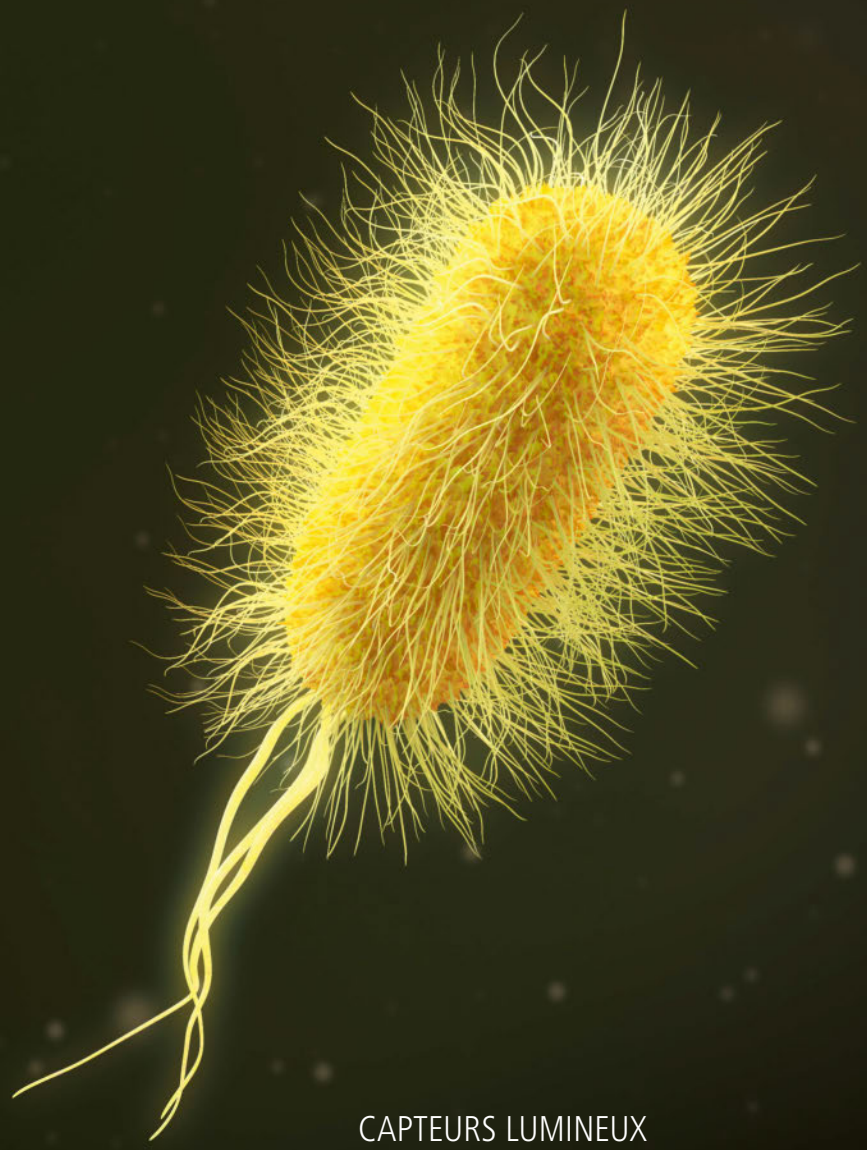
Empa Quarterly

RECHERCHE & INNOVATION II #87 II AVRIL 2025

FOCUS : SANTÉ

MATÉRIAUX POUR LA MÉDECINE



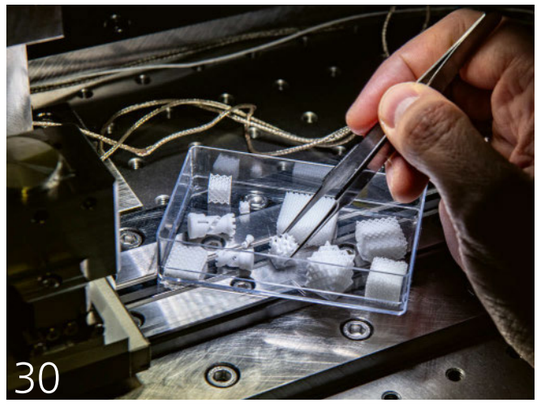
CAPTEURS LUMINEUX
PARTICULES D'OR CURATIVES
RADIOGRAPHIES MOUVANTES

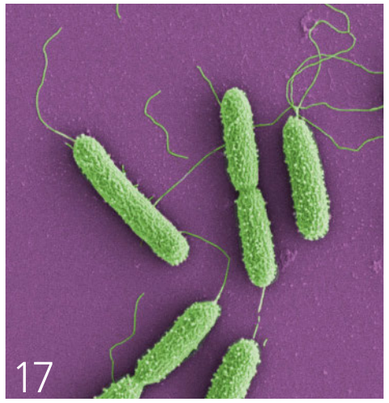
www.empaquarterly.ch

[CONTENU]

[FOCUS : SANTÉ]

22


30


17

26

8

Photos : Empa

[FOCUS]

14 INTERVIEW
« Il faut comprendre le ‹ système humain › dans son ensemble »

17 RÉSISTANCE AUX ANTIBIOTIQUES
Des capteurs pour les super-germes

20 TRAITEMENT DU CANCER
De l'or contre le cancer

22 NANOMÉDECINE
Efficace pour maman, sûr pour le bébé

24 RADIOLOGIE
Des images animées pour des épaules solides

26 MODÈLE DE PEAU
Peau artificielle d'origine marine

[THÈMES]

08 DRONEHUB
Un nid pour les drones

11 « EMISSION EXPLORER »
Ton ballon climatique

30 PORTRAIT
L'architecte des matériaux

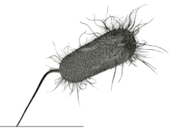
[RUBRIQUES]

04 LA PHOTO

06 BRIÈVEMENT

28 ZUKUNFTSFONDS
Le noir est le nouveau vert

34 EN ROUTE



[COUVERTURE]

Malgré son apparence « moelleuse », elle est loin d'être inoffensive : certaines souches de la bactérie *Escherichia coli* sont résistantes aux antibiotiques et peuvent rendre gravement malade. Les chercheurs de l'Empa travaillent sur des capteurs qui permettent de détecter à temps ces « super-germes » multirésistants (p. 17).
Image : Adobe Stock

[IMPRESSUM]

ÉDITEUR Empa
Überlandstrasse 129
8600 Dübendorf, Schweiz
www.empa.ch
RÉDACTION Empa Kommunikation
DIRECTION ARTISTIQUE
PAUL AND CAT. www.paul-and-cat.com
CONTACT Tél. +41 58 765 47 33
empaquarterly@empa.ch
www.empaquarterly.ch
PUBLICATION
publié quatre fois par an
PRODUCTION
anna.ettlin@empa.ch

myclimate Notre impact. Durable
Imprimé
myclimate.org/01-25-196104

ISSN 2673-1746
Empa Quarterly (édition française)

L'ÊTRE HUMAIN AU CENTRE

Chère lectrice,
cher lecteur,

L'homme est un être social. Il interagit de diverses manières avec ses semblables. Nous avons pris cette constatation à cœur à l'Empa – et avons entretenu l'année dernière un échange intensif avec nos parties prenantes et la population, que ce soit lors de l'ouverture de nouvelles unités NEST (p. 8) ou au Musée des transports à Lucerne (p. 11).

Pour l'Empa, l'être humain joue un rôle central à un tout autre niveau : Dans nos activités de recherche dans le domaine « Materials Meet Life », nos chercheurs élaborent des solutions d'avenir pour la médecine de demain – précisément là où les matériaux « traditionnels » rencontrent des matériaux vivants, c'est-à-dire des cellules et des tissus (p. 14). Ils apportent à ces rencontres des propriétés parfois miraculeuses – ou plutôt : guérisseuses. Il y a par exemple des polymères qui s'illuminent en cas d'infection par certains germes. Ou encore des nanoparticules magnétiques capables de « pêcher » des bactéries dans l'urine – autant de moyens de se préparer à la « pandémie silencieuse », l'augmentation inquiétante des agents pathogènes résistants à (presque) tous les antibiotiques courants (p. 17).

En outre, les chercheurs de l'Empa utilisent de minuscules particules d'or contre le cancer (p. 20), développent des « nanozymes » qui aident la mère en cas de complications pendant la grossesse sans nuire au fœtus (p. 22) et utilisent des hydrogels issus de la nature pour mieux comprendre les maladies de la peau (p. 26). Comme vous pouvez le constater : Les matériaux sont également de véritables multitalents dans le domaine de la technologie médicale.

Bonne lecture !
Votre MICHAEL HAGMANN

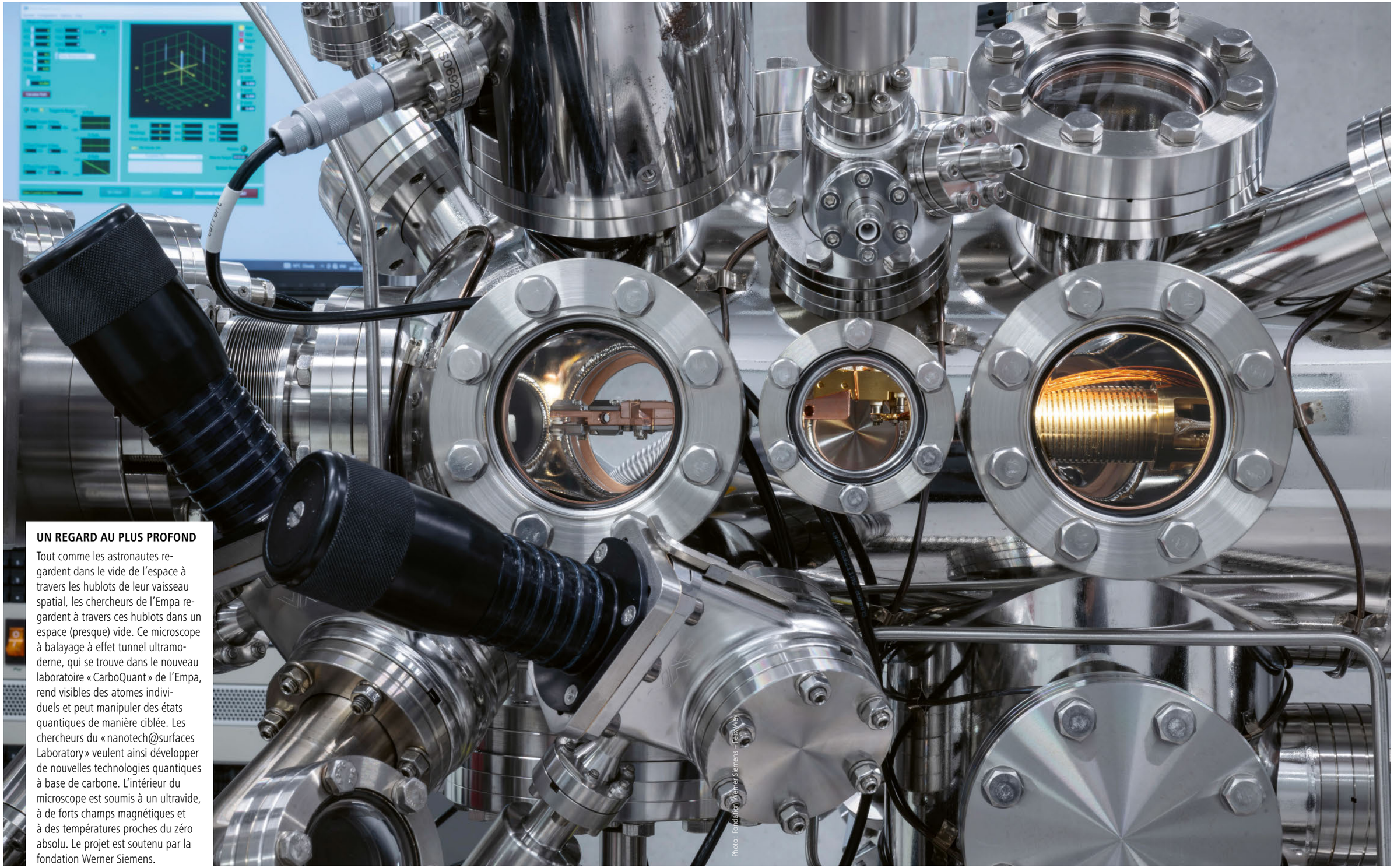


Photo: Fondation Werner Siemens – Felix Wey

UN REGARD AU PLUS PROFOND

Tout comme les astronautes regardent dans le vide de l'espace à travers les hublots de leur vaisseau spatial, les chercheurs de l'Empa regardent à travers ces hublots dans un espace (presque) vide. Ce microscope à balayage à effet tunnel ultramoderne, qui se trouve dans le nouveau laboratoire « CarboQuant » de l'Empa, rend visibles des atomes individuels et peut manipuler des états quantiques de manière ciblée. Les chercheurs du « nanotech@surfaces Laboratory » veulent ainsi développer de nouvelles technologies quantiques à base de carbone. L'intérieur du microscope est soumis à un ultravide, à de forts champs magnétiques et à des températures proches du zéro absolu. Le projet est soutenu par la fondation Werner Siemens.

ZÉRO NET DANS LA VALLÉE DU RHIN DES GRISONS D'ICI 2050

ZÉRO NET
Le canton des Grisons a demandé à l'Empa de modéliser l'avenir énergétique de la vallée du Rhin des Grisons.

Comment la décarbonisation peut-elle être mise en œuvre de manière rentable dans la vallée du Rhin des Grisons ? Le canton des Grisons, les fournisseurs d'énergie et les principales entreprises industrielles de la vallée du Rhin des Grisons ont étudié cette question en collaboration avec des chercheurs du « Urban Energy Systems Laboratory » de l'Empa, en utilisant des techniques de modélisation inédites. Les résultats confirment les estimations du Forum économique : La décarbonisation est techniquement réalisable et économiquement intéressante. L'étude de l'Empa fournit des étapes techniques concrètes de mise en œuvre et sert d'exemple modèle pouvant être transposé à d'autres régions.

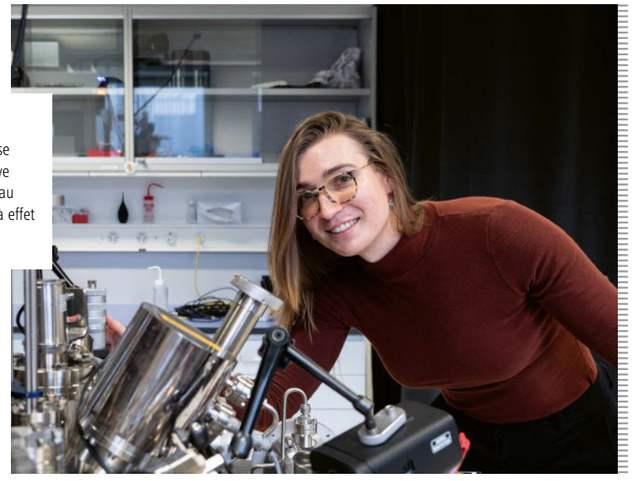
NOUVEAU MODÈLE DE PROPAGATION DES MALADIES INFECTIEUSES

L'indice de reproduction R est souvent utilisé comme indicateur pour prédire à quelle vitesse une maladie infectieuse se propagera dans la société. Elle ne tient toutefois pas compte du fait que tous les groupes de personnes ne s'infectent pas à la même vitesse. Des chercheurs de l'Empa du laboratoire « Computational Engineering » ont développé un nouveau modèle mathématique aussi simple à utiliser que l'indice R, mais qui permet des prédictions plus précises. Leur modèle s'appuie sur une « matrice de reproduction » qui tient compte de l'hétérogénéité de la société.

INÉGAL
Dans une épidémie, chaque personne infectée ne contamine pas un nombre égal d'autres personnes.

Photos : Adobe Stock

UNE JEUNE CHERCHEUSE FAIT BRILLER DES MOLÉCULES QUANTIQUES

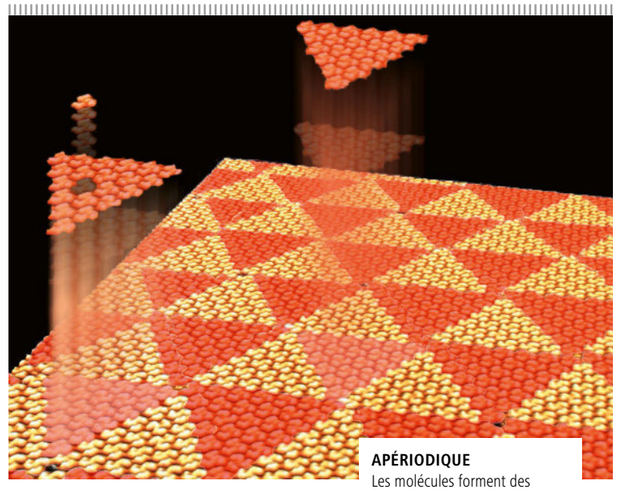


TALENT
La chercheuse de l'Empa Eve Ammerman au microscope à effet tunnel.

La chercheuse de l'Empa Eve Ammerman du laboratoire « nanotech@surfaces » veut rapprocher les technologies quantiques d'une application pratique en combinant les effets quantiques avec la lumière – au niveau moléculaire. De tels nano-composants pourraient par exemple permettre de relier les futurs systèmes quantiques et les technologies de fibre optique existantes. on projet de recherche est soutenu par une « Empa Young Scientist Fellowship » de deux ans.

L'EINSTEIN MOLÉCULAIRE

Est-il possible de carreler une surface avec une seule forme – un « carreau » – de telle sorte que le motif ne se répète jamais ? En 2022, une solution mathématique à ce « problème einstein » a été trouvée pour la première fois. Les chercheurs de l'Empa autour de Karl-Heinz Ernst viennent de découvrir également une solution chimique : une molécule qui s'arrange d'elle-même sur une surface pour former des motifs complexes qui ne se répètent pas. La surface apériodique qui en résulte pourrait même présenter des propriétés physiques inédites.



APÉRIODIQUE
Les molécules forment des triangles qui ne s'emboîtent pas exactement en raison de la chiralité. Il en résulte des défauts et des désalignements irréguliers.

Photos : Empa

UN NID POUR LES DRONES

Des robots volants capables d'inspecter et de réparer l'enveloppe des bâtiments, d'interagir avec les écosystèmes naturels et de surveiller le changement climatique et la biodiversité sont développés et testés au DroneHub du NEST de l'Empa. Cette installation de pointe, récemment inaugurée, a été créée en collaboration avec l'Imperial College London et est dédiée au développement de robots autonomes qui fonctionnent harmonieusement dans les environnements naturels et artificiels.

Texte : Annina Schneider

Le monde est actuellement confronté à des défis environnementaux importants et à des demandes complexes liées aux infrastructures et aux écosystèmes naturels. Pour faire face à ces problèmes, des solutions viables, à la fois certifiées et contrôlées, sont nécessaires. La robotique peut jouer un rôle crucial pour relever ces défis. C'est pourquoi le DroneHub du bâtiment de recherche et d'innovation NEST de l'Empa offre une installation unique dans laquelle les chercheurs peuvent tester de nouveaux drones bio-inspirés et des technologies robotiques capables de vivre de manière autonome dans la nature, de collecter des données de haute qualité et d'effectuer des actions réparatrices dans l'environnement bâti. Développée en collaboration avec l'Imperial College London, l'unité est dirigée par Mirko Kovac, qui a lancé le partenariat Imperial-Empa en 2019 en tant que professeur de « Aerial Robotics » à l'Imperial College et en tant que directeur de l'« Imperial Centre of Excellence in Infrastructure Robotics Ecosystems ». A l'avenir, le DroneHub soutiendra la nouvelle chaire commune de Kovac en « Sustainability Robotics » entre l'Empa et l'EPFL et sera une installation clé pour la poursuite du partenariat avec l'Imperial College. « L'ouverture de cette nouvelle plate-forme de recherche au NEST ne représente pas seulement une étape importante pour la recherche sur les drones, mais aussi un témoignage fort de l'importance des collaborations de recherche, comme le partenariat entre l'Empa et l'Imperial College London, que nous avons officiellement étendu lors de la cérémonie d'ouverture », a déclaré Tanja Zimmermann, directrice de l'Empa. Le DroneHub est spécialement conçu pour représenter une variété d'environnements d'essai permettant la validation de robots ressemblant à des êtres vivants pour la réparation d'infrastructures, la surveillance de l'environnement et la gestion autonome d'écosystèmes.

LES ROBOTS VOLANTS PRENNENT LEUR ENVOL : DES INFRASTRUCTURES À LA NATURE

« La robotique pourrait redéfinir les pratiques de maintenance, d'inspection et de restauration dans les environnements construits, en relevant les défis critiques de la protection de la biodiversité et de l'atténuation du changement climatique tout en réduisant les risques humains et les coûts opérationnels », déclare Mirko Kovac. « Notre vision est de permettre aux drones d'agir comme un système immunitaire pour l'environnement, capable d'effectuer des tâches de haute précision telles que la réparation de fissures sur les structures ou la restauration de l'environnement de manière autonome », déclare-t-il. Le DroneHub se caractérise par trois éléments innovants : une zone verticale de fabrication additive aérienne pour tester les capacités de réparation des infrastructures par les drones, un environnement biosphérique pour la recherche écologique à long terme et une façade de bâtiment pour tester la façon dont les drones peuvent être des systèmes résidentiels et agir comme le système immunitaire du bâtiment.

INNOVATION AÉRIENNE POUR LE SECTEUR DU BÂTIMENT

La zone verticale de fabrication additive aérienne du DroneHub comprend un mur avec des éléments de surface interchangeables, permettant aux drones d'effectuer des tâches de réparation par impression 3D sur divers matériaux, tout en permettant une caractérisation, une évaluation et une optimisation détaillées de la technologie d'impression. Une caractéristique unique de cet espace est qu'il est situé à l'extérieur, dans une structure de bâtiment, ce qui permet aux drones d'opérer à différentes hauteurs et distances des surfaces dans des conditions adaptables et réelles. Cette configuration constitue un environnement idéal pour valider les performances du système dans des scénarios réalistes, y compris l'exposition au vent, aux turbulences et aux effets de sol.

UNE TECHNOLOGIE INSPIRÉE DE LA NATURE POUR PROTÉGER LA NATURE

La biosphère pour la détection environnementale permettra aux robots de fonctionner de manière autonome, en utilisant des matériaux biodégradables pour tester de nouvelles plates-formes robotiques. Les robots bio-inspirés pourront voler dans les airs, grimper ou se déplacer sur le sol pour recueillir des données importantes à l'aide de capteurs avancés. Ce qui rend la biosphère vraiment innovante, c'est qu'elle met l'accent sur les matériaux durables et qu'elle offre un banc d'essai pour la mise en place de capteurs et la surveillance de la biodiversité. L'accent est mis sur les robots fabriqués à partir de matériaux biodégradables, qui sont testés pour voir comment ils se dégradent au fil du temps. Cela permet de s'assurer qu'une fois leur tâche accomplie, ces robots ne nuiront pas à l'environnement. En outre, une partie de la biosphère est utilisée comme serre pour cultiver des robots bio-hybrides, c'est-à-dire des robots qui combinent des plantes vivantes ou d'autres matériaux organiques avec la technologie robotique.

UN SYSTÈME IMMUNITAIRE POUR L'ENVIRONNEMENT BÂTI ET NATUREL

La façade du DroneHub est conçue pour montrer comment les robots peuvent être intégrés au bâtiment lui-même et fonctionner comme son système immunitaire en fournissant des capacités autonomes de collecte de données et d'interaction. Il comporte des composants modulaires qui peuvent être échangés, ce qui permet de nouvelles innovations dans la collaboration entre les robots, les bâtiments et les humains pour répondre aux besoins des résidents et des services du bâtiment. L'accent est mis sur les interventions d'urgence, où les drones, par exemple un drone pompier, peuvent assumer des tâches dans des situations dangereuses, comme lors d'un incendie, qui sont trop risquées pour l'homme. Les chercheurs pourront ainsi mettre au point des robots capables de travailler en toute transparence aux côtés des humains, ce qui rendra la vie plus facile, plus efficace et plus durable. L'objectif est de créer des robots qui ne se contentent pas d'accomplir des tâches, mais qui s'adaptent à notre mode de vie et l'améliorent, contribuant ainsi à façonner un avenir où la technologie et la vie quotidienne seront davantage connectées.

Le DroneHub accélérera la réalisation de systèmes robotiques durables qui fonctionnent en harmonie avec la nature et contribuent directement à nos objectifs de développement durable. En favorisant un espace où les robots sont testés en tandem avec des écosystèmes et des infrastructures dynamiques, le DroneHub transforme la façon dont nous comprenons la technologie durable et autonome et ses applications pour atténuer les crises environnementales urgentes. ■

PARTENAIRES DE RECHERCHE ET DE MISE EN ŒUVRE

Empa
Imperial College London
EPFL
ROK
Geobrugg

TON BALLON CLIMATIQUE

Le zéro net : L'objectif qui anime notre société à tous les niveaux. Mais comment peut-on y contribuer en tant qu'individu ? L'« Emission Explorer », la nouvelle pièce d'exposition que l'Empa a développée dans le cadre d'« Energy Science for Tomorrow » (ES4T), une initiative commune du Domaine des EPF et du Musée suisse des transports, fournit des réponses. Les visiteurs y calculent de manière ludique leurs émissions de CO_2 et découvrent dans quels domaines de la vie ils peuvent apporter une contribution concrète à une société plus durable.

