

Empa Quarterly

RECHERCHE & INNOVATION II #84 II JUILLET 2024

FOCUS : JOURNÉE PORTES OUVERTES

DÉCOUVREZ LA SCIENCE

**PORTES
OUVERTES**
Empa Dübendorf
14 septembre
2024

CÉRAMIQUES SENSIBLES
SÉISME EN LABORATOIRE
CONSTRUCTION POUR LE CLIMAT

[CONTENU]

[FOCUS : JOURNÉE PORTES OUVERTES]



20



28



30



08



13

[FOCUS]

08 BIENVENUE

Une visite de la forge suisse de l'innovation

10 « MINING THE ATMOSPHERE »

« Beyond Zero » : Construction pour le climat

13 « ICOS CITIES »

Combien de CO₂ émet Zurich ?

16 ROBOTIQUE MOLLE

Céramique sensible

18 MOBILITÉ

ÉLECTRIQUE

Chargement sans câble

20 TECHNOLOGIE MÉDICALE

Poussière d'étoiles

22 TECHNOLOGIE QUANTIQUE

Un œil pour l'invisible

24 ACCUMULATEUR DE CHALEUR

Recherche souterraine

26 CONSTRUCTION

Secoué, pas remué

28 BATTERIE AU SEL

La batterie inflammable

30 SPIN-OFF

Des cellules solaires sorties de l'imprimante

31 APPRENTIS

Musique sous haute tension

[RUBRIQUES]

04 LA PHOTO

06 BRIÈVEMENT

32 ZUKUNFTSFONDS

Aller à la racine du mal de dos

34 EN ROUTE



[COUVERTURE]



C'est ici que l'avenir se construit : de jeunes chercheurs du laboratoire « Cellulose & Wood Materials » de l'Empa dans leur nouveau laboratoire sur le campus de recherche « co-operate », où ils étudient des matériaux durables et biodégradables comme alternatives au plastique. De gauche à droite : Carolina Reyes, Jorge Sanchez, Enrico Boschi, Luana Amoroso et (caché) Ash Sinha. Image : Marion Nitsch

[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 : Tel. +41 58 765 47 33

empaquarterly@empa.ch

www.empaquarterly.ch

PUBLICATION :

publié quatre fois par an

PRODUCTION :

anna.ettlin@empa.ch



myclimate.org/01-24-300248



ISSN 2673-1746

Empa Quarterly (édition française)

POSER LES JALONS ENSEMBLE

Chères lectrice, cher lecteur,

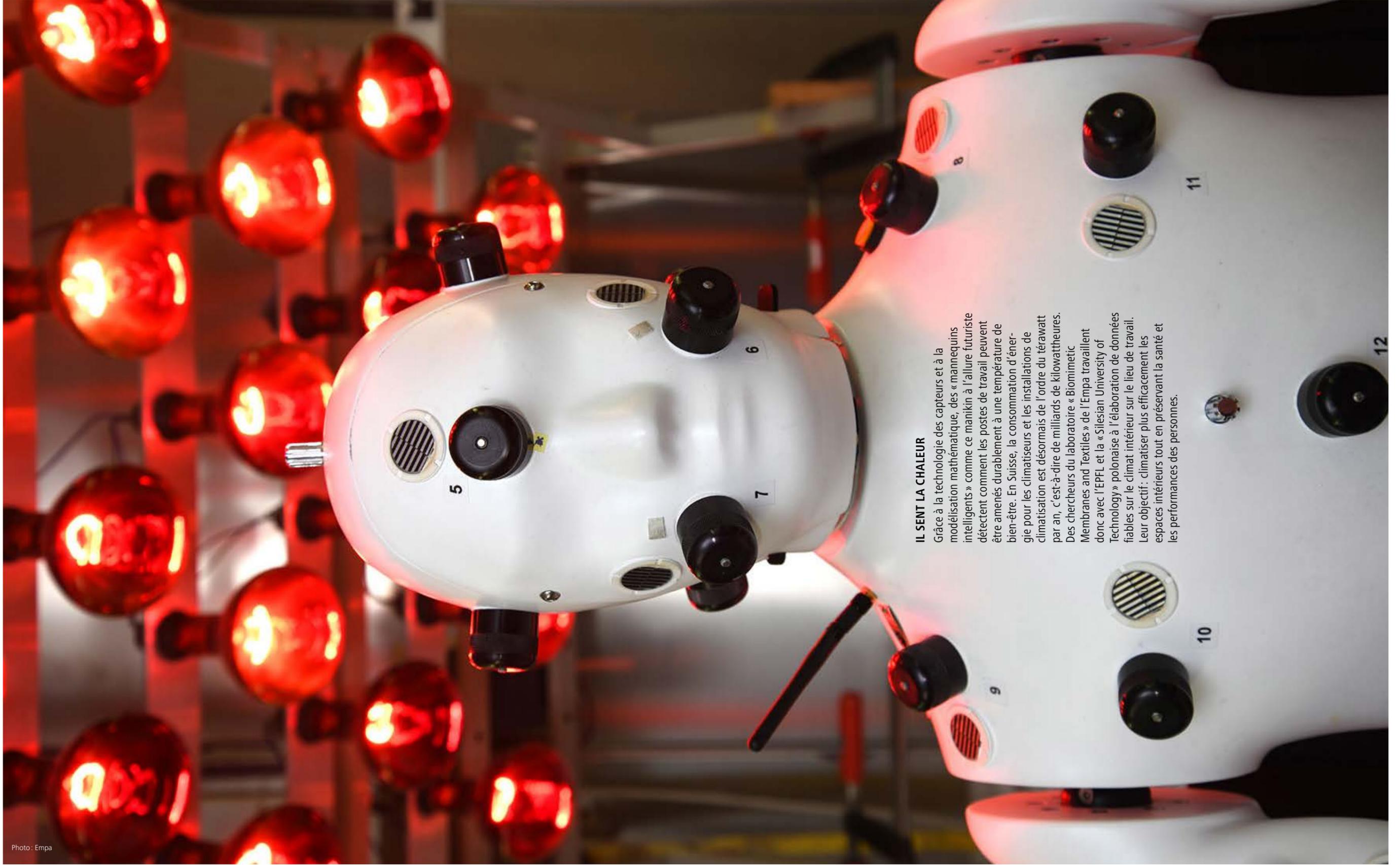


Pénurie d'énergie, crise climatique, montagnes de déchets d'une part – ressources en diminution d'autre part, société vieillissante : autant de défis complexes qui nous attendent. La recherche peut (et doit!) apporter sa contribution et élaborer de nouvelles approches technologiques, par exemple pour un approvisionnement énergétique durable et sûr ou une économie circulaire. Quant à savoir si celles-ci seront largement acceptées par la société, c'est une autre histoire. La question centrale est la suivante : quels inconvénients sommes-nous prêts à accepter pour « acheter » certains avantages ? Même s'il ne s'agit « que » de changements de comportement ou de coûts élevés, comme c'est le cas, il faut le reconnaître, pour le nettoyage de l'atmosphère du CO₂ d'origine humaine selon la nouvelle initiative de l'Empa « Mining the Atmosphere ». Car ces dernières ne sont rien d'autre que nos « taxes de recyclage » impayées lorsque nous rejetons le CO₂ dans l'air en brûlant des énergies fossiles. Ce discours doit inclure tous les acteurs de la société, c'est-à-dire être transdisciplinaire, et ne doit en aucun cas se limiter à la bulle scientifique et technologique. La pandémie nous l'a clairement montré.

Pour cela, un dialogue ouvert et basé sur la confiance est nécessaire. Notre journée portes ouvertes de la mi-septembre sur le nouveau campus de recherche « co-operate » en sera l'occasion. Le dernier numéro de Quarterly en donne un avant-goût. Je serais heureux de rencontrer l'un ou l'autre personnellement et d'en discuter avec vous.

D'ici là, je vous souhaite une bonne lecture!

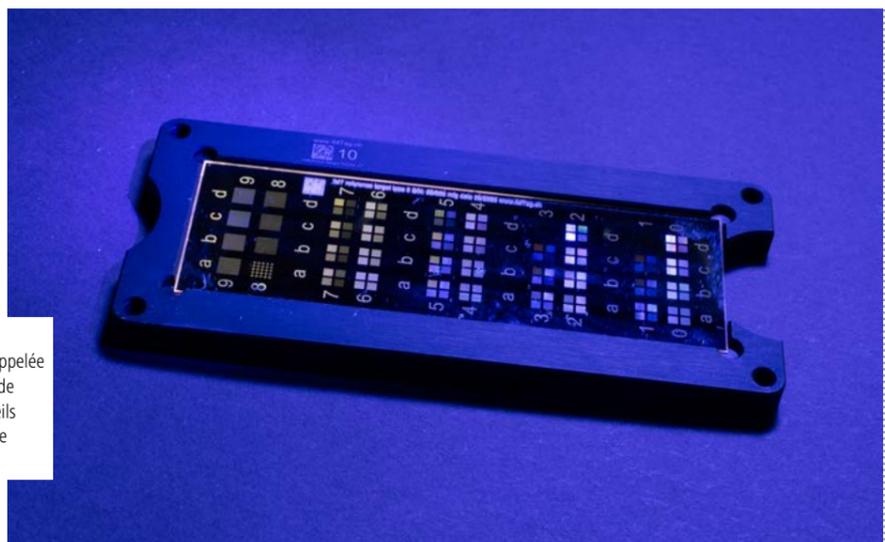
Votre MICHAEL HAGMANN



IL SENT LA CHALEUR

Grâce à la technologie des capteurs et à la modélisation mathématique, des « mannequins intelligents » comme ce manikin à l'allure futuriste détectent comment les postes de travail peuvent être amenés durablement à une température de bien-être. En Suisse, la consommation d'énergie pour les climatiseurs et les installations de climatisation est désormais de l'ordre du térawatt par an, c'est-à-dire de milliards de kilowattheures. Des chercheurs du laboratoire « Biomimetic Membranes and Textiles » de l'Empa travaillent donc avec l'EPFL et la « Silesian University of Technology » polonaise à l'élaboration de données fiables sur le climat intérieur sur le lieu de travail. Leur objectif : climatiser plus efficacement les espaces intérieurs tout en préservant la santé et les performances des personnes.

UN MEILLEUR ÉTALONNAGE POUR UN DIAGNOSTIC PLUS RAPIDE



FLUORESCENCE
Cette plaquette, appelée « target », permet de calibrer les appareils médicaux avec une grande précision.

Le séquençage de l'ADN et la microscopie à fluorescence sont des techniques importantes pour la médecine et la recherche. Ils permettent de diagnostiquer des maladies avec précision, de passer au crible les cellules et les gènes et de développer des thérapies personnalisées. Les appareils ultrasensibles dont on a besoin pour cela ne fonctionnent toutefois de manière fiable que s'ils sont réglés et calibrés avec précision. Des chercheurs de l'Empa du laboratoire « Surface Science & Coating Technologies » ont développé, en collaboration avec l'entreprise IMT AG de Greifensee, des cibles d'étalonnage spéciales pour les séquenceurs d'ADN et les microscopes à fluorescence, grâce auxquelles les systèmes fonctionnent plus rapidement et de manière plus fiable.



RECHERCHE POUR LES ENFANTS : CE QUE LA GLACE SAIT DU CLIMAT

Les carottes de glace constituent des archives climatiques uniques. Des chercheurs de l'Empa du laboratoire « Polluants atmosphériques / Techniques environnementales » travaillent sur des méthodes permettant de déterminer de manière exacte les concentrations de gaz à effet de serre dans de tels échantillons gelés. Pour cela, ils ont déjà participé à des expéditions en Antarctique. Lors d'une telle expédition, Bernhard Bereiter, alors post-doctorant à l'Empa, a photographié une carotte de glace à la lumière du soleil. Sa photo orne désormais la couverture du livre « Frozen in Time » de l'auteure américaine Carmella Van Vleet, qui familiarise les écoliers avec la recherche climatique à l'aide de carottes de glace.



