlen.mueller@empa.ch

Les coopérations permettent d'exploiter les synergies – c'est pourquoi de nombreuses entreprises collaborent avec l'Empa. Ensemble, elles développent, évaluent et font avancer des idées de produits. L'entrée dans l'aventure innovante avec nos partenaires commence par des questions techniques. Dans le cadre de discussions créatives, interdisciplinaires et non conventionnelles, les idées et les approches de solutions sont discutées et résumées dans une description de projet. Pour la collaboration, on choisit ensemble le modèle approprié et on rédige des demandes de financement. Les chercheurs de l'Empa soutiennent les entreprises dans le développement de nouveaux matériaux et de nouvelles technologies ou optimisent des processus et des produits – toujours dans le but de transférer le plus rapidement possible les résultats et les technologies dans l'économie.

En 2023, plus de 230 nouveaux projets de recherche ont été lancés, dont beaucoup avec des partenaires industriels. En outre, dix inventions ont fait l'objet d'un dépôt de brevet et douze nouveaux contrats de licence et de transfert de technologie ont été conclus avec des partenaires commerciaux. Et en 2023 également, une spin-off de l'Empa a été reprise:

Bruker AG détient une participation majoritaire dans MIRO Analytical AG (p. 44).

Vêtements de sport innovants

Les vêtements de sport doivent répondre à des exigences élevées en termes de matériaux, de design et de méthodes de fabrication. Des exigences particulières apparaissent si des sportives passent d'activités terrestres à des activités aquatiques sans se changer, par exemple lors de triathlons ou de «swimruns». Ce qui, à première vue, semble être une exigence relativement simple s'est avéré extrêmement complexe. Dans le cadre d'un projet Innosuisse mené par la start-up suisse TechTex «Swijin» et le département «Biomimetic Membranes and Textiles» de l'Empa, les exigences en matière de matériau et de coupe d'un soutien-gorge de sport ont d'abord été définies. Le développement représentait un triple défi: d'une part, le produit devait répondre sur terre aux exigences d'un soutien-gorge de sport très résistant. Mais en même temps, il devait offrir la compression d'un maillot de bain dans l'eau – et ce avec un temps de séchage très court.

L'équipe a mis au point des tests pour évaluer le textile haute performance de manière réaliste. En outre, un mannequin de mesure a été conçu: un modèle

de torse féminin sur lequel les propriétés mécaniques des soutiens-gorge peuvent être mesurées. Outre les connaissances scientifiques, les compétences de l'équipe, composée de physiologistes du sport, d'ingénieurs textiles, de scientifiques des matériaux, de spécialistes du secteur, de designers et, bien entendu, d'athlètes féminines, ont également été mises à contribution.

En été 2023, «Swijin» a pu lancer sur le marché le premier produit issu de cette collaboration: le «SwimRunner», un soutien-gorge de sport avec des sous-vêtements qui conviennent aussi bien à la natation qu'à la course à pied et qui séchent en un clin d'œil. Grâce à cette innovation, les athlètes peuvent pour la première fois passer des sports terrestres aux sports aquatiques sans devoir changer de vêtements. Les adeptes du stand-up paddle bénéficient également d'une liberté de mouvement illimitée avec un maintien suffisant grâce au «SwimRunner», aussi bien sur la planche que dans l'eau.



1



2

1 Lors du «swimrun», les sportives alternent plusieurs fois entre la natation et le trail running, ce qui pose des exigences accrues à leur tenue de sport. Image: Swijin.

2 Si la «MoonSwatch» brille si fort dans l'obscurité, c'est notamment grâce à la recherche de l'Empa.

3 Cellules solaires imprimées numériquement et fabriquées sur mesure par «Perovskia Solar»: les cellules solaires sont découpées de manière à pouvoir être intégrées sans problème dans des appareils électroniques et des capteurs. Image: Perovskia Solar AG.

Un morceau d'Empa au poignet

Peu de montres ont autant voyagé qu'elle: l'«Omega Speedmaster Professional», également connue sous le nom de «Moonwatch». L'astronaute de la NASA Buzz Aldrin la portait à son poignet lorsqu'il fut le deuxième homme à marcher sur la lune le 20 juillet 1969. Plus de 50 ans plus tard, la collection «MoonSwatch» de Swatch et Omega rend ce design emblématique plus abordable. La «MoonSwatch» n'est certes pas autorisée à être utilisée dans l'espace – mais elle contient une partie de la recherche de l'Empa: les aiguilles et les repères des heures sont en effet revêtus de la substance luminescente «Swiss Super-Lumina». De 2013 à 2015, ce matériau a été développé conjointement par l'entreprise

appenzelloise RC Tritec AG, l'Empa et l'Université de Genève dans le cadre d'un projet soutenu par la Commission pour la technologie et l'innovation (CTI, aujourd'hui Innosuisse). La matière luminescente n'est pas seulement utilisée dans la «MoonSwatch», mais aussi dans de nombreuses autres marques et modèles de montres.

Cellules solaires en pérovskite imprimées numériquement

«Perovskia Solar», une spin-off de l'Empa, développe et fabrique des cellules solaires en pérovskite imprimées numériquement et adaptables pour les équipementiers et travaille ainsi à l'interface entre l'électronique imprimée, le photovoltaïque et la science des matériaux. Les cellules solaires sont découpées de manière à pouvoir être intégrées sans problème dans des appareils électroniques et des capteurs. Elles fonctionnent efficacement même dans des conditions de faible luminosité, comme dans les habitations et les bureaux. Le fondateur de l'entreprise, Anand Verma, a mené des recherches sur les procédés d'impression des cellules solaires inorganiques flexibles en pérovskite à l'Empa de 2015 à 2020, avant de se mettre à son compte avec son entreprise. //



3

Les spin-off et les start-up de l'Empa sont convoitées

Mario Jenni, mario.jenni@empa.ch

Peter Frischknecht, peter.frischknecht@startfeld.ch

Les spin-off et start-up accompagnées dans le «Business Incubator» glaTec de l'Empa et de l'Eawag ont pu récolter en 2023 un total de près de 4 millions de francs auprès d'investisseurs et de fondations de soutien. Après IRsweep et CT Systems, une troisième spin-off de l'Empa, MIRO Analytical, a également été rachetée l'année dernière par un leader de l'industrie. A peine créée, la spin-off de l'Empa BTRY a été intégrée dans le «Business Innovation Centre Switzerland» de l'Agence spatiale européenne ESA.