Texte : Oliver Süess

EMPREINTE INDIVIDUELLE
En seulement cinq questions, il est possible de déterminer sa propre empreinte carbone.

Photo : Empa

Lorsque l'on entre dans l'exposition « Experience Energy ! » au Musée des transports, le premier regard est attiré par le grand globe suspendu au plafond. Il montre de manière impressionnante comment l'humanité consomme de l'énergie dans le monde entier, émet des gaz à effet de serre et réchauffe ainsi la Terre. Le message principal de l'exposition devient rapidement clair : pour préserver nos vies, notre société et nos bases existentielles, nous devons transformer au plus vite notre approvisionnement énergétique de manière à n'utiliser soigneusement que des sources d'énergie renouvelables.

« ES4T »

« Emission Explorer » est un résultat de l'initiative commune « Energy Science for Tomorrow » (ES4T) financée par le Conseil des EPF. Ensemble, l'ETH Zurich, l'EPFL, le PSI, l'Empa et le Musée suisse des transports entament un dialogue avec la population suisse afin de montrer et de thématiser les voies d'un avenir énergétique durable avec pour objectif zéro net. Avec la participation du public du Musée des Transports, d'autres expositions, manifestations ainsi que des ateliers réguliers sur les thèmes de l'énergie et de la durabilité seront élaborés d'ici fin 2026.

A quelques pas du globe, des enfants et des adultes utilisent des pompes à main colorées. Un ballon de baudruche se gonfle sur le grand écran devant eux. Il s'agit de l'« Emission Explorer », la dernière pièce d'exposition du Musée des transports, qui jouit d'une grande popularité depuis son installation fin 2024. « Lors du développement de l'‹ Emission Explorer ›,notre objectif était de rendre son contenu et son exécution aussi tangibles que possible pour le public. Notre public rencontre au Musée des Transports une offre variée et de haut niveau. Il est donc d'autant plus important que nous disposions également de pièces d'exposition attrayantes sur les thèmes du tournant énergétique et de la durabilité », explique Alexander Manuzzi, chef d'équipe Formation et médiation et principal responsable de l'« Emission Explorer » au Musée des transports.

UN BALLON PAR MINUTE

Ce qui, à première vue, semble amusant et divertissant a un fond sérieux : avec « Emission Explorer », on calcule la quantité de CO_2 générée par son propre style de vie. Cinq questions simples sur les thèmes de l'habitat, de l'alimentation, du comportement de consommation, de la mobilité quotidienne et du comportement en avion, avec à chaque fois cinq possibilités de réponse, suffisent pour obtenir des informations sur l'importance de sa propre empreinte carbone, sur sa position par rapport au reste de la Suisse et au reste du monde, et sur les domaines de la vie où se trouvent les plus grands leviers pour réduire ses émissions personnelles.

« Le ballon représente symboliquement nos propres émissions de gaz à effet de serre », explique Alexander Manuzzi. « En moyenne, chaque Suisse émet chaque minute autant de CO_2 qu'il peut en contenir dans un ballon de grande taille. En répondant aux questions du ‹ Emission Explorer ›, on gonfle son propre ballon de CO_2. Après la dernière question, le ballon éclate et l'air s'écoule vers soi. Ainsi, ses propres émissions ne sont pas seulement visibles, mais aussi perceptibles ».

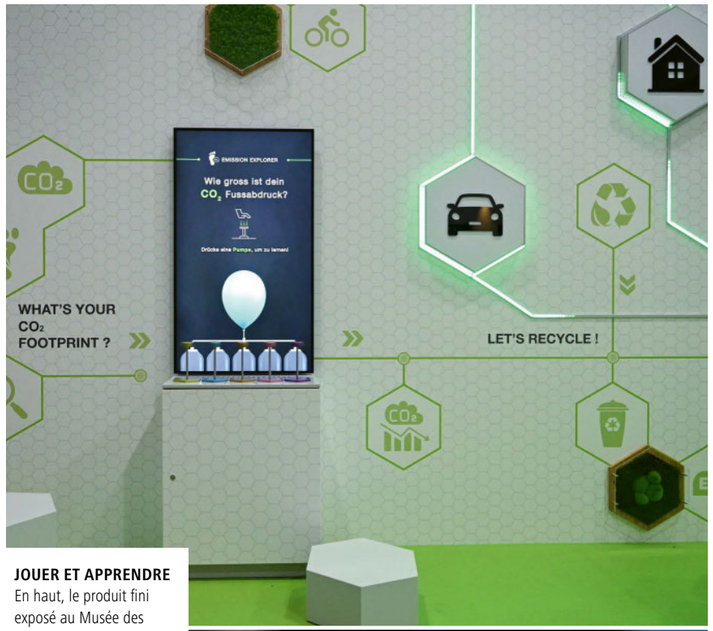
LE « SYSTÈME », C'EST NOUS

Un autre objectif central d'« Emission Explorer » est de rendre tangible non seulement les émissions personnelles de CO_2, mais aussi ce que l'on appelle la « part systémique » des émissions de gaz à effet de serre. En effet, outre les émissions individuelles dans les cinq domaines de la vie, la Suisse produit de grandes quantités de CO_2 qui échappent à notre contrôle individuel direct. Ce « système », qui comprend par exemple l'industrie et l'infrastructure, génère environ 46 millions de tonnes de CO_2 par an. Cela représente environ 5,4 tonnes par personne et par an.

« EMISSION EXPLORER » EN LIGNE

Pour calculer facilement votre propre empreinte de carbone, visitez le prototype en ligne de l'« Emission Explorer » :

« Nous devons agir à tous les niveaux de la société pour réussir la transition énergétique. Plus vite nous découplerons l'ensemble de notre système énergétique du pétrole et du gaz, plus vite nous réduirons notre empreinte individuelle. Cela nécessite naturellement une coopération et une action coordonnée de la part de nombreuses personnes », explique Marcel Gauch, chercheur à l'Empa, qui a accompagné le développement de l'objet exposé avec son collègue Martin Gasser et en a élaboré les bases scientifiques. « En tant que personne individuelle, c'est ici que l'on peut le plus facilement exercer une influence, par exemple en allant régulièrement voter sur des questions énergétiques et climatiques ou en s'engageant pour des thèmes environnementaux. Parallèlement, il est possible de réduire immédiatement et directement ses propres émissions de CO_2 en privilégiant des activités et des comportements à faible émission de CO_2 dans les cinq domaines de vie de l'‹ Emission Explorer ›. Dans le contexte de la crise climatique, chaque kilogramme de CO_2 évité compte ».



JOUER ET APPRENDRE
En haut, le produit fini exposé au Musée des transports, en bas, un prototype réalisé par des chercheurs de l'Empa.

Photos : Verkehrshaus der Schweiz ; Empa

LA SCIENCE AU MUSÉE

L'« Emission Explorer » est issu d'une initiative commune financée par le Conseil des EPF et appelée « Energy Science for Tomorrow » (ES4T) (voir encadré). Le fondement scientifique de l'objet exposé est « MatCH » – une vaste analyse de l'économie suisse que l'Empa a mise en œuvre en 2016 sur mandat de l'Office fédéral de l'environnement (OFEV). Les chercheurs du laboratoire « Technology and Society » de l'Empa, Marcel Gauch, Cecilia Matasci et Heinz Böni, ont analysé tous les flux de matières et d'énergie de la Suisse et ont ainsi pu déterminer avec précision les secteurs économiques et les domaines de la vie qui génèrent des émissions de gaz à effet de serre. Dans une publication scientifique de suivi, ils ont montré dans quelle mesure les différentes sources d'émissions de la Suisse sont sous le contrôle direct ou indirect d'un individu. Ces données complexes ont été préparées sous une forme résumée et simplifiée pour l'exposition. « Le travail sur ‹ MatCH › a été très intense et complet. Depuis leur publication, les rapports sont cités dans différents contextes, de l'administration fédérale à l'industrie, en passant par la science et la société », explique Marcel Gauch. Désormais, ce travail de recherche touche un public encore plus large. Depuis son ouverture fin 2024, l'« Emission Explorer » a déjà enregistré plus de 10 000 interactions. « Nous espérons que cette exposition interactive continuera à être utilisée avec autant d'enthousiasme au cours des trois prochaines années et qu'elle inspirera de nombreuses personnes à trouver leur voie vers un mode de vie plus durable », conclut Marcel Gauch. C'est la durée pendant laquelle l'« Emission Explorer » restera au Musée des transports. ■

LA VUE D'ENSEMBLE
René Rossi est codirecteur du département « Materials Meet Life » et du pôle de recherche « Santé ».

Photo : Marion Nitsch

« IL FAUT COMPRENDRE LE ‹ SYSTÈME HUMAIN › DANS SON ENSEMBLE »

René Rossi, codirecteur du département « Materials Meet Life » et du pôle de recherche « Santé », explique dans cette interview ce qui fait la particularité de la recherche dans le domaine de la santé à l'Empa, en quoi cela a un rapport avec les matériaux et sur quels thèmes se concentre la recherche de l'Empa.

Interview : Michael Hagmann

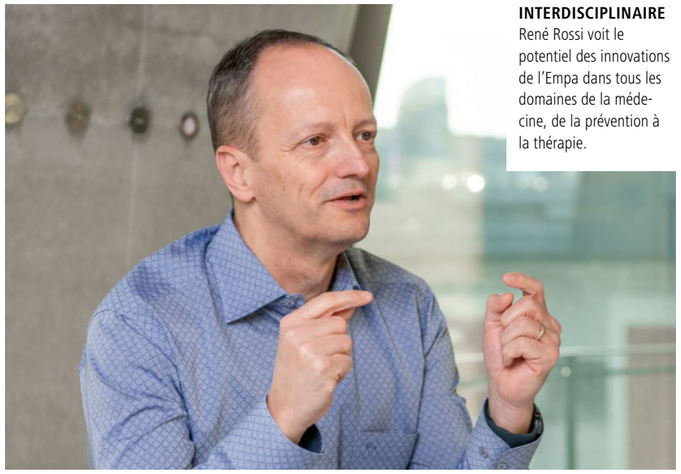
Pourquoi un institut de recherche sur les matériaux comme l'Empa fait-il de la recherche biomédicale ?
Selon une étude de l'UE, près de 70 % de toutes les innovations sont motivées par des matériaux. Il existe donc de nombreux champs d'application importants pour les nouveaux matériaux, entre autres dans le domaine de la santé. Prenons l'exemple d'un implant : il doit durer le plus longtemps possible, on veut éviter les infections, et la qualité de la surface doit garantir la meilleure intégration possible dans le tissu osseux, par exemple dans le cas d'une hanche artificielle – autant de sujets très complexes qui nécessitent un énorme savoir-faire en science des matériaux.

Qu'est-ce qui caractérise les projets de l'Empa dans le domaine de la santé – qu'est-ce qui les rend si particuliers ?
Dans la collaboration avec nos partenaires cliniques, nous constatons souvent un processus « push-pull », déclenché par un dialogue intensif. Les projets les plus réussis sont ceux qui naissent directement dans l'environnement clinique, en interaction avec nos partenaires hospitaliers. Nous montrons les possibilités technologiques de nouveaux matériaux, nos partenaires nous informent des défis actuels dans le quotidien clinique. Ils savent exactement où se situent leurs problèmes – mais souvent pas qu'il existe déjà des solutions pour certains d'entre eux. Cet échange intensif est absolument essentiel – et pour cela, il faut prendre le temps d'établir une confiance et une compréhension mutuelle. Pour nous aussi, cela a été un processus d'apprentissage au début.

En outre, nombre de nos partenariats, notamment dans le domaine clinique, sont conçus sur le long terme. Cela nous permet de développer des technologies à différents niveaux de maturité, on parle de « Technology Readiness Level » (TRL), du premier prototype en laboratoire à la solution prête à être commercialisée, que nos partenaires peuvent utiliser et mettre en œuvre. C'est pourquoi nous entretenons des partenariats stratégiques avec des centres sélectionnés, comme l'hôpital cantonal de Saint-Gall et les hôpitaux universitaires de Zurich et de Berne. Troisièmement, nos projets sont hautement interdisciplinaires.

Qu'entendez-vous par là, comment cela est-il vécu à l'Empa ?
Pour nous, cela signifie aborder un problème sous des angles très différents, c'est la seule façon de reconnaître le potentiel d'une véritable nouveauté. Avec toutes les sciences naturelles et de l'ingénierie réunies sous un même toit – de la nanotechnologie et de l'analyse des surfaces aux technologies des textiles et des fibres, de la biologie moléculaire et cellulaire à la biomécanique et à la modélisation –, nous sommes naturellement prédestinés à cela à l'Empa. D'un autre côté, les technologies modernes de la santé sont, par essence, des sciences systémiques qui réunissent des dizaines de disciplines. Il faut comprendre l'ensemble du système « humain » pour développer des solutions efficaces dans le domaine de la santé – du niveau moléculaire à la physiologie du corps humain, y compris les aspects psychologiques et sociologiques.

Comment doit-on s'imaginer un produit Empa typique pour des applications cliniques ?
Les pansements « intelligents » en sont un exemple. Les processus de ▶



INTERDISCIPLINAIRE
René Rossi voit le potentiel des innovations de l'Empa dans tous les domaines de la médecine, de la prévention à la thérapie.

cicatrisation des plaies sont très complexes et se déroulent en différentes phases ; le pansement doit – idéalement – accompagner les différentes phases de manière optimale, surtout dans la phase d'infection, qu'il faut détecter et traiter à temps. Ce faisant, nous devons avant tout éviter qu'une plaie ne devienne chronique. Et plus tard, le pansement doit soutenir et accélérer le processus de guérison.

Un sujet lié et très actuel est la résistance croissante aux antibiotiques dans le monde entier. Pour ne pas encourager ce phénomène, nous ne devrions utiliser les antibiotiques que lorsqu'ils sont absolument nécessaires – nous devons donc détecter les infections le plus rapidement possible, par exemple à l'aide de capteurs qui indiquent ensuite une attaque bactérienne par un changement de couleur du pansement. Parallèlement, nous travaillons sur de nouvelles approches thérapeutiques alternatives, comme les matériaux « vivants » tels que les bactériophages – des virus qui tuent les bactéries et qui sont inoffensifs pour l'homme – ou les probiotiques, de « bonnes » bactéries. Et nous ne devrions également les « activer » que si la plaie est réellement infectée, par exemple en les encapsulant dans certains polymères qui ne libèrent leur contenu que si, par exemple, le pH de la plaie augmente, un indicateur précoce d'infection. Un pansement qui combine toutes ces différentes « capacités » serait ainsi un produit typique de l'Empa.

RENÉ ROSSI

BIO : René Rossi dirige le département « Materials Meet Life » de l'Empa avec Manfred Heuberger et gère le laboratoire « Biomimetic Membranes and Textiles ». Avec son équipe, il développe des textiles intelligents comme base pour de nouvelles technologies de santé numériques. Outre son poste de professeur à l'ETH Zurich, il est également professeur invité à l'Université de Haute-Alsace en France.

Le thème de la santé est toujours associé aux coûts. Où voyez-vous des possibilités de maîtriser les coûts de la santé ?
En premier lieu dans la prévention et le dépistage précoce. Les coûts de la santé augmentent fortement, surtout au cours des dernières années de la vie. Une approche possible serait de pouvoir accompagner et soutenir de manière optimale les patients âgés à l'aide de capteurs portables et de leurs jumeaux numériques. Le jumeau numérique pourrait, si nécessaire, proposer des thérapies personnalisées sur la base des données transmises par les capteurs. En outre, différentes études ont constaté que jusqu'à 50 % des thérapies ne sont pas appliquées correctement. Si nous pouvions, grâce à un meilleur « health monitoring », augmenter la sécurité des thérapies, mais aussi le suivi – et donc, en fin de compte, le succès thérapeutique –, nous aurions beaucoup gagné.

Un regard vers l'avenir : qu'auriez-vous aimé réaliser avec votre recherche dans cinq à dix ans ?
Depuis 2023, nous avons lancé trois programmes « booster » à l'Empa, par exemple pour l'amélioration du traitement du cancer, la lutte contre la résistance aux antibiotiques et un sur le thème de la cicatrisation des plaies. Un pansement qui permettrait d'éviter les infections des plaies et surtout les plaies chroniques, par exemple chez les paraplégiques et les personnes alitées, mais aussi chez les nouveau-nés qui, pour une raison ou une autre, se trouvent aux soins intensifs – ce serait un succès formidable. Et dans la recherche sur la démence, pour citer un autre exemple, ce serait un énorme progrès si nous pouvions détecter les premiers signes de la maladie à l'aide d'un diagnostic simple, par exemple en analysant les schémas de mouvements, les paramètres vitaux tels que la fréquence cardiaque et respiratoire, la température corporelle, les analyses de sang, etc. dès les premiers stades. En effet, plus on intervient tôt dans les maladies dégénératives – ce qui n'est malheureusement pas encore possible à l'heure actuelle –, plus on a de chances de pouvoir au moins ralentir l'évolution de la maladie. ■

Photo : Marion Nitsch

DES CAPTEURS POUR LES SUPER-GERMES

Les bactéries résistantes aux antibiotiques provoquent des infections parfois mortelles qui ne peuvent pratiquement plus être traitées avec les médicaments existants. Des maladies courantes comme les infections urinaires ou les plaies cutanées deviennent ainsi un risque médical. Les chercheurs de l'Empa travaillent donc sur des capteurs qui identifient rapidement les germes résistants et recommandent un traitement efficace.

Texte : Andrea Six

SENSIBLES
Dans les laboratoires de l'Empa, on travaille sur des capteurs dont les colorants réagissent à certaines bactéries.

Photo : Empa

La propagation de super-germes résistants aux antibiotiques plonge le domaine des soins dans une crise mondiale. On estime qu'en 2028, le nombre de victimes de bactéries multirésistantes sera aussi élevé qu'avant la découverte de la pénicilline 100 ans plus tôt, avec des coûts se chiffrant en milliards. L'Organisation mondiale de la santé (OMS) considère la « pandémie silencieuse » comme l'une des plus grandes menaces pour la santé mondiale.

L'apparition de résistances est favorisée par l'utilisation précipitée d'antibiotiques sans que l'agent pathogène sous-jacent n'ait été identifié au préalable. Ce n'est pas tout à fait incompréhensible, car : Le diagnostic à l'aide de méthodes longues et fastidieuses fait perdre un temps précieux, si bien que dans les situations d'urgence, on renonce souvent à attendre les résultats de laboratoire correspondants. Conséquence possible : un traitement reste inefficace et le risque de développement de résistances augmente. C'est pourquoi les chercheurs de l'Empa travaillent en collaboration avec des partenaires cliniques sur des outils de diagnostic innovants tels que des capteurs qui détectent plus rapidement les agents pathogènes résistants et permettent un traitement sur mesure en temps utile.

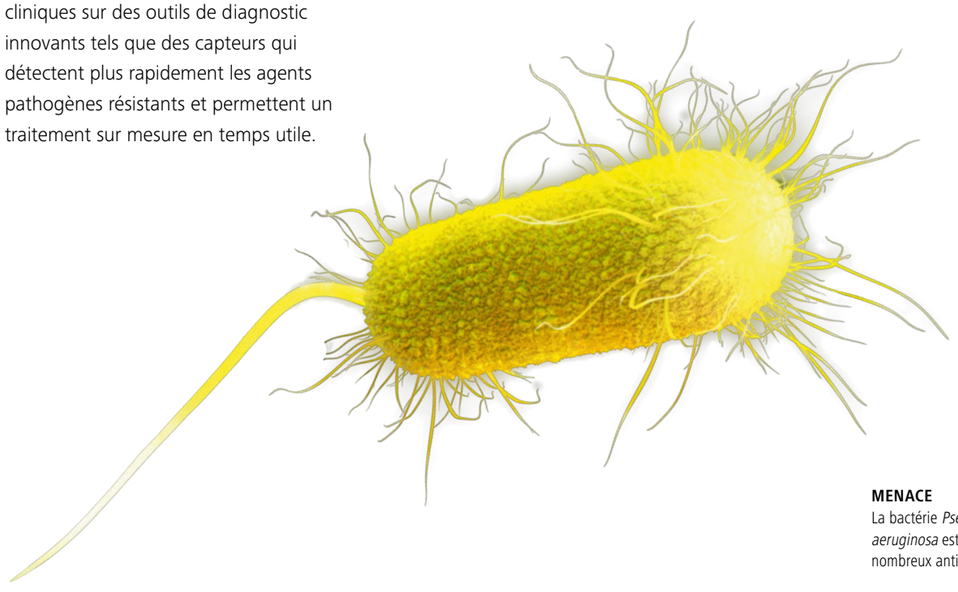
UN CAPTEUR S'ALLUME EN CAS DE PNEUMONIE

Les bactéries multirésistantes sont particulièrement fréquentes dans les infections contractées à l'hôpital, comme la pneumonie. L'un des agents pathogènes pouvant déclencher une telle pneumonie est *Klebsiella pneumoniae*. Pour ce super-germe, la chercheuse de l'Empa Giorgia Giovannini du laboratoire « Biomimetic Membranes and Textiles » développe actuellement, en collaboration avec l'hôpital cantonal de Saint-Gall, un capteur qui émet une lumière fluorescente lorsqu'une infection à la *Klebsiella* est présente. Le capteur réagit à l'uréase, une enzyme produite par les bactéries. Dans le projet « Doorstep », les chercheurs travaillent sur des particules de polymère qui entourent un colorant fluorescent. Si l'uréase bactérienne décompose le polymère, le colorant peut déployer sa luminosité. La méthode de diagnostic devrait fonctionner avec un frottis de gorge ou un échantillon de crachat. Cela permettrait de déterminer les agents pathogènes d'une pneumonie en quelques heures au lieu de plusieurs jours.

UN PANSEMENT AVERTIT DES GERMES DE LA PLAIE

Les plaies infectées constituent en outre un domaine d'application important pour un diagnostic rapide et précis des agents pathogènes résistants. Elles ne provoquent pas seulement des douleurs et des lésions tissulaires – elles sont aussi un foyer pour les super-germes résistants aux antibiotiques. Une équipe dirigée par les chercheurs de l'Empa Luciano Boesel et Giorgia Giovannini lance maintenant un projet en collaboration avec l'hôpital cantonal de Saint-Gall, dans lequel ils souhaitent développer un pansement multisensoriel pour les plaies. Ce pansement est basé sur des nanoparticules de silice intégrées dans un hydrogel résistant composé de polymères biocompatibles. La technologie des capteurs doit être intégrée directement dans le matériau du pansement. Les nanoparticules sont fonctionnalisées avec des substances qui peuvent indiquer spécifiquement les excrétions de certaines bactéries.

Ainsi, les capteurs doivent réagir aux germes particulièrement redoutables des plaies, comme le staphylocoque doré, et indiquer une modification de l'équilibre acido-basique dans la plaie. En outre, le risque de résistance aux antibiotiques doit être rapidement visible. Comme les germes hautement pathogènes des plaies disposent de l'enzyme bêta-lactamase, avec laquelle ils inactivent certains antibiotiques, le capteur contient des colorants qui sont décomposés par cette enzyme. Si des bactéries résistantes produisent l'enzyme dans la plaie, le capteur avertit en émettant une lueur claire sous la lumière UV. Dans le quotidien de la clinique, le capteur de plaie permet ainsi un diagnostic rapide et peu coûteux ainsi qu'un traitement personnalisé de la plaie. Le projet a été rendu possible grâce aux généreuses contributions de la Fondation Philipp et Henny Bender, de la Fondation Blumenau-Léonie Hartmann, de la Fondation Hans Groeber et de la Fondation Räschle.



MENACE
La bactérie *Pseudomonas aeruginosa* est insensible à de nombreux antibiotiques.

Photo : Adobe Stock

Graphique : Empa

POCKET FACTS #1

L'Empa lance une nouvelle série de courtes brochures, Pocket Facts, sur des thèmes d'actualité. Le premier numéro contient des informations et des conseils utiles sur la résistance aux antibiotiques et sur la détection, la prévention et le traitement de la « pandémie silencieuse ».

NOUVEAU BOOSTER DE RECHERCHE

La résistance aux antibiotiques touche les gens partout dans le monde. Pour lutter contre les bactéries résistantes, on dispose de moins en moins de médicaments efficaces. C'est pourquoi l'Empa recherche de nouvelles thérapies et méthodes de diagnostic. Dans le cadre du « Research Booster » sur la résistance aux antibiotiques lancé récemment, plusieurs laboratoires de l'Empa collaborent de manière interdisciplinaire avec des partenaires hospitaliers dans la lutte contre la « pandémie silencieuse » afin de faire progresser le diagnostic, le traitement et la prévention des infections dues à des germes résistants aux antibiotiques.

LES BACTÉRIES EN POINT DE MIRE

Le nombre d'espèces de bactéries multirésistantes ne cesse d'augmenter. Parmi les bactéries à l'origine de décès dus à la résistance aux antibiotiques, on trouve notamment *Escherichia coli, Staphylococcus aureus, Klebsiella pneumoniae, Streptococcus pneumoniae, Acinetobacter baumannii* et *Pseudomonas aeruginosa*. Une utilisation erronée et excessive des antibiotiques favorise la propagation de ces super-germes. En 2019, de tels agents pathogènes ont été associés à environ cinq millions de décès. L'Organisation mondiale de la santé (OMS) en a donc fait une priorité pour la recherche et le développement.

REPÊCHÉ DANS L'URINE

Pseudomonas aeruginosa est un autre représentant désagréable du règne bactérien. Cette bactérie en bâtonnet peut provoquer diverses maladies, dont des infections de l'appareil urinaire, par exemple via des sondes urinaires lors d'un séjour à l'hôpital. Et ces agents pathogènes sont également souvent résistants à divers antibiotiques. Une équipe de chercheurs de l'Empa et de l'ETH Zurich a donc mis au point un procédé utilisant des nanoparticules magnétiques pour détecter les bactéries de manière rapide et précise. Comme les particules magnétiques sont couplées à des composants protéiques qui réagissent exclusivement avec la *Pseudomonas aeruginosa*, les cellules bactériennes peuvent finalement être « pêchées » spécifiquement dans l'urine via un champ magnétique.

L'étape suivante consiste à analyser la sensibilité des agents pathogènes à différents antibiotiques à l'aide d'un procédé de chimioluminescence. Si des bactéries résistantes sont présentes dans l'éprouvette, l'échantillon émet de la lumière. En revanche, si les germes peuvent être tués par des antibiotiques, il reste dans l'obscurité. « En tout et pour tout, le test de résistance dure environ 30 minutes – contre plusieurs jours pour une culture classique de bactéries », explique Qun Ren, chef de groupe au laboratoire « Biointerfaces » de l'Empa à Saint-Gall. Il est ainsi possible de déterminer en peu de temps l'antibiothérapie appropriée – et d'empêcher ainsi l'apparition de nouvelles résistances. ■

DE L'OR CONTRE LE CANCER

Lorsqu'en cas de cancer, des tumeurs secondaires se propagent dans l'abdomen, il est difficile de détecter et de combattre ces métastases. Des chercheurs de l'Empa, de l'ETH Zurich et de l'Université de Zurich travaillent donc sur une thérapie efficace et douce à l'aide de nanoparticules d'or. Appliquées directement dans l'abdomen, les particules d'or doivent détecter les cellules tumorales, y pénétrer et les tuer par la chaleur.

Texte : Andrea Six

FOCALISÉ
Le chercheur de l'Empa Oscar Cipolato utilise la lumière infrarouge dans le développement de nanoparticules d'or pour lutter contre les métastases.

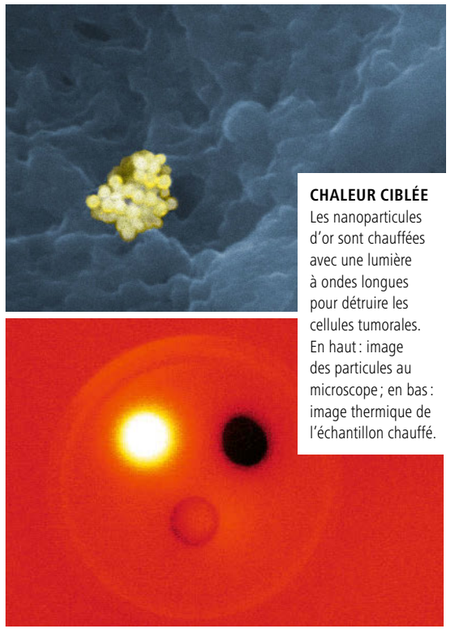
Photo : Empa

Si, en cas de cancer, des organes de l'abdomen sont touchés, des cellules cancéreuses peuvent se propager dans la cavité abdominale à partir de l'intestin ou des ovaires, par exemple. Malgré les progrès de la médecine, ces métastases dans le péritoine sont encore difficiles à diagnostiquer et à combattre. Les chances de guérison sont donc également faibles, car le succès du traitement dépend de la possibilité de détecter et d'éliminer chaque cellule dégénérée. Une équipe de chercheurs de l'Empa, de l'ETH Zurich et de l'Université de Zurich développe donc des nanoparticules d'or qui ciblent et éliminent les métastases du péritoine. Les premiers résultats de laboratoire sur ce traitement efficace et doux, qui est appliqué directement dans la cavité abdominale, sont prometteurs.

UN CHEVAL DE TROIE CONTRE LES CELLULES CANCÉREUSES

Les chercheurs ont choisi un matériau parfaitement biocompatible comme matériau de base pour le traitement nanomédical du cancer : l'or. Mais si le métal précieux est introduit comme un cheval de Troie dans les cellules cancéreuses, il se révèle être une arme efficace. Comme les particules d'or absorbent la lumière infrarouge et la transforment en chaleur, elles peuvent ainsi détruire la tumeur de l'intérieur par hyperthermie.

L'équipe dirigée par Inge Herrman et composée de laboratoires de l'Empa, de l'ETH Zurich et de la clinique universitaire Balgrist développe et analyse les nanoparticules en collaboration avec la clinique de chirurgie viscérale et de transplantation de l'Hôpital universitaire de Zurich et l'Université de Fribourg. L'objectif du projet est de synthétiser des nanoparticules qui éliminent les métastases de manière à la fois efficace et douce. Pour ce faire, les chercheurs empruntent une nouvelle voie pour amener le nanomédicament au lieu d'action, c'est-à-dire dans la tumeur : Alors que les thérapies traditionnelles sont administrées par perfusion, les nanoparticules doivent être appliquées directement dans la cavité abdominale lors d'une intervention peu invasive afin d'augmenter l'efficacité. Cela permet en outre de réduire la quantité de médicaments de chimiothérapie administrés simultanément, ce qui devrait diminuer les effets secondaires néfastes. « Lors d'expériences en laboratoire avec des échantillons de tissus, nous avons déjà pu montrer que l'administration directe de nanoparticules d'or dans la cavité abdominale conduit à une absorption efficace et sélective dans le tissu souhaité », explique Oscar Cipolato, chercheur au laboratoire « Nanomaterials in Health » de l'Empa à Saint-Gall. Pour améliorer encore ce résultat, les chercheurs optimisent maintenant la forme, la structure de surface et la taille des nanoparticules. D'autres expériences sont en cours pour déterminer si des billes d'or de 400 nanomètres ou des bâtonnets d'or de quelques nanomètres conviennent mieux à cet effet.



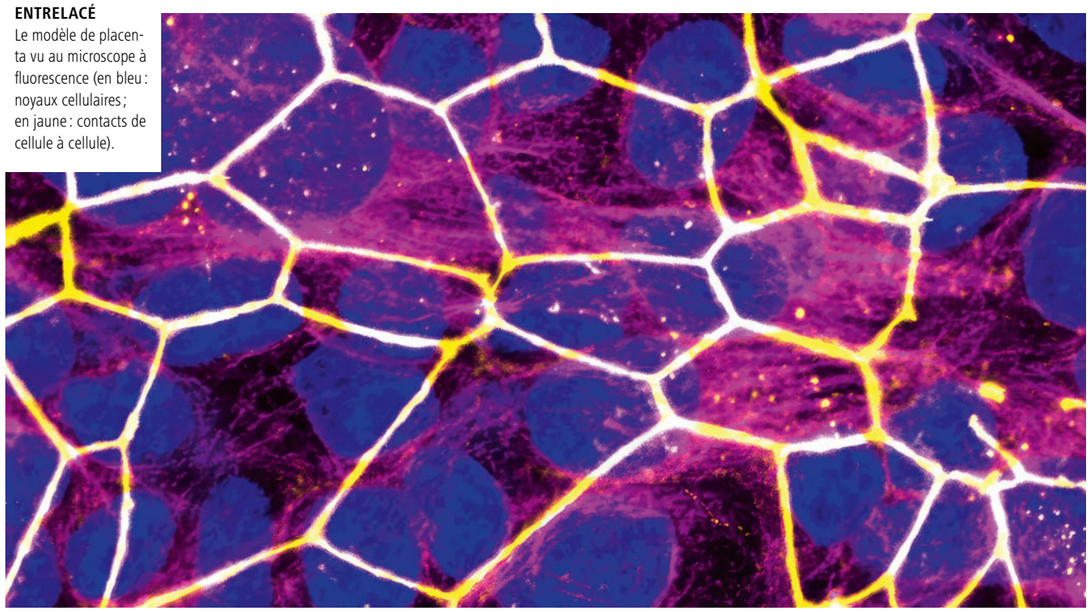
CHALEUR CIBLÉE
Les nanoparticules d'or sont chauffées avec une lumière à ondes longues pour détruire les cellules tumorales. En haut : image des particules au microscope ; en bas : image thermique de l'échantillon chauffé.

Images : Empa

UN NEZ EN OR

Afin de garantir que seuls les tissus métastasés s'échauffent à plus de 42 degrés lors de l'irradiation des patients par la lumière proche infrarouge, les nanomédicaments doivent être dotés d'anticorps contre les tissus tumoraux. De cette manière, les nanoparticules détectent exclusivement les cellules cancéreuses. Un traitement sur mesure de ce type est donc moins contraignant pour les malades, car les tissus sains environnants sont moins endommagés.

La thérapie combinée à base de nano-or doit être utilisée le plus rapidement possible dans la pratique clinique quotidienne. Pour cela, des informations fondamentales sur l'effet des nanoparticules et leur répartition au sein des tumeurs et dans le corps humain sont nécessaires. Pour combler cette lacune, les chercheurs ont optimisé les procédés d'imagerie afin que les nanomatériaux puissent être analysés au niveau des cellules individuelles. Grâce à une combinaison de microscopie optique et électronique, ils peuvent déterminer avec précision l'interaction des nanoparticules avec les cellules et leur répartition dans les tissus. Les chercheurs espèrent que cette meilleure compréhension des nanoparticules aidera à faire avancer de nouveaux développements en nanomédecine pour un traitement plus efficace et moins agressif du cancer. ■



ENTRELACÉ
Le modèle de placenta vu au microscope à fluorescence (en bleu : noyaux cellulaires ; en jaune : contacts de cellule à cellule).

EFFICACE POUR MAMAN, SÛR POUR LE BÉBÉ

En cas de maladie pendant la grossesse, une prudence particulière est de mise, car tous les médicaments ne sont pas compatibles avec la mère et l'enfant. C'est pourquoi une équipe internationale, à laquelle participent des chercheurs de l'Empa, développe actuellement des nanomédicaments qui devraient permettre un traitement sûr et efficace des processus inflammatoires pendant la grossesse. En effet, les complications de la grossesse sont souvent provoquées ou accompagnées d'inflammations, mais les possibilités de traitement ne sont souvent pas assez efficaces ou sont soupçonnées de perturber le développement du fœtus.

Texte : Andrea Six

Lorsqu'une grossesse se complique, ce n'est pas seulement la vie de la mère qui est en jeu, mais aussi celle de l'enfant à naître. Mais que faire lorsque les médicaments contre des infections courantes et d'autres complications de la grossesse comme l'empoisonnement du foetus, le diabète ou la menace d'un accouchement prématuré sont soit inefficaces soit trop risqués ?

La recherche médicale a une réponse possible : les nanozymes. Ces minuscules particules fabriquées artificiellement pourraient contribuer à traiter les processus inflammatoires dans le placenta sans nuire à la mère ou à l'enfant. Une équipe de chercheurs de l'Empa, de l'ETH Zurich, de l'hôpital cantonal de Saint-Gall et de l'université chinoise de Zhejiang développe actuellement de nouveaux types de nanozymes dans le cadre d'un projet soutenu par le Fonds national suisse (FNS). Le processus de développement est accompagné d'études approfondies sur la sécurité des médicaments.

Photo : Empa

UN SYSTÈME MODULAIRE POUR DES THÉRAPIES SÛRES

Les nanozymes sont de minuscules composés synthétiques de l'ordre du nanomètre, aux propriétés de type enzymatique, qui font déjà l'objet de recherches dans d'autres domaines médicaux, comme le traitement du cancer. Ils sont constitués d'un noyau nanostructuré (par exemple des atomes ou des oxydes métalliques), qui détermine l'activité enzymatique, et de modifications de surface qui augmentent la stabilité des nanozymes et améliorent leur spécificité. « De cette manière, nous voulons permettre une utilisation sur mesure pour différents domaines d'application », explique le chercheur de l'Empa Nikolaos Tagaras.

L'activité des nanozymes change alors en fonction des processus pathologiques qui prévalent dans le domaine d'application : D'un « mode furtif », une sorte d'état de camouflage inactif, elles peuvent devenir actives pour capturer des dérivés réactifs de l'oxygène (DRO) lors de processus inflammatoires ou pour détruire des bactéries lors d'une infection.

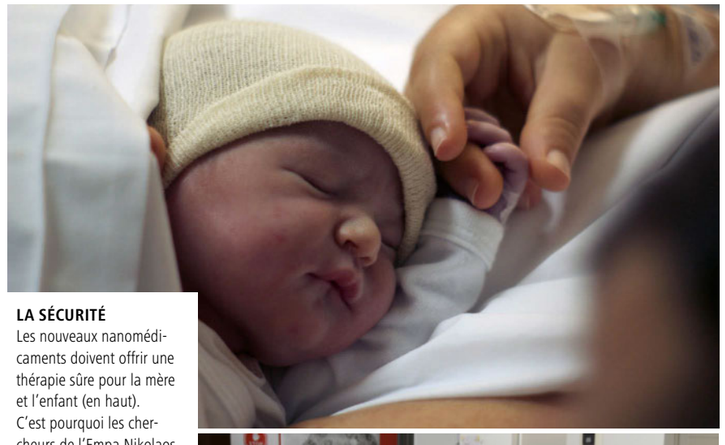
Le développement des nanozymes s'accompagne ainsi d'expériences en laboratoire sur la sécurité des nouveaux médicaments. Les chercheurs appliquent ici des modèles développés et testés dans les laboratoires de l'Empa, qui reproduisent fidèlement ce qui se passe au niveau du placenta et dans l'organisme de la mère et de l'enfant. « La structure, le métabolisme et l'interdépendance des tissus maternels et fœtaux sont uniques chez l'homme », explique Tina Bürki, responsable de l'équipe du laboratoire « Nanomaterials in Health » de l'Empa à Saint-Gall. Il est donc nécessaire d'étudier l'effet des nanozymes sur des modèles de laboratoire avec des cellules et des tissus humains.

Le modèle de placenta déjà établi est utilisé ici, pour lequel l'équipe utilise des placentas humains entièrement fonctionnels qui ont été mis à disposition après des césariennes. « Ce n'est que grâce au tissu placentaire humain que l'on peut obtenir des résultats pertinents sur le transport et l'effet des nanozymes », explique la chercheuse de l'Empa.

UN DÉBUT PROMETTEUR

Une étape supplémentaire vers des nanomédicaments sûrs est rendue possible par la « puce placentaire », une puce polymère de la longueur d'un doigt sur laquelle poussent des cellules humaines représentant la barrière placentaire et l'embryon dans des conditions aussi proches que possible de la réalité.

De cette manière, il est possible d'étudier, outre les processus de transport au niveau du placenta, les effets nocifs directs et indirects des nanozymes sur le développement précoce de l'embryon. Le projet de développement de la puce est soutenu par la fondation zurichoise ProCare. Les premiers résultats sont prometteurs. « Les nanozymes n'affectent pas la barrière placentaire et n'ont jusqu'à présent pas d'effets négatifs sur les modèles étudiés », explique le chercheur de l'Empa Nikolaos Tagaras. La prochaine étape de l'équipe consistera à analyser les effets anti-inflammatoires et antibactériens des nanozymes. ■



LA SÉCURITÉ
Les nouveaux nanomédicaments doivent offrir une thérapie sûre pour la mère et l'enfant (en haut). C'est pourquoi les chercheurs de l'Empa Nikolaos Tagaras et Tina Bürki (en bas) travaillent à des études de sécurité complètes sur les nanozymes nouvellement développées.

Photos : unsplash ; Empa

DES IMAGES ANIMÉES POUR DES ÉPAULES SOLIDES

Les instabilités de l'épaule sont difficiles à diagnostiquer, car elles n'apparaissent généralement que lorsque l'on bouge l'épaule. Une analyse temporelle 3D permet désormais pour la première fois de saisir précisément cette dynamique. Le chercheur de l'Empa Ameet Aiyangar combine des vidéos radiographiques avec des modèles virtuels en 3D des articulations afin de saisir les instabilités au millimètre près.

Texte : Manuel Martin

Après une blessure à l'épaule traitée, il reste souvent un sentiment d'insécurité – de nombreuses personnes concernées rapportent que l'épaule « ne tient pas » ou « glisse facilement ». Lors du diagnostic d'une instabilité de l'épaule, les médecins sont souvent tributaires de ces appréciations subjectives. La raison en est que les méthodes d'imagerie courantes ne permettent pas de saisir le mouvement de l'épaule. L'analyse 4D récemment développée par le chercheur de l'Empa Ameet Aiyangar va donc au-delà de l'imagerie statique : « Nous combinons des vidéos radiographiques de haute précision à partir de deux perspectives et reconstruisons à partir de là une analyse du mouvement en quatre dimensions – c'est-à-dire une image en 3D pendant que l'épaule est en mouvement ».

UNE THÉRAPIE OPTIMISÉE PLUTÔT QUE DES INTERVENTIONS INUTILES

L'épaule est l'articulation la plus mobile du corps humain et est donc particulièrement exposée aux blessures. Certes, seuls deux pour cent environ des personnes se déboîtent l'épaule à un moment ou à un autre de leur vie. Toutefois, de nombreux patients reviennent à la clinique après un traitement, car ils continuent à ressentir des douleurs ou ne sont pas satisfaits du résultat. Selon Ameet Aiyangar, une personne concernée sur deux subit une nouvelle luxation de l'articulation de l'épaule. « C'est particulièrement problématique lors d'interventions chirurgicales – jusqu'à deux tiers des patients opérés se déboîtent à nouveau l'épaule et demandent de l'aide. Cela montre qu'il existe un grand potentiel d'optimisation dans le diagnostic et la planification thérapeutique ».

Actuellement, la stabilité de l'articulation de l'épaule est généralement testée manuellement – une méthode dont la précision dépend fortement de l'expérience des médecins et des physiothérapeutes traitants. Les procédés d'imagerie statique tels que la radiographie, l'imagerie par résonance magnétique (IRM) ou la tomodensitométrie (TDM) ne sont utiles qu'à titre complémentaire, car ils ne permettent pas de saisir les séquences de mouvements dynamiques. Grâce à la nouvelle technologie, les chercheurs d'Empa peuvent pour la première fois mesurer quantitativement les instabilités et les analyser de manière ciblée. Cela offre aux médecins une base de décision plus précise pour savoir si un traitement physiothérapeutique est suffisant ou si une opération est nécessaire. « Cela permet d'éviter des interventions chirurgicales inutiles ou de ne pas retarder inutilement celles qui sont utiles, ce qui permet d'optimiser le traitement individuel », explique Ameet Aiyangar.

MESURER LES INSTABILITÉS DE L'ÉPAULE AU MILLIMÈTRE PRÈS

Un système d'imagerie radiographique biplanaire (DBRI) est utilisé pour les images dynamiques en 3D de l'épaule. Il est installé chez sitem-insel, l'institut suisse de médecine translationnelle et entrepreneuriale à Berne. Il a été développé en étroite collaboration avec l'Empa et l'Hôpital de l'Île de Berne. Tout d'abord, les sujets effectuent des mouvements ciblés de l'épaule, qui sont enregistrés par des radiographies synchronisées sous deux perspectives différentes. Des images CT supplémentaires permettent de reconstruire des modèles 3D détaillés des os avec des points de repère anatomiques. Un procédé de suivi basé sur ces données détermine la position exacte de l'articulation de l'épaule. Enfin, un logiciel d'optimisation calcule les mouvements de l'épaule. Les chercheurs peuvent ainsi saisir non seulement les schémas de mouvement grossiers d'une articulation, mais aussi les plus petits mouvements de roulement et de glissement, décisifs pour la stabilité – avec une précision de l'ordre de 0,1 à 0,5 millimètre. « Il s'agit d'un progrès décisif, car les lacunes de mouvement conventionnelles avec des caméras infrarouges et des marqueurs sur la peau présentent une imprécision de 20 à 40 millimètres – bien trop imprécise pour détecter des instabilités de manière fiable », explique Ameet Aiyangar.

OBJECTIF : DIAGNOSTIC SANS IMAGERIE RADIOLOGIQUE

La prochaine étude prévue est une étude commune avec l'Hôpital de l'Île de Berne, avec lequel une coopération de longue date a été établie en matière de recherche. On cherche environ 40 patients souffrant d'instabilité de l'épaule non traitée, qui seront examinés avant et après un renforcement musculaire ciblé. Les modèles musculo-squelettiques individuels jouent un rôle central dans l'analyse des interactions entre les muscles, les articulations et les forces. « À long terme, nous espérons que notre analyse quadridimensionnelle du mouvement trouvera sa place dans la pratique clinique. Car dans le traitement des instabilités articulaires, le problème réside principalement dans la dynamique », explique Ameet Aiyangar. Sur la base des données biomécaniques de l'étude, le chercheur de l'Empa veut en outre développer des modèles cinématiques commandés par la force, qui tiennent compte non seulement du mouvement, mais aussi des forces musculaires et des charges articulaires. Ces modèles devraient permettre à l'avenir une analyse dynamique de l'instabilité de l'épaule spécifique au patient – et donc un diagnostic clinique complet sans imagerie radiologique. ■

Photo : Empa

EXAMINÉ
Le système d'imagerie innovant permet de réaliser des modèles 3D en mouvement de l'articulation de l'épaule.

PEAU ARTIFICIELLE D'ORIGINE MARINE

Faire croître des cellules en laboratoire : l'homme maîtrise cet art depuis longtemps. Cela devient plus difficile lorsqu'il s'agit de reproduire des tissus entiers. Les chercheurs de l'Empa développent à cet effet un nouveau matériau à base de gélatine de poisson qui permet de fabriquer des modèles vivants en trois dimensions de la peau humaine. Ces modèles devraient permettre de mieux comprendre et de mieux traiter les maladies de la peau.

Texte : Anna Ettlin

DE LA NATURE
Le doctorant Tobias Hammer prépare des échantillons du nouvel hydrogel.

Photo : Empa

La peau est le plus grand organe de l'être humain. Elle représente environ 15 pour cent de notre poids corporel et nous protège des agents pathogènes, de la déshydratation et des températures extrêmes. Les maladies de la peau ne sont donc pas seulement désagréables, elles peuvent aussi devenir rapidement dangereuses pour les personnes concernées. Bien que des affections telles que le cancer de la peau, les plaies chroniques et les maladies auto-immunes de la peau soient très répandues, nous en savons encore trop peu sur les raisons de leur apparition et sur la manière de les traiter efficacement.

Pour trouver des réponses à ces questions, des chercheurs de l'Empa travaillent avec des médecins sur un modèle de peau humaine qui permet de simuler les maladies de la peau et donc de mieux les comprendre. Il ne s'agit pas d'un modèle informatique ou d'un modèle en plastique. Les chercheurs des laboratoires « Biointerfaces » et « Biomimetic Membranes and Textiles » veulent plutôt fabriquer une « peau artificielle » vivante qui contient des cellules cutanées et qui émule la structure des couches et des plis de la peau humaine. Ce projet fait partie de l'initiative de recherche suisse « SKINTEGRITY.CH » (voir encadré). Pour reproduire quelque chose d'aussi complexe que la peau humaine, les chercheurs ont tout d'abord besoin de matériaux de construction appropriés. C'est là qu'une équipe de l'Empa a récemment progressé en développant un hydrogel qui répond aux exigences complexes et qui est en outre facile à fabriquer. La base : de la gélatine provenant de la peau de poissons d'eau froide.

PLUS QUE DES CELLULES

Comme la plupart des tissus, la peau est composée de cellules enrobées dans ce que l'on appelle la matrice extracellulaire : un réseau de protéines et d'autres biomolécules qui donne forme et structure au tissu et soutient les cellules. La matrice extracellulaire diffère d'un tissu à l'autre – et même d'une couche à l'autre dans le cas de la peau. Pour fabriquer un modèle de peau représentatif, il faut donc une substitution appropriée pour cette matrice.

Les hydrogels sont une possibilité de simuler la matrice extracellulaire : il s'agit de polymères particuliers dont les chaînes sont réticulées de manière lâche. Cela leur permet d'absorber de grandes quantités d'eau et d'autres liquides. Ils sont particulièrement adaptés à la simulation de la matrice extracellulaire de la peau, qui contient beaucoup d'eau et d'autres liquides. Autre avantage : de nombreux hydrogels peuvent être façonnés à l'aide d'une imprimante 3D. « L'impression 3D est un outil puissant pour le développement de modèles de peau. Elle permet d'insérer les cellules de la peau dans la matrice de l'hydrogel selon des modèles spécifiques », dit Kongchang Wei, chef du groupe de recherche « Tissue-Regenerative Soft Materials ». « L'impression 3D nous permet de combiner plusieurs matériaux et types de cellules dans une seule structure, comme c'est le cas pour la vraie peau ». Seulement voilà : C'est justement en raison de leur capacité d'absorption de l'eau que la plupart des hydrogels gonflent fortement lorsqu'ils entrent pour la première fois en contact avec un liquide après l'impression 3D. Le gonflement modifie leur forme et entraîne des écarts par rapport au design du modèle de peau stratifié. Il existe certes des hydrogels qui ne gonflent pas, mais leur fabrication et leur impression 3D sont généralement très complexes. « Nous avons constaté que la nature offre déjà une solution beaucoup plus simple et plus élégante », explique Kongchang Wei. La gélatine provenant de poissons d'eau froide comme la morue, le colin et l'aiglefin peut être réticulée en quelques gestes pour devenir un hydrogel non gonflant qui peut être imprimé conjointement avec des cellules de peau.

« SKINTEGRITY.CH »

« SKINTEGRITY.CH » est un réseau de recherche interdisciplinaire. Il vise à mieux comprendre ce qui se passe dans la peau au niveau moléculaire lors de blessures, de guérison ou de maladie ; à améliorer le diagnostic et le traitement ; et à offrir une formation interdisciplinaire aux jeunes chercheurs et cliniciens. L'initiative est soutenue par la médecine universitaire de Zurich (UMZH) et différentes institutions de recherche. Les laboratoires Empa « Biointerfaces » et « Biomimetic Membranes and Textiles » font partie du consortium.

« Notre modèle de peau ne doit pas seulement comprendre les couches du derme et de l'épiderme, mais aussi représenter la membrane basale située entre ces deux couches de peau », dit Kongchang Wei. « Nous nous rapprochons de cet objectif grâce à l'hydrogel à base de gélatine provenant de poissons d'eau froide et à une autre technique de traitement des polymères, l'électrofilage ».

DE LA RECHERCHE SUR LA PEAU À LA CICATRISATION DES PLAIES

En outre, l'hydrogel (sans cellules vivantes) pourrait être utilisé comme matériau de pansement. Comme les hydrogels à base de gélatine animale, le matériau obtenu est biologiquement compatible avec les cellules cutanées humaines et peut être imprimé en 3D. Il présente toutefois une particularité décisive : Comme les poissons sont plus éloignés de l'homme sur le plan de l'évolution, la gélatine de poisson provoque moins de réactions immunitaires et présente moins de risques de transmission de maladies que les matériaux comparables à base de gélatine de mammifère. « La peau de poisson fait actuellement l'objet de recherches comme moyen prometteur de cicatrisation des plaies », dit Kongchang Wei. « Notre hydrogel est plus homogène, plus sûr et peut être adapté précisément aux besoins des patients, par exemple avec des formes, des épaisseurs et des résistances différentes. L'intégration de médicaments serait même envisageable », poursuit le chercheur.

C'est aussi pour cette raison que les chercheurs ont déposé une demande de brevet pour leur hydrogel à base de gélatine de poisson. Dans une prochaine étape, ils souhaitent terminer le développement du modèle de peau vivant et le mettre à la disposition d'autres scientifiques. « Nous espérons ainsi favoriser une meilleure compréhension de l'origine et du traitement des maladies de la peau », explique Kongchang Wei. Les chercheurs de l'Empa prévoient en outre d'examiner de plus près le comportement inhabituel de gonflement de leur hydrogel. ■

LE NOIR EST LE NOUVEAU VERT

Pour débarrasser l'atmosphère de l'excès de CO_2, des chercheurs de l'Empa veulent utiliser la pyrolyse de la biomasse. Le carbone ainsi stabilisé et lié peut être utilisé dans les domaines les plus divers, de la construction à la médecine. Les premiers travaux de recherche menés à l'Empa sur les matériaux de construction ont déjà pu montrer le potentiel de ce matériau. Pour jeter un pont vers l'économie, il s'agit maintenant de construire un réacteur de pyrolyse plus grand.

Texte : Anna Ettlin

Ce que l'homme ne peut faire qu'avec des installations techniques complexes, la nature y parvient sans peine : extraire le CO_2 de l'atmosphère. Lors de leur croissance, les plantes fixent le carbone atmosphérique. Lorsqu'elles se décomposent ou sont brûlées, elles libèrent à nouveau la même quantité de CO_2. Mais que se passerait-il si nous pouvions empêcher cette libération ?

PRÉSERVE
La pyrolyse permet de conserver le carbone de la biomasse.

C'est la question sur laquelle se penchent les chercheurs de l'Empa autour de Jannis Wernery du laboratoire « Building Energy Materials and Components » de l'Empa. Ils stabilisent le carbone lié afin qu'il puisse être stocké durablement ou même transformé en nouveaux matériaux. La méthode utilisée s'appelle la pyrolyse. La matière végétale est chauffée sous un apport réduit d'oxygène et se carbonise. Tant que le charbon végétal n'est pas brûlé, ce processus permet d'extraire le CO_2 excédentaire de l'atmosphère – la vision de l'initiative de recherche de l'Empa « Mining the Atmosphere », à laquelle Jannis Wernery et son équipe participent.

L'élimination du CO_2 de l'atmosphère est absolument nécessaire pour atteindre l'objectif climatique de la Suisse d'une augmentation maximale de la température de 1,5 °C d'ici à 2100. Les premiers projets menés à l'Empa, notamment dans le cadre des initiatives conjointes « Speed2Zero » et « SCENE », montrent que le charbon végétal peut être utilisé par exemple pour fabriquer des matériaux isolants compétitifs ou comme additif au béton.

Pour que cette technologie neutre en CO_2 passe du laboratoire à la mise sur le marché, les chercheurs prévoient d'acquérir un réacteur de pyrolyse plus grand, basé sur une technologie flexible et facilement modulable. « Nous pourrons ainsi établir à plus grande échelle pour l'ensemble de l'Empa une plate-forme pour la poursuite des recherches sur la production et la valorisation du carbone biogène », explique Jannis Wernery. Le nouveau réacteur permettra également aux chercheurs d'examiner de plus près les deux autres produits de la pyrolyse, l'huile de pyrolyse et le gaz de pyrolyse. Ces mélanges de différents composés carbonés sont considérés comme des sources potentielles de carburants synthétiques ou de matières premières pour l'industrie chimique et pharmaceutique. ■

ZUKUNFTSFONDS

Le Zukunftsfonds de l'Empa recherche des dons privés pour des projets de recherche, des talents et des infrastructures exceptionnels – comme le réacteur à pyrolyse – qui ne sont pas (encore) soutenus par ailleurs. Vous trouverez de plus amples informations sous :

Photo: Empa

Rendre le quotidien de demain plus durable.

Faites la différence!
Soutenez le Zukunftsfonds «Développement durable» de l'Empa.
empa.ch/zukunftsfonds

Empa
Zukunftsfonds

L'ARCHITECTE DES MATÉRIAUX

Ingénieur, expert en mécanique, scientifique sur le thème des os, scientifique des matériaux : Jakob Schwiedrzik a un profil de recherche varié. Depuis quelques mois, il dirige le laboratoire de céramique haute performance de l'Empa. Grâce à son expertise interdisciplinaire, à sa soif de connaissances et à sa volonté d'agir, il veut aider le laboratoire de recherche et la céramique en tant que matériau à atteindre de nouveaux sommets.

Texte : Anna Ettlin

Lorsqu'on lui demande comment prononcer correctement son nom, Jakob Schwiedrzik réagit avec calme. « Schwirzik » en est proche, dit-il. « La première syllabe vient de l'allemand, la deuxième du polonais. Du coup, ni les Allemands ni les Polonais ne peuvent le prononcer correctement », s'amuse le scientifique de haute stature.

Tout comme son nom, Jakob Schwiedrzik évolue lui-même entre différents domaines : science des matériaux, construction, mécanique, médecine, mathématiques. Depuis août 2024, le scientifique dirige le laboratoire de céramique haute performance de l'Empa. Il est arrivé à l'Empa dix ans plus tôt, d'abord comme post-doctorant, puis comme chef de groupe au laboratoire de mécanique des matériaux et de nanomécanique à Thoune, où il faisait de la recherche sur les couches minces et la micromécanique. L'un des points forts de son activité de recherche à cette époque était un matériau particulier : l'os.

LA CÉRAMIQUE DANS LE CORPS

De l'os à la céramique – un grand saut ? Moins loin qu'on ne le pense, dit l'homme de 39 ans. « Les os sont des matériaux composites. Ils sont composés d'un biopolymère, le collagène, et d'une partie minérale, l'hydroxyapatite, une biocéramique ». De nombreuses céramiques sont donc considérées comme prometteuses pour des applications biomédicales, comme les implants. D'autres céramiques spéciales promettent des percées dans la construction légère, la catalyse chimique, le stockage de l'énergie et la capture du CO_2 de l'atmosphère. « La céramique est super : légère et rigide, chimiquement résistante et biologiquement compatible, résistante à la température et avec des propriétés catalytiques intéressantes », énumère Jakob Schwiedrzik. La faiblesse de ce « super-matériau » réside dans sa mécanique : La céramique est fragile et sujette aux cassures.

Jakob Schwiedrzik voit dans cette faiblesse un grand potentiel d'innovation.

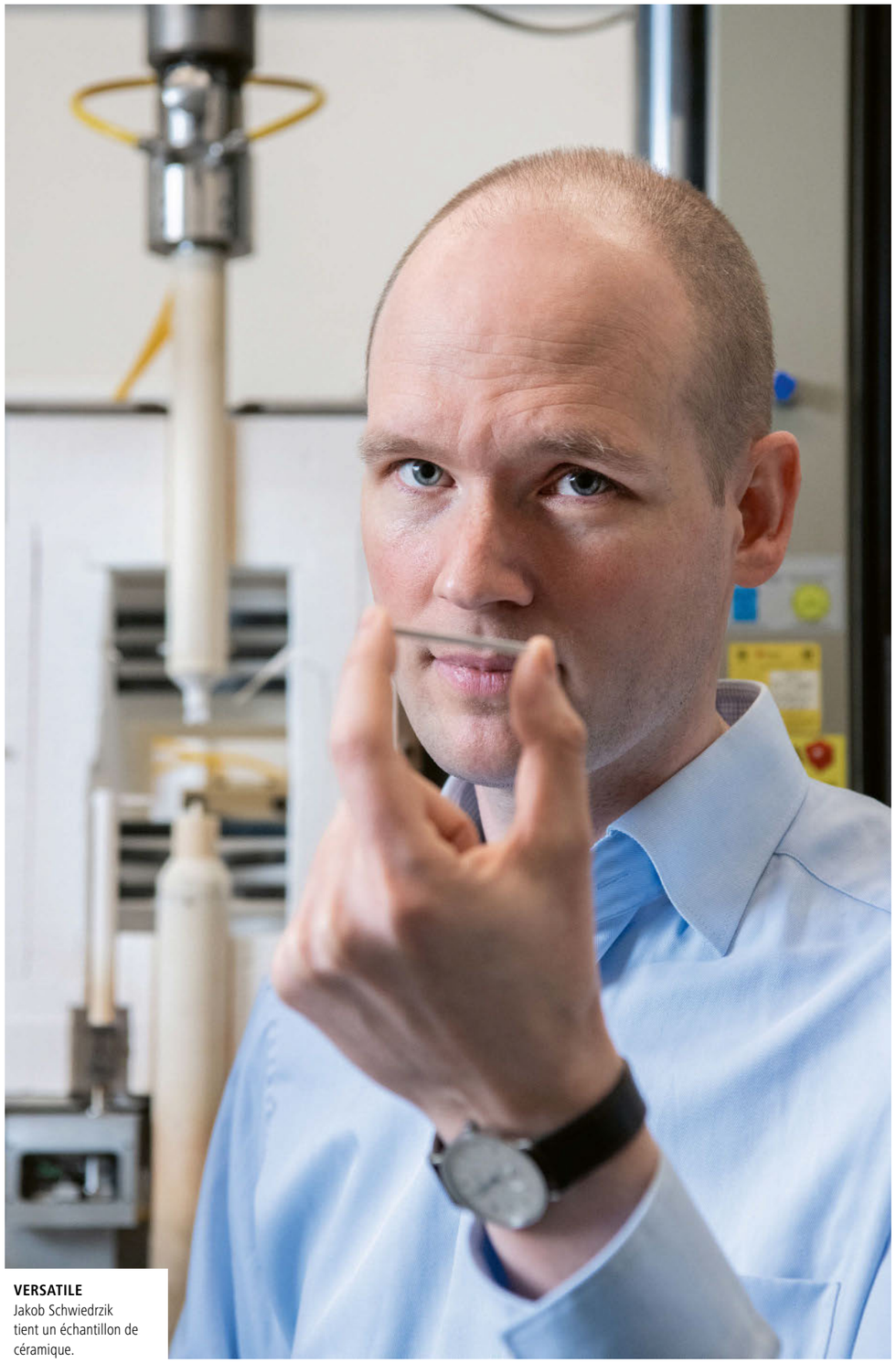


Photo : Marion Nitsch

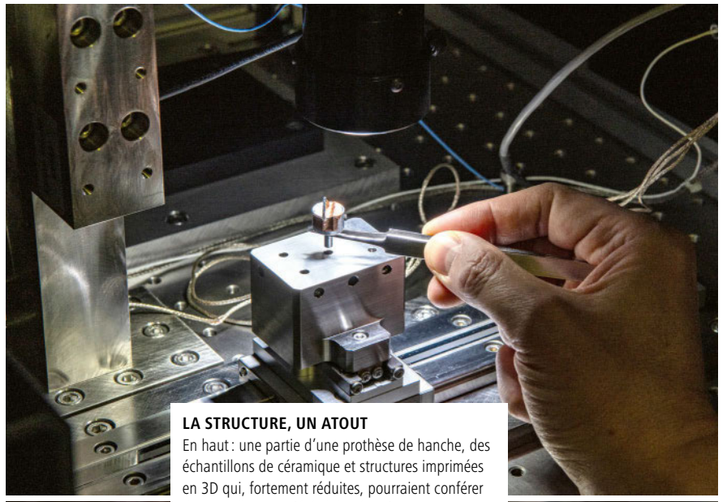
VERSATILE
Jakob Schwiedrzik tient un échantillon de céramique.

Le scientifique des matériaux qu'il est sait que la composition d'un matériau n'est que la moitié de l'affaire. Sa structure est tout aussi importante. « Si l'on structure correctement la céramique à l'échelle micro ou même nanométrique, elle peut devenir ductile et se comporter presque comme un métal », dit-il. C'est encore une vision d'avenir – mais pas inaccessible, le tout nouveau directeur de laboratoire en est convaincu. Ce sont précisément ces matériaux microstructurés, comme le sont d'une certaine manière les os, qu'il a étudiés en détail et développés lui-même avec son groupe de recherche « Architectured Materials » à l'Empa à Thoune.

Cette expertise est désormais entièrement à la disposition du laboratoire de céramique haute performance – un bon complément, selon Jakob Schwiedrzik. « Le développement de nouveaux matériaux comporte trois composantes : Le processus, la structure et les propriétés », explique le chercheur. « Grâce à mon prédécesseur Thomas Graule, notre laboratoire est très fort dans le domaine du développement de processus et de l'impression 3D de céramiques techniques. Nous pouvons maintenant compléter ce point fort avec mon expertise dans l'étude des relations entre la structure et les propriétés mécaniques en particulier. Pour cela, nous combinons la simulation et les approches expérimentales ». Grâce à son nouveau directeur, le laboratoire gagne une palette de compétences plus large. Parallèlement, le directeur élargit lui aussi son horizon. « L'interdisciplinarité m'a toujours motivé », explique Jakob Schwiedrzik.

OSER LA NOUVEAUTÉ

Un coup d'œil sur son CV le confirme. Jakob Schwiedrzik avait initialement étudié le génie mécanique à l'université technique de Vienne. « Adolescent, j'étais passionné par les sciences naturelles et la technique, en particulier par l'aéronautique », raconte-t-il. « Les études de génie mécanique m'ont semblé être un touche-à-tout : Elles offraient un large aperçu de très nombreux sujets ». Le calcul s'est avéré juste. Outre la thermo-dynamique et la dynamique des fluides, la mécanique, la science des matériaux, l'électrotechnique et l'informatique, cet étudiant avide de connaissances a découvert pendant son master un cours sur la biomécanique des tissus humains. « C'était le cours le plus difficile que j'ai eu dans ma vie », dit Jakob Schwiedrzik en riant. « Je devais non seulement comprendre l'anatomie de tous les tissus, mais aussi les décrire mathématiquement. J'avais l'impression d'avoir de la matière pour deux ans en un seul semestre ». Là où la plupart de ses camarades ont abandonné, lui a relevé le défi. « C'était très exigeant, mais aussi très intéressant. Souvent, j'étais le seul étudiant à faire les exercices. En conséquence, j'avais aussi des débriefings en tête-à-tête avec le professeur », se souvient-il.



LA STRUCTURE, UN ATOUT
En haut : une partie d'une prothèse de hanche, des échantillons de céramique et structures imprimées en 3D qui, fortement réduites, pourraient conférer de nouvelles propriétés à la céramique.
Au milieu : un échantillon d'os revêtu est soumis à des tests mécaniques dans le nanoindenter.
En bas : Schwiedrzik et le postdoctorant Kevin Both.

Photos : Marion Nitsch

JAKOB SCHWIEDRZIK

Jakob Schwiedrzik (*1986) dirige depuis le 1er août 2024 le laboratoire « Céramique haute performance » de l'Empa à Dübendorf. Il a étudié le génie mécanique à l'Université technique de Vienne et a ensuite obtenu un doctorat à l'Université de Berne dans le domaine de l'étude de la résistance des os à l'échelle microscopique. Il a obtenu son doctorat en 2014 avec la mention « summa cum laude ». Jakob Schwiedrzik a rejoint l'Empa en tant que postdoctorant au laboratoire de Thoune « Mécanique des matériaux et nanomécanique », a été promu scientifique en 2017 et a remporté la même année une « Ambizione Grant » du Fonds national suisse (FNS). En 2021, il est devenu chef de groupe pour les « Architectured Materials », également au laboratoire de mécanique des matériaux et de nanomécanique. Parallèlement à ses activités scientifiques à l'Empa, il s'engage en tant que chargé de cours à l'ETH Zurich, à l'EPFL et à l'Université de Berne.

Cette ténacité est devenue le tremplin de Jakob Schwiedrzik dans sa carrière universitaire, et le professeur, Philippe Zysset, son directeur de thèse. Il a obtenu son doctorat dans le domaine de la biomécanique osseuse. Lorsque Philippe Zysset a quitté l'Université technique de Vienne pour l'Université de Berne en 2011, le jeune doctorant l'a suivi en Suisse. Peu de temps après, il a fait la connaissance, lors d'une conférence, de Johann Michler, le directeur du laboratoire « Mécanique des matériaux et nanomécanique » de l'Empa à Thoune. Les deux chercheurs ont entamé une collaboration interdisciplinaire. Après son doctorat, Jakob Schwiedrzik a rejoint l'équipe de Johann Michler et donc la science des matériaux. Un fil rouge dans sa vie de chercheur : « A chaque étape de ma carrière, je me suis aussi un peu jeté à l'eau », sourit-il.

Heureusement, il trouve de tels plongeons rafraîchissants – aussi bien dans la recherche que littéralement, à la piscine qu'il aime fréquenter avec ses deux enfants, âgés de sept et neuf ans. « Le temps passé en famille est le meilleur équilibre pour moi », dit Jakob Schwiedrzik. Un équilibre est nécessaire, car les exigences envers un chef de laboratoire sont multiples. « Je dois aussi délibérément me réserver du temps pour réfléchir, au lieu de me précipiter d'une réunion à l'autre », explique Jakob Schwiedrzik.

LES PONTS VERS LE SUCCÈS

Schwiedrzik fait face à ses nouvelles tâches administratives avec la même curiosité et la même motivation que pour les nouveaux thèmes de la recherche. Déjà à l'Empa à Thoune, il a assumé des rôles supplémentaires comme la formation professionnelle des laborantins en physique et la collaboration au sein du service sanitaire de l'entreprise.

Mais Jakob Schwiedrzik reste un chercheur dans l'âme. Il continue à diriger son propre groupe de recherche « Architectured Materials », désormais intégré au laboratoire de céramique. « Nous renforçons ainsi également la collaboration entre les sites de l'Empa à Dübendorf et à Thoune, ce qui me réjouit beaucoup », déclare le directeur. Il considère la collaboration simple entre les différents laboratoires et domaines de recherche – l'esprit d'équipe – comme l'une des plus grandes forces de l'Empa. L'autre est sa fonction de pont entre la recherche et l'industrie. « Nous faisons une excellente recherche fondamentale qui est en même temps orientée vers l'application – et nous essayons de la mettre en œuvre immédiatement avec nos partenaires industriels », explique Jakob Schwiedrzik.

La céramique suscite justement un grand intérêt de la part de l'industrie, notamment dans les domaines des techniques environnementales, de l'énergie et de la médecine. « La crise climatique, le tournant énergétique et le vieillissement de la société sont des défis sociaux importants auxquels nous pouvons apporter une contribution directe », souligne le directeur du laboratoire. Malgré la multitude de problèmes auxquels notre société est actuellement confrontée, Jakob Schwiedrzik envisage l'avenir avec optimisme, car « un défi est toujours une chance d'évoluer ». ■

L'ÉNERGIE RENOUVELABLE, UNE CHANCE POUR L'ÉCONOMIE

L'EXPERTE
Nathalie Casas, directrice du département Energie, mobilité et environnement de l'Empa, s'exprime lors du « Green Day 2025 ».

Le 9 mai, la manifestation d'impulsion « Green Day 2025 » aura lieu au Innovation Park Ost de Saint-Gall. L'événement a pour but de montrer quelles opportunités s'ouvrent aux PME suisses innovantes grâce aux énergies renouvelables et à l'économie circulaire. Nathalie Casas, membre de la direction de l'Empa, fera partie des orateurs. Elle parlera de l'initiative de recherche à grande échelle de l'Empa « Mining the Atmosphere » et de la manière dont nous pouvons utiliser le CO_2 atmosphérique pour fabriquer des matières plastiques, des médicaments, des carburants et bien d'autres choses encore.

UNE GORGÉE DE SCIENCE

Beaucoup de gens associent la science à de mauvais souvenirs d'école. Cela n'est pas nécessaire, selon les chercheurs de l'Empa à Saint-Gall. Pour la troisième fois consécutive, ils organisent l'édition saint-galloise du festival scientifique mondial « Pint of Science ». Des chercheurs de différentes institutions, universités et entreprises autour de Saint-Gall se rendent à cette occasion dans des bars et des cafés de la ville et parlent de leurs recherches à un large public dans une atmosphère détendue. « Pint of Science » aura lieu du 19 au 21 mai. Les thèmes et les lieux des manifestations sont disponibles sur le site web du festival.

INHABITUEL
Au lieu de parler dans des salles de séminaire et de conférence, les chercheurs s'expriment dans des bars et des cafés lors de « Pint of Science ».

Photos : Marion Nitsch; Empa

Graphique : Empa

DES INNOVATIONS POUR UN APPAREIL LOCOMOTEUR EN BONNE SANTÉ

Afin d'accélérer le transfert des résultats des laboratoires de l'Empa vers la pratique clinique, l'Empa invite des spécialistes du secteur de la santé à un nouveau « Technology Briefing » le 27 mai 2025. Les chercheurs de l'Empa présenteront les dernières découvertes en matière de santé musculo-squelettique et montreront comment l'imagerie innovante, la biomécanique et le développement technologique qui en découle peuvent améliorer le diagnostic et le traitement des maladies de l'appareil locomoteur. Des techniques d'imagerie multi-échelles aux modèles spécifiques aux patients, la science et la pratique ouvrent ensemble de nouvelles voies dans la médecine musculo-squelettique. Pour plus d'informations sur le programme et pour l'inscription, voir ici :

ÉVÉNEMENTS

(en allemand et en anglais)

28. – 30. APRIL 2025
URBAN SOUND SYMPOSIUM
Zielpublikum: Wissenschaft und Fachleute
urban-sound-symposium.org
Empa, Dübendorf

12. MAI 2025
Topical Day of Imaging and Image Analysis
Zielpublikum: Wissenschaft und Industrie
www.empa-akademie.ch/imaging
Empa, Dübendorf

22. MAI 2025
Kurs: High-Tech Keramik
Zielpublikum: IngenieurInnen, TechnikerInnen, KonstrukteurInnen
www.empa-akademie.ch/keramik
Empa, Dübendorf

27. MAI 2025
Technology Briefing: Innovationen für einen gesunden Bewegungsapparat
Zielpublikum: Industrie & Wirtschaft
www.empa-akademie.ch/technologybriefing2025
Empa, Dübendorf

11. – 13. JUNI 2025
Aerogel Industry-Academia Forum 2025
Zielpublikum: Industrie und Wissenschaft
aia-forum.empa.ch
Empa, Dübendorf

24. JUNI 2025
wissen2go
Zielpublikum: Öffentlichkeit
www.empa.ch/web/w2go
Online

VOUS TROUVEREZ TOUS NOS ÉVÉNEMENTS ICI :

THE PLACE WHERE INNOVATION STARTS.

Empa

Materials Science and Technology