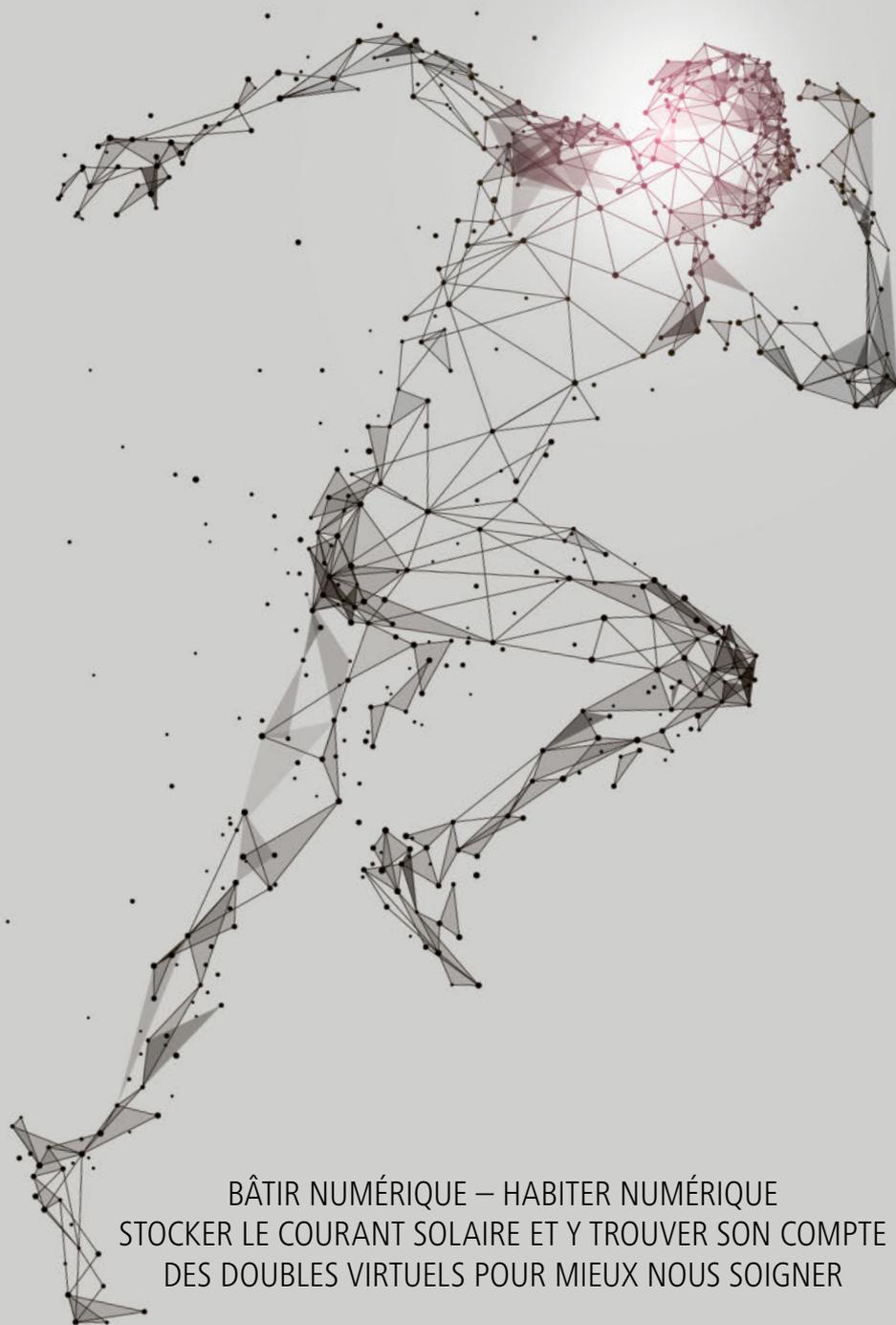


Empa Quarterly

RECHERCHE & INNOVATION II #64 II MAI 2019

Focus

NUMÉRISATION



BÂTIR NUMÉRIQUE – HABITER NUMÉRIQUE
STOCKER LE COURANT SOLAIRE ET Y TROUVER SON COMPTE
DES DOUBLES VIRTUELS POUR MIEUX NOUS SOIGNER

[CONTENT]

[Focus: NUMÉRISATION]



06



20



17



27



15

[FOCUS]

06 CONSTRUCTION
Première dans le bâtiment: projet numérisé, construction robotisée.

11 INTERVIEW
«L'automatisation, c'est une occasion magnifique»

12 MÉDECINE
Nos doubles virtuels vont changer la médecine.

15 MATÉRIAUX
Les propriétés des matières peuvent se calculer à l'avance.

[THÈMES]

20 ÉNERGIE
Stocker le courant solaire en batterie en y trouvant son compte.

24 ÉNERGIE
Fraîcheur solaire pour une fabrique espagnole de plats préparés.

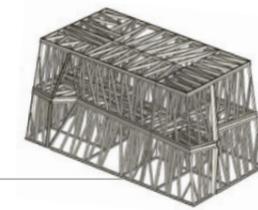
27 PORTRAIT
Gustav Nyström mise sur le bois.

[RUBRIQUES]

04 LA PHOTO

18 BRIÈVEMENT

30 EN ROUTE



[COUVERCLE]



Le numérique bouscule tous les domaines. L'Empa aide notre société à s'y adapter. Comment? Réponse dans ce cahier
Photo: istock/Getty Images

[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
ISSN 2297-7406
Empa Quarterly (édition française)



TOUT DÉPEND DE L'EMBALLAGE

Chère lectrice, cher lecteur



Nous sommes submergés d'informations et, parallèlement, notre durée d'attention se réduit, si bien que la première impression (généralement visuelle) l'emporte souvent sur le reste. Empa Quarterly table certes avant tout sur ses «valeurs intérieures», c'est-à-dire son contenu, mais nous avons aussi décidé d'en repenser le graphisme. Le résultat est entre vos mains: un magazine consacré à la recherche servi par une maquette dans l'esprit du temps. Nous espérons qu'il vous plaira.

De la clarté dans le propos, viser l'essentiel, des images fortes, de la fraîcheur et de la concision – c'est ainsi que nous souhaitons vous informer régulièrement des idées, projets et innovations qui font la vie de nos laboratoires. On sait toutefois que le ver doit plaire au poisson, pas au pêcheur. Nous sommes donc très curieux de votre opinion. Ce nouvel Empa Quarterly vous plaît-il? Ou bien vous plairait mieux si...? N'hésitez pas à nous le dire via redaktion@empa.ch!

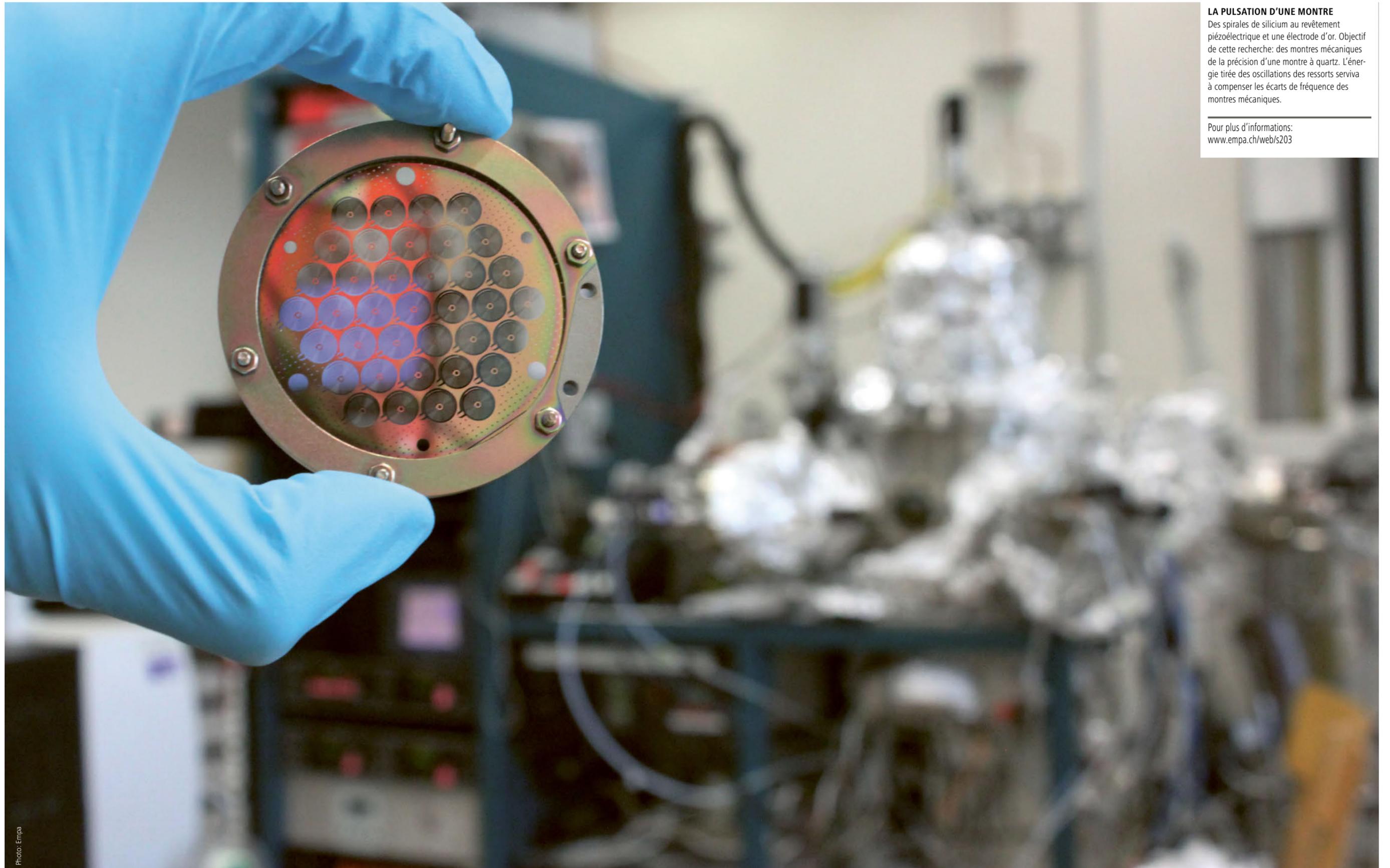
A propos d'emballage: Vous recevez Empa Quarterly sous plastique. Vous le recevrez désormais «au naturel», du moins dans notre pays (et bientôt, espérons-nous, ailleurs en Europe). Cela représente une économie de plastique de 80 kg par année... une goutte d'eau, mais il faut bien commencer quelque part.

Bien du plaisir avec notre nouveau magazine et nous nous réjouissons de votre feed-back!

Votre MICHAEL HAGMANN

Photos: Roman Keller, Empa, shutterstock, Markus Mallaun, Lufthansa

Photo: istock/Getty Images, Graphique: NCCR Digital Fabrication



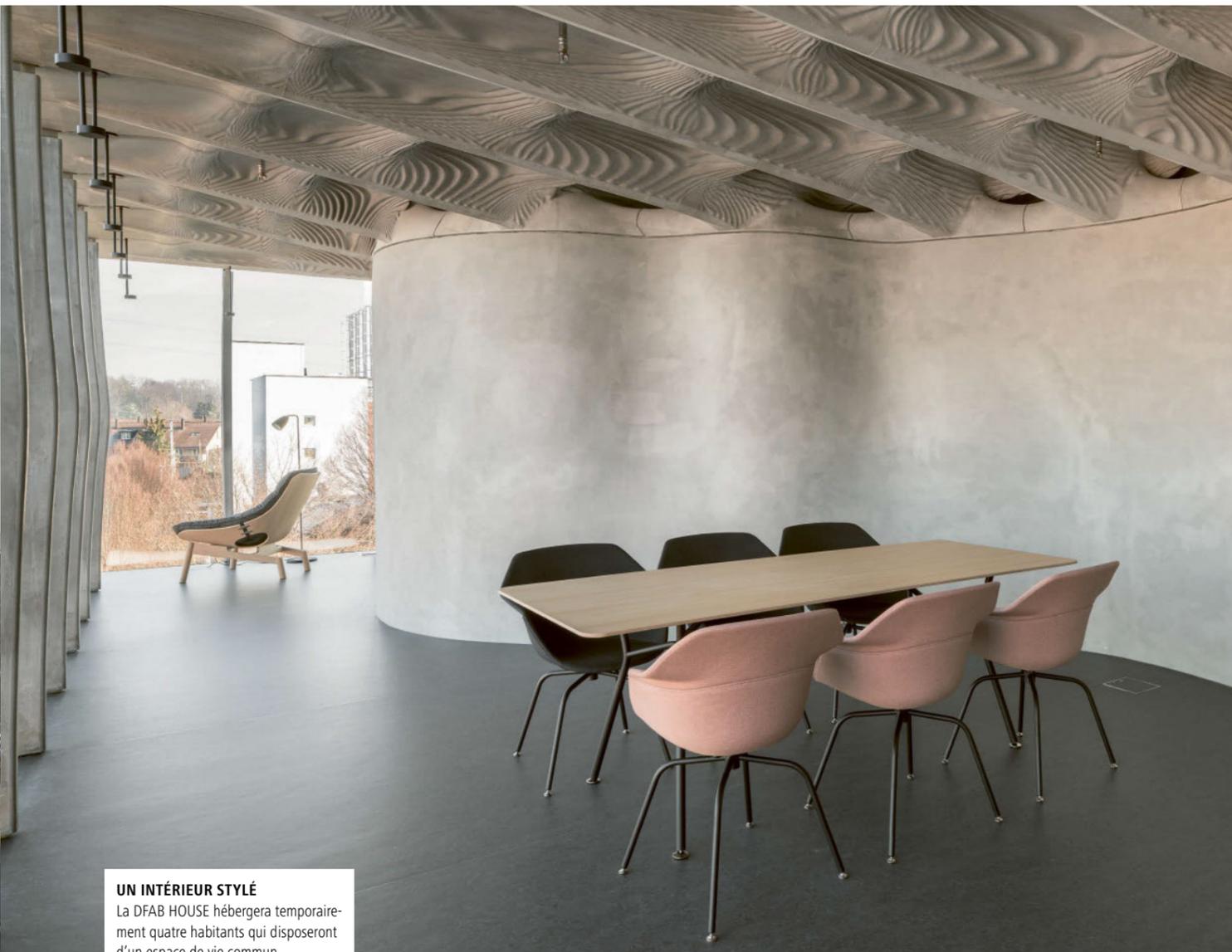
LA PULSATION D'UNE MONTRE

Des spirales de silicium au revêtement piézoélectrique et une électrode d'or. Objectif de cette recherche: des montres mécaniques de la précision d'une montre à quartz. L'énergie tirée des oscillations des ressorts servira à compenser les écarts de fréquence des montres mécaniques.

Pour plus d'informations:
www.empa.ch/web/s203



UNE ICÔNE ARCHITECTURALE
La DFAB HOUSE trône sur la troisième plateforme du bâtiment NEST.



UN INTÉRIEUR STYLÉ
La DFAB HOUSE hébergera temporairement quatre habitants qui disposeront d'un espace de vie commun.

CONSTRUIRE NUMÉRIQUEMENT, VIVRE NUMÉRIQUEMENT

La DFAB HOUSE est inaugurée aujourd'hui dans le bâtiment NEST de l'Empa et de l'Eawag à Dübendorf. C'est la première «maison» habitée au monde qui n'a pas seulement été planifiée numériquement, mais aussi – avec des robots et des imprimantes 3D – construite en grande partie de manière numérique. Les technologies de construction utilisées ont été développées par les chercheurs de l'ETH Zurich en collaboration avec des partenaires industriels.

Texte: Stephan Kälin, Photos: Roman Keller

Un plafond en béton délicat – coulé dans un coffrage imprimé en 3D – et un mur en béton courbé créé par un robot de construction caractérisent l'architecture du salon, dont l'esthétique rappelle de près celle des décors de tournage de l'artiste suisse HR Giger. Lorsqu'on les appelle, les stores s'ouvrent comme par magie et la bouilloire prépare l'eau du thé. Ce qui ressemble à un film de science-fiction est une réalité à Dübendorf: aujourd'hui, la DFAB HOUSE,

à la fois intelligente et en grande partie conçue et construite numériquement, ouvre ses portes pour la première fois.

DU LABORATOIRE À L'APPLICATION ARCHITECTURALE

La «maison d'habitation» de trois étages est située au sommet de trois plateformes dans le NEST. Ce bâtiment modulaire de recherche et d'innovation de l'Empa et de l'Eawag permet aux chercheurs de tester de nouvelles technologies de construction et d'énergie dans des conditions réelles, avec

leurs partenaires industriels. NEST se compose d'un noyau de bâtiment central auquel différents modules de construction – appelés unités – peuvent s'amarer. Pour la construction de l'unité DFAB HOUSE, les chercheurs de huit chaires de l'ETH Zurich, dans le cadre du Pôle de recherche national (PRN) «Fabrication numérique», ont transféré pour la première fois, en collaboration avec des partenaires industriels, plusieurs nouvelles technologies numériques de construction du laboratoire à des applications réelles (voir fiche ▶

DFAB HOUSE: FACTS & FIGURES

DFAB HOUSE est un démonstrateur collaboratif du Pôle de recherche national suisse (PRN) pour fabrication numérique (ETH Zurich) sur le bâtiment NEST de l'Empa et de l'Eawag:

1. IN SITU FABRICATOR

In situ Fabricator est un robot de construction mobile contextualisé pour la fabrication d'éléments de construction directement sur les chantiers de construction. Son système intégré de détection et de calcul est développé pour permettre des procédures de repositionnement autonomes, la localisation de l'effecteur final et l'adaptation des données de fabrication en fonction du comportement imprévu des matériaux et des tolérances de fabrication – sans avoir besoin de dispositifs de mesure externes.

Jours passés sur le chantier: 22

Temps total de construction: 125 heures

2. MESH MOULD

Mesh Mould combine coffrage et renfort en un seul système de construction fabriqué par robot. En tant que tel, le robot In situ Fabricator construit une structure de maille 3D qui sert à la fois de coffrage et de renforcement structurel. Un mortier de ciment spécialement développé est ensuite coulé dans la structure en treillis et retiré à la truelle à la main, ce qui permet d'obtenir la forme unique du mur porteur.

Longueur du mur: 12 m

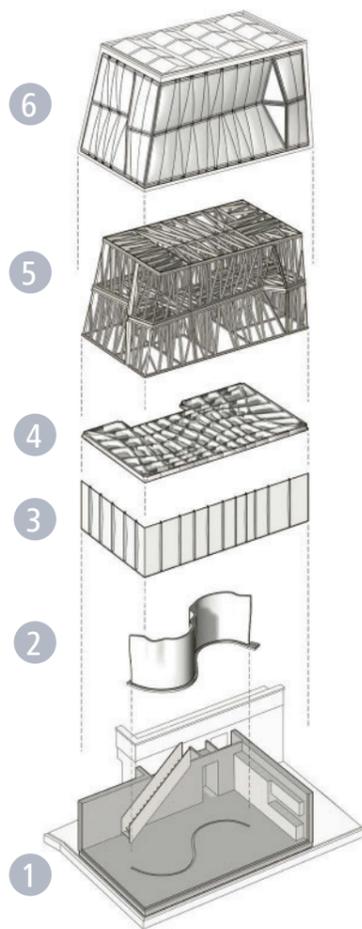
Hauteur du mur: 3 m

Nombre total de nœuds de soudure: 22 300

3. SMART DYNAMIC CASTING

Smart Dynamic Casting a permis la production de 15 meneaux en béton armé sur mesure. Chaque meneau a été fabriqué par coffrage glissant à commande numérique, par lequel le béton autocompactant est introduit dans un coffrage flexible qui façonne le béton au fur et à mesure qu'il durcit. Cette technique permet à chaque meneau d'être fabriqué individuellement dans la géométrie la mieux adaptée aux exigences de portance et à sa position exacte.

Nombre de meneaux en béton armé installés: 15



Volume total de béton par meneau (moyenne): 23 litres

Temps nécessaire pour former un meneau: 4 heures

4. SMART SLAB

Smart Slab présente une nouvelle génération d'un processus de construction numérique radicalement optimisé, de la conception à la fabrication. Il utilise l'impression 3D au sable pour automatiser et optimiser le processus le plus exigeant en main-d'œuvre dans la construction en béton: la fabrication du coffrage. Les 295 pièces de coffrage uniques

imprimées en 3D permettent à la plasticité du béton de créer un élément de construction de forme libre et hautement optimisé avec des structures ornementales complexes qui créent une riche expérience architecturale.

Superficie: 78 m²

Max. Piètement luge: ~4 m

Poids de la dalle intelligente: 15,7t (réduction d'environ 65% par rapport à la dalle standard)

Montage sur site: 4 jours

5. SPATIAL TIMBER ASSEMBLIES

Un procédé de fabrication robotisé innovant qui utilise le système de robot double du laboratoire de fabrication robotisée (RFL) de l'ETH Zurich pour préfabriquer des modules à ossature en bois pour les étages supérieurs de la DFAB HOUSE. En utilisant les robots, le bois peut être coupé, tenu et positionné sans référence dans l'espace, permettant des géométries nouvelles et complexes.

Précision du placement de la poutre en bois lorsque quatre émetteurs ou plus suivent le robot dans le RFL: moins de 1 mm

Poids maximum des poutres en bois assemblées par le robot: 55kg

Nombre de poutres dans la DFAB HOUSE: 487

Nombre de modules: 6

Temps d'installation sur site: 12 heures

6. LIGHTWEIGHT TRANSLUCENT FAÇADE

Les granules d'aérogel sont insérés et stabilisés entre des panneaux de membrane spécialement développés par un nouveau procédé. Le résultat est un système de façade léger, mince et doublement courbé, avec des propriétés de super-isolation qui permet à la lumière d'entrer dans le bâtiment à travers l'ensemble du mur.

Épaisseur de la façade: 80-120 mm

Pourcentage d'énergie économisée:

Valeur U 0,165

d'information sur la fabrication numérique). L'objectif des technologies numériques n'est pas seulement de rendre la planification et la construction plus efficaces, mais aussi plus durables. Par exemple, la dalle de plancher de la DFAB HOUSE, planifiée numériquement, est optimisée statiquement et structurellement de telle sorte que des quantités considérables de matériau peuvent être économisées par rapport à une dalle de béton classique. Ces technologies ouvrent également de nouvelles possibilités de conception. Par exemple, les deux étages supérieurs résidentiels sont caractérisés par des cadres en bois, qui ont été fabriqués à l'aide de deux robots de construction et disposés selon des géométries complexes. «Le potentiel architectural des technologies numériques du bâtiment est immense. Malheureusement, ces technologies sont encore peu utilisées sur les chantiers de construction. Avec la DFAB HOUSE, nous pouvons tester de nouvelles technologies en collaboration avec l'industrie et accélérer ainsi le passage de la recherche à la pratique», explique Matthias Kohler, professeur à l'ETH en architecture et en fabrication numérique.

«Le potentiel architectural des technologies numériques du bâtiment est considérable»

UNE MAISON INTELLIGENTE

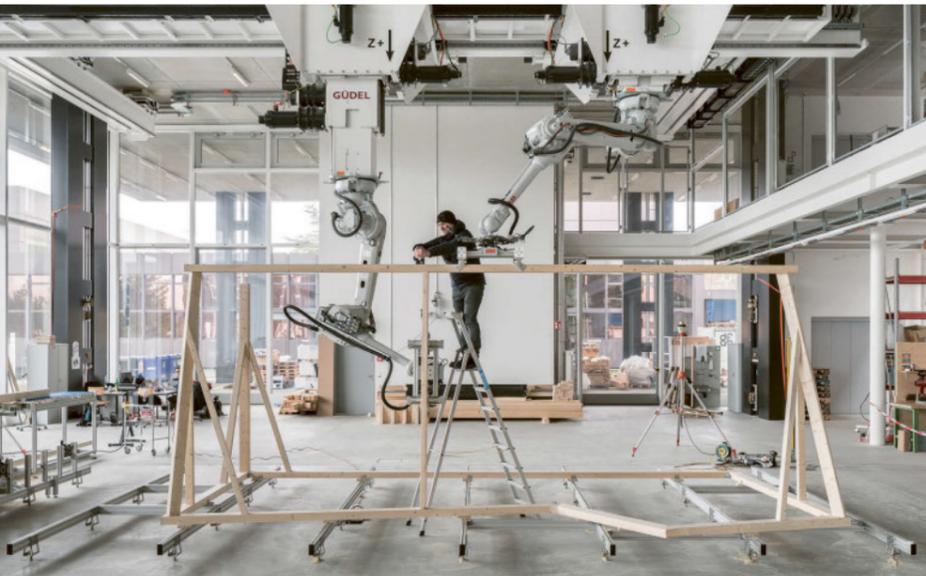
Dans environ deux mois, les premiers résidents emménageront dans la DFAB HOUSE. Ce sont des invités académiques de l'Empa et de l'Eawag. Dans la DFAB HOUSE, ils vivront dans une maison intelligente. Un consortium d'entreprises dirigé par digitalSTROM AG a installé les premières solutions pour la maison intelligente dans la DFAB HOUSE (voir fiche d'information sur l'habitation

CONSTRUIRE EN BOIS AVEC DES ROBOTS permet quelques audaces géométriques à la DFAB HOUSE.



numérisée), qui sont basées sur la plate-forme digitalSTROM indépendante de tout fabricant. Il s'agit notamment d'une protection anti-effraction intelligente à plusieurs niveaux, d'options automatisées de protection contre l'éblouissement et d'ombrage, ainsi que de la dernière génération d'appareils ménagers intelligents en réseau. Cependant, la DFAB HOUSE est intelligente non seulement en termes

d'électronique domestique, mais aussi en termes de gestion de l'énergie: les modules photovoltaïques sur le toit fournissent en moyenne une fois et demie plus d'électricité que l'unité elle-même en consommera. Un système de commande intelligent coordonne toutes les consommations et veille à ce qu'il n'y ait pas de pics de charge. Deux idées de démarrage, accompagnées de chercheurs de l'Empa et de



l'Eawag, permettent d'économiser de l'énergie supplémentaire: D'une part, la chaleur des eaux usées, qui serait autrement perdue, est récupérée directement dans les bacs de douche par l'intermédiaire d'échangeurs de chaleur et, d'autre part, l'eau chaude s'écoule des tuyaux vers la chaudière lorsqu'elle n'est pas utilisée au lieu de refroidir dans les tuyaux. Cette méthode permet non seulement d'économiser de l'énergie et de l'eau, mais aussi de réduire le risque de formation de bactéries dans les conduites.

LA RECHERCHE ET L'INDUSTRIE APPRENNENT L'UNE DE L'AUTRE

La sixième unité de recherche et d'innovation du NEST est un bon exemple de la

«C'est par un dialogue constructif entre scientifiques et professionnels que cette vision est devenue réalité.»

manière dont la coopération entre les chercheurs et l'industrie peut produire des solutions d'avenir. «Dans la réalisation d'un projet de construction comme la DFAB HOUSE, les méthodes de construction traditionnelles répondent aux nouveaux concepts du monde numérique. Le chemin qui mène de la planche à dessin numérique au bâtiment réel a posé des défis aux scientifiques et aux experts. Grâce à un dialogue constructif, l'utopie est devenu pratiquement réalisable et nous espérons qu'elle sera bientôt utilisée dans l'industrie de la construction», explique Gian-Luca Bona, directeur de l'Empa. ■

Pour plus d'informations:
nest.empa.ch/dfabhouse

«SI NOUS NE SAISISSEZ PAS CETTE OCCASION, D'AUTRES LE FERONT.»

Gian-Luca Bona, directeur de l'Empa, sur les chances et les risques du numérique – et sur la manière dont un institut de recherche sur les matériaux doit orienter son avenir.

Interview: Oliver Schneider



Quel est le projet informatique de l'Empa qui vous enthousiasme le plus?

Difficile de répondre, nous poursuivons tant des projets passionnants! Cela va des nanotechnologies, où nous étudions les effets de quelques atomes interagissant dans un matériau, jusqu'à des projets de gestion numérique de l'échelle du démonstrateur Energy Hub.

En quoi consiste ce projet?

Il s'agit de modéliser un groupe de maisons ou un quartier entier sur le plan énergétique. Nous recueillons des données puis évaluons quelles mesures d'assainissement énergétique devraient être prises en premier. Ce projet est étroitement lié à la Stratégie énergétique 2050 de la Confédération qui vise une utilisation optimale des énergies renouvelables et une réduction drastique des émissions de CO₂.

Le nom Empa n'évoque pas immédiatement les technologies numériques.

Quelle en est l'importance pour l'Empa?

Une importance sans cesse croissante. L'Empa est aujourd'hui un institut de recherche sur les matériaux et les technologies; les TI reposent toutes sur l'utilisation de matériaux. Ainsi, lorsque nous poursuivons des recherches sur des matériaux, nous participons au développement des techniques numériques et cherchons d'entrée de jeu à appliquer ces techniques à la recherche.

On voit à l'Empa des robots engagés dans la construction de maisons et des drones

Le numérique et l'automatisation sont riches de promesses mais soulèvent aussi bien des questions: chômage, perte des identités professionnelles... Qu'en pensez-vous?

L'automatisation est une énorme opportunité. Si nous ne la saisissons pas, d'autres le feront et nous marginaliseront. Je suis bien conscient qu'un ouvrier, par exemple, puisse percevoir la technique comme une menace. Le profil de son métier va évoluer. Tous les métiers classiques se font plus exigeants avec le développement des techniques. Ça ne doit pas être vu comme négatif. A 60 ans, le travailleur du bâtiment aura peut-être vécu trois reconversions, mais il quittera son travail avec un dos en bon état!

Comment l'Empa compte-t-il contribuer activement à l'avenir numérique de la Suisse?

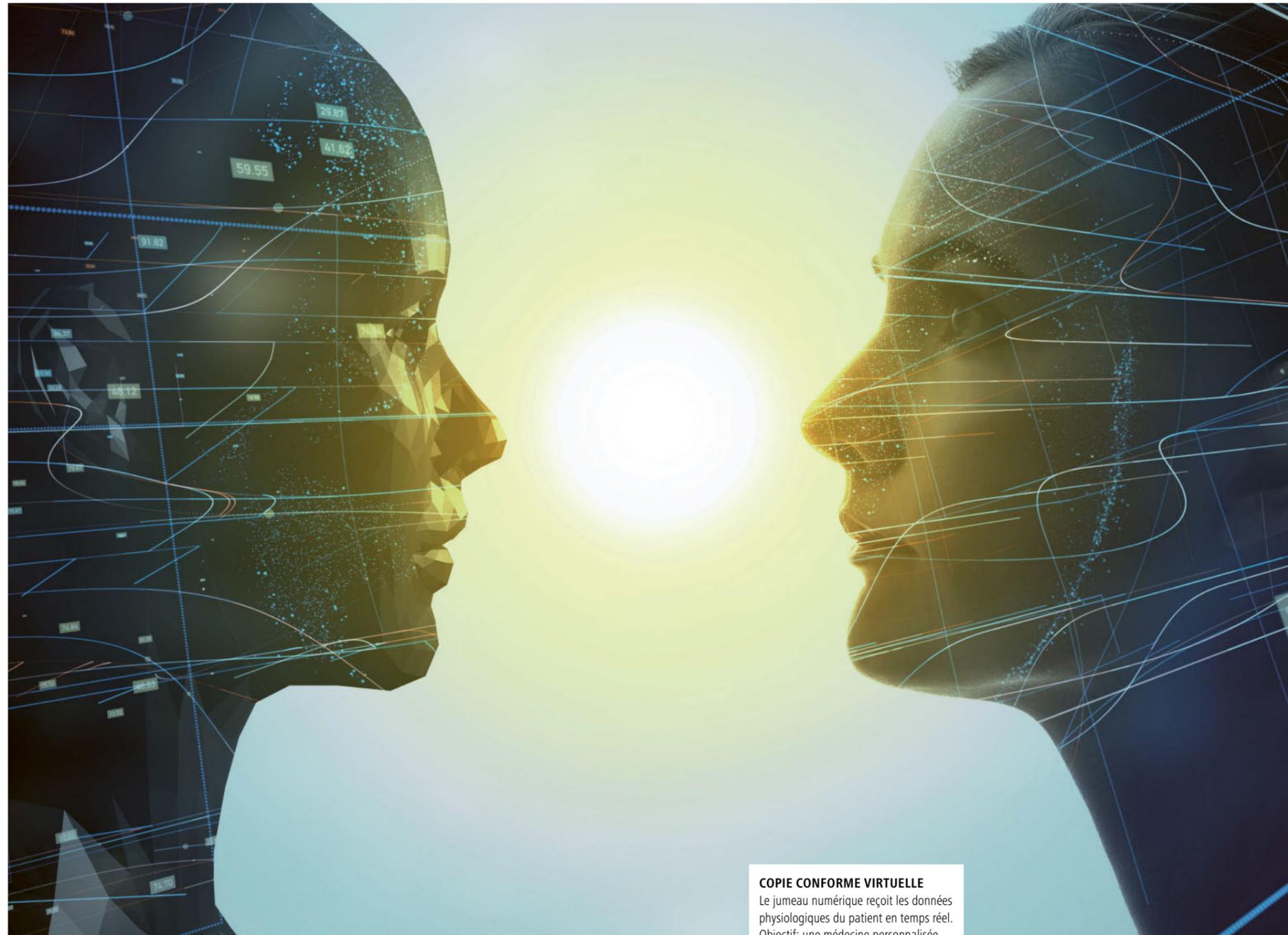
Nous sommes un institut de recherche sur les matériaux, notre présence dans l'univers numérique consiste avant tout à mettre notre savoir-faire à disposition des intéressés sur différentes plateformes. Nous appelons cela «Open Innovation». Nous ne cessons par ailleurs de nous développer et investissons entre autres dans le Big Data, l'intelligence artificielle et le Machine Learning. Dans ces domaines, il est crucial de collaborer au niveau international. C'est un potentiel qu'il s'agit d'exploiter. S'isoler n'est pas une solution. ■

Reproduit avec l'aimable autorisation de
www.netzwoche.ch.

ENVOIE TON AVATAR CHEZ LE MÉDECIN

L'émergence de doubles entièrement virtuels pourrait un jour révolutionner la médecine. Des chercheurs de l'Empa mettent au point un «jumeau numérique» qui devrait ouvrir la voie à des thérapies sur mesure. L'avatar doit permettre de personnaliser le traitement des diabétiques ou des patients souffrant de douleurs chroniques. Le jumeau numérique doit également permettre d'anticiper les effets de la thérapie.

Texte: Andrea Six



COPIE CONFORME VIRTUELLE

Le jumeau numérique reçoit les données physiologiques du patient en temps réel. Objectif: une médecine personnalisée.

Chaque être humain est différent. On le constate dans nos habitudes alimentaires ou dans la liste de nos films préférés. Mais face à la maladie? Nous pourrions être tentés de nous croire tous identiques. Après tout, on achète les

mêmes comprimés contre les maux de tête et on prescrit de l'insuline à tous les diabétiques. L'équation n'est toutefois pas si simple. La médecine moderne l'a bien compris, d'où le concept de médecine personnalisée. Les patients réagissent en effet très différemment à certaines thérapies

Photo: shutterstock

selon leur âge, leur style de vie, ou leur génome. Les êtres humains sont des êtres vivants, ils modifient leurs habitudes, ils partent en vacances ou attrapent soudainement un rhume: les traitements qu'on leur applique doivent pouvoir faire montre de la même souplesse. Et c'est là qu'inter-

vient l'idée du jumeau numérique alimenté en temps réel par les données physiologiques du sujet. Cet avatar médical pourrait un jour révolutionner la médecine. Des chercheurs de l'Empa travaillent déjà à un double numérique de la peau qui doit permettre d'optimiser

le traitement des douleurs chroniques et du diabète. «Un double in silico nous permet d'étudier les patients individuels de manière plus précise», explique Thijs Defraeye du département «Biomimetic Membranes and Textiles» de l'Empa de Saint-Gall.

Démarré récemment, ce projet est soutenu par la Fondation Novartis et le Competence Centre for Materials Science and Technology CCMX de Lausanne. Objectif: faire passer des médicaments tels que des analgésiques ou de l'insuline dans le corps par la peau, en se servant de fibres et de membranes intelligentes, tout en monitorant les paramètres vitaux du patient par capteurs. Les données sont fournies au jumeau numérique qui détermine les meilleurs dosages pour le sujet et suit l'avancement du traitement. Dans une étape ultérieure, le même principe pourrait permettre de suivre le processus de guérison de plaies difficiles. Des chercheurs de l'Empa ont déjà réalisé un pansement intelligent à capteur intégré.

«Le double in silico de nos patients nous permet de les soigner avec beaucoup plus de précision»

Dans ce projet de jumeau numérique, Defraeye et son équipe entendent fusionner deux axes de recherche innovants: la prise non invasive de médicament à travers la peau par timbre transdermique, et le réglage et anticipation en temps réel du déroulement d'un traitement par le truchement d'un modèle. Cette approche est particulièrement élégante car la peau, le plus grand organe humain, offre une importante surface par où transférer dans le corps et de manière indolore des molécules ▶

dont la taille ne dépasse pas une certaine taille. Les timbres actuels ne permettent pas de régler correctement les dosages, entre autres parce que, lorsqu'on les a enlevés, une part de la substance active continue de migrer des couches cutanées vers le corps. Les méthodes actuelles de suivi de la teneur du sang en substance active ne permettent de savoir que a posteriori si le dosage a été trop élevé ou alors insuffisant. Les timbres habituels ne permettent pas d'anticiper les besoins en substance active.

NOURRIR LE JUMENT DE DONNÉES

Un jumeau numérique traitant des données provenant de capteurs non invasifs placés sur la peau permet, lui, de doser la substance avec précision et de manière personnalisée. La modélisation mathématique du jumeau numérique tient entre autres compte des propriétés spécifiques de la peau du patient. Il est évident que selon la partie du corps où le timbre est appliqué, ou selon qu'il s'agit de la peau d'un sportif sans cesse exposé au soleil, de la peau fine comme du papier d'une dame âgée ou de la peau délicate d'un prématuré, le passage du médicament s'opère différemment. Avec un jumeau numérique, il devient possible d'assurer le dosage précis et dynamique du médicament par timbre transdermique dans la mesure où le modèle permet d'anticiper le résultat, et non plus seulement d'en prendre connaissance après coup. «Cette approche devrait aussi nous permettre de réduire les doses – par exemple d'analgésique – jusqu'à la valeur optimale pour le patient» ajoute le chercheur.

La notion de double virtuel est d'actualité au moins depuis la mission Apollo 13 de la NASA. C'est en simulant la situation avec des doubles qu'on a trouvé la solution qui a permis à l'équipage de ramener le vaisseau

spatial endommagé sur terre. On utilise aujourd'hui des doubles digitaux dans la conception des avions, des voitures ou de l'entretien des immeubles. «La médecine rêve de doubles complets in silico permettant de prévoir comment un sujet va vieillir ou la manière dont une prothèse osseuse va s'user» explique Defraeye. Mais on n'y est pas encore. Le système de timbre intelligent et de simulation en temps réel est une piste très prometteuse et peu explorée. L'étape du «jumeau numérique» dans la thérapie par timbre transdermique nous rapproche de l'avatar médical.

«En médecine, le rêve l'un des In-Silico double»

Dans ses recherches sur le développement du «Digital Twin» médical, Defraeye peut s'appuyer sur les résultats de ses recherches antérieures sur les jumeaux numériques de différents fruits, réalisés dans le cadre d'un projet en technologie alimentaire financé par le Fonds national suisse (FNS), et toujours en cours. Objectif: contrôler en temps réel la continuité de la chaîne de froid,

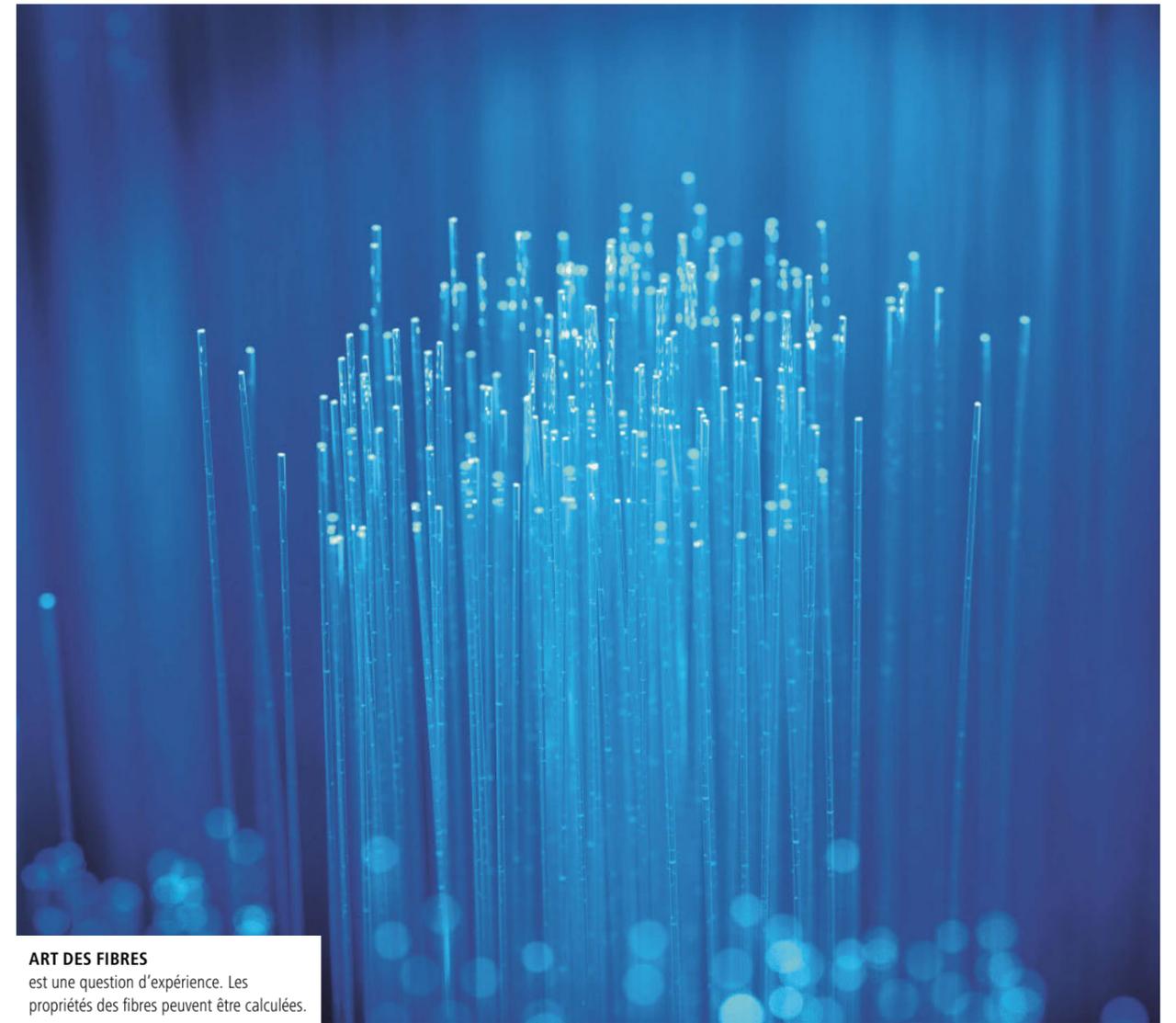
LE GROUPE SIMULATION DE L'EMPA

En 2016, les experts en simulation de l'Empa associés à divers laboratoires ont créé l'«Empa's Modelling & Simulation Group» pour partager des logiciels de simulation, discuter stratégie et convier les scientifiques de passage à présenter leurs travaux. La simulation a pour tâche de résoudre d'exigeants problèmes de physique, de chimie, de science des matériaux et d'ingénierie par voie de calcul, de l'échelle du nano à celle de l'environnement. www.empa-akademie.ch/multiscale

du producteur jusqu'au détaillant, puis, dans une étape ultérieure, intervenir sur le réglage de la chaîne. A cette fin, Defraeye a placé au milieu d'envois de pommes, de mangues et d'autres fruits des doubles biophysiques aux réactions identiques à celles de leur modèle naturel et fonctionnant comme capteurs. D'un bout à l'autre du voyage, ces «espions» ont envoyé des données à leur jumeau digital qui peut, par exemple, corriger la climatisation d'un camion. Le fruit virtuel se base dans ce cas sur un modèle CAD tridimensionnel de pomme ou de mangue relié à un simulateur multiphysique.

Pour réaliser l'avatar de thérapie transdermique, les chercheurs de l'Empa vont programmer un modèle complexe et multiphysique de la peau qui recevra les signaux de capteurs dermiques. Le développement des capteurs se fera à l'aide de jumeaux d'humains appelés Manikins. Ces mannequins sont équipés de capteurs dont les signaux permettent d'évaluer les valeurs physiologiques et les réactions d'un humain telles que les variations de la température de sa peau ou sa sudation. Les manikins et le modèle informatique qui leur est couplé ont déjà fait leur preuve dans la simulation de certaines réactions physiologiques humaines. Le système va maintenant être employé dans la réalisation d'un jumeau numérique sensiblement plus complexe et intégrant plus de variables. «C'est que le jumeau virtuel ne doit pas seulement réagir aux changements, il doit également prévoir de manière fiable le dosage individuel des médicaments» précise Defraeye. ■

Pour plus d'informations:
www.empa.ch/web/s604/nanoreaktor



ART DES FIBRES
est une question d'expérience. Les propriétés des fibres peuvent être calculées.

LE MATÉRIEL, PROGRAMMÉ

Peut-on calculer à l'avance les caractéristiques de matériaux composites? Des spécialistes de l'Empa y parviennent, aidant ainsi les chercheurs à atteindre plus rapidement leurs objectifs. Deux exemples d'application: l'amélioration du recyclage du PET et la réalisation de matières synthétiques conductrices pour l'industrie solaire.

Texte: Rainer Klose

Ali Gooneie, chercheur à l'Empa, simule sur ordinateur la manière dont les choses se nouent au cœur de la matière: atomes, molécules, chaînes et faisceaux de molécules – puis les pelotes et les fibres qui peuvent en résulter. Ses calculs lui permettent également d'expliquer pourquoi, au toucher, certains matériaux sont lisses ou rêches, flexibles ou rigides, conducteurs ou isolants thermiques.

Nombre de ces propriétés sont intrinsèques au matériau considéré. Métal ou bois, plastique ou céramique, roches ou gel – leur propriétés ont déjà été scrutées avec succès. Mais qu'en est-il des matériaux composites? D'où tirent-ils leurs propriétés, comment les modifier en connaissance de cause? On peut l'étudier expérimentalement en laboratoire, mais cela ne suffit plus: la recherche actuelle entend calculer ces propriétés à l'avance pour rapidement focaliser les expériences.

Gooneie est un des nombreux spécialistes en simulation numérique engagés dans différents départements de l'Empa. Il a étudié la technologie des matières plastiques à l'Amirkabir University of Technology de Téhéran, puis passé son doctorat à l'Université de Leoben (Montanuniversität) en Autriche. «Bien que, après mes études d'ingénieur, je me sois plongé toujours plus profond dans l'univers formel de la physique, je n'ai jamais perdu le contact avec le monde réel», explique-t-il. «La simulation ne m'apparaît pas comme une fin en soi. J'y recourrais pour expliquer quels effets peuvent être observés dans les matériaux et comment les observer.»

Pour bien comprendre l'objet des calculs de Gooneie, considérons une fibre polymère composite naturelle



PREMIERS ÉCHANTILLONS
du dernier projet d'Ali Gooneie: un plastique électriquement conducteur. Au tableau, les premiers calculs de son prochain projet.

bien connue: les cheveux. Fraîchement lavés, ils sont doux et souples, secs, ils peuvent crépiter d'électricité statique, et mouillés, couiner comme du caoutchouc. On peut les couper, les rompre, les roussir et les onduler (permanente), les déteindre et les gonfler au föhn. D'où tiennent-ils toutes ces propriétés?

QUELLE IMPRESSION FONT LES CHEVEUX AU TOUCHER? ET POURQUOI?

Les cheveux sont composés d'acides aminés qui forment de longues chaînes protéiniques, les kératines. Les molécules de kératine forment des fils puis des fibres. Un jeu de membranes cellulaires lie ces fibres. Les faisceaux de fibres ainsi formés, matière vivante, sont enveloppés par plusieurs couches de cellules cornées mortes disposées comme les écailles d'une pive de sapin. Les propriétés des

cheveux n'apparaîtraient pas si l'on n'en considérait que l'élément central, les acides aminés. Il faut également bien comprendre la structure dans laquelle ces derniers sont insérés.

Prenons mentalement du recul et visualisons les molécules comme autant de petites billes formant un collier. A ce niveau, ce n'est plus la chimie qui est en jeu, mais les collisions et les frottements. Les spécialistes utilisent ce type de représentation dans les modèles dits «gros grains».

Poursuivons jusqu'à l'échelle du millimètre, un domaine où nous pouvons voir et sentir les choses. Les cheveux nous apparaissent alors comme faits d'une matière homogène dont nous ne percevons plus la structure fine.

Photo: Empa

Pour en décrire et en prévoir les propriétés macroscopiques, on utilise ici la méthode des éléments finis.

COMPRÉHENSION DÉTAILLÉE DES FIBRES

Cette approche multidimensionnelle des matériaux composites n'a été adoptée qu'il y a peu d'années. Ali Gooneie en a poursuivi le développement à l'Université de Leoben, suscitant l'intérêt de l'Empa. Installé aujourd'hui à Saint-Gall, l'expert en simulation y travaille au département «Advanced Fibers» sous la direction de Manfred Heuberger.

L'un des objectifs des travaux de Heuberger est de poursuivre le développement des fibres synthétiques – un enjeu économique de taille: environ deux tiers des fibres utilisées dans le monde sont actuellement produites par voie de synthèse. Une fibre synthétique, c'est beaucoup plus qu'un simple fil. On ne parle de fibre que lorsque sa structure moléculaire, faite de petits cristaux orientés, présente les qualités par exemple de flexibilité et de résistance à la traction souhaitées. Les propriétés de ces produits, tant à la fabrication qu'à l'usage, ne peuvent être comprises que lorsque leur structure fibreuse a été éclaircie du nanomètre au micromètre.

DES POLYMÈRES COMPOSITES CONDUCTEURS

Gooneie a déjà accompagné plusieurs projets. L'un d'eux avait pour but d'incorporer des nanotubes de carbone (CNT) dans une matrice polyamide. Bien dosés, les CNT peuvent convertir une matière synthétique en conducteur, ce qui est intéressant, par exemple, pour l'industrie du photovoltaïque. Mais comment trouver le dosage optimal en nanotubes? Doivent-ils tous être de la même longueur ou est-il préférable d'en incorporer de différentes longueurs?

Jusqu'à récemment, les chercheurs en matières composites cernaient la question et tentaient d'y répondre par une succession d'expériences chimiques. Ali Gooneie l'a abordée sous un angle théorique, en y joignant ses méthodes de simulation pluridimensionnelle. Sa conclusion: un mélange de CNT de différentes longueurs devrait permettre d'obtenir plus rapidement la conductivité électrique souhaitée. Il a également pu déterminer à l'avance la manière dont les nanotubes s'ordonnent dans le polymère selon que le procédé de fabrication est conduit plus ou moins rapidement.

Parallèlement à leurs calculs, les chercheurs ont procédé à des essais. Des nanotubes ont été mêlés à différentes concentrations à une matrice polyamide

«La simulation n'est pas une fin en soi. J'y recourrais pour expliquer les effets que nous observons dans les matériaux.»

extrudée à 245°C. Les analyses subséquentes ont montré que la conductivité était la meilleure pour une teneur pondérale de 0,15 pourcent de CNT. Main dans la main, les essais en laboratoire et les mathématiques appliquées ont permis de résoudre élégamment la question.

Les simulations numériques sont aussi d'une aide précieuse dans les projets de recyclage. En 2018, les Suisses ont récolté près de 48'000 tonnes de bouteilles en PET. L'industrie a pu en tirer 35'000 tonnes de PET recyclé. Ce plastique est très apprécié pour sa résistance mécanique, son étanchéité à l'air et aux gaz et sa bonne tenue aux hautes températures. Mais il ne peut pas être recyclé indéfiniment. Lorsqu'on

le fond et le refond trop souvent, une partie de ses molécules s'oxydent, se réticulent, forment des pelotes et le matériau devient visqueux, puis vitreux.

MEILLEUR RECYCLAGE DU PET

Un additif pourrait y remédier. Il s'agit du DOPO-PEPA, un ignifugeant développé à l'Empa par Sabyaachi Gaan, également du département «Advanced Fibers». Les chercheurs ont pensé qu'il pourrait servir de lubrifiant et d'agent protecteur dans le recyclage du PET. On a de nouveau fait appel à Gooneie. Première étape de son travail: vérifier si DOPO-PEPA se laisse incorporer au PET aux températures envisagées. Après quoi, Gooneie a étudié la manière dont ses petits colliers de billes représentant les molécules de PET se déplaçaient dans une masse en fusion, comment les molécules de DOPO-PEPA s'y entremêlaient et dans quelles conditions le mélange pouvait s'équilibrer.

Résultat: Il suffit de quelques pourcents de DOPO-PEPA pour que le PET recyclé soit bien onctueux. Les calculs de haut niveau effectués à l'Empa vont permettre de redonner toute sa fluidité au recyclage du PET.

DES PROTHÈSES RÉALISÉES PAR IMPRESSION 3D



PRÉCISION

La fabrication additive est loin d'être simple. Elle requiert un savoir spécialisé sur les matériaux, les processus et le traitement final des pièces imprimées.

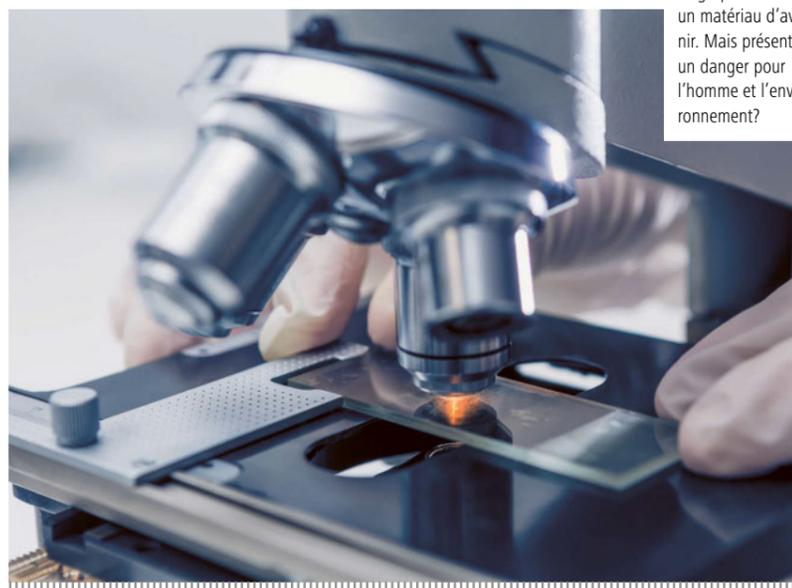
L'impression 3D fait son entrée dans la production industrielle. Cette technologie ainsi que la numérisation croissante des processus de conception et de fabrication – mot-clé «Industry 4.0» – joueront également un rôle central dans la technologie médicale à l'avenir. Un nouveau centre de transfert de technologie dans le canton de Soleure contribuera au transfert de savoir-faire de la science vers l'industrie, tout en promouvant la recherche.

www.empa.ch/web/s604/m4m

LE GRAPHÈNE EST-IL INOFFENSIF?

Le graphène est considéré comme l'un des matériaux les plus intéressants et les plus polyvalents de notre époque. Les possibilités d'application inspirent la recherche et l'industrie. Mais les produits contenant du graphène sont-ils également sans danger pour l'homme et l'environnement? Cette question a fait l'objet d'une étude approfondie dans le cadre du projet phare européen sur le graphène, avec la participation de chercheurs de l'Empa.

www.empa.ch/web/s604/graphene-safety



MINUSCULE

Le graphène est un matériau d'avenir. Mais présente-t-il un danger pour l'homme et l'environnement?

SCIENCE SUR NOS CIMES

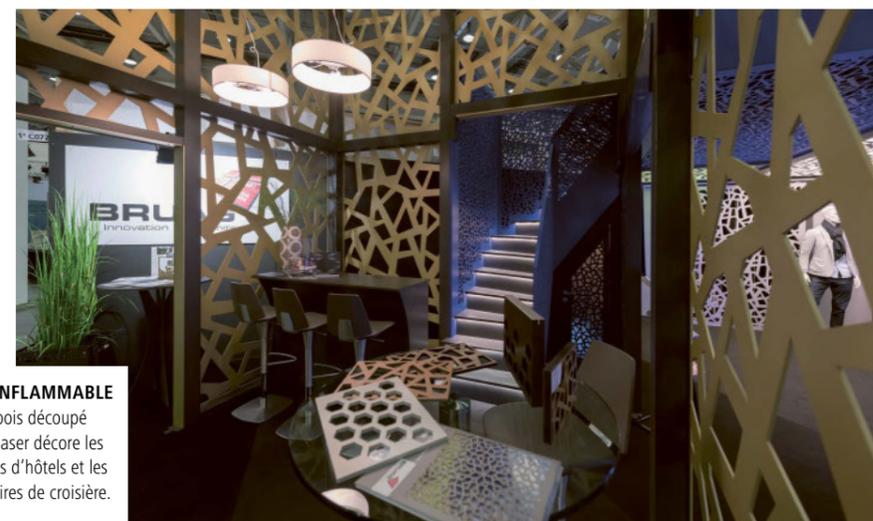
Au début des années 1930, alors que de nombreux pays européens se bouclent, la Suisse a ouvert la station de recherche internationale du Jungfraujoch. En 2019, la station reçoit deux prix en tant que site historique important pour les sciences naturelles. La Société Européenne de Physique honore les réalisations en physique et l'Académie Suisse des Sciences les réalisations en chimie. Depuis près de 50 ans, l'Empa est également à la pointe de la recherche européenne : la mesure de plus de 70 substances différentes dans l'air doit permettre de comprendre l'évolution des émissions mondiales.

www.empa.ch/web/s604/top-of-europe-auszeichnung



FROID

Depuis 1972, l'Empa scrute la qualité de l'air au Jungfraujoch, à 3450 m d'altitude.



ININFLAMMABLE

Le bois découpé au laser décore les halls d'hôtels et les navires de croisière.

ANTI-FEU & NON TOXIQUE

En collaboration avec BRUAG Fire Protection AG, les spécialistes de l'Empa ont développé un nouveau retardateur de flamme pour le bois et les matériaux à base de bois. L'additif incolore, qui peut être facilement mélangé avec des revêtements et des matériaux celluloseux, ouvre de nouvelles applications aux entreprises de transformation du bois.

www.empa.ch/web/s604/eda-dopo-reach

Photos: istock/Getty Images, Empa

Photos: www.jungfrau.ch, www.bruag.ch



POINTES DE COURANT
L'énergie solaire culmine vers midi. Comment la stocker à bon compte?

DES BATTERIES DANS LES QUARTIERS

Les capteurs solaires installés sur les toits produisent fréquemment de l'énergie au moment où les habitants n'en ont pas besoin. Des batteries fixes permettent de l'utiliser le soir, la nuit ou par temps de pluie. Mais cela présente-t-il un intérêt économique pour les utilisateurs? Et pour les fournisseurs d'électricité? La question fait l'objet d'un projet de recherche à l'Empa.

Texte: Karin Weinmann

La multiplication des installations solaires sur les toits suisses place les exploitants du réseau électrique face à un problème. Par de belles journées ensoleillées, il peut arriver que de grandes quantités de courant affluent soudainement dans le réseau. Si ce dernier

n'a pas été dimensionné en conséquence, il peut, dans le pire des cas, s'effondrer. Pour prévenir ce type de blackout, on pourrait par exemple redimensionner le réseau en lui fixant une charge maximale très supérieure. Le coût de l'opération serait considérable.

Autre approche possible: prévenir le déferlement de courant excédentaire dans le réseau en le stockant provisoirement sur place. Mais le détenteur de l'installation y verra-t-il un avantage? Quelles sont les possibilités réalistes de stockage? Et cela permet-il réellement de stabiliser le réseau?

Photo: Empa

Autant de questions que Philip Heer, chercheur de l'Empa, s'est posées. Pour y répondre, il a exploité les données des services industriels Glattwerk de Dübendorf et étudié deux types de batteries: les batteries lithium-ion et les batteries salines du type sodium-chlorure de nickel, également nommées batteries ZEBRA (voir encadré). Il a simulé sur ordinateur 160 scénarios en variant la taille des batteries et en optant pour des systèmes centralisés ou distribués.

«Les batteries gérées pour satisfaire et les privés et le réseau rapportent 15% de plus»

«PROSOMMATEURS» ET DISTRIBUTEURS

Nous avons deux parties en présence, chacune avec ses propres intérêts. D'un côté, les gestionnaires de réseaux de distribution: leurs entreprises gèrent les réseaux électriques de moyenne et basse tension qui fournissent les consommateurs finaux en courant. En Suisse, on en compte environ 650 totalisant un réseau de quelque 200'000 km. Principale préoccupation: réduire au minimum les risques de panne du réseau sans pour autant dimensionner les infrastructures sur la charge maximale possible, laquelle ne s'observe que rarement.

De l'autre côté, les consommateurs qui produisent également du courant, les «prosommateurs». Il peut s'agir d'un simple bâtiment ou d'une communauté de voisins clients du distributeur, qui consomment du courant soit prélevé sur le réseau, soit produit par leurs propres installations solaires. Leur objectif: réduire leurs dépenses, ce qui signifie consommer leur propre courant quand l'électricité du réseau est plus chère. Actuellement, la différence de prix entre

le courant injecté et le courant prélevé est très faible, si bien que le prosommateur n'a que peu d'intérêt à injecter son courant dans le réseau.

Comment alors mettre en œuvre des batteries fixes de manière que les deux parties y trouvent leur compte? Prenons une journée bien ensoleillée. Les installations solaires produisent du courant pendant qu'il fait jour, alors que bien des habitants ne sont pas chez eux. Mais si les installations injectent le courant produit dans le réseau alors que le tarif est au plus bas, les deux côtés y perdent: les consommateurs doivent ré-acheter du courant le soir, quand il est plus cher, et les gestionnaires de réseau doivent renforcer leur réseau pour qu'il puisse transporter de plus grandes quantités de courant. En revanche, si le courant autoproduit est stocké sur place en batteries, il peut être consommé le soir par ses producteurs et le réseau échappe à la surcharge.

L'ÉCONOMIE DU PARTAGE APPLIQUÉE AUX BATTERIES

Les batteries ne présentent cependant pas que des avantages. Leur rendement n'est pas de 100%. Si bien que la consommation moyenne d'énergie de l'ensemble du réseau augmente lorsqu'on l'épaule par des batteries. Si l'on veut que l'usage de batteries bénéficie aux deux parties, il faut pouvoir les

LA BATTERIE ZEBRA

La batterie saline de type NaNiCl₂, dite ZEBRA, a été développée en 1985 à Pretoria, en Afrique du Sud. Le nom ZEBRA est celui du projet «Zero Emission Batteries Research Activity». Les batteries utilisent des matières premières plus abondantes que celles, par exemple, de la technologie lithium-ion. La température d'exploitation d'une ZEBRA est de l'ordre de 300°C.

piloter de manière à optimiser l'ensemble des intérêts en jeu, et non pas seulement à maximiser celui des prosommateurs individuels. Faute de quoi on s'expose par exemple à une situation où, par beau temps, tous les prosommateurs chargent leurs batteries à capacité et, quand toutes sont pleines mettons vers midi, basculent simultanément leur courant dans le réseau. Les exploitants se retrouveraient face à un pic de courant.

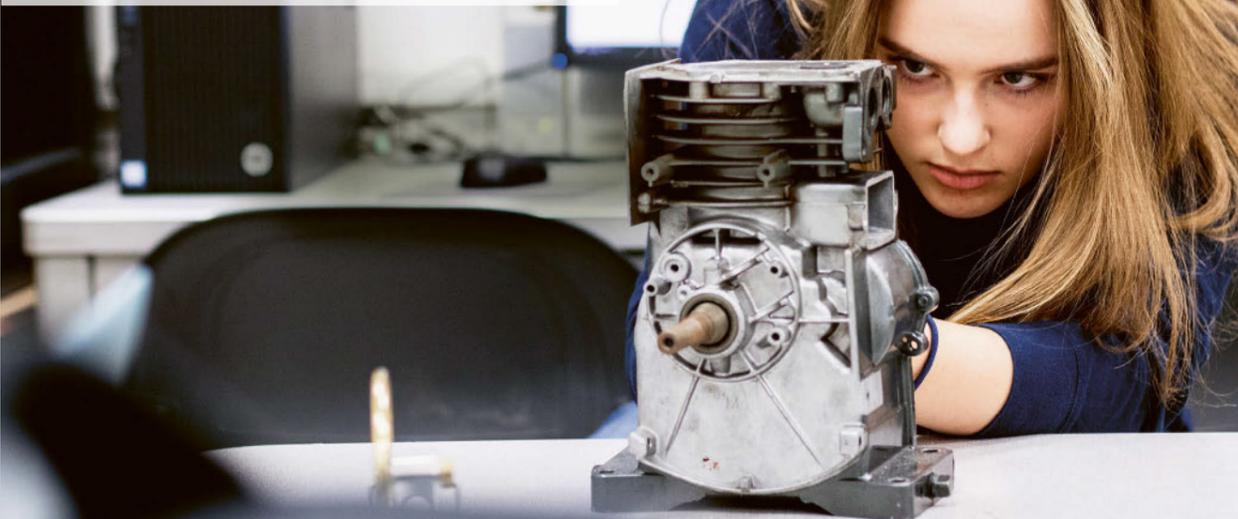
Une régulation bien conçue chargerait les batteries lorsque le réseau se voit offrir plus de courant qu'il ne doit en fournir. Il est possible de le calculer: «Les simulations montrent que les batteries dont la charge est optimisée compte tenu des différents objectifs à satisfaire ont un rendement financier moyen jusqu'à 15% supérieur à celui des batteries optimisées pour l'une des parties seulement», explique Heer. Les deux parties peuvent déjà tirer profit de petites batteries décentralisées. Les batteries plus importantes desservant des groupes de prosommateurs sont encore plus favorables.

VÉRIFIER LES SIMULATIONS

Il s'agit maintenant de valider le résultat de ces simulations en grandeur réelle. Heer et son équipe mettent actuellement au point une commande optimisée qui régulera un système de batteries intégré au démonstrateur «Energy Hub» de l'Empa. Les différentes unités de NEST en seront les prosommateurs, fournissant et consommant différentes quantités de courant. Les tests utiliseront deux types de batteries: salines et lithium-ion. «Si nos simulations sont confirmées par les faits, nous pourrions utiliser le réseau déjà analysé de Dübendorf comme projet-pilote», remarque Heer. ■

Pour plus d'informations:
www.empa.ch/web/energy-hub

LE FONDS AVENIR DE L'EMPA – UNE RECHERCHE QUI VOIT LOIN



Mobilité sans limites, boulimie énergétique, santé et performances jusqu'au soir de la vie, des logements et des espaces publics toujours plus confortables... Comment satisfaire tout le monde si nous souhaitons respecter la planète et la maintenir en bon état pour nos enfants? La réponse se trouve dans le développement des technologies innovantes et des nouveaux matériaux qui nous permettront d'orienter notre développement vers la durabilité, la qualité et le succès économique. Cet objectif, c'est bien celui que l'Empa s'est fixé. Nos chercheurs s'attachent à relever les défis de notre temps. Leur mission: explorer de nouveaux horizons et repousser toujours plus loin les frontières de la science et de la technique. Ce faisant, nous renforçons mieux qu'aucune autre institution suisse la compétitivité internationale de notre pays. Depuis 2001, l'Empa lance régulièrement des «Internal Research Calls» proposant à ses chercheurs de présenter des idées de projets réellement originaux, avec à la clé une possibilité de financement. De nombreuses technologies passionnantes sont nées de la sorte, qui n'auraient pas vu le jour sans cet appel à idées. Le nombre de projets que notre institut peut soutenir dépend

des donations qu'il reçoit. C'est la raison d'être de son Fonds Avenir: offrir à plus d'idées prometteuses la possibilité d'être concrétisées. Nous mettons actuellement sur pied un système professionnel de collecte de fonds. Les moyens que le Fonds Avenir alloue proviennent de donations d'intérêt général accordées par des entreprises, des fondations et des personnes privées. Ils nous permettent de soutenir des projets de recherche difficilement financés par d'autres voies et susceptibles d'apporter une contribution importante au développement durable.



GABRIELE DOBENECKER
Responsable du Fonds avenir
de l'Empa
Tél.: +41 58 765 44 21
gabriele.dobenecker@empa.ch

 **Empa**
Zukunftsfonds

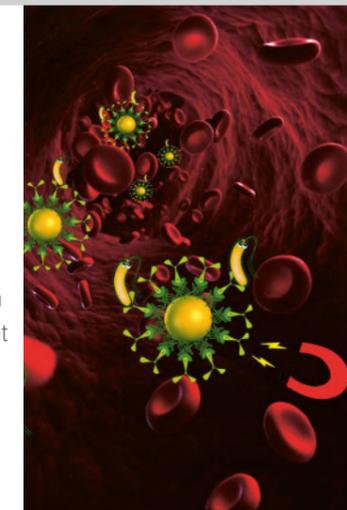
Pour plus d'informations:
Fonds avenir de l'Empa www.empa.ch/zukunftsfonds.

Photos: istock/Getty Images, Empa (4)

EXEMPLE DE PROJETS 1

Traitement ciblé de la septicémie

La septicémie est une infection potentiellement mortelle ayant échappé à tout contrôle. En Suisse, chaque année, près de 15'000 personnes en sont victimes. Dans un tiers des cas, l'issue est fatale. Le traitement est difficile car l'agent pathogène est souvent difficile à identifier. La thérapie consiste le plus souvent en antibiotiques à large spectre dont l'usage à fortes doses est l'une des causes de la résistance accrue des germes pathogènes. Un projet soutenu par la Fondation Novartis étudie une nouvelle manière de traiter la septicémie. Les microbes circulant dans le sang en sont retirés par de nanoparticules magnétiques, de façon rapide et efficace. Cela permet aussi de les identifier et de prescrire un antibiotique ciblé.



EXEMPLE DE PROJETS 2

Des filtres à eau de meilleure qualité

Chaque année, des centaines de millions de personnes tombent malades pour avoir consommé de l'eau souillée. Des millions d'entre elles y laissent leur vie. Il est certes possible, dans bien des cas, d'acheter de l'eau en bouteille, mais ce n'est à la portée que d'une part de la population. La base de la pyramide des revenus doit pouvoir disposer de méthodes bon marché et fiables de traitement de l'eau, capables d'en retirer les germes pathogènes. Les filtres habituels permettent de retenir les bactéries et les petits organismes; ils restent toutefois impuissants face aux virus qui sont cinquante fois plus petits que les bactéries. L'objet de ce projet est de développer des matériaux revêtus d'une couche spéciale qui, sous forme de carrelage, retiennent les virus pathogènes. Ce projet a pu être réalisé grâce à une très généreuse donation privée.



EXEMPLE DE PROJETS 3

Amortissement sur mesure des oscillations

Certaines structures cristallines macroscopiques amortissent les oscillations parasites ou filtrent le bruit, sans électricité ni électronique. Plus légères et plus résistantes que les isolants habituels, elles peuvent être réalisées sur mesure, en fonction exacte de leur application. Leur mise au point nécessite toutefois des études qu'aucune industrie ne semblait disposée à entreprendre. L'idée a donc reçu un financement du Fonds Avenir. Eh bien? Existente-ils, ces matériaux supportant de lourdes charges tout en amortissant le bruit et les vibrations, simplement de par leur structure interne? A l'issue de trois années de recherches, la réponse est «Oui, il en existe». Parmi les applications possibles de ces «cristaux phononiques», citons la réduction du bruit dans les véhicules et du bruit des machines, mais également la protection antisismique de bâtiments entiers.



DU FROID GRÂCE AU SOLEIL

Les rejets thermiques peuvent-ils nous rafraîchir? La réponse est oui! Un projet de recherche suisse auquel l'Empa a participé et qui s'est terminé en novembre dernier l'a démontré de manière impressionnante. L'UE passe maintenant à la vitesse supérieure avec un projet de refroidissement industriel sous le soleil espagnol.

Texte: Rainer Klose | Graphique: Hug & Dorf Müller Design AG

On ne saurait évidemment se passer de chauffer par exemple un potage, du risotto, la sauce tomate ou un poudingue au chocolat. Sans chaleur, n'y songez point! Une petite part de cette chaleur aboutit à l'estomac, le reste file dans l'environnement. Au-delà de notre cuisine, les autres sources de déperditions thermiques ne manquent pas: notre ordinateur dégage des calories, et ce n'est rien comparé au parc de serveurs de notre fournisseur Internet. Et puis la douche, dont l'eau encore chaude file par l'écoulement, comme celle du salon lavoire d'à-côté. Et notre voiture: son moteur dissipe plus de trois-quarts de l'énergie de l'essence sous forme de chaleur – le solde déplace la voiture.

Toute cette énergie est perdue, et cela doit cesser. Un groupe de chercheurs européens, dont fait partie une équipe de l'Empa, s'est fixé pour but de récupérer ces rejets thermiques.

L'intérêt de Matthias Koebel pour la question remonte au projet de recherche THRIVE («Thermally driven adsorption heat pumps for substitution of electricity and fossil fuels»), un projet initié par le

IBM Research Center Zurich à Rüschlikon. Son objet: Que peut-on faire d'utile avec les énormes quantités de chaleur dissipées par les grands centres de calcul? Cette énergie suffirait-elle par exemple pour les refroidir? Les chercheurs d'IBM ont sollicité la collaboration d'une série de spécialistes en matériaux et en systèmes travaillant à l'EPF de Zurich, à la Haute Ecole Technique de Rapperswil (HSR), à la Haute Ecole d'Ingénierie et de Gestion vaudoise HEIG-VD, à l'Institut Paul Scherrer et à l'Empa. Objectif: Développer une pompe à chaleur dite à adsorption «transformant» les calories en froid.

L'équipe de Koebel triple les performances d'un nouvel adsorbant.

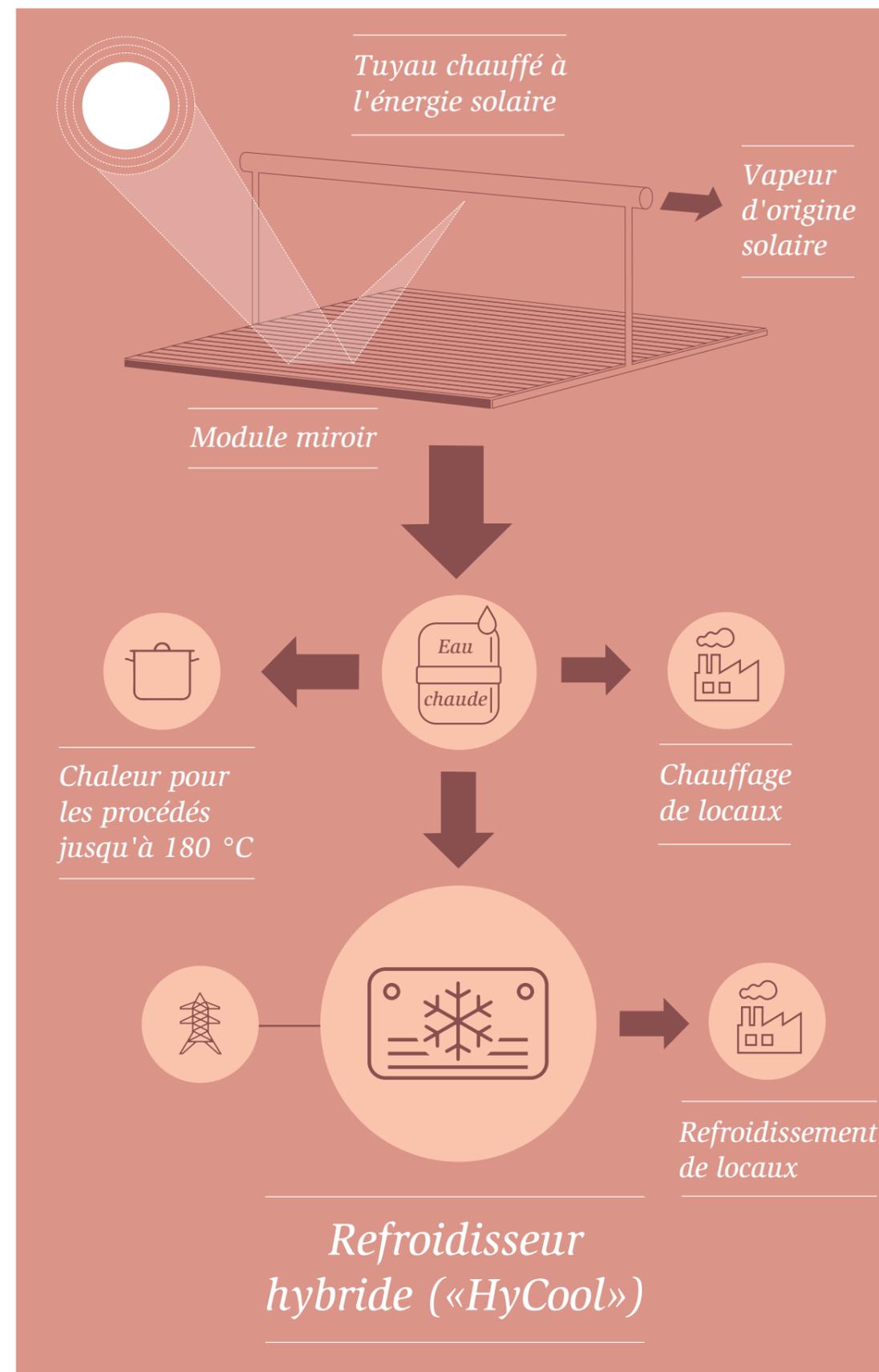
Les pompes à chaleur à adsorption exploitent la chaleur pour produire du froid. Dans une zone de refroidissement, l'eau s'évapore et remplit sa fonction de réfrigérant. Dans la zone chaude, la vapeur d'eau est récupérée par un matériau adsorbant.

Lorsque le matériau est saturé, il est séché par la chaleur extérieure et prêt à réamorcer un cycle réfrigérant.

LE MATÉRIAU DE L'EMPA TRIPLE LA PUISSANCE RÉFRIGÉRANTE

En novembre 2018, à l'issue de 47 mois de travail, le projet arrivait à bon terme. Dans le cadre de THRIVE, les chercheurs de l'HSR ont commencé par réaliser une pompe à chaleur expérimentale d'une puissance de 1 kW, suivie d'une pompe à chaleur à adsorption dix fois plus puissante. Cette dernière suffirait à climatiser une maison familiale du sud de l'Europe en plein été.

Les pompes à chaleur à adsorption ne servent pas qu'à climatiser les maisons individuelles ou les parcs de serveurs, mais aussi à améliorer l'efficacité des réseaux de chauffage à distance. Selon les calculs de l'HEIG-VD, elles permettraient, au niveau suisse, de réaliser des gains d'énergie de quatre à neuf pourcents sur le chauffage fixe et, selon les calculs du PSI, de trois à six pourcents supplémentaires dans le domaine des rejets thermiques industriels. L'équipe de Koebel a réussi à développer un nouveau matériau d'adsorption dont la puissance réfrigérante est plus de trois fois supérieure à celle du matériau utilisé en début du projet. ▶





CHALEUR SOLAIRE
peut être utilisée pour les produits industriels refroidissement. L'Empa soutient un projet en Espagne.

installations de production par le seul recours aux rejets thermiques et au solaire. La solution passe par le couplage d'une pompe à chaleur à adsorption avec une pompe à chaleur habituelle, ce qui donne une pompe à chaleur dite hybride. La consommation de courant électrique s'en trouve un peu augmentée, mais le tout s'avère extrêmement flexible.

REFROIDISSEMENT SOLAIRE DE PLATS CUISINÉS ESPAGNOLS

La chaleur nécessaire au refroidissement doit être produite sur le toit d'une fabrique proche de Barcelone. Une surface de miroirs de 400 mètres carrés concentre les rayons solaires sur un tube, lequel produit de la vapeur qui, dans une pompe à chaleur à adsorption, fournit la puissance de refroidissement souhaitée. La fabrique est approvisionnée de la même manière en eau chaude industrielle pouvant atteindre 180 °C, et en eau chaude pouvant atteindre 65 °C pour son réseau sanitaire et, en hiver, le chauffage de sa halle de fabrication.

Chauffer des locaux ou des produits va bien entendu rester une nécessité. Nous devons toutefois apprendre à beaucoup mieux exploiter les rejets thermiques. Réduire la consommation de combustibles fossiles signifie aussi limiter le gaspillage de chaleur en utilisant les rejets thermiques à l'échelle industrielle. ■

Pour plus d'informations:
www.empa.ch/web/s312

Koebel souhaite poursuivre dans cette voie. «Nous avons développé une éponge de carbone qui, grâce à ses micropores, peut adsorber une très grande quantité d'eau et convient donc remarquablement bien aux pompes à chaleur à adsorption», explique-t-il. Ce matériau est produit par pyrolyse à partir d'une résine synthétique. «Avec cette méthode, nous pouvons l'adapter très précisément à son utilisation.»

ADAPTABLE À TOUS LES BESOINS

Les pompes à chaleur à adsorption peuvent ainsi être utilisées dans différents contextes. Prenons une chaudière à pellets de bois. Elle produit plus de rejets thermiques qu'une grande cuisine. Pour transformer efficacement cette chaleur en puissance réfrigérante, le matériau adsorbant de la pompe à chaleur doit être spécifiquement réglé

«Nous avons développé une éponge de carbone poreux convenant parfaitement aux pompes à chaleur par adsorption.»

sur la source de chaleur comme sur le niveau de froid souhaité. «Nous commençons par spécifier le matériau souhaité sur la base des paramètres donnés, puis nous le fabriquons.»

Riche de cette expertise, l'équipe de l'Empa participe actuellement à un projet de recherche de l'UE nommé «HyCool» lancé en mai 2018 pour une durée de trois ans. Objectif: Le fabricant d'arômes Givaudan et le producteur espagnol de plats cuisinés Bo de Debò souhaitent couvrir les besoins en froid de leurs

LE MAGICIEN DU BOIS

Le nouveau responsable du département «Cellulose & Wood Materials» de l'Empa, Gustav Nyström, s'intéresse à des techniques surprenantes telles que les batteries en papier ou les capteurs en nanocellulose. Son objectif est clair: s'attaquer à des questions relativement simples présentant un véritable intérêt pour la société.

Texte: Andrea Six | Photos: Markus Mallaun

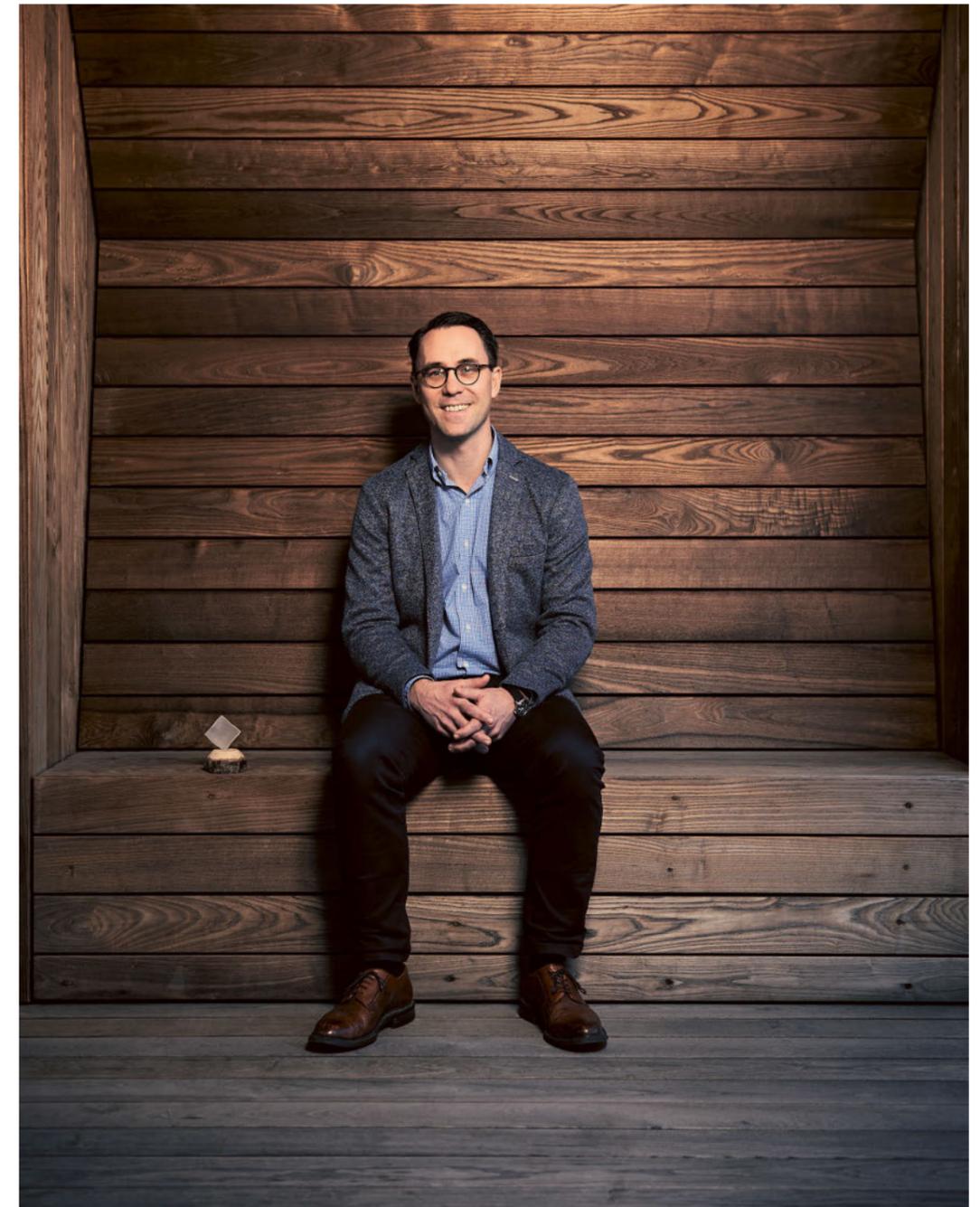


Photo: istock/Getty Images

Lorsque Gustav Nyström regarde un arbre, il y voit plus qu'une merveille de la nature. «Les arbres sont de magnifiques exemples de la manière dont la nature ou l'évolution intègre la fonction, la structure et la beauté» remarque le nouveau responsable du département de recherche «Cellulose & Wood Materials». Mais les troncs, les feuilles et les racines, il y voit aussi la source de nouveaux matériaux se prêtant à une foule d'applications. Et c'est bien parce que les forêts couvrent un tiers de la Suisse et sont une ressource renouvelable aisément exploitable que Nyström trouve le bois si intéressant.

RECONSTRUCTION DU BOIS

A l'heure du bouleversement climatique, le chercheur est convaincu qu'il faut passer aux matières premières neutres sur le plan du CO2. En cela, il rejoint ces créateurs qui conçoivent aujourd'hui des gratte-ciels et des vélos en bois. Nyström cherche également à élargir les possibilités de ce matériau en le dotant de nouvelles propriétés. Ainsi, du bois rendu conducteur de l'électricité, ou magnétique, ou alors structurellement modifié par des microorganismes, permettrait la mise au point de matériaux composites surprenants se prêtant à de nouvelles applications.

Nyström n'oublie pas pour autant les propriétés mécaniques et moléculaires spécifiques de sa matière première. Au contraire, ses idées le forcent à pénétrer plus avant dans ses secrets. Les composants du bois peuvent être combinés à l'échelle nanométrique pour donner des matériaux ne présentant presque plus rien de commun avec nos poutres et nos planches. Ainsi, son équipe travaille sur une nanocellulose visqueuse. Sous forme d'hydrogel, elle peut être utilisée par des imprimantes 3D pour former des



GUSTAV NYSTRÖM

TRAJECTOIRE: Après avoir étudié la physique au KTH Royal Institute of Technology de Stockholm et à l'Université Technique de Darmstadt, Nyström a obtenu à l'Université d'Uppsala un doctorat sur l'électronique organique et le stockage de l'énergie à l'aide d'une technologie papier.

SCIENCE: Avant son engagement par l'Empa en mars 2018, Nyström travaillait au département Sciences et technologies de la santé de l'EPFZ comme directeur scientifique et enseignant. Âgé de 38 ans, il dirige le département Cellulose et matériaux ligneux de l'Empa.

capteurs pouvant être intégrés à des vêtements sportifs ou utilisés en robotique.

«Le chercheur que je suis veut comprendre la logique des matériaux de hautes performances. Mais je souhaite avant tout que mon travail contribue à meilleur avenir» précise Nyström. L'un de ses nouveaux projets est une batterie... en papier. «Certaines structures ligneuses se prêtent au stockage de l'énergie». Originaire de Suède, le chercheur a déjà consacré sa thèse à l'université d'Uppsala au stockage de l'énergie par nanofibrilles extraites de cellulose naturelle. Il se propose maintenant de lancer à l'Empa un projet de batterie en papier.

BOUTEILLES DE BOISSONS EN BOIS

Nyström se concentre sur les problèmes urgents de notre époque tels que le stockage d'énergie, qu'il cherche à résoudre avec de nouveaux matériaux. Quelques exemples: des batteries en matériaux renouvelables se décomposant d'eux-mêmes dans la nature, des bouteilles faites de composants ligneux pouvant remplacer le plastique. Son équipe développe à ce sujet des polymères sur base d'éléments ligneux et de particules de cellulose combinés avec de protéines, capables de remplacer une série d'objets quotidiens tels que les bouteilles de plastique ou les films d'emballage transparents; après usage, ils ne viendront pas s'ajouter aux nappes de déchets qui polluent les océans. Pour Nyström, la limonade en bouteilles de cellulose et les films de polymères rapidement compostables ne relèvent pas de l'utopie, ils vont de soi.

Dans ces recherches, l'un des facteurs essentiels de succès est la diversité de l'équipe. Nyström en est persuadé. Il tient à ce que beaucoup de disciplines y soient représentées. Il peut paraître

surprenant que lui-même, un physicien, se soit engagé dans ce domaine. Mais la collaboration entre physiciens, chimistes, spécialistes en sciences du bois et biophysiciens favorise la vivacité d'esprit tout en développant le sens critique. La créativité ne peut surgir que de ce genre de creuset. La variété des origines des chercheurs est également précieuse. «J'apprécie le côté international de notre

«Avant de résoudre les puzzles les plus compliqués du monde, il faut parfois s'attaquer à des puzzles plus simples.»

équipe. Nos chercheurs nous font profiter d'expériences intéressantes, de la variété des contenus et des styles d'enseignement de leurs alma mater». Lui-même a étudié en Suède et en Allemagne. «J'ai grandi à la campagne. Enfant, je voulais devenir pêcheur. Le mot «professeur» ne m'inspirait rien du tout». Aujourd'hui, Nyström se voit créatif, focalisé et surtout bien organisé. «J'ai trois jeunes enfants. Pour bien équilibrer mes disponibilités entre travail et famille et pour maîtriser le tourbillon du quotidien, je dois me montrer à la fois pratique et rigoureux.»

Le succès d'une équipe repose aussi sur la franchise dans la communication. «La créativité a besoin du partage des idées et des informations, lesquelles doivent pouvoir être soumises à la critique.» Si personne ne veut risquer de partager ses idées, les projets restent au point mort.

AU NIVEAU DES YEUX AVEC LE CANADA

En dernière analyse, le laboratoire de Nyström travaille à la réalisation de nouveaux matériaux composites à base de bois et de cellulose dont le développement fait appel à des compétences relevant de nombreux champs de recherche différents. Protéines extraites de parasites du bois, nanocellulose tirée des algues, bois ignifuge... Nyström valorise le potentiel créé par l'interaction des approches. «En recherche, trouver une petite pièce s'insérant dans un puzzle méga-complexe, c'est un excellent résultat» reconnaît-il. «Mais je trouve plus élégant de commencer par les questions simples dont l'impact sur la vie des gens est plus important». Raison pour laquelle, à l'Empa, Nyström aime tisser des liens entre la recherche fondamentale et les applications industrielles. «Pour ce qui est de la recherche sur la cellulose et le bois, la Suisse est en concurrence avec des poids-lourds tels que le Canada ou les Etats-Unis. Et nous sommes à la hauteur.»

DES INNOVATIONS SUISSES POUR LA SUISSE