Viboo lève 1,5 million de francs

La spin-off de l'Empa Viboo a reçu un total de 1,5 million de francs lors d'un tour d'amorçage de la part des investisseurs High-Tech Gründerfonds, Swisscom Ventures et Rainmaking Impact. La jeune entreprise a développé une plateforme pour la gestion énergétiquement efficace du climat intérieur des bâtiments. Les fonds doivent être utilisés pour sa commercialisation.

Bruker acquiert la majorité de MIRO Analytical

Depuis l'automne dernier, la spin-off de l'Empa MIRO Analytical de Wallisellen est majoritairement détenue par Bruker

Corporation. L'entreprise, qui a son siège principal dans l'État américain du Massachusetts et un site suisse à Fällanden, complète son portefeuille de spectroscopie d'analyse des gaz avec les analyseurs multigaz rapides, mobiles et très précis de MIRO. Les analyseurs de gaz à l'état de traces de MIRO sont basés sur des lasers à cascade quantique. Ils peuvent mesurer simultanément jusqu'à dix gaz à l'état de traces avec une sensibilité de l'ordre du ppt («parties par millier») et sont utilisés dans la recherche atmosphérique et dans l'industrie.

De la bourse à la création d'entreprise – BTRY, les révolutionnaires de l'accumulateur

Peu après le lancement de son «Empa Entrepreneur Fellowship», qui soutient pendant un an de jeunes chercheurs dans la création de leur entreprise, le chercheur de l'Empa Abdessalem Aribia a fondé avec Moritz Futscher la spin-off de l'Empa «BTRY». Celle-ci veut repenser les batteries: ses batteries à couches minces ne sont pas seulement plus sûres et plus durables que les batteries lithium-ion traditionnelles, elles sont aussi beaucoup plus écologiques à produire et peuvent être chargées ou déchargées en une minute seulement. La batterie est encore



2



1



3



4

petite, mais ses fondateurs ont de grands projets.

A Saint-Gall, l'incubateur de start-up s'appelle «Startfeld». Les start-up soutenues par Startfeld ont pu lever plus de 13 millions de francs de fonds d'investisseurs en 2023. La fondation Startfeld joue un rôle important dans le processus de financement. Elle est souvent le premier investisseur à donner une promesse de financement aux start-up. Cela aide les fondateurs à attirer d'autres investisseurs. Sur les 13 millions de francs, 1,2 million de francs proviennent de la fondation Startfeld. Il est réjouissant de constater que la fondation Startfeld a pu continuer à alimenter le capital de la fondation à hauteur de 2,5 millions de francs. Outre la Banque cantonale de Saint-Gall en tant que fondatrice principale, la Banque cantonale de Thurgovie est désormais cofondatrice.

Vigilitech – mesure sans contact des données vitales

Vigilitech AG a également réussi son tour de table en 2023; elle développe une technologie très sensible et précise pour le domaine de la surveillance des animaux, qui répond aux directives sur le bien-être animal dans la recherche. Le produit MARTA est un nouveau système de sur-

veillance dans la recherche préclinique. Il fonctionne à distance à travers le pelage, sans électrodes ni câbles. Les paramètres vitaux tels que le rythme cardiaque et respiratoire sont surveillés en permanence et la température corporelle normale des animaux est maintenue pendant toutes les étapes d'une expérience. MARTA est entièrement stérilisable et répond à la norme CE 60601 pour les appareils médicaux. Les données obtenues par MARTA sont stockées sur le cloud et sont à la disposition des chercheurs pour d'autres utilisations. //

1 Les fabricants de thermostats peuvent intégrer l'algorithme «Viboo» dans leurs thermostats intelligents au moyen d'une connexion au cloud. Image: Adobe Stock.

2 Les deux fondateurs de «MIRO Analytical AG» Oleg Aseev (à gauche), CTO, et Morten Hundt, CEO. Image: MIRO.

3 Les fondateurs de BTRY qui ont réussi: Moritz Futscher, Abdessalem Aribia et Yaroslav Romanjuk (de gauche à droite).

4 Marc Zünd, CEO de Vigilitech avec le MARTA Pad. Image: Vigilitech.

Le financement de projets est aussi un moyen de promouvoir les talents

Dr. Martin Gubser, martin.gubser@empa.ch
Gabriele Dobenecker, gabriele.dobenecker@empa.ch
Loris Pandiani, loris.pandiani@empa.ch

En 2023, des dons d'un montant de plus de 2,5 millions de francs ont permis de financer différents projets de recherche, dont une contribution substantielle de la Fondation Walter Fischli. Tous ces moyens ont permis, entre autres, d'engager sept doctorants et trois postdocs à l'Empa. L'une d'entre eux est Selina Camenisch. Cette jeune chercheuse suisse a obtenu son bachelor et son master en biologie cellulaire à l'EPF de Zurich et a commencé son doctorat en février 2023 au sein du laboratoire «Particles-Biology Interactions».

Diagnostic des calculs rénaux et vésicaux

Environ 5 pourcent de la population totale souffrent de calculs urinaires ou rénaux. Le traitement clinique et la gestion des patients varient d'un individu à l'autre et dépendent fortement de facteurs spécifiques au patient, comme la composition du calcul. L'objectif d'un projet dirigé par le chercheur de l'Empa Robert Zboray est de saisir, en collaboration avec l'hôpital cantonal de Fribourg et la Faculté Vetsuisse de l'Université de Zurich, les différences chimiques et structurelles dans la composition des calculs urinaires et rénaux au moyen de la radiographie à fond noir, une méthode d'imagerie non

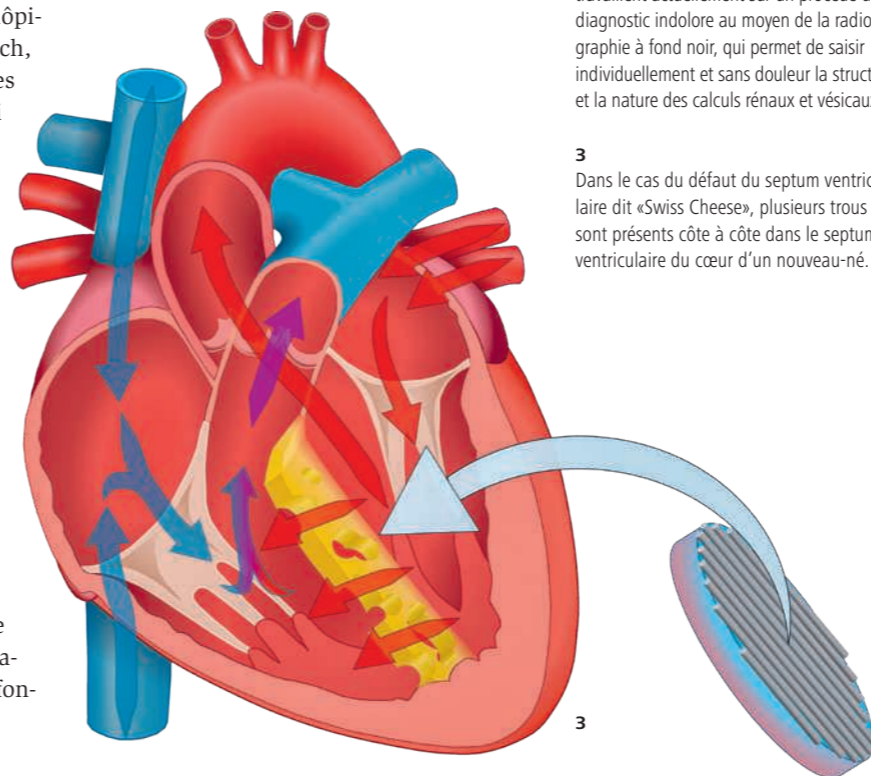
invasive d'un genre nouveau. Il s'agit de développer, dans le cadre d'une collaboration interdisciplinaire entre des experts en imagerie et des médecins issus de la médecine vétérinaire et humaine, une innovation technique novatrice dans une approche translationnelle, de la recherche fondamentale à une application clinique potentielle. Le gain de connaissances espéré permettrait de modifier les appareils de radiographie classiques afin d'accélérer l'utilisation clinique de la méthode d'imagerie «speckle» et de l'établir de manière rentable.

Les avantages pour les patients résident dans une analyse précise, personnalisée et non invasive des types de calculs et dans la réduction des interventions chirurgicales inutiles. Les économies de temps et d'argent qui en découlent pour le système de santé soulignent la pertinence sociale du projet. Le projet a été rendu possible grâce au soutien de la fondation Maires et de la fondation Max et Hedwig Niedermaier.

Fermeture innovante des défauts «Swiss Cheese»

Les cardiopathies congénitales sont les anomalies congénitales les plus fréquentes chez les nouveau-nés et la principale cause de décès de nourrissons liés

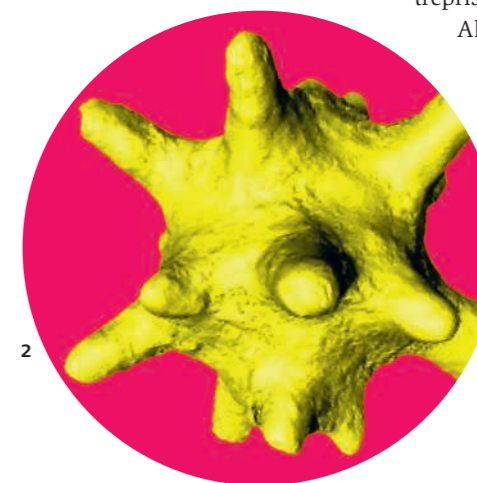
à des maladies congénitales. Dans ce contexte, les défauts du septum ventriculaire dits «Swiss Cheese» se caractérisent par la coexistence de plusieurs trous dans le septum ventriculaire. Les méthodes de traitement actuelles continuent de présenter de nombreux effets secondaires. L'objectif du projet dirigé par le chercheur de l'Empa Kongchang Wei est de développer, en étroite collaboration avec l'hôpital pédiatrique universitaire de Zurich, une fermeture biocompatible de ces trous dans la cloison cardiaque qui n'altère pas la fonction cardiaque et améliore considérablement l'espérance de vie de l'enfant. Afin de fermer efficacement les défauts et de permettre ensuite la régénération des tissus, des membranes hybrides combinant des hydrogels adhérents aux tissus et des nanofibres électrofilées seront développées. Dans la première phase, l'accent est mis sur le développement et la validation *ex vivo* de ces matériaux de membranes hybrides. Le projet a été rendu possible grâce au soutien de la fondation de l'association des médecins de la clinique Stephanshorn, de la fondation Immanuel et Ilse Straub et de deux autres fondations.



1 La doctorante Selina Camenisch a pu prendre son poste à l'Empa grâce à des dons.

2 Ce qui ressemble à une étoile est un calcul rénal dans une visualisation 3D basée sur la technologie de radiographie à fond noir multimodale. Des chercheurs de l'Empa travaillent actuellement sur un procédé de diagnostic indolore au moyen de la radiographie à fond noir, qui permet de saisir individuellement et sans douleur la structure et la nature des calculs rénaux et vésicaux.

3 Dans le cas du défaut du septum ventriculaire dit «Swiss Cheese», plusieurs trous sont présents côte à côte dans le septum ventriculaire du cœur d'un nouveau-né.



Fonds de la fondation Walter Fischli

Après une visite du conseil de fondation à l'Empa en août, la fondation Walter Fischli a décidé d'ouvrir un fonds propre à l'Empa pour le thème de recherche stratégique «cicatrisation des plaies». Les moyens de ce fonds doivent permettre de soutenir des doctorants au cours des huit prochaines années. Walter Fischli est un mécène qui a déjà soutenu différentes institutions avec sa fondation, notamment l'Empa pour un projet propre de biotechnologie. Il est cofondateur de l'entreprise pharmaceutique Actelion à Allschwil, qui appartient aujourd'hui au groupe Johnson & Johnson. //

La recherche et l'innovation ne connaissent pas de frontières

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

La recherche et l'innovation sont intrinsèquement internationales. Ainsi, l'année dernière, les chercheurs de l'Empa ont collaboré avec des partenaires de 57 pays. Et plus le défi est grand, plus la mise en réseau est importante – au niveau national, mais aussi international. C'est ainsi qu'en décembre, une délégation suisse – comprenant notamment le chercheur de l'Empa Christian Bach – s'est rendue à Oman pour discuter avec des représentants du gouvernement de la possibilité d'approfondir la collaboration dans le cadre du consortium «reFuel.ch», co-coordonné par Christian Bach et soutenu par l'Office fédéral de l'énergie (OFEN) dans le cadre du programme de recherche SWEET («SWiss Energy research for the Energy Transition»), et de l'initiative de recherche de l'Empa «Mining the Atmosphere» (p. 28). Il s'agit de «récolter» l'énergie solaire dans la ceinture solaire de la Terre et d'en produire des sources d'énergie durables et des produits chimiques de base pour la Suisse.

En octobre, la directrice de l'Empa Tanja Zimmermann a rendu visite à l'institut japonais «frère» de l'Empa, le «National Institute for Materials Science» (NIMS) à Tsukuba, afin de s'entretenir avec la direction de l'institut sur des collaborations encore plus étroites dans le dévelop-

pement des matériaux et des technologies. Elle a également participé à une table ronde sur le thème «Breakthrough Innovation and Trends in Sustainability» à l'occasion de l'ouverture de la nouvelle succursale de swissnex à Osaka. L'Empa a en outre conclu un nouveau «Memorandum of Understanding» (MoU) avec l'«University of Osaka», qui prévoit une coopération plus étroite, notamment en matière de formation doctorale.

L'Empa – une bonne adresse quand il s'agit d'innovation

En revanche, de nombreuses délégations internationales se sont à nouveau rendues à l'Empa l'année dernière, le plus souvent pour s'entretenir avec la direction de l'Empa et les chercheurs sur la promotion de l'innovation et un transfert de technologie plus efficace. En juin, par exemple, une délégation d'«Innovate UK», l'agence britannique de promotion de l'innovation et donc le pendant britannique d'Innosuisse, est venue s'informer sur le «Swiss Way» du transfert de technologie en s'appuyant sur des projets de transfert réussis et en explorant les synergies possibles. Le «Study Trip» d'experts américains en matière de transports, venus surtout de Californie mais pas seulement, qui se sont également rendus à l'Empa en juin, avait

un objectif similaire, axé sur le domaine de la mobilité. Deux délégations économiques sont venues d'Autriche. Organisée par «Advantage Austria», l'organisation du commerce extérieur de la chambre de commerce autrichienne, elle a été consacrée en mars aux innovations du bois et en juin aux «Smart Cities – Swiss Drone Technology».

Et NEST a également été, comme les années précédentes, un grand pôle d'attraction pour les visiteurs et visiteuses de l'étranger. En mai, Peter Richner a accueilli une délégation de haut niveau de Singapour, dirigée par Desmond Lee, ministre du développement national, et Andrew Toh, ambassadeur de Singapour en Suisse, dans le bâtiment de l'innovation de l'Empa. Les discussions ont porté sur les défis à relever dans les domaines de la construction et de l'énergie ainsi que sur les concepts permettant un transfert de connaissances réussi de la recherche vers l'industrie. Et en septembre, le groupe de travail AELE du Conseil européen était invité chez NEST pour discuter avec Peter Richner, directeur adjoint de l'Empa, de méthodes de construction respectueuses du cycle de vie et des ressources.

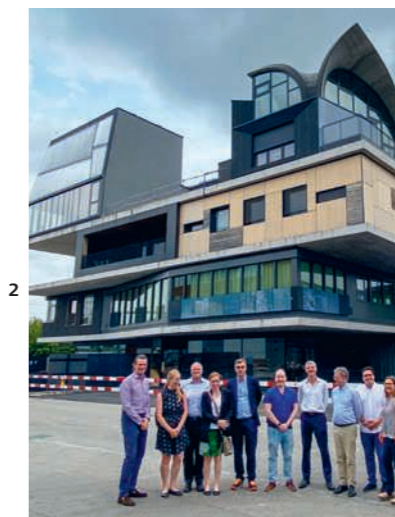
Un groupe véritablement international s'est finalement retrouvé en juillet sur le campus de l'Empa: les mentors des 55^e Olympiades internationales de chimie,



1 Lors de sa visite au Japon, la directrice de l'Empa Tanja Zimmermann rencontre la mascotte de l'EXPO 2025 à Osaka, Myaku-Myaku. Elle est accompagnée de Martina Hirayama, secrétaire d'Etat à l'éducation, à la recherche et à l'innovation, et de Felix Moesner, CEO de swissnex Japan.

2 Une délégation d'«Innovate UK», l'équivalent d'Innosuisse, lors de sa visite à l'Empa.

3 Des chimistes de près de 90 pays invités à l'Empa: les 55^e Olympiades internationales de chimie IChO ont eu lieu pour la première fois en Suisse en 2023. Image: ETH Zurich / Luca Ferrari.



qui se sont déroulées pour la première fois en Suisse l'année dernière, ont rendu visite à l'Empa et à l'Eawag et ont appris à mieux connaître les deux instituts de recherche grâce à des visites de laboratoires et des conférences.

La place de la recherche européenne

En 2023, après dix ans de fonctionnement, le «Graphene Flagship» s'est achevé avec succès. Plus de 150 groupes de recherche universitaires et industriels de 23 pays et de nombreux autres membres associés – dont plusieurs groupes de recherche de l'Empa – ont participé à la plus grande initiative de recherche de l'UE jamais mise sur pied à l'époque, avec un budget total d'environ 1 milliard d'euros. La participation à des projets d'une telle envergure revêt une importance considérable, soulignent les chercheurs impliqués. Non seulement grâce aux fonds obtenus et à leur effet d'attraction – les quelque 3 millions de francs de financement direct ont été suivis de près de 6 millions de francs supplémentaires grâce aux projets qui en ont découlé, soit un triplement des fonds initiaux – mais aussi et surtout grâce à l'énorme réseau international qui s'est constitué au fil des ans. Une association directe aux programmes de recherche de l'UE est donc payante à plus d'un titre pour les chercheurs en Suisse. //

Ouvert, transparent, proactif – dialogue avec les parties prenantes «à la manière de l’Empa»

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

Les chiffres suffisent à démontrer l’importance que l’Empa accorde à l’échange avec ses principaux groupes d’intérêt: en 2023, près de 11 500 personnes ont saisi l’occasion de vivre de près la recherche lors d’une des quelque 500 visites guidées de NEST ou des laboratoires de l’Empa. A cela s’ajoutent près de 6500 participants aux 85 manifestations de l’Académie Empa et plus de 5000 visiteurs qui ont exploré NEST virtuellement en ligne. D’une manière générale, la tendance des deux dernières années montre que le retour au direct et à l’analogique semble présenter des avantages par rapport aux formats purement numériques – la part des participants en ligne aux manifestations de l’Empa est ainsi passée de 34 pourcent en 2022 à 15 pourcent l’année dernière.

Le «sous-groupe» le plus important, et pas seulement en termes de quantité, pour les échanges directs est le grand public, pour lequel l’Empa a mis en place plusieurs plateformes de rencontre ces dernières années. Les deux manifestations «wissen2go», des soirées compactes d’environ 90 minutes sur des thèmes technologiques actuels – l’année dernière sur les nouveaux matériaux pour la médecine en mai et sur «Mining the Atmosphere» (voir p. 28) en octobre – ont été suivies par plus

de 400 participants. Le nouveau format de livestream «Bright Minds», dans lequel des chercheurs de l’Empa présentent de manière claire et pratique leurs idées intelligentes pour un avenir durable et répondent aux questions des spectateurs par chat, a également rencontré un vif succès; les trois premières éditions sur les thèmes de la technologie des drones, de l’électronique imprimée et des nouvelles batteries ont attiré au total près de 9000 spectateurs devant leurs ordinateurs portables et leurs smartphones. Mais les chercheurs de l’Empa étaient également présents lors de la journée portes ouvertes de leur «institution sœur», l’EPFL à Lausanne, afin de faire connaître à la population suisse, par-delà la frontière linguistique, les solutions innovantes apportées par les laboratoires de l’Empa aux défis de notre temps. Comme lors du festival international de la science «Pint of Science» qui a lieu chaque année, cela peut aussi se faire dans des lieux inhabituels, comme des bars.

Avec l’ETH Zurich, l’EPFL et le PSI, l’Empa s’engage en outre dans la «Joint Initiative» du Domaine des EPF «Energy Science for Tomorrow», grâce à laquelle, en partenariat avec le musée suisse des Transports à Lucerne, le dialogue avec la population sur le tournant énergétique doit être encouragé afin de construire ensemble un

système énergétique neutre pour le climat.

Par ailleurs, l’Empa entretient des échanges étroits et intenses avec des représentants de la politique et de l’administration. Par ce biais, l’institut de recherche souhaite apporter sa contribution à l’élaboration d’une politique basée sur des faits en Suisse. Une «Success Story» impressionnante dans ce domaine: en juillet, la Commission européenne a proposé de nouvelles mesures pour renforcer le recyclage et l’économie circulaire dans le secteur automobile en Europe; les chercheurs de l’Empa ont participé de manière déterminante à l’élaboration des bases scientifiques dans le cadre d’une étude «Science-for-Policy». Celles-ci ont d’ailleurs été intégrées dans la récente révision de l’ordonnance suisse sur la restitution, la reprise et l’élimination des appareils électriques et électroniques (OREA) provenant de véhicules hors d’usage, sous la direction de l’Office fédéral de l’environnement (OFEV), qui devront à l’avenir être enlevés et recyclés séparément. La Suisse est ainsi pionnière dans l’adaptation de la législation visant à promouvoir le recyclage des e-déchets.

La direction de l’Empa a également échangé des informations avec la direction de l’OFEV en mars, lors d’une visite commune de la station de recherche du Jung-

1
Pint-of-Science: un verre de science vous tente? – expériences dans un bar.

2
Peter Richner, directeur adjoint de l’Empa, avec le chef du Département de l’économie, de la formation et de la science, le conseiller fédéral Guy Parmelin.

3
L’équipe du magazine scientifique «Einstein» de la SRF a placé la recherche sur les piles de l’Empa au centre de toute une émission. Gustav Nyström (au centre) montre au présentateur Tobias Müller la «pile papier» compostable. L’émission a été diffusée en février 2024.



1



2



3

fraujoch. Les chercheurs de l’Empa et sa directrice Tanja Zimmermann ont notamment pu y faire une démonstration des activités de l’Empa dans le domaine de la surveillance de l’environnement et des gaz à effet de serre. Le changement climatique et un système économique et énergétique durable étaient également à l’ordre du jour du «Swiss Green Economy Symposium» en septembre à Winterthur, lors duquel plusieurs chercheurs de l’Empa ont dirigé des forums d’innovation, présenté des exposés introductifs ou participé à des tables rondes, ainsi que lors de la visite du conseiller fédéral Guy Parmelin à l’Empa et à l’Eawag en novembre.

Au niveau régional et communal également, le tournant énergétique – et la manière dont nous pouvons le maîtriser grâce

à l’innovation – a été LE sujet de l’année dernière. En mai, le Conseil municipal de Zurich était invité à l’Empa avec les maires de Hambourg et de Vienne, et, en novembre, une soixantaine de représentants de communes suisses, de cantons et de l’économie du réseau MUNICIPAL, soutenu par Innosuisse. Ils ont discuté à l’Empa de nouvelles idées de transfert de technologie dans le domaine de l’énergie. Comment renforcer la force d’innovation, surtout chez les PME? – tel était le thème de l’événement «Innovation Zurich» organisé en avril par la promotion économique du canton de Zurich au parc d’innovation de Dübendorf. Au cours de celui-ci, la directrice de l’Empa Tanja Zimmermann a présenté les différents modèles de coopération et partenariats d’innovation de l’Empa, notamment dans le domaine des PME.

La manière de transmettre et de rendre accessibles le savoir et les nouvelles connaissances a également été le thème d’une manifestation organisée par la SSR à l’Académie Empa sur l’«état» du journalisme scientifique en Suisse et sur la question (plutôt rhétorique) de savoir si celui-ci n’est qu’un «nice to have» ou s’il remplit au contraire un rôle essentiel dans et pour la société. En effet, il joue un rôle de médiateur dans le dialogue entre la recherche et la société évoqué au début de l’article. //

L'année 2023 reflète une fois de plus la diversité des collaborateurs, avec leurs compétences, leurs tâches et leurs origines uniques, grâce auxquelles les performances de pointe de l'Empa sont réalisées. L'une des forces de l'Empa réside dans ses efforts continus pour créer un environnement de travail inclusif et respectueux. Outre l'innovation constante et les nouveaux projets, les mesures qui ont fait leurs preuves conservent leur place. En 2023, de nombreuses collaboratrices ont à nouveau participé à des programmes en faveur de l'égalité, comme «CONNECT», qui jette un pont entre l'académie et l'industrie pour les participantes par le biais de visites d'entreprises et de réseautage, et «Fix-the-leaky-Pipeline», qui propose entre autres du coaching, des ateliers et du «peer mentoring». En outre, les médiateurs de l'Empa ont pu participer à deux séances de supervision, échanger avec d'autres personnes de confiance et développer leurs compétences en matière de conseil.

Les réseaux sont essentiels

L'adhésion à «Advance», une association économique pour l'égalité entre les femmes et les hommes en Suisse, reste un aspect clé des efforts de DEI (diversité, équité et inclusion). Advance encourage

l'augmentation de la proportion de femmes dans les postes à responsabilité par le biais de cours de skill building et d'événements de réseautage, entre autres. En outre, l'Empa est membre depuis cette année du nouveau réseau «Women in Power», qui ne cesse de s'étendre et qui offre des possibilités supplémentaires d'échange.

Promotion de la relève par le mentoring 1:1

Le coup d'envoi de «feM-LEAD» («female Mentoring: Leadership for Equity and Diversity») a également été donné l'année dernière. Neuf mentorés de l'Empa participent au premier tour, avec des mentorés du PSI et du WSL. Les participantes bénéficient d'un précieux mentoring 1:1 avec des cadres expérimentés, d'ateliers, de sessions de pitching, d'intervisions et de réseautage. En outre, l'Empa fait partie d'un groupe de réflexion interinstitutionnel dont l'objectif est de déposer un projet visant à attirer davantage de femmes vers les professions et les filières MINT (Mathématique, Informatique, Sciences naturelles et Technique).

Changement de côté et amusement pour les petits

Plus de 80 enfants et jeunes enthousiastes ont visité l'Empa sur ses sites de Dübendorf

et de Saint-Gall à l'occasion de la journée nationale «Futur en tous genres». On a pu observer des visages rayonnants dans des ateliers tels que «Extinction de feu», «Air liquide», «Mécanique à toucher», «Béton» ou «Aperçu de la conduite et de l'enregistrement d'interviews». Le camp d'été, au cours duquel 21 enfants ont participé à un programme varié, a également connu un grand succès. Des ateliers sur des thèmes tels que la programmation, le journalisme multimédia, la radiographie et la microscopie ont permis de passer des heures à la fois instructives et divertissantes.

La journée «Women and Girls in Science Day» a mis à l'honneur les talents scientifiques féminins de l'Empa. La par-

Melina Spycher, melina.spycher@empa.ch



1



2

ticipation au premier «Sexual Harassment Awareness Day» national a permis une journée de dialogue sur le respect et la tolérance. De même, à l'occasion du «Pride Month», il a été possible d'apprendre beaucoup de choses sur le thème de la tolérance et du dialogue ouvert lors d'un webinar en ligne passionnant, en compagnie d'invités venus de Suisse et de l'étranger. Un événement sur le thème de la «santé mentale» invitait à une prise de conscience commune pour prendre soin de soi. Ces événements et contributions ont non seulement été l'occasion d'une sensibilisation, mais aussi le début d'un dialogue ouvert et respectueux.

«Homes of Empa» – une playlist variée

Le projet d'inclusion «Homes of Empa» a été un moment fort. Pour cela, non seulement les recettes et les chansons préférées des collaborateurs sont collectées, mais aussi les pensées qui les relient à leur pays d'origine et à la collaboration internationale à l'Empa. La playlist Spotify qui en résulte est l'expression de la diversité culturelle de l'Empa. Le projet offre en outre une plateforme d'échange et de compréhension. //

La durabilité, une obligation et une opportunité

Le Domaine des EPF comme modèle de développement durable pour toute la Suisse – un engagement que l'Empa remplit non seulement sous la pression politique, mais aussi par sa propre conviction. Dans le cadre du «Paquet climatique fédéral», nos émissions de CO₂ doivent être réduites d'au moins 50 pourcent d'ici 2030 par rapport à 2006 grâce à nos propres mesures. Les émissions restantes doivent être compensées financièrement. L'Empa a déjà atteint l'objectif de réduction de 50 pourcent et souhaite atteindre si possible le «net zéro» par ses propres moyens. Pour ce faire, nous investissons dans nos propres projets et mesures afin de réduire le plus rapidement possible à la source les émissions de gaz à effet de serre dans les bâtiments, les processus de recherche et les achats. Si les émissions de gaz à effet de serre restent inévitables à l'avenir, l'Empa s'engage dans la recherche de mesures permettant de les neutraliser. La stratégie de réduction des émissions de gaz à effet de serre d'ici 2040 a été présentée dans un rapport au Domaine des EPF.

La question des émissions des vols

Les discussions sur la quantité et la nécessité des vols sont difficiles. La participation à des conférences et l'établissement et le

maintien de contacts mondiaux font partie de nos services. Les jeunes employés, en particulier, devraient également pouvoir acquérir une telle expérience. Malheureusement, cela contraste avec les objectifs de réduction des émissions: par rapport à l'année précédente, l'activité aérienne a augmenté de manière significative et a presque retrouvé son niveau d'avant la crise du Covid. Pour la première fois, la plus grande part des émissions de CO₂ de l'institution provient de la mobilité.

L'avenir énergétique se met en place

Dans le domaine de l'électricité et de la chaleur, la situation est satisfaisante. Grâce à des mesures d'efficacité et à l'achat de garanties d'origine pour l'électricité et le gaz/biogaz, les émissions liées à l'énergie ont pu être réduites de plus de 15 pourcent par rapport à l'année précédente. Les mesures prises dans le cadre de la stratégie de réduction de l'Empa devraient continuer à porter leurs fruits dans les années à venir et l'on peut donc s'attendre à ce que les émissions du secteur de l'énergie continuent à diminuer.

L'importance des plantes et des arbres non seulement en tant que réservoirs de carbone, producteurs d'oxygène et régulateurs du climat, mais aussi pour le bien-être des animaux et des humains, fait par-

tie de la recherche de l'Empa. C'est pourquoi nous travaillons à l'aménagement de zones vertes qui relient l'ensemble du campus de l'Empa/Eawag et qui soulignent notre volonté d'être un modèle non seulement en matière de climat.

Un avenir positif pour et avec la prochaine génération

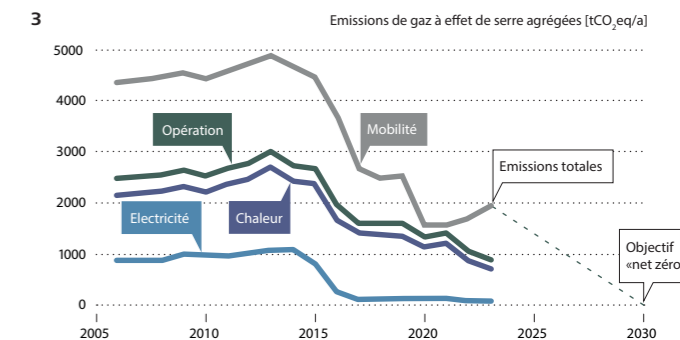
En tant que scientifiques, nous sommes conscients de l'importance des échanges intergénérationnels. Après tout, nous vivons dans un monde façonné par nos prédécesseurs, et la prochaine génération de scientifiques vivra dans le nôtre. L'idée que nous pouvons être inspirés aujourd'hui par la prochaine génération – et vice versa – est quelque peu en arrière-plan. Le Fonds national suisse (FNS) s'est inspiré de cette idée et a permis à l'Empa de réaliser le projet «Co-Creating Circular Futures» en collaboration avec la haute école pédagogique de Saint-Gall (PHSG). Les idées créatives des enfants sont une source d'inspiration pour toutes les personnes impliquées. Sous la direction professionnelle des éducateurs et les directives techniques de l'Empa, les idées sont rassemblées et réunies dans un livre pour enfants. Pour les adultes aussi, il devrait être intéressant de voir comment les enfants imaginent un avenir plus durable. //

Marcel Gauch, marcel.gauch@empa.ch

1
L'enthousiasme des enfants est contagieux pour toutes les personnes impliquées dans le projet du FNS «Co-Creating Circular Futures».

2
Un corridor vert – ici encore lors de la plantation – traversant le campus de l'Empa/Eawag à Dübendorf illustre publiquement l'engagement de l'Empa en tant que modèle en matière de développement durable.

3
Malgré des améliorations significatives dans le domaine de l'approvisionnement en chaleur, les émissions globales de l'Empa ont augmenté en raison de l'augmentation des voyages d'affaires. Il sera donc plus difficile d'atteindre l'objectif «net zéro» d'ici 2030. Toutefois, si l'on exclut le secteur de la mobilité, il apparaît clairement que les mesures introduites ont un effet positif.





Faits et chiffres

Les chercheurs aiment bien mesurer, y compris leurs propres performances: en 2023 les chercheuses, chercheurs, ingénieures et ingénieurs de l'Empa ont publié 746 articles dans des revues scientifiques et déposé dix brevets pour leurs développements. A la fin de l'année, 100 projets financés par le Fonds national suisse (FNS), 84 projets soutenus par Innosuisse et 90 projets UE étaient en cours à l'Empa. Ses 37 spin-off occupaient avec les autres start-up de ses deux incubateurs d'entreprises au total 1188 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

L'objectif de la gestion des risques à l'Empa est d'identifier à temps les risques potentiels pour l'institut et ses collaborateurs et de prendre les mesures qui s'imposent. Ce système contribue à une culture de la sécurité vécue au quotidien, à des collaborateurs sensibilisés et à une situation de la sécurité en constante amélioration à l'Empa.

Principes de gestion des risques

Dans ce domaine, l'Empa a aligné ses règles sur les directives de gestion des risques du Domaine des EPF et de la Confédération. Sa politique de sécurité et de risque fixe de manière contraignante le traitement systématique des multiples risques, définit de manière spécifique la disposition à prendre des risques, l'acceptation de ceux-ci et la manière de les gérer. Toutes les mesures visent en priorité à protéger la vie et l'intégrité corporelle des collaborateurs, des hôtes et de toutes les personnes se trouvant dans la sphère d'influence de l'Empa. Les autres objectifs sont la protection des biens matériels et de l'environnement contre les effets négatifs, la conservation du savoir-faire acquis ainsi que la protection de la propriété intellectuelle et de la réputation de l'Empa. L'accent est mis sur la prévention.

Pénurie d'énergie potentielle et autres défis

L'équipe de l'Empa responsable du thème de la pénurie d'énergie a analysé la situation en été et en automne 2023 et est arrivée à la conclusion qu'aucun complément aux mesures déjà prises n'est actuellement nécessaire. L'amélioration de l'efficacité énergétique du campus de l'Empa et de l'Eawag est au centre des préoccupations depuis des années, comme l'illustre la construction du grand champ de sondes géothermiques à

haute température, qui s'achèvera en 2023 et permettra de réduire les besoins en énergie de 20 à 30 pourcent. L'accent a donc plutôt été mis sur la pérennisation des mesures déjà prises dans le cadre de la préparation à une situation de pénurie énergétique en 2022, comme le remplacement des systèmes d'eau chaude à forte consommation d'énergie par des solutions plus efficaces. Un projet visant à garantir l'approvisionnement en électricité en cas de pénurie d'énergie ou d'instabilité accrue du réseau électrique suisse a été développé. Ce projet est prêt à être mis en œuvre si le financement correspondant est disponible ou si la priorité est donnée à l'avenir à un approvisionnement en électricité sûr du campus.

Les activités de construction sur le campus de Dübendorf s'achèveront en 2024 avec la remise officielle des bâtiments à l'Empa le 1^{er} février. Les préparatifs pour une prise en charge sans problème des trois nouveaux bâtiments – laboratoire, bâtiment multifonctionnel et parking – sont en cours depuis un certain temps. Des réceptions étendues, l'intégration des bâtiments et des nouvelles installations dans le système de sécurité de l'Empa avec les tests correspondants ont demandé beaucoup de temps et d'efforts. La prochaine étape consistera à développer les connaissances des bâtiments auprès des équipes d'intervention de l'Empa et des services d'urgence de la commune.

L'équipe «Risk Management» a également soutenu les clarifications relatives à la construction d'un gymnase provisoire pour environ 650 élèves sur le site de l'Empa. Divers thèmes ont été abordés, comme la gestion du trafic motorisé et de la mobilité douce, la communication entre les systèmes d'alarme incendie et autres, l'échange d'informations ou une éventuelle collaboration entre les équipes d'intervention.

Développement de l'organisation de la sécurité

La formation des collaborateurs constitue un point central des efforts de prévention de l'Empa – avec plus de 600 arrivées et départs de nouveaux collaborateurs et d'invités académiques chaque année, c'est un grand défi. L'équipe «Risk Management» propose à cet effet une large offre de formation dans les domaines de la sécurité chimique, des nanotechnologies et du laser pour différents niveaux d'utilisateurs.

Le service de secours de l'entreprise et l'équipe de pompiers et de chimistes ont maintenu leur régime d'exercices au cours de l'année écoulée. Des formations continues ponctuelles ont permis d'améliorer encore le niveau de formation. Des exercices internes intégraux ont fourni des inputs importants pour améliorer encore les procédures. Après des exercices communs avec des services de secours, d'autres optimisations ont été mises en œuvre de part et d'autre; cette collaboration sera encore développée, d'autres exercices sont déjà en préparation.

Le thème de la sécurité de l'information et des technologies de l'information a gagné en importance en raison de la menace générale et de la multiplication des cyberattaques. Une équipe d'experts a mis en place un concept de sécurité de l'information, différentes directives sur la sécurité de l'information et des mesures correspondantes. En outre, un nouveau concept d'urgence est disponible pour différents scénarios, des cyberattaques aux scénarios BCM «normaux». Les premières étapes de sa mise en œuvre ont déjà été lancées. //

Evolution du personnel

(entre parenthèses: chiffres de l'année précédente)

André Schmid, andre.schmid@empa.ch

A la fin 2023, l'Empa occupait 1058 (1021) personnes, apprentis compris. Du fait des nombreuses possibilités de temps partiel, cela équivaut à 994,5 (959,5) postes à plein temps.

Le personnel scientifique s'élevait à 610 (577) personnes, dont 99 (102) senior scientists. 403 (401) personnes travaillaient dans le secteur technique et administratif. Avec 31,6 (29,5) 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 494 (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 45 (43) apprentis. En 2023, tous les apprentis en fin de formation ont cette fois encore passé avec succès leurs examens de fin d'apprentissage. //

EFFECTIFS DU PERSONNEL

	2022	2023
Personnel scientifique	577	610
Personnel technique/administratif	401	403
Apprentis	43	45
Total	1021	1058

PRODUCTION SCIENTIFIQUE

	2022	2023
Publications ISI	869	746
Contributions à des conférences	1103	1400
Thèses de doctorat achevées	54	49
Doctorats en cours	226	231
Activités d'enseignement (en heures)	5390	6732
Prix/distinctions	52	81

PRÉSENCE DANS LES MÉDIAS

	2022	2023
Radio	150	105
TV	45	45
Presse écrite	1200	1250
Online	7700	7550
Total	9100	8950
Langues	39	41

TRANSFERT DE SAVOIR ET TECHNOLOGIE

	2022	2023
Nouveaux accords de recherche et développement	196	238
Contrats de valorisation actifs (licences/options/ventes)	45	45
Nouveaux contrats de valorisation	9	12
Nouveaux dépôts de brevet	18	10

ACADÉMIE EMPA

	2022	2023
Manifestations de l'Empa	64	85
Manifestations spécialisées pour la science	19	29
Manifestations spécialisées pour l'industrie	20	17
Congrès pour l'économie et la science (nouvelle catégorie)	–	19
Manifestations pour le public	9	13
Participants total	4038	6408
Sur place / en ligne	3011 / 1027	5385 / 1023

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

	2022	2023
Entreprises total	112	147
dont spin-off	34	37
Collaborateurs total	1082	1188
dont collaborateurs spin-off	196	221

PROJETS EN COURS

	2022	2023
FNS	104	100
Innosuisse	86	84
UE	76	90

Conseil des EPF

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

PRÉSIDENT

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

VICE-PRÉSIDENTE

Pascale Bruderer **Entrepreneuse / Administratrice indépendante**

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., ETH Zurich**
Cornelia Ritz Bossicard **Economiste d'entreprise / Administratrice indépendante**
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., 41 medical**
Markus Hofer **Dr., Bühler AG**
Christian Koitzsch **Dr., Robert Bosch GmbH**
Katharina Lehmann **Blumer-Lehmann AG**
Chris Luebke **Dr., ETH Zürich**
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**
Erwin Hack **Dr., Empa**
Dirk Hegemann **Dr., Empa**
Inge Katrin Herrmann **Prof. 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.**

Organigramme

Etat mai 2024

DIRECTION	Directrice générale Prof. Dr. Tanja Zimmermann	Suppléant Dr. Peter Richner	Membres 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 Technologie des assemblages et corrosion Dr. Lars Jeurgens Advanced Materials Processing Prof. Dr. Patrik Hoffmann nanotech@surfaces Prof. Dr. Roman Fasel Mécanique des matériaux et nanostructures Prof. Dr. Johann Michler Films minces et photovoltaïque Dr. Yaroslav Romanyuk Surface Science and Coating Technologies Dr. Lars Sommerhäuser a.i. Polymères fonctionnels Prof. Dr. Frank Nüesch	Ingénierie des structures Prof. Dr. Masoud Motavalli Mechanical Systems Engineering Prof. Dr. Giovanni Terrasi Computational Engineering Dr. Ivan Fabrizio Lunati Experimental Continuum Mechanics Prof. Dr. Edoardo Mazza Béton et Asphalte Prof. Dr. Pietro Lura Urban Energy Systems Dr. Georgios Mavromatidis Sustainability Robotics Prof. Dr. Mirko Kovac	
CENTRES	Centre de microscopie électronique Prof. Dr. Rolf Erni		

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>

RESEARCH FOCUS AREAS (Axes de recherche)

Nanomatériaux et Technologies Dr. Lorenz Herrmann	Built Environment Dr. Peter Richner	Santé et Performances Prof. Dr. René Rossi Prof. Dr. Katharina Maniura	Energie, Ressources et Emissions Dr. Nathalie Casas
---	---	---	---

PLATEFORMES DE RECHERCHE ET DE TRANSFERT DE SAVOIR ET DE TECHNOLOGIE

NEST Reto Largo	move Dr. Nathalie Casas	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 Prof. Dr. Manfred Heuberger	Energie, mobilité et environnement Dr. Nathalie Casas	Corporate Services Dr. Urs Leemann
Magnetic and Functional Thin Films Prof. Dr. Hans Josef Hug	Building Energy Materials and Components Dr. Wim J. Malfait	Informatiques Fabio Consani
Cellulose & Wood Materials Dr. Gustav Nyström	Materials for Energy Conversion Prof. Dr. Corsin Battaglia	Bureau d'étude / Atelier mécanique Stefan Hösl
Biomimetic Membranes and Textiles Prof. Dr. René Rossi	Advanced Analytical Technologies PD Dr. Davide Bleiner	Finances / Controlling / Achats Susann Hug
Advanced Fibers Prof. Dr. Manfred Heuberger	Polluants atmosphériques / Techniques de l'environnement Dr. Lukas Emmenegger	Communication Dr. Michael Hagmann
Particles-Biology Interactions Prof. Dr. Peter Wick	Chemical Energy Carriers and VehicleSystems 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 Services 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 – The Place where Innovation Starts

Empa
www.empa.ch

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

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

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



Empa

Materials Science and Technology