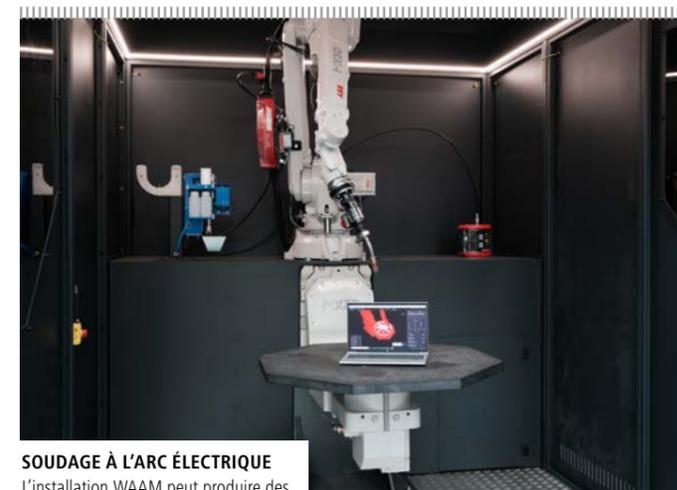
CAROTTES DE GLACE
La photo de couverture a été prise par un chercheur de l'Empa dans l'Antarctique.



Photos : Empa

Photos : Empa, Konsta Punkka

UNE INSTALLATION HIGH-TECH POUR DES STRUCTURES FILIGRANES



SOUDAGE À L'ARC ÉLECTRIQUE
L'installation WAAM peut produire des structures métalliques de grande taille, mais néanmoins délicates.

« Wire-Arc Additive Manufacturing » (WAAM) est une méthode de fabrication de grandes pièces métalliques complexes comme des ponts, des poutres et des poteaux métalliques ou des renforts en acier pour des formes complexes en béton. Avec cette technique innovante – un mélange d'impression 3D robotisée et de soudage à l'arc – les chercheurs de l'Empa veulent contribuer à optimiser ces grandes structures métalliques et à réduire les besoins en énergie et en ressources pour leur fabrication.



DONNÉES DE L'EMPA POUR LE « KLIMAMONITOR » DE LA SRF



MESURES DE CO₂ EN TEMPS RÉEL
La station de recherche du Jungfraujoch surveille la concentration de CO₂ dans l'atmosphère.

« Au cœur de la planète – des faits et des chiffres quotidiens sur le climat », c'est ainsi que le site Internet de la radio et télévision suisse SRF fait la promotion de son « Klimamonitor ». Une partie des données publiées en ligne, à savoir les concentrations de CO₂ mesurées au Jungfraujoch, sont fournies par des chercheurs du département « Polluants atmosphériques / Techniques environnementales » de l'Empa. Les données sont collectées dans le cadre du réseau national d'observation des polluants atmosphériques (NABEL) et de l'infrastructure de recherche européenne « Integrated Carbon Observation System » (ICOS, p. 13) à la station de recherche du Jungfraujoch.



UNE VISITE DE LA FORGE SUISSE DE L'INNOVATION

Comment ça marche, la recherche? Sur quoi les chercheurs planchent-ils dans leurs laboratoires? Et qu'est-ce que cela fait d'être chercheur, scientifique ou ingénieur? Les réponses à ces questions seront données lors de la journée portes ouvertes de l'Empa le 14 septembre.

Texte: Tanja Zimmermann

Bien que nous fassions régulièrement (et volontiers) état de toutes les innovations passionnantes qui sortent de nos laboratoires – notamment dans notre magazine de recherche Empa Quarterly –, les personnes qui se cachent derrière notre recherche restent souvent de simples « instruments au service du progrès », pour exprimer cela d'une manière un peu académique. Pourtant, ce sont justement eux, nos chercheurs, qui, avec leurs idées intelligentes, nous permettent d'avancer vers un avenir durable. Ne serait-il pas plus passionnant de pouvoir

observer les créateurs au travail, de vivre la recherche en direct – au lieu de lire « seulement » dans le journal qu'une nouvelle technologie de batterie ou un béton neutre en CO₂ ont été développés?

UN CAMPUS DE RECHERCHE FLAMBANT NEUF

C'est précisément ce que nous voulons offrir à tous les visiteurs intéressés et curieux en organisant une journée portes ouvertes. Et nous avons une occasion parfaite pour le faire: cet été, nous avons terminé et commencé l'exploitation de notre nouveau campus de recherche « co-operate ». C'est désormais, au sens littéral, « The Place where Innovation

ICI VIT LA SCIENCE

Visitez le nouveau bâtiment de laboratoires (à gauche), le NEST (à droite) et plus encore en septembre.

Plus d'images du campus de recherche



Starts». Et un lieu impressionnant qui plus est: Ultramoderne et doté de toutes sortes d'innovations technologiques, « co-operate » symbolise notre objectif de rendre l'ensemble du campus neutre en CO₂ à moyen terme, notamment grâce à un grand champ de sondes géothermiques qui nous permettra de stocker la chaleur de l'été pour les mois d'hiver.

Le 14 septembre 2024, nous présenterons autour du NEST et bien sûr aussi dans les nouveaux bâtiments de « co-operate » environ 70 de nos projets de recherche ainsi que toutes sortes de choses passionnantes à faire et à

tester. La thématique tourne autour de nos principaux domaines de recherche et des grands défis auxquels nous sommes actuellement confrontés en tant que société: Comment réussir le tournant énergétique – et le plus rapidement possible? L'objectif net zéro est un impératif pour nous tous – mais est-ce suffisant? Et qu'en est-il des technologies dites « à émissions négatives »? À quoi ressemble une véritable économie circulaire? Et comment les nouveaux matériaux et technologies permettent-ils un traitement personnalisé de différentes maladies?

UN COUP D'ŒIL EN COULISSES

Autant de questions auxquelles il est urgent de répondre. Nos chercheurs y travaillent jour après jour. Le 14 septembre, vous pourrez les observer et découvrir ainsi la recherche de près. Je me réjouis de votre visite! ■

PORTES OUVERTES
14 SEPTEMBRE
EMPA DÜBENDORF



« BEYOND ZERO » : CONSTRUCTION POUR LE CLIMAT

Avec « Mining the Atmosphere », l'Empa propose rien moins qu'un changement de paradigme : passer d'une société émettrice de CO₂ à une société fixant le CO₂. Il s'agit d'utiliser le gaz à effet de serre comme une matière première précieuse – par exemple comme agrégat à base de carbone pour le béton ou comme matériau d'isolation thermique – et de le stocker à long terme. Dans l'unité NEST « Beyond Zero », de tels matériaux sont utilisés et testés pour la première fois. La recherche, l'industrie et la planification y travaillent main dans la main. Dans cette interview, Nathalie Casas (Empa), Corinne Reimann (Implenia) et Christoph Kellenberger (OOS) examinent ce projet d'avenir sous différentes perspectives.

Interview : Annina Schneider



EN DISCUSSION AVEC

De g. à dr. : Corinne Reimann, responsable Garantie, Implenia Suisse SA, Nathalie Casas, responsable du département « Energie, mobilité et environnement » et membre de la direction de l'Empa, et Christoph Kellenberger, cofondateur et membre de la direction, OOS.

Photo: Marion Nitsch

Nathalie Casas, pourquoi devons-nous agir? Pourquoi a-t-on besoin de « technologies à émissions négatives » (NET)?

Nathalie Casas: Les émissions de CO₂ augmentent chaque minute. Aujourd'hui, nous avons déjà émis trop de CO₂ pour pouvoir atteindre l'objectif climatique de 1,5 degré. Cela signifie que nous devons agir! Avec les NET, c'est-à-dire les « technologies à émissions négatives », nous pouvons extraire le CO₂ excédentaire de l'air et nettoyer ainsi l'atmosphère de manière rétroactive. Outre les émissions historiques, il y aura toutefois aussi à l'avenir des émissions difficiles à éviter. Il s'agit d'émissions qui ne peuvent pas ou difficilement être réduites avec les technologies actuelles ou futures, comme les émissions de l'aviation ou de l'agriculture. Nous devons les compenser avec les NET.

« Le plus important : Nous devons passer du « Climate-Talk » au « Climate-Action ». »

Nathalie Casas, Empa

L'initiative « Mining the Atmosphere » a été lancée avec succès. La construction de l'unité « Beyond Zero » dans le bâtiment de recherche et d'innovation NEST à l'Empa est en cours de planification. Que faut-il faire ensuite?

Nathalie Casas: Beaucoup de choses! Le plus important, ce sont les actions : Nous devons passer du « Climate-Talk »

au « Climate-Action ». Nous devons rendre commercialisables les nouvelles technologies qui se trouvent encore au niveau du laboratoire et mettre en œuvre celles qui sont déjà prêtes à être commercialisées. Avec l'unité NEST « Beyond Zero » prévue, nous faisons avancer les choses dans le secteur de la construction. Dans cette unité, de nouveaux matériaux qui réduisent les émissions CO₂ ou qui sont déjà négatifs en termes de CO₂ seront testés et mis en œuvre. Ces matériaux innovants fonctionnent en laboratoire, mais ils sont maintenant mis à l'échelle et prêts à être commercialisés. Cela soulève de nombreuses questions, par exemple : Comment sont-ils produits ? Existe-t-il des directives en la matière ? Il est important de travailler avec les bons partenaires.

Pourquoi est-il important d'impliquer des planificateurs dès le développement de nouveaux matériaux de construction, Christoph Kellenberger ?

Christoph Kellenberger : D'une part, nous, les architectes, déterminons avec le projet le principe de construction et donc les matériaux de construction pour un bâtiment. Il est donc utile d'associer les concepteurs au développement de nouveaux matériaux de construction, car cela permet d'intégrer des connaissances pratiques dans le processus d'innovation. D'autre part, nous pouvons également apporter de nouvelles connaissances au secteur de la planification et de la construction, et montrer pourquoi nous pouvons utiliser tel ou tel nouveau matériau de construction neutre ou négatif en termes de CO₂. Il s'agit en effet de constituer maintenant ce réservoir de carbone dans le parc immobilier.

UNITÉ NEST « BEYOND ZERO »

L'unité NEST « Beyond Zero » promeut les innovations prometteuses en matière de réduction et de neutralisation des émissions de CO₂ dans le secteur du bâtiment et montre si et comment les bâtiments pourraient servir de puits de carbone. L'unité utilise des matériaux de construction innovants développés à l'Empa, tels que le béton ou les matériaux d'isolation, qui peuvent lier le carbone. Le projet analyse également la faisabilité globale de ces technologies et montre comment la transformation de l'industrie de la construction pourrait être réalisée. « Beyond Zero » est actuellement en cours de planification. Plus d'informations : nest.empa.ch/beyondzero

Comment évaluez-vous le potentiel économique des NET dans le secteur de la construction, Corinne Reimann ?

Corinne Reimann : Les NET sont une grande chance pour le secteur de la construction. En effet, elles permettent au secteur de contribuer de manière décisive à la durabilité, par exemple à l'aide de matériaux neutres ou négatifs en termes de CO₂, comme le béton. Actuellement, le secteur est un peu à la traîne en matière de durabilité, mais il dispose d'un énorme levier avec de tels matériaux.

Quels sont les principaux défis de ce projet ?

Corinne Reimann : Si la fonctionnalité du nouveau béton est garantie, de sorte qu'il puisse être utilisé comme alternative au béton traditionnel, la quantité potentiellement utilisable est énorme. Ensuite, je ne vois comme obstacle que la rentabilité, c'est-à-dire le prix du nouveau béton. Et cet obstacle ne doit pas être sous-estimé : Car ce que l'on observe jusqu'à présent, c'est un manque de volonté de supporter des coûts supplémentaires. Cela se voit

déjà à petite échelle, par exemple pour un robinet économiseur d'eau : si cela est rentable, tout le monde est partant, mais dès que cela devient plus cher, la volonté est malheureusement faible. Je suis d'avis que nous ne pouvons entamer cette transformation qu'à l'aide de subventions, car en fin de compte, le secteur de la construction doit agir de manière économique.

Christoph Kellenberger : Tout à fait. Mais comme je l'ai mentionné précédemment, je vois un autre point crucial dans la transmission des connaissances – bien sûr en plus des matériaux de construction, des produits et des principes de construction adaptés au marché. Il faut présenter de manière transparente et compréhensible comment ceux-ci peuvent être utilisés et quel effet ils permettent d'obtenir. Le moyen le plus simple de parvenir à une large utilisation est de dire que les nouveaux matériaux sont « nettement meilleurs » que ce qui existe actuellement sur le marché. Dans ce cas, de nouveaux fournisseurs pousseront ces nouveaux produits. Mais revenons-en à la transmission des connaissances : Je suis d'avis que nous devons d'une part montrer clairement au secteur de la planification et de la construction qu'avec environ 40 % des émissions actuelles de CO₂ pour l'exploitation et la construction, ils disposent d'un levier considérable pour la réduction des émissions de CO₂. D'autre part, il faut de nouvelles solutions de construction simples et praticables pour l'utilisation de tels matériaux qui stockent le carbone dans le parc immobilier. Ces connaissances doivent être intégrées dans la pratique quotidienne. ■



Lisez l'interview complète ici et apprenez-en plus sur les opportunités et les risques possibles et sur qui doit apporter quelle contribution à ce changement de paradigme.

COMBIEN DE CO₂ ÉMET ZURICH ?

Pour atteindre le zéro net, nous devons réduire rapidement et efficacement nos émissions de CO₂. Un projet de l'UE avec la participation de l'Empa a choisi Zurich comme l'une des trois villes pilotes en Europe pour mesurer et modéliser précisément ses émissions de dioxyde de carbone. Les résultats obtenus aideront les villes à atteindre leurs objectifs climatiques.

Texte : Anna Ettlin

DISCRETS

Deux appareils de mesure du CO₂ sur un lampadaire à Zurich.



Photo : Pekka Pelkonen, ICOS RI

Les villes sont la plus grande source de gaz à effet de serre au monde. Près de 70 % de toutes les émissions anthropogènes sont générées dans, autour et par les villes. En même temps, elles disposent d'une grande marge de manœuvre pour réduire ces émissions. De nombreuses zones urbaines ont des objectifs climatiques plus ambitieux que leurs pays respectifs – c'est le cas de la ville de Zurich, qui souhaite atteindre un bilan net nul dès 2040. Pour réduire les émissions de gaz à effet de serre en si peu de temps, il faut des données fiables. Elles montrent les progrès, reflètent l'efficacité des mesures, et créent des incitations en rendant les émissions plus visibles et plus tangibles. « Il n'y a pas de régime qui réussisse sans une balance », résume Lukas Emmenegger, directeur du laboratoire « Émissions atmosphériques / Techniques environnementales » de l'Empa.

Mais comment mesurer les émissions de toute une ville ? C'est la question à laquelle s'intéresse le projet européen « ICOS Cities », dont Zurich est l'une des trois villes pilotes avec Paris et Munich. Dans le cadre d'« ICOS Cities », des scientifiques veulent développer, en



collaboration avec des administrations municipales, des méthodes de mesure et de modélisation des émissions dans les villes. Le fait que Zurich soit l'une des trois villes « sélectionnées » n'est pas dû au hasard. « La ville possède déjà des données de grande qualité sur ses émissions, dispose d'un « jumeau numérique » et est très ouverte dans l'utilisation de ces ressources », explique Lukas Emmenegger. Mais l'Empa y a aussi contribué : « Au lancement d'« ICOS Cities », nous avons déjà un réseau de mesure du CO₂ dans toute la Suisse, y compris à Zurich », explique Dominik Brunner, chercheur à l'Empa.

MESURER LES ÉMISSIONS...

Dans le cadre d'« ICOS Cities », les chercheurs de l'Empa ont étendu ce réseau à 60 sites répartis dans toute la ville. Les petits appareils de mesure bon marché sont discrètement suspendus aux réverbères et aux arbres de l'Uetliberg à Irchel. Ce réseau de capteurs « low-cost » est complété par un réseau de capteurs « mid-cost ». En collaboration avec Swisscom, les chercheurs de l'Empa ont pu installer une vingtaine d'instruments plus complexes près d'antennes de téléphonie mobile en ville. Une tour de mesure installée sur le toit d'un immeuble de la Hardau complète l'éventail des

mesures. Des mesures de haute précision y ont été temporairement effectuées sous la direction de l'Université de Bâle afin de mesurer d'autres gaz à effet de serre comme le méthane et le protoxyde d'azote et de comprendre les flux complexes de CO₂ au-dessus de la ville.

En effet, les mesures ponctuelles de la concentration de CO₂ n'en disent pas encore beaucoup sur les émissions. La topographie complexe de la ville, notamment celle de Zurich, crée des flux d'air difficilement prévisibles qui peuvent rapidement éloigner le gaz à effet de serre de sa source d'émission.

« Un autre défi consiste à distinguer les émissions anthropiques du cycle naturel du CO₂ dans l'atmosphère », explique Dominik Brunner. Les grandes forêts qui entourent la ville « respirent » chaque jour de grandes quantités de dioxyde de carbone. L'Université de Bâle mesure et étudie également ces fluctuations naturelles par les plantes.

... ET LES COMPRENDRE

Les chercheurs de l'Empa intègrent ces données et toutes les autres données du projet – et elles sont nombreuses – dans leurs modèles. La modélisation est la dernière étape, et la plus importante,

PORTES OUVERTES
CHANGEMENT
CLIMATIQUE



pour comprendre les émissions de la ville. Où se forme le CO₂ mesuré? Quelle est l'influence de la météo sur les concentrations? Quelle est la part naturelle et la part anthropique?

Les réponses à ces questions, l'équipe autour de l'expert en modélisation Dominik Brunner les cherche en collaboration avec des partenaires à l'étranger. Pour ce faire, ils développent deux modèles : l'un montre à environ un kilomètre près comment la ville libère du dioxyde de carbone. Le second modèle « voit » même des bâtiments individuels. « Nous comparons ces modèles avec les estimations d'émissions de la ville, ce que l'on appelle l'inventaire CO₂ », explique Dominik Brunner. Le travail, notamment sur le modèle complexe à haute résolution, n'est pas encore tout à fait terminé. Mais les résultats sont prometteurs. Pour l'hiver 2022/23, les chercheurs ont par exemple pu mesurer et modéliser une réduction sensible : La ville avait alors sensiblement réduit sa consommation d'énergie en raison de la crise énergétique. Les modèles fonctionnent.

UN « LIVRE DE RECETTES » POUR LA DURABILITÉ

Cette compétence en matière de modélisation est une autre raison pour laquelle c'est justement Zurich qui a été choisie comme ville pilote. « L'Empa est l'un des rares instituts au monde à réunir sous un même toit à la fois des mesures et des modélisations », dit Lukas Emmenegger. En tant que partenaire fondateur du Réseau national d'observation des polluants atmosphériques (NABEL), en service depuis 1979, l'Empa peut se targuer d'une longue « carrière » dans la mesure des gaz (à l'état de traces) dans l'air.

ICOS

L'« Integrated Carbon Observation System » (ICOS) est une infrastructure de recherche européenne qui étudie le cycle global du carbone et son influence sur les activités humaines. Actuellement, ICOS collecte des données standardisées et librement accessibles de plus de 180 stations de mesure dans 16 pays. La Suisse y participe avec des stations situées au Jungfraujoch et à Davos. Avec le projet « ICOS Cities », ICOS veut créer des bases pour élargir ses trois axes existants – atmosphère, océans et écosystèmes – aux villes en tant qu'émetteurs importants de CO₂. ICOS Suisse se compose des institutions ETH Zurich, Empa et WSL, des universités de Berne et de Bâle ainsi que de MétéoSuisse.

Si, dans les années 1970, seuls les polluants étaient au centre des préoccupations, le dioxyde de carbone et d'autres gaz à effet de serre occupent aujourd'hui aussi les chercheurs. En développant et en comparant différentes méthodes de mesure et différents modèles dans le cadre d'« ICOS Cities », ils veulent élaborer une sorte de livre de recettes pour Zurich et d'autres villes, avec différentes recettes pour surveiller leurs émissions de CO₂. Le projet se poursuit jusqu'en 2025, après quoi ce sera au tour des villes de cuisiner ce qu'elles veulent avec les « recettes » issues du projet. « La ville de Zurich est un partenaire important et engagé dans le projet », déclare Lukas Emmenegger. « Nous espérons que nos conclusions l'aideront à atteindre ses objectifs climatiques ».



PERSPECTIVE

Sur le toit d'un immeuble de grande hauteur à Hardau, des mesures intermittentes de haute précision enregistrent la concentration de divers gaz à effet de serre et leurs flux complexes au-dessus de la ville, dans le cadre de l'approche multimodale du projet « ICOS Cities ».



Photo : Pekka Pelkonen, ICOS RI

CÉRAMIQUE SENSIBLE

Des robots avec un sens du toucher et qui perçoivent les différences de température ? Un matériau inattendu rend cela possible. Au laboratoire de céramique haute performance de l'Empa, les chercheurs développent des matériaux de détection souples et intelligents à base de particules de céramique.

Texte : Anna Ettl



FLEXIBLE

Le chercheur de l'Empa Christopher Bascucci fait la démonstration d'un matériau souple qui peut être doté de capteurs en céramique.

Lorsque l'on parle de « céramique », la plupart des gens pensent à des tasses à café, du carrelage de salle de bain ou des pots de fleurs. Ce n'est pas le cas de Frank Clemens. Pour le chef de groupe de recherche du laboratoire « High-Performance Ceramics » de l'Empa, la céramique peut conduire l'électricité, être intelligente – et même ressentir. En effet, Frank Clemens et son équipe développent des matériaux de détection souples à base de céramique. De tels capteurs « sentent » par exemple la température, la dilatation, la pression ou l'humidité, ce qui les rend intéressants pour une utilisation en médecine, mais aussi dans le domaine de la « soft robotics » – la robotique douce.

Céramique souple – comment cela peut-il être possible ? Par céramique, les chercheurs en matériaux comme Frank Clemens entendent un matériau inorganique non métallique qui est fabriqué à partir d'un assemblage de particules libres dans un processus dit de frittage à haute température. La composition de la céramique peut varier – et donc ses propriétés également. Inutile de chercher de la faïence et de la porcelaine dans le laboratoire de Frank Clemens. Les chercheurs travaillent avec des matériaux tels que le niobate de potassium et de sodium et l'oxyde de zinc, mais aussi avec des particules de carbone.

Tous ces matériaux ne sont pas mous. Pour en faire des capteurs souples, les chercheurs les intègrent dans des matières plastiques extensibles. « Nous travaillons avec ce que l'on appelle des systèmes hautement chargés », explique Frank Clemens. « Nous prenons une matrice en thermoplastique et la remplissons d'autant de particules de céramique que possible, sans compromettre la ductilité de la matrice ». Si cette matrice hautement remplie est ensuite étirée,

comprimée ou soumise à des variations de température, la distance entre les particules de céramique change et, par conséquent, la conductivité électrique du capteur. Il n'est pas nécessaire que toute la matrice soit remplie de céramique, souligne Frank Clemens : grâce à l'impression 3D, les chercheurs peuvent également intégrer les capteurs en céramique dans des composants flexibles comme des sortes de « circuits nerveux ».

SÉLECTIVES ET INTELLIGENTES

La fabrication de capteurs céramiques souples n'est toutefois pas triviale. En règle générale, les capteurs souples sont sensibles à différentes influences environnementales en même temps, comme la température, la dilatation et l'humidité. « Mais si l'on veut les utiliser dans la pratique, il faut savoir ce que l'on mesure », explique Frank Clemens. Son groupe de recherche a réussi à fabriquer des capteurs souples qui réagissent de manière très sélective uniquement à la pression ou à la température. Les chercheurs ont intégré ces capteurs dans une main prothétique. La prothèse « sent » la flexion de ses doigts et remarque lorsqu'elle touche une surface chaude. Une telle « sensibilité » serait avantageuse aussi bien pour les outils de préhension robotisés que pour les prothèses destinées aux humains.

L'équipe de l'Empa est allée encore plus loin dans le développement d'une « peau de robot » souple. Comme la peau humaine, cette peau synthétique multicouche réagit au toucher et aux différences de température. Pour évaluer les données complexes, les chercheurs de l'Empa ont développé un modèle d'IA en collaboration avec des chercheurs de l'Université de Cambridge et l'ont entraîné à partir de données issues de quelque 4500 mesures. Cela rappelle également la perception humaine, car les impulsions nerveuses provenant de

notre peau sont également évaluées et « extrapolées » dans le cerveau.

UNE COLLABORATION SÛRE

L'objectif, selon Frank Clemens, est de permettre une collaboration sûre et harmonieuse entre l'homme et la machine. « Les systèmes robotiques actuels sont grands, encombrants et très puissants. Ils peuvent être dangereux pour l'homme », explique le chercheur. Si nous devons à l'avenir partager davantage nos postes de travail avec des robots, ceux-ci devraient réagir rapidement et avec sensibilité aux contacts. « Si l'on touche accidentellement un autre être humain, on se retire automatiquement et immédiatement », explique Frank

PORTES OUVERTES
SANTÉ HUMAINE ET
ENVIRONNEMENTALE



Clemens. « Nous voulons donner le même réflexe aux robots ». Pour cela, les chercheurs cherchent maintenant des partenaires industriels dans le domaine des systèmes de préhension robotiques. Mais les capteurs souples sont également demandés en médecine – l'équipe a ainsi récemment terminé un projet Innosuisse avec l'entreprise IDUN Technologies, dans le cadre duquel ils ont fabriqué des électrodes souples pour mesurer le courant cérébral.

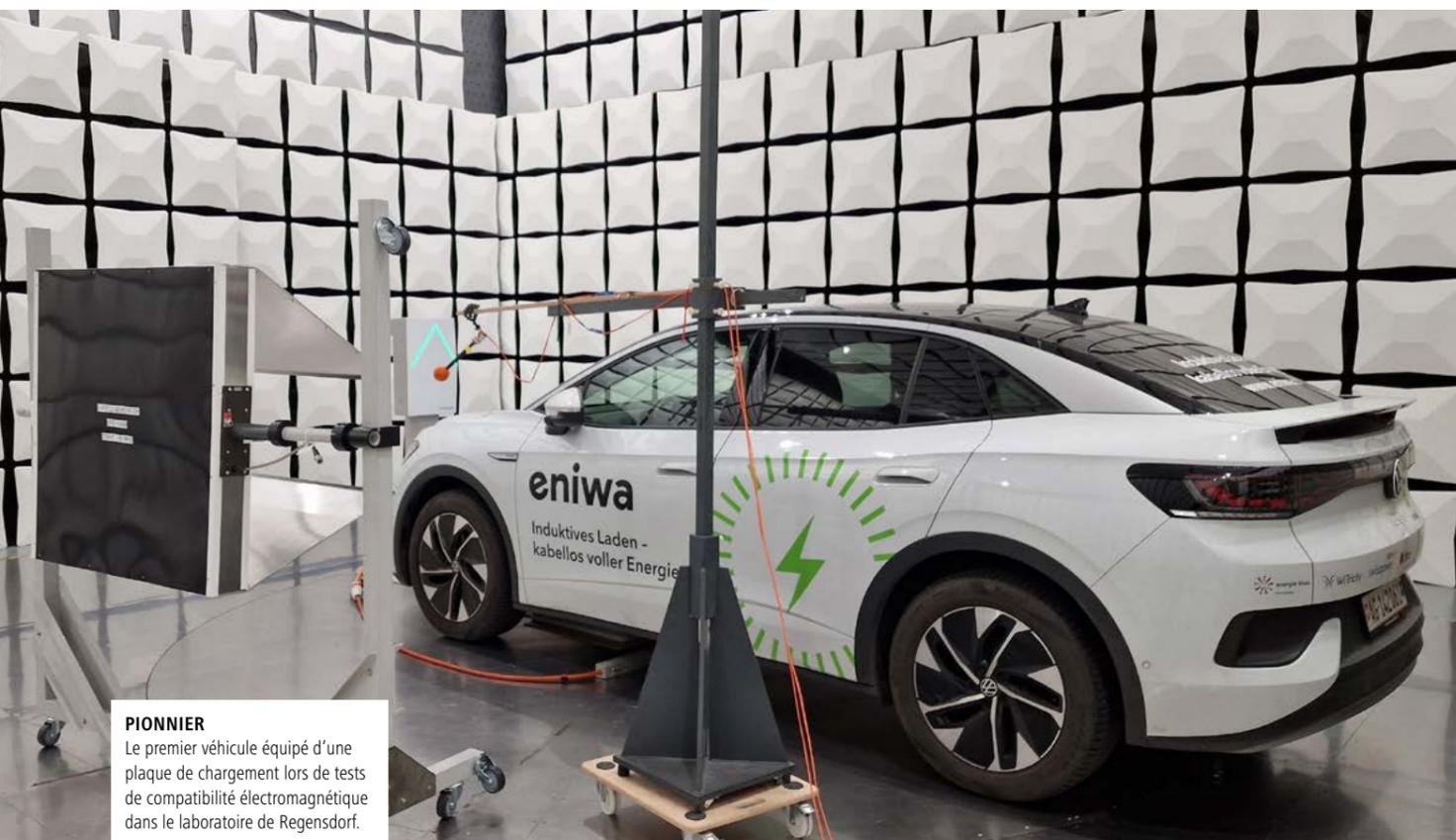
Le travail est loin d'être terminé : les chercheurs veulent rendre leurs capteurs céramiques souples encore plus sensibles et intelligents. Pour cela, il s'agit de combiner de nouveaux matériaux céramiques et des polymères souples et d'optimiser leurs propriétés de détection – car le secret de la réussite réside dans l'interaction de ces deux composants.



CHARGEMENT SANS CÂBLE

Ce qui est déjà usuel pour la brosse à dents et le téléphone portable devrait à l'avenir être utilisé pour la voiture électrique: la charge par induction sans câble. En collaboration avec des partenaires, l'Empa étudie les avantages et les inconvénients de cette technologie au quotidien. Un obstacle a déjà été franchi: le premier véhicule suisse équipé avec cette technologie a reçu l'autorisation de circuler.

Texte: Stephan Kälin



PIONNIER

Le premier véhicule équipé d'une plaque de chargement lors de tests de compatibilité électromagnétique dans le laboratoire de Regensburg.

Il n'y a pas plus confortable: si l'on parque correctement sa voiture électrique sur la place de parking, le processus de chargement commence automatiquement. Une plaque au sol sur la place de parking transmet l'énergie via un champ magnétique à une plaque réceptrice située sous le véhicule et, de là, à la batterie. La technologie de recharge par induction des voitures électriques existe déjà et est développée par l'entreprise amé-

ricaine WiTricity, qui a une filiale en Suisse. Ce qui manque, ce sont les conditions-cadres réglementaires – et des valeurs empiriques pratiques sur les avantages et les inconvénients de la charge inductive par rapport à la charge conductive câblée. C'est précisément là qu'intervient le projet «INLADE»: «Nous voulons savoir comment la charge inductive fait ses preuves au quotidien et quelles modifications réglementaires sont nécessaires pour que le concept

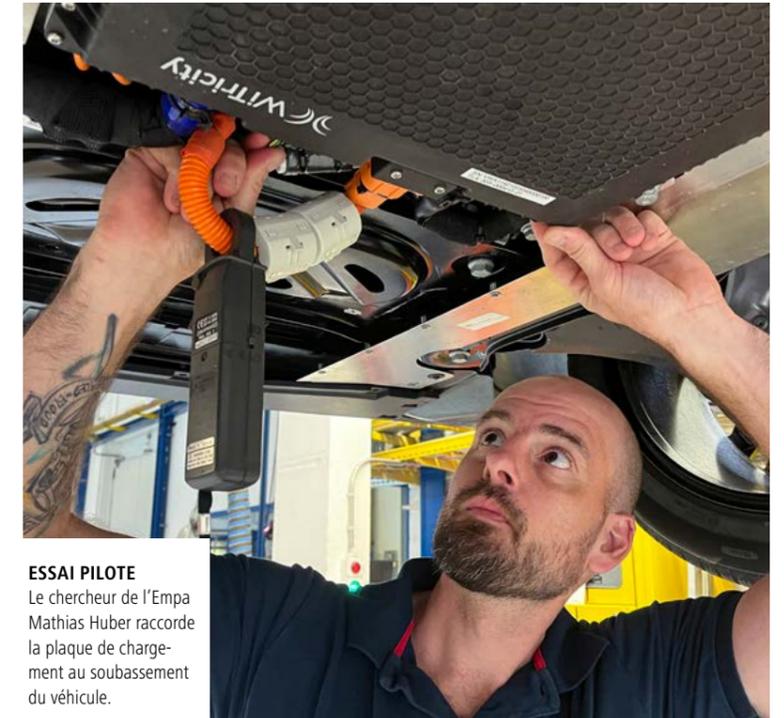
Photos: Empa & Eniwa AG, Empa

puisse s'imposer», explique Mathias Huber du laboratoire «Chemical Energy Carriers and Vehicle Systems» de l'Empa.

Alors que les autorisations pour les stations de recharge sont encore en attente, le premier véhicule transformé et équipé d'une plaque de recharge a déjà reçu l'autorisation de circuler sur les routes. Cela a nécessité des mesures approfondies de compatibilité électromagnétique (CEM) et des tests de sécurité électrique. «Il s'agissait de s'assurer que le champ magnétique généré par la charge inductive n'avait pas d'effets négatifs sur les autres appareils à l'intérieur et à l'extérieur du véhicule, et bien sûr sur les personnes», explique Mathias Huber. Avec des représentants du partenaire de projet Eniwa AG, qui exploite le premier véhicule, il a accompagné les tests dans le laboratoire du centre d'essai EMC à Regensburg. Bientôt, l'Empa devrait également mettre en service son propre véhicule prototype et une station de recharge correspondante. L'objectif est de pouvoir faire des déclarations sur l'efficacité énergétique et la fiabilité du nouveau système. «Nous étudions l'efficacité des deux systèmes de recharge dans différentes conditions environnementales comme la pluie ou la neige», explique Mathias Huber. Selon les indications du fabricant, le rendement de la recharge par induction devrait être d'environ 91 pour cent. Mathias Huber: «Ces valeurs sont comparables à celles de la recharge par câble».

SIMPLIFIER LE CHARGEMENT BIDIRECTIONNEL

Tandis que l'Empa s'occupe de l'analyse technique, les chercheurs de la Haute école des sciences appliquées du Zurich (ZHAW) se penchent sur les questions relatives aux expériences des utilisateurs des véhicules. En outre, le projet évalue des cas d'application possibles tels que le partage de voitures électriques, les



ESSAI PILOTE

Le chercheur de l'Empa Mathias Huber raccorde la plaque de chargement au soubassement du véhicule.

bus électriques, les taxis ou les véhicules autonomes. «INLADE» est dirigé par l'entreprise d'approvisionnement en énergie Eniwa AG de Buchs. Les autres partenaires sont l'alliance des services municipaux Swissspower, Energie Thun AG et BRUGG eConnect AG.

Outre l'amélioration du confort des propriétaires de voitures électriques, les fournisseurs d'énergie voient justement un grand potentiel dans la recharge dite bidirectionnelle. Dans ce cas, la batterie de la voiture est utilisée comme un accumulateur qui réinjecte une partie de l'énergie dans le réseau lorsque celle-ci n'est pas utilisée pour la conduite. Les batteries des véhicules pourraient ainsi jouer un rôle important dans la régulation du réseau électrique à l'avenir – mais uniquement si elles sont également connectées au réseau. «Lorsque les batteries sont pratiquement pleines, les véhicules ne sont généralement pas raccordés à la station de charge, alors que c'est justement dans cet état qu'ils seraient prédestinés à mettre temporairement

une partie de leur énergie à disposition du réseau électrique», explique Samuel Pfaffen, responsable du développement de l'entreprise chez Eniwa. Avec la recharge par induction, le raccordement manuel des véhicules via un câble est supprimé, ce qui simplifie considérablement l'accès aux accumulateurs des véhicules.

Le projet «INLADE» a été lancé fin novembre 2023 et durera deux ans. Il est soutenu par l'Office fédéral de l'énergie (OFEN) ainsi que par les cantons de Zurich et d'Argovie.



PORTES OUVERTES
MOVE



POUSSIÈRE D'ÉTOILES

Les maladies de peau très répandues comme le psoriasis ou la névrodermite sont difficiles à traiter. Des chercheurs de l'Empa ont trouvé une solution innovante en collaboration avec un partenaire industriel : Des étoiles en nanocéramique placent de minuscules plaies sur la peau et permettent à des molécules thérapeutiques d'atteindre leur lieu d'action.

Texte : Andrea Six



POINTUES
Les étoiles en nanocéramique traversent la peau.

Lorsque les scientifiques des matériaux regardent les étoiles, ils peuvent dans certaines circonstances reconnaître l'avenir – et ce, lorsqu'il s'agit d'étoiles en nanocéramique. Des chercheurs de l'Empa à Dübendorf et à Thoun dévèloppent, en collaboration avec le partenaire industriel Aldena Therapeutics, des procédés de traitement innovants pour des maladies de peau très répandues. L'équipe mise sur des étoiles nanocéramiques qui « vont à travers la peau ». Le projet est soutenu par Innosuisse.

FAIRE PÉNÉTRER LES THÉRAPIES DANS LA PEAU

Le problème : les substances actives modernes ne pénètrent pas assez profondément dans les couches cutanées concernées lorsqu'elles sont appliquées dans des pommades ou des lotions traditionnelles. Mais si l'on pouvait rendre la peau perméable à court terme, les grosses molécules à effet thérapeutique pourraient être acheminées jusqu'à leur cible. Les molécules siRNA, abréviation de « small interfering RNA », sont par exemple utilisées pour de nouvelles

thérapies. Ces molécules peuvent aider à réguler la production de protéines grâce à des interactions ciblées avec l'ARN messager (ARNm) propre au corps. Elles peuvent ainsi intervenir dans les processus pathologiques et bloquer les processus nocifs. Des médicaments dotés de ce principe d'action existent déjà pour certains troubles métaboliques et maladies héréditaires. Pour utiliser de tels siRNA dans des thérapies modernes, Aldena Therapeutics, dont le siège se trouve à Boston, Londres et Lausanne, cherchait un procédé efficace pour faire pénétrer

des substances actives dans – ou plutôt sous – la peau. Les chercheurs de l'Empa Michael Stuer du laboratoire « High Performance Ceramics » et Patrick Hoffmann du laboratoire « Advanced Materials Processing » ont donc utilisé des nanocéramiques composées de particules d'oxyde d'aluminium pour en faire une forme tridimensionnelle à arêtes vives. Après le frittage, ils ont ainsi obtenu des étoiles à trois branches d'un diamètre d'environ

gel. Quelques secondes après l'application sur la peau, le gel est déjà retiré. Michael Stuer, qui a lui-même testé le gel étoilé, confirme les dires des personnes qui l'ont essayé jusqu'à présent : « On a l'impression d'un gommage de la peau ».

Un processus de fabrication rentable a également été déterminant pour l'utilisation en tant que thérapie. En effet, si les étoiles devaient être produites au

ÉCAILLES

Pour le dragon barbu, la peau écailleuse est un indice de bonne santé. Chez l'homme, les affections cutanées chroniques sont à l'origine des structures squameuses.



0,8 millimètre, qui permettent d'ouvrir temporairement la barrière cutanée aux molécules de siRNA. « Ces étoiles 3D aux bras effilés créent des micro blessures dans la peau qui se referment rapidement d'elles-mêmes », explique Michael Stuer. Il reste toutefois suffisamment de temps pour que les molécules actives puissent pénétrer dans la peau.

RENTABLE ET DURABLE

Dans le cadre du projet « StarCURE », l'équipe de l'Empa est parvenue à fabriquer des étoiles bombées selon un angle précis. De cette manière, les étoiles « roulent » sur la peau lors de l'application, s'inclinent rapidement et créent ainsi plus de micro ouvertures dans la peau que des structures planes. Les étoiles en nanocéramique sont appliquées dans un

laser, le prix de fabrication ne permettrait pas d'obtenir un produit viable. Les chercheurs de l'Empa ont donc développé sans hésiter des moules en polymère qui permettent de produire de grandes quantités beaucoup plus rapidement et plus facilement. Grâce à ce processus de mise à l'échelle industrielle, il est possible de réduire considérablement les coûts de fabrication. Les chercheurs ont récemment déposé une demande de brevet pour ce procédé.

MÉDICAMENTS ET VACCINS SANS PIQÛRE

Mais Empa et Aldena Therapeutics veulent aller encore plus loin : Dans une prochaine étape, Michael Stuer souhaite modifier la recette pour que les étoiles en nanocéramique deviennent biodégradables ou se décomposent en poussière après utilisation. Le matériau céramique actuel pourrait à l'avenir être lié à un biopolymère ou remplacé par un bioverre. Cela permettrait d'élargir considérablement le champ

LES AFFECTIONS CUTANÉES CHRONIQUES

Les maladies chroniques de la peau que sont le psoriasis, l'eczéma, la dermatite atopique, le vitiligo ou la maladie des taches blanches et l'alopécie circulaire (alopecia areata) sont très répandues et difficiles à traiter. La cause de ces affections n'est pas toujours entièrement élucidée. Outre les prédispositions héréditaires, les expositions environnementales induisent des processus inflammatoires dans la peau, ce qui entraîne les symptômes suivants. Selon le tableau clinique, on observe des rougeurs, une desquamation ou une perte de pigments et de cheveux. Selon leur degré de gravité, ces affections peuvent réduire considérablement la qualité de vie des personnes concernées.

d'application. « Les patientes et les patients pourraient simplement laver les étoiles thérapeutiques après l'application », explique Michael Stuer.

Enfin, le champ d'application ne se limite pas aux maladies de la peau. Un exemple : jusqu'à 30 pour cent des enfants et des jeunes adultes souffrent de phobie des seringues. Le fait d'administrer un produit par injection aux personnes concernées provoque chez elles une grande angoisse pouvant aller jusqu'à l'évanouissement. Dans le quotidien médical, cela représente un défi pour toutes les personnes concernées. Pour ces personnes aussi, les étoiles en nanocéramique pourraient être une bonne solution pour recevoir facilement et sans piqûre les médicaments ou les vaccins nécessaires, selon le chercheur de l'Empa. ■

Photos : Empa, Adobe Stock

PORTES OUVERTES
SANTÉ HUMAINE ET
ENVIRONNEMENTALE



UN ŒIL POUR L'INVISIBLE

Des textiles intelligents aux voitures à conduite autonome : les chercheurs de l'Empa développent de nouveaux détecteurs de rayonnement infrarouge qui sont plus durables, plus flexibles et moins chers que les technologies actuelles. La clé n'est pas (seulement) la composition du matériau, mais aussi sa taille.

Texte : Anna Ettlin

Qu'ont en commun les détecteurs de mouvement, les voitures autonomes, les appareils d'analyse chimique et les satellites ? Ils contiennent tous des détecteurs de rayonnement infrarouge. Ces détecteurs se composent généralement d'un matériau semi-conducteur

Shorubalko du laboratoire « Transport at Nanoscale Interfaces » travaille sur des détecteurs infrarouges miniaturisés composés de points quantiques colloïdaux.

Pour la plupart des gens, le mot « points quantiques » a l'air complexe. Mais Ivan Shorubalko explique : « Les propriétés d'un matériau ne dépendent pas seulement de sa composition, mais aussi de son dimensionnement ». En d'autres termes, si l'on fabrique des particules

La raison en est les effets quantiques, d'où le nom de « points quantiques ».

Pour la découverte et la synthèse de ces fascinantes microparticules, Mounqi Bawendi, Louis E. Brus et Alexey Ekimov ont reçu le prix Nobel de chimie en 2023. La science qui se cache derrière les points quantiques est donc complexe. La simplicité réside en revanche dans leur traitement. Les points quantiques colloïdaux se présentent sous la forme d'une solution et peuvent être appliqués sur différents matériaux par revêtement rotatif ou par pression, ce

AU POINT
Détecteurs IR composés de points quantiques sur une fibre optique.

cristallin – le détecteur proprement dit, par exemple en silicium – et d'une électronique pour la lecture des données. La fabrication de tels matériaux semi-conducteurs est souvent coûteuse, elle doit se faire à des températures très élevées et consomme beaucoup d'énergie. Les chercheurs de l'Empa en sont convaincus : cela peut être plus simple. Une équipe dirigée par Ivan

minuscules à partir d'un matériau, elles peuvent avoir des propriétés différentes de celles de morceaux plus grands du même matériau.

qui est moins cher, plus efficace sur le plan énergétique et plus flexible que les semi-conducteurs conventionnels.

DU MATÉRIAU AU PROCESSUS ET À L'APPLICATION

Les points quantiques sont déjà une tradition à l'Empa. Ainsi, le groupe de recherche de Maksym Kovalenko au laboratoire « Thin Films and Photovoltaics » travaille depuis plus de dix ans sur la synthèse de points quantiques à partir des différents matériaux. Ivan Shorubalko et son équipe fabriquent des composants électroniques fonctionnels, appelés « devices », à partir de ces points quantiques – par exemple des détecteurs infrarouges. En collaboration avec d'autres experts de l'Empa, ils étudient en outre des processus de traitement et d'autres applications pour ces minuscules particules polyvalentes.

Un exemple : en 2023, les chercheurs de l'Empa sont parvenus à imprimer un détecteur infrarouge composé de points quantiques sur une fibre optique polymère, ce qui n'est pas possible avec les détecteurs infrarouges traditionnels. Pour ce faire, le spécialiste des composants Ivan Shorubalko et son doctorant Gökhan Kara ont travaillé non seulement avec l'expert en matériaux Maksym Kovalenko, mais aussi avec Yaroslav Romanyuk, un expert en impression de matériaux du laboratoire « Thin Films and Photovoltaics » ainsi qu'avec l'expert en fibres René Rossi du laboratoire « Biomimetic Membranes and Textiles ». Les chercheurs ont publié leurs résultats en 2023 dans la revue spécialisée « Advanced Materials Technologies ».

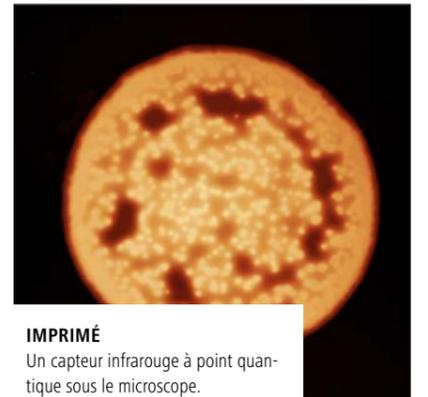
Une application possible de cette technologie serait les textiles intelligents. « Le marché mondial du textile est plus grand que celui de l'électronique grand public », explique Ivan Shorubalko. Les textiles spéciaux pourraient notamment

profiter des détecteurs infrarouges flexibles, par exemple les vêtements fonctionnels pour les pompiers ou les textiles médicaux. Toutefois, Ivan Shorubalko voit également un grand potentiel dans la mode : « Si les détecteurs et autres composants électroniques sont petits, bon marché et faciles à fabriquer, nous pouvons également les utiliser pour rendre nos vêtements de tous les jours fonctionnels ».

Comme chaque détecteur est composé de nombreux points quantiques de seulement cinq nanomètres, il est en outre possible de créer des détecteurs très petits. Dans un article publié récemment dans la revue « ACS Photonics », Ivan Shorubalko, Gökhan Kara et leurs co-chercheurs de l'Empa et de l'EPF Zurich décrivent un détecteur infrarouge plus petit que la longueur d'onde du rayonnement qu'il mesure. Cela permet aux chercheurs de détecter des propriétés supplémentaires de la lumière infrarouge, par exemple la phase ou l'interférence, ce qui rend le détecteur encore plus polyvalent.

UNE VITESSE INÉGALÉE

La prochaine étape pour Ivan Shorubalko est d'améliorer la vitesse du détecteur. Des détecteurs infrarouges rapides sont par exemple nécessaires pour le Lidar, la technologie de détection de distance basée sur la lumière qui aide par exemple les voitures à s'orienter. « Les détecteurs infrarouges à base de silicium des lidars mesurent la lumière infrarouge avec une longueur d'onde d'environ 905 nanomètres », explique le chercheur. Le problème : cette longueur d'onde est certes invisible pour l'œil humain, mais elle est tout de même nocive à puissance élevée. C'est pourquoi le laser du lidar ne doit émettre qu'à faible intensité, ce qui limite à son tour la portée de l'ensemble du système. Il existe certes des détecteurs pour les



IMPRIMÉ
Un capteur infrarouge à point quantique sous le microscope.

longueurs d'onde non dangereuses, mais ils sont trop chers pour être utilisés à grande échelle. Un détecteur rapide à base de points quantiques pourrait offrir une alternative et permettre la mise en place de systèmes Lidar performants, inoffensifs et peu coûteux.

Alors, quand les détecteurs infrarouges à base de points quantiques arriveront-ils sur le marché ? Contrairement à de nombreuses autres technologies et matériaux innovants, nous ne devons pas attendre plus longtemps dans ce cas. « De tels détecteurs infrarouges à points quantiques sont déjà disponibles, par exemple auprès de la société américaine SWIR Vision Systems », déclare Ivan Shorubalko. « Je n'ai encore jamais vu une technologie passer aussi rapidement du laboratoire à la pratique. » Néanmoins, le travail des chercheurs est loin d'être terminé. Il s'agit maintenant de rendre cette technologie prometteuse encore plus rapide, plus économique, plus flexible et plus durable. ■



PORTES OUVERTES
MATÉRIAUX
FASCINANTS



RECHERCHE SOUTERRAINE

Dans le cadre d'un projet récemment lancé, l'Institut de recherche sur l'eau (Eawag) et l'Empa étudient, sur leur campus commun de Dübendorf, les effets de l'utilisation d'accumulateurs de chaleur à sondes géothermiques sur le sol environnant, la nappe phréatique et les micro-organismes qui y vivent.

Texte: Cornelia Zogg, Eawag

Les pompes à chaleur géothermiques classiques récupèrent la chaleur du sol en hiver pour chauffer les bâtiments. Les accumulateurs de chaleur installés sur le site de l'Empa et de l'Eawag sont des sondes géothermiques qui peuvent non seulement récupérer la chaleur à la surface en hiver, mais aussi la restituer dans le sol pendant les mois d'été afin qu'elle soit disponible pendant la saison froide. L'accumulateur peut ainsi recevoir des températures allant jusqu'à 65 degrés Celsius. Cela permet d'atteindre localement jusqu'à cinquante degrés Celsius en moyenne dans le sol.

Jusqu'à présent, on sait toutefois peu de choses sur les réactions du sous-sol à de telles hausses de températures. Le chauffage et le refroidissement réguliers des sondes jusqu'à 100 mètres de profondeur peuvent affecter les composants chimiques de l'eau souterraine ainsi que les communautés microbiennes du sol et de l'eau. Le projet de recherche ARTS (Aquifer Reaction to Thermal Storage) de l'institut de recherche sur l'eau Eawag vise désormais à déterminer comment et dans quelle mesure exactement.

PORTES OUVERTES
TRANSITION
ÉNERGÉTIQUE



UN CADRE UNIQUE

144 sondes géothermiques ont été « creusées » sur le site nouvellement construit sur le campus de Dübendorf. Elles atteignent jusqu'à cent mètres de profondeur et convergent vers un sous-sol situé à côté du nouveau parking. Le champ de sondes géothermiques est utilisé par l'équipe de l'ehub (« Energy Hub ») de l'Empa pour étudier des conceptions expérimentales de tels accumulateurs et leur 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.

Trois nouveaux puits ont été forés dans le sol en janvier: les points d'observation des eaux souterraines de l'Eawag. Au cours des trois prochaines années, des échantillons d'eau seront remontés à la surface depuis le sous-sol. Ils permettront de savoir comment la microbiologie de l'environnement réagit aux sondes et

dans quelle mesure la nature chimique des eaux souterraines est influencée.

À partir des trois puits, les chercheurs font remonter des échantillons d'eau souterraine au moyen de cinq pompes, avant, pendant et après qu'elle soit entrée en contact avec les sondes géothermiques. Au cours des premières années du projet, seules deux des trois stations d'observation seront pertinentes, car des comparaisons sont déjà possibles quelques mois après la mise en service des sondes. Cependant, il peut s'écouler plusieurs années avant que l'eau souterraine provenant de l'environnement direct des sondes n'atteigne la troisième station, située plus loin – tant l'eau s'écoule lentement dans le sous-sol.

SPECTROMÈTRE DE MASSE EN PETIT FORMAT

L'objectif du projet est d'obtenir un aperçu des réactions que ce type d'accumulateur de chaleur déclenche dans les eaux souterraines. Cela inclut non seulement l'hydrogéo-chimie et la microbiologie, mais aussi l'analyse des gaz produits comme l'oxygène, le méthane ou le dioxyde de carbone sous l'effet de

EN CONSTRUCTION
Vue du chantier du nouveau campus de recherche, sous le bâtiment duquel un champ de 144 sondes géothermiques est en cours de construction (à gauche sur la photo).



la chaleur dans le sol. De tels gaz sont principalement consommés et produits par des bactéries dans le sous-sol – en fonction de l'action de la chaleur et du froid. Pour ce faire, l'eau de la pompe s'écoule dans le spectromètre de masse GE-MIMS (également appelé Mini-RUE-DI) développé à l'Eawag. « Pendant les trois prochaines années, des appareils Mini-RUEDI mesureront toutes les heures les gaz dissous dans la nappe phréatique, tandis que 2,4 litres d'eau par minute seront pompés à travers le spectromètre de masse », explique Joaquin Jimenez-Martinez, chef du projet et chercheur au département Ressources aquatiques et eau potable de l'Eawag.

Les échantillons d'eau prélevés sont en outre régulièrement analysés en laboratoire par des chercheurs des départements Microbiologie de l'environnement et Écologie aquatique de l'Eawag. Pour eux, la question centrale

est de savoir comment la diversité microbienne se modifie sous l'influence de températures de cet ordre de grandeur. Les traces d'ADN environnemental (eDNA) permettent également de déterminer quels organismes peuplent les eaux souterraines et si leur nombre et leur répartition se modifient en raison des sondes géothermiques.

GRAND INTÉRÊT DE LA PART DE LA CONFÉDÉRATION ET DES CANTONS

La Suisse dispose aujourd'hui déjà de la plus forte densité de sondes géothermiques par unité de surface de toute l'Europe, c'est pourquoi le projet suscite un grand intérêt de la part des cantons et de la Confédération. La demande de nouvelles possibilités de production d'énergie et de stockage saisonnier a en outre augmenté dans le cadre du tournant énergétique. Les effets de l'apport de température sur les eaux souterraines en tant que système global

sont tout aussi intéressants. ARTS est donc soutenu par l'Office fédéral de l'énergie, ainsi que par les cantons de Zurich, d'Argovie, de Thurgovie, de Zoug et de Genève, et fonctionne sous la coopération de l'Empa et de l'Eawag. Des collaborateurs des offices de l'environnement de Zurich et de Thurgovie apportent également leur contribution technique à la compréhension hydrogéologique. Une collaboration de cette ampleur n'est pas courante et la rapidité avec laquelle le projet a vu le jour est également sans précédent. « Dix mois seulement se sont écoulés entre la première idée dans le couloir de l'Eawag et le forage des puits sur le campus pour les capteurs », explique Joaquin Jimenez-Martinez. Cela montre à quel point le sujet est urgent. ■



SECOUÉ, PAS REMUÉ

Les constructions en bois à plusieurs étages sont à la mode. Pour que des vents violents ou un tremblement de terre ne puissent pas les endommager, il faut prévoir suffisamment de raidisseurs dans la structure porteuse. Les calculs informatiques fournissent les bases nécessaires à cet effet. Afin de les vérifier dans la pratique et d'améliorer les modèles informatiques, les chercheurs de l'Empa utilisent un « shaker » de deux tonnes.

Texte : Remigius Nideröst

Dans le plus grand laboratoire de l'Empa à Dübendorf, la halle de construction, une expérience impressionnante sera montée pour la journée portes ouvertes du 14 septembre 2024. La pièce maîtresse de cette expérience est le « shaker ». Ce ne sera pas un barman qui préparera des cocktails pour les visiteurs, mais les ingénieurs civils de l'Empa René Steiger, Pedro Palma et Robert Widmann du département de recherche « Structures d'ingénierie » qui montreront comment faire vibrer un modèle de structure porteuse, comme cela peut se produire lors de tremblements de terre. Sur le modèle, les chercheurs montrent comment la répartition du poids et de la rigidité dans la structure porteuse influence son comportement vibratoire.

Le contexte de cette démonstration : les maisons en bois sont de plus en plus appréciées en Suisse, notamment en raison de la durabilité de ce matériau de construction renouvelable. Aujourd'hui, on construit en Suisse des bâtiments en bois de plus de 20 étages et d'une hauteur allant jusqu'à 75 mètres. La majorité des immeubles d'habitation en bois sont toutefois des bâtiments de 4 à 5 étages, souvent construits en ossature bois. Pour garantir la rigidité horizontale de la structure porteuse d'une construction composée d'éléments d'ossature en bois



SÉISME MINIATURE
Le « shaker » fait osciller un modèle de structure porteuse.

préfabriqués et de panneaux dérivés du bois cloués, et pour prévenir les dommages causés par de fortes rafales de vent ou par des tremblements de terre, les ingénieurs en construction peuvent recourir à différentes solutions : soit ils prévoient des murs porteurs supplémentaires, soit ils augmentent la résistance des murs existants en utilisant des éléments plus épais, des matériaux plus résistants ou davantage de moyens d'assemblage. En fin de compte, cela signifie plus de matériel et une charge de travail accrue. Et cela se traduit par des coûts plus élevés. A cela s'ajoute le fait que :

Le renforcement n'est pas la meilleure solution dans tous les cas. Pour absorber les secousses sismiques, il est parfois même préférable que la construction ne soit pas trop rigide, mais puisse réagir de manière souple jusqu'à un certain point. Cela doit également être pris en compte dans les calculs sur ordinateur.

LES DONNÉES ISSUES DE LA PRATIQUE AIDENT LES ARCHITECTES ET LES PLANIFICATEURS

L'ensemble du secteur de la construction en bois, mais aussi les architectes, les ingénieurs et les maîtres d'ouvrage

sont donc intéressés par des données aussi proches que possible de la pratique concernant la rigidité, les temps de vibration de base et l'amortissement des bâtiments en bois à plusieurs étages, afin de trouver la meilleure solution pour leur objet. C'est la seule façon de garantir que la quantité exacte de matériau nécessaire est utilisée – et en plus aux bons endroits.

Pendant longtemps, il n'existait que des valeurs approximatives calculées, mais pas de données collectées sur un objet réel concernant les propriétés dynamiques d'une construction en bois à plusieurs étages dans le mode de construction habituel dans notre pays. Des essais de tables vibrantes ont certes été réalisés au Japon et en Amérique du Nord, mais ils ne sont pas facilement transposables aux conditions suisses, car ils simulent de forts séismes. De plus, les constructions japonaises et nord-américaines se distinguent nettement de celles de la Suisse. Cela s'explique par des exigences différentes en matière d'isolation thermique, d'insonorisation et de protection contre l'incendie. Dans les normes de construction, les ingénieurs ne trouvent que des valeurs moyennes concernant la rigidité des différents assemblages par clous, agrafes ou vis, des éléments de l'ossature en bois et des matériaux de parement. Ce qui manque, ce sont des données sur la rigidité d'éléments de mur entiers ou de murs qui s'étendent sur plusieurs étages.

PORTES OUVERTES
MATÉRIAUX FASCINANTS

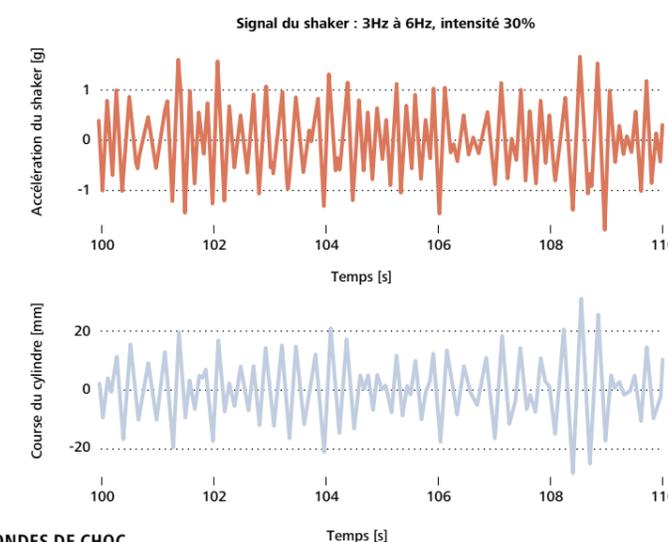


LE « SHAKER » QUI FAIT VIBRER UNE MAISON

C'est là qu'intervient le « shaker » de l'Empa, l'oscillateur horizontal hydraulique qui peut mettre en mouvement de manière contrôlée jusqu'à 1000 kg de

SIMULER DES ONDES DE CHOC

Le « shaker » teste le bâtiment avec des amplitudes et des fréquences très variées.



masse oscillante. Il y a quelques années, il a été utilisé de manière importante pour la recherche sur la construction à ossature bois lorsqu'il a été hissé par une grue à l'étage supérieur d'un immeuble en bois en construction à Oberglatt dans le canton de Zurich. Grâce à la commande précise du vérin servo-hydraulique, les 1000 kg de masse installés sur l'oscillateur se sont mis en mouvement de manière répétée et ont fait vibrer la maison en bois à l'horizontale. Exactement comme on pourrait s'y attendre en cas de coups de vent ou de petits tremblements de terre dans l'Unterland zurichois. Pendant ce temps, des accéléromètres mesuraient les mouvements horizontaux du bâtiment sur trois étages et fournissaient des valeurs sur la rigidité de la structure porteuse, la fréquence propre et l'amortissement. Les mesures ont été effectuées pendant trois phases de construction différentes.

Les chercheurs ont ainsi pu suivre directement sur l'objet comment la structure porteuse gagnait de plus en plus en rigidité : alors que dans la première phase, seuls les murs porteurs faisaient office de raidisseurs, dans la deuxième phase, les parements des

murs non porteurs étaient également agrafés, et dans la troisième phase, les fenêtres étaient installées. « Les premiers résultats ont déjà montré que les calculs effectués sur le modèle ne correspondaient pas aux expériences », explique René Steiger. La structure porteuse s'est avérée beaucoup plus rigide que ce qui avait été calculé sur la base des données des normes et des modèles utilisés.

De telles mesures dans la pratique, tout comme les projets du laboratoire de l'Empa, fournissent des informations sur l'effet général des matériaux de construction utilisés sur la rigidité, la fréquence propre et l'amortissement des constructions. Par leur travail, les scientifiques aident à compléter les normes et les modèles informatiques, et ils aident les ingénieurs civils et les architectes à optimiser leur planification. Et ils renforcent ainsi également la compétitivité du bois en tant que matériau durable pour les constructions à plusieurs étages. ■



LA BATTERIE INFLAMMABLE

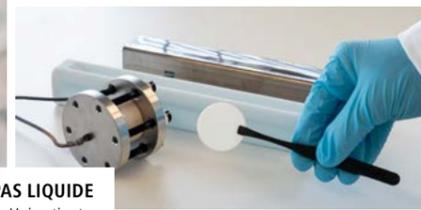
Développée à l'origine pour les voitures électriques, elle alimente aujourd'hui les antennes de téléphonie mobile, et demain peut-être des zones résidentielles entières : La batterie au sel est une technologie de batterie sûre et durable avec un énorme potentiel. Des chercheurs de l'Empa travaillent avec un partenaire industriel pour continuer à développer ces batteries particulières.

Texte : Anna Ettlin



En 1997, la Mercedes-Benz Classe A a basculé hors du virage lors du test de l'élan. L'une des causes de ce fameux incident : la Classe A avait été conçue à l'origine comme une voiture électrique. En passant au moteur à combustion, la lourde batterie a été supprimée et le centre de gravité s'est déplacé trop haut.

La batterie qui aurait dû être installée dans la Classe A était une batterie dite « saline ». Contrairement à la plupart des autres batteries, dans lesquelles la cathode et l'anode « flottent » dans un électrolyte liquide commun, l'électrolyte d'une batterie saline est un solide, à savoir un conducteur d'ions céramique à base d'alumine sodique. L'électrolyte solide est ininflammable et permet en outre de séparer l'anode de la cathode, ce qui augmente la durée de vie de la batterie. La cathode d'une



SOLIDE, PAS LIQUIDE
À g. : Meike Heinz tient une plaquette d'électrolyte solide.
À dr. : Au premier plan et en bas, une cellule de laboratoire, à l'arrière une cellule commerciale et son électrolyte.



Photos : Empa

batterie saline est basée sur un granulat de sel de cuisine et de poudre de nickel, l'anode métallique de sodium ne se forme que lors de la recharge.

Cette technologie de batterie n'a pas fait ses preuves pour l'électromobilité : Les voitures électriques actuelles fonctionnent avec des batteries au lithium-ion, qui sont plus légères et se chargent plus rapidement. Mais dans d'autres domaines d'application, la batterie au sel est supérieure à ses concurrentes au lithium-ion. C'est pourquoi les batteries au sel font aujourd'hui l'objet de recherches actives – entre autres à l'Empa.

LONGÉVITÉ ET SÉCURITÉ

La collaboration en matière de recherche a commencé en 2016, lorsque le fabricant tessinois de batteries au sel HORIEN Salt Battery Solutions, anciennement connu sous le nom de FZSoNick, s'est approché de l'Empa. Dans le cadre d'un projet Innosuisse, l'entreprise souhaitait améliorer l'électrolyte céramique à base d'alumine de sodium dans ses cellules de batterie. Il s'en est suivi d'autres projets sur la géométrie des cellules et l'électrochimie de la batterie saline, car celle-ci se distingue fortement des autres types de batteries. « L'assemblage de cellules de batteries salines à des fins de recherche est très complexe et il existe peu d'études sur leur fonctionnement exact. C'est ce qui rend ces projets si intéressants pour nous : nous pouvons apprendre beaucoup et développer notre compréhension en collaboration avec le partenaire industriel », explique la chercheuse de l'Empa Meike Heinz du département « Materials for Energy Conversion », dirigé par Corsin Battaglia. La structure différente des cellules de la batterie au sel présente également quelques avantages par rapport aux batteries au lithium-ion. Par exemple en matière de sécurité : les batteries salines ont certes besoin d'une température de

fonctionnement d'environ 300° Celsius, mais elles ne peuvent ni brûler ni exploser. C'est pourquoi elles sont utilisées dans des endroits où les batteries au lithium-ion ne sont pas autorisées, par exemple dans l'exploitation minière et la construction de tunnels ainsi que sur les plates-formes offshore d'extraction de pétrole et de gaz. Grâce à leur température de fonctionnement élevée, les batteries salines sont en outre beaucoup moins sensibles à la température que leurs homologues au lithium-ion. Cela en fait des accumulateurs de secours idéaux pour les infrastructures critiques, comme les antennes de téléphonie mobile. Même dans des endroits isolés et exposés, les batteries salines durables et sans entretien peuvent effectuer leur travail de manière fiable pendant des décennies.

Mais la température de fonctionnement est aussi un inconvénient de cette technologie de batterie : les batteries au sel ont besoin d'un « chauffage d'appoint » pour être opérationnelles. Mais une batterie qui a besoin d'électricité est-elle vraiment rentable ? « Selon l'application, il est plus économique de maintenir une batterie au chaud que de la refroidir », explique Meike Heinz. « Lors de la charge et de la décharge, la résistance naturelle des cellules génère de la chaleur. Dans un système optimal, une grande batterie peut ainsi s'auto-chauffer », ajoute Enea Svaluto-Ferro, chercheur à l'Empa.

CHIMIE DES CELLULES POUR L'AVENIR

En tant que chercheurs en matériaux, Meike Heinz et son équipe se concentrent sur la chimie des cellules. Les matières premières pour les batteries au sel sont pour la plupart bon marché et disponibles en grandes quantités. L'architecture de la cellule permet en outre un recyclage facile. Mais comme le nickel, le matériau de la cathode, est de plus en plus considéré comme

PORTES OUVERTES
TRANSITION
ÉNERGÉTIQUE



critique, HORIEN et l'Empa ont entrepris, dans le cadre du projet « HiPerSoNick » soutenu par l'Office fédéral de l'énergie (OFEN), de réduire entre autres la teneur en nickel des cellules. Ce n'est pas une tâche facile, car pour obtenir une batterie saline efficace et durable, la composition et la microstructure dans la cellule doivent être très précisément adaptées l'une à l'autre. Dans le cadre du projet européen « SOLSTICE », qui se poursuivra jusqu'au milieu de l'année 2025, HORIEN et l'Empa étudient, avec d'autres partenaires du projet, si le nickel pourrait même être entièrement remplacé par du zinc dans les batteries au sel. « Le point de fusion bas du zinc constitue toutefois un défi à la température de fonctionnement actuelle », explique Meike Heinz. Néanmoins, les chercheurs ont déjà pu trouver des approches prometteuses pour stabiliser la microstructure de la cathode.

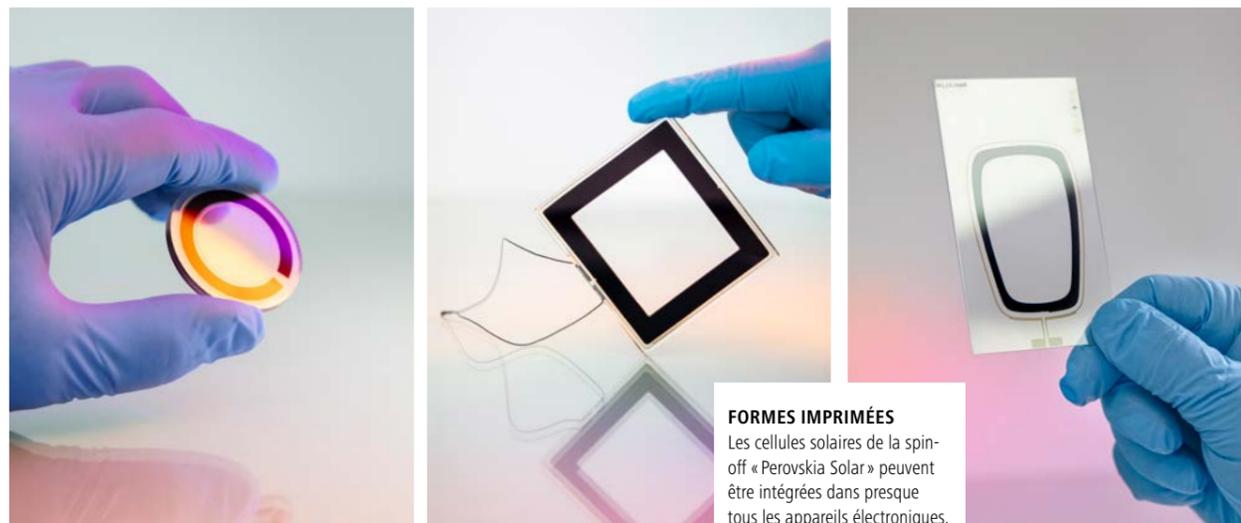
D'autres projets de suivi sont déjà envisagés, dans lesquels les chercheurs de l'Empa tenteront d'améliorer encore les batteries au sel sans nickel – et de les mettre à l'échelle. En effet, grâce à leur sécurité, leur longue durée de vie et l'absence de matières premières critiques, les batteries au sel conviendraient parfaitement comme accumulateurs stationnaires. Si l'on parvient à produire des batteries au sel en grande quantité et à un prix avantageux, elles pourraient un jour alimenter en électricité non seulement des antennes de téléphonie mobile, mais aussi des zones résidentielles entières. ■



DES CELLULES SOLAIRES SORTIES DE L'IMPRIMANTE

Recharger les smartwatches, claviers et autres pourrait bientôt appartenir au passé. La spin-off de l'Empa « Perovskia Solar » imprime des cellules solaires sur mesure pour presque tous les appareils électroniques. Celles-ci peuvent être produites à moindre coût – et fonctionnent même à l'intérieur.

Texte: Manuel Martin



FORMES IMPRIMÉES

Les cellules solaires de la spin-off « Perovskia Solar » peuvent être intégrées dans presque tous les appareils électroniques.

Chaque personne possède en moyenne sept appareils électroniques. Plusieurs milliards d'appareils sont utilisés dans le monde – et avec l'« Internet of Things » (IoT), leur nombre ne cesse d'augmenter. Ceux-ci doivent être régulièrement rechargés ou leurs batteries changées. C'est pourquoi la spin-off de l'Empa « Perovskia Solar » s'est spécialisée dans les cellules solaires sur mesure pour tous les appareils électroniques imaginables.

La fabrication sur mesure des cellules solaires au silicium traditionnelles est toutefois complexe, coûteuse et inefficace dans des conditions de faible luminosité. « Nous pouvons imprimer

de nouvelles cellules solaires en pérovskite de n'importe quelle taille, et ce à moindre coût. Grâce à leur haut degré d'efficacité, elles peuvent alimenter en électricité presque tous les appareils électroniques d'intérieur, que ce soit à la maison ou au bureau », explique Anand Verma, fondateur de l'entreprise.

Les pérovskites ont certes d'excellentes propriétés: elles absorbent la lumière de manière particulièrement efficace et conduisent bien le courant obtenu. Mais jusqu'à présent, les cellules solaires à base de pérovskite n'étaient pas assez stables et n'avaient pas une durée de vie suffisante pour être utilisées à grande échelle. C'est pourquoi Anand Verma a mené pendant cinq ans des recherches

à l'Empa sur les procédés d'impression des cellules solaires en pérovskite, avant de se mettre à son compte en 2020 avec son entreprise. La spin-off de l'Empa est actuellement sur la voie du succès: « Perovskia Solar » fournit à plus de 25 entreprises internationales des cellules solaires fabriquées sur mesure pour l'IoT et les appareils d'électronique grand public. La spin-off de l'Empa a récemment construit une usine à Aubonne, dans le canton de Vaud. Un million d'éléments en pérovskite y seront imprimés chaque année afin d'équiper les appareils électroniques de cellules solaires qui alimenteront notre mode de vie numérique. ■



Photos: Perovskia Solar

MUSIQUE SOUS HAUTE TENSION

Une bobine Tesla qui ne fait pas seulement des éclairs, mais aussi de la musique? Aucun problème pour Silvio Müller et Yanis Strüby, qui font un apprentissage de laborantins en physique à l'Empa. Avec leur bobine Tesla chantante, ils ont remporté à la fois le prix du jury et le prix des participants au concours des apprentis Züri-Oberland.

Texte: Anna Ettlin

Les bobines Tesla fascinent. Ces transformateurs électriques produisent une haute tension – avec des éclairs et une odeur d'ozone. Mais en raison de leur faible puissance, le spectacle lumineux reste généralement inoffensif, ce qui fait des bobines Tesla des aimants pour le public dans les musées et les spectacles de sciences naturelles.

Cette fascination a également été ressentie par Yanis Strüby et Silvio Müller, apprentis laborantins en physique à l'Empa en troisième année. Ils ont décidé de construire une bobine Tesla pour le concours des apprentis Züri-Oberland (LWZO). Les apprentis de l'Empa ne se sont toutefois pas contentés de produire des éclairs; leur bobine devait

aussi jouer de la musique. C'est ainsi qu'ils ont convaincu non seulement les experts mais aussi les autres apprentis lors du LWZO à Wetzikon en novembre dernier – et qu'ils ont remporté le prix du jury ainsi que le prix des participants.

TECHNOLOGIE DE POINTE ET TRAVAIL MANUEL

Le chemin pour y arriver a été tout sauf facile. Le projet a dû faire l'objet de recherches, être planifié, calculé, fabriqué et testé. Les apprentis ont enroulé la bobine proprement dite à la main: près de 2000 spires, soit environ 350 mètres de fil de cuivre au total. « Nous devons être très prudents, car le fil était très fin et ne devait pas se rompre », se souvient Silvio Müller. « C'était notre premier grand projet personnel et certainement

Écoutez vous-même:

Dans la vidéo, les apprentis montrent le processus de production de la bobine – et le son qu'elle produit.



aussi une épreuve de patience », ajoute Yanis Strüby. « Mais nous y sommes parvenus – et nous avons appris que nous pouvions très bien travailler ensemble, même sous pression. »

Leur formateur Dominik Bachmann, ingénieur de recherche au laboratoire Empa « Transport at Nanoscale Interfaces », a encouragé les apprentis à participer au LWZO – mais l'idée de la bobine Tesla chantante, souligne Dominik Bachmann, leur est venue d'eux-mêmes. « Parfois, je devais d'abord me renseigner moi-même pour pouvoir répondre à leurs questions », sourit-il.

Les apprentis plus âgés ont également été une source d'inspiration: Sofie Gnannt et Nick Cáceres ont également gagné l'année précédente au LWZO et à d'autres concours. « Pour les apprentis, ces concours sont une expérience cool – et une bonne préparation pour le travail pratique individuel de fin d'apprentissage », explique Dominik Bachmann. Yanis Strüby et Silvio Müller ont également apprécié l'échange avec des apprentis de différents métiers. Ils ont déjà chaudement recommandé à leurs successeurs de participer au concours à leur tour. ■



BRICOLEURS

Silvio Müller (à gauche) et Yanis Strüby avec leur bobine Tesla.

Photo: Empa



ALLER À LA RACINE DU MAL DE DOS

De nombreuses personnes souffrent de défauts de la colonne vertébrale, qui sont souvent liés à des maladies dégénératives. Les causes en sont encore largement inconnues. Pour y remédier, des chercheurs de l'Empa du « Center for X-Ray Analytics » étudient, en collaboration avec la clinique universitaire Balgrist de Zurich, un ligament stabilisateur de la colonne vertébrale. Le projet a pu être lancé récemment grâce à diverses donations privées.

Texte: Loris Pandiani

De plus en plus de personnes souffrent de problèmes de la colonne vertébrale, surtout avec l'âge. Une maladie très répandue de la colonne vertébrale est par exemple la sténose du canal rachidien lombaire, qui provoque une pression sur les nerfs de la colonne vertébrale. Les consé-

quences peuvent aller de fortes douleurs à des phénomènes de paralysie. Jusqu'à présent, la médecine ne sait pas exactement quelles sont les causes de telles maladies dégénératives. Les premières études indiquent qu'un ligament entre les arcs vertébraux, appelé ligamentum flavum, pourrait jouer un rôle décisif dans la dégénérescence de la colonne vertébrale. Dans un projet récemment lancé, l'équipe de chercheurs autour d'Annapaola Parrilli du « Center for X-Ray Analytics » de l'Empa,



CHERCHEUSE
Raluca Barna s'intéresse à un ligament de la colonne vertébrale.

quences peuvent aller de fortes douleurs à des phénomènes de paralysie. Jusqu'à présent, la médecine ne sait pas exactement quelles sont les causes de telles maladies dégénératives. Les premières études indiquent qu'un ligament entre les arcs vertébraux, appelé ligamentum flavum, pourrait jouer un rôle décisif dans la dégénérescence de la colonne vertébrale. Dans un projet récemment lancé, l'équipe de chercheurs autour d'Annapaola Parrilli du « Center for X-Ray Analytics » de l'Empa,

UNE ANALYSE EN PROFONDEUR

« Nous étudions le ligamentum flavum à l'aide de différentes méthodes d'imagerie et biomécaniques afin de comprendre plus précisément comment sa structure et sa stabilité évoluent au fil du temps », explique la doctorante Raluca Barna, qui a été recrutée dans l'équipe d'Annapaola Parrilli pour ce projet. Pour ce faire, de véritables Ligamenta flava, donnés à des fins de recherche, sont mis sous tension en laboratoire. Afin d'analyser précisément la structure et la

PROMOTION DE LA RECHERCHE PAR LE « ZUKUNFTSFONDS »

Le « Zukunftsfonds » de l'Empa recherche des dons privés pour des projets de recherche exceptionnels qui ne sont pas (encore) soutenus par ailleurs. Si vous aussi, vous êtes intéressé par la promotion de la recherche innovante, visitez le site web : www.empa.ch/web/zukunftsfonds

composition du ligament, des images 3D haute résolution des échantillons de tissus sont également prises à l'aide de la micro et de la nanotomographie.

« Nos premiers essais ont déjà fourni des données prometteuses. Nous sommes impatients d'acquérir une compréhension plus approfondie de la dégénérescence de la colonne vertébrale au cours du projet », a déclaré Annapaola Parrilli. Les patients souffrant de graves problèmes de dos peuvent également se réjouir. Les connaissances acquises dans le cadre du projet devraient en effet permettre de choisir plus rapidement la méthode de traitement appropriée à l'avenir.



Photo: Empa

Rendre possible la médecine de demain.



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

 **Empa**
Zukunftsfonds

DU LABORATOIRE AU PATIENT PLUS RAPIDEMENT



FACILITER LA RECHERCHE
L'hôpital cantonal d'Aarau est l'un des hôpitaux qui bénéficie désormais de la collaboration en matière de recherche.

Les progrès de la recherche et de l'innovation médicales profitent d'une étroite collaboration entre les médecins d'une part et les chercheurs d'autre part. En raison de la pression croissante du temps et des coûts dans le quotidien hospitalier, il est toutefois difficile pour le personnel médical spécialisé de participer activement à des projets de recherche. Les hôpitaux du canton d'Argovie ainsi que l'Empa, l'ETH Zurich et l'Institut Paul Scherrer PSI s'attaquent désormais ensemble à ce problème. Les médecins pourront à l'avenir demander du temps de recherche par le biais de l'« Association pour la recherche et l'innovation médicales dans le canton d'Argovie » et effectuer des recherches en cours d'emploi pendant 6 à 24 mois en collaboration avec des équipes des trois institutions du domaine des EPF.



PLUS QUE DU PAPIER: CONFÉRENCE « SWISS EPRINT » À L'EMPA

7th edition



Swiss-@Print

The Swiss Conference on Printed Electronics and Functional Materials

September 25 – 26, 2024
Empa, Akademie

IMPRESSION DIGITALE
Dans le cadre de la conférence, des experts internationaux se rencontrent à l'Empa.

L'impression numérique va bien au-delà du papier. Ces dernières années, des technologies d'impression ont été développées pour l'optoélectronique, pour des applications biomédicales, pour des procédés de bobine à bobine – par exemple pour les cellules solaires – et bien d'autres encore. La septième édition de la conférence « Swiss ePrint » aura lieu les 25 et 26 septembre à l'Empa. La « Swiss ePrint » réunira des spécialistes du monde entier qui s'intéressent à ce procédé de production en plein essor. Le programme comprend une série d'exposés d'expertes et d'experts, une session de posters et de précieuses possibilités de réseautage. L'inscription est ouverte, avec des frais Earlybird pour les inscriptions avant le 23 août 2024.



Photo: Kantonsspital Aarau, graphique: Empa

Photo: Tekniska Museet

RECHERCHE DE L'EMPA DANS UN MUSÉE SUÉDOIS



EXPOSITION
La pile à papier de l'Empa au « Tekniska Museet » à Stockholm.

Les visiteurs du Musée national des sciences et de la technologie de Stockholm, en Suède, peuvent désormais voir une partie de la recherche de l'Empa. Dans le cadre de l'exposition « Skogen » (forêt en suédois), le musée présente la batterie en papier que les chercheurs de l'Empa du laboratoire « Cellulose and Wood Materials » ont développée sous la direction de Gustav Nyström. L'exposition restera ouverte pendant les trois prochaines années – suffisamment de temps donc pour planifier un voyage en Suède.



SÉMINAIRES DE L'ACADÉMIE DE L'EMPA

(en allemand et en anglais)

20. AUGUST 2024

Konferenz: Biointerfaces International Conference
Zielpublikum: Wissenschaft und Industrie
biointerfaces.ch
FHNW Campus Muttenz

26. – 28. AUGUST 2024

Konferenz: Swiss Battery Days 2024
Zielpublikum: Wissenschaft & Industrie
swissbatterydays.empa.ch
ETH Zürich

04. – 05. SEPTEMBER 2024

SSB+RM2024 Annual Meeting
Zielpublikum: Wissenschaft
ssbrm.ch/ssbrm2024
Empa, St. Gallen

05. SEPTEMBER 2024

MARVEL Industry Day
Zielpublikum: Wissenschaft & Industrie
nccr-marvel.ch/events/2024-industry-day-empa
Empa, Dübendorf

03. OKTOBER 2024

Tage der Technik 2024: Künstliche Intelligenz in der Industrie
Zielpublikum: Industrie und Wirtschaft
www.tage-der-technik.ch
Empa, Dübendorf

28. OKTOBER 2024

Kurs: Energy Harvesting (in Englisch)
Zielpublikum: WissenschaftlerInnen, IngenieurInnen sowie technische Marketingverantwortliche
www.empa-akademie.ch/energyharvesting
Empa, Dübendorf



ABONNEMENT GRATUIT

Lisez Empa Quarterly

Il suffit de remplir la carte postale – et notre magazine de recherche sera livré dans votre boîte aux lettres quatre fois par an en allemand, anglais ou français. Entièrement gratuit.

Ou en ligne sur : www.empaquarterly.ch



Empa
Redaktion Empa Quarterly
Überlandstrasse 129
8600 Dübendorf
Switzerland



Empa
Redaktion Empa Quarterly
Überlandstrasse 129
8600 Dübendorf
Switzerland

ABONNEZ-VOUS GRATUITEMENT

Empa Quarterly

RECHERCHE & INNOVATION



www.empa.ch/web/s604/subscribenews

ABONNEMENT CADEAU POUR:

Allemand

Anglais

Français

Adresse Madame Monsieur

Prénom, Nom _____

Société, Institut _____

Rue, n° _____

NAP, lieu _____

Pays _____

E-mail _____

Empfehlung durch _____

Ces données sont traitées confidentiellement et ne seront pas transmises à des tiers.

Oui, je souhaite m'abonner gratuitement à Empa Quarterly.

Allemand

Anglais

Français

J'ai changé d'adresse: Abonnement n° _____

Adresse Madame Monsieur

Prénom, Nom _____

Société, Institut _____

Rue, n° _____

Case postale _____

NAP, lieu _____

Pays _____

E-mail _____

Ces données sont traitées confidentiellement et ne seront pas transmises à des tiers.

THE PLACE WHERE INNOVATION STARTS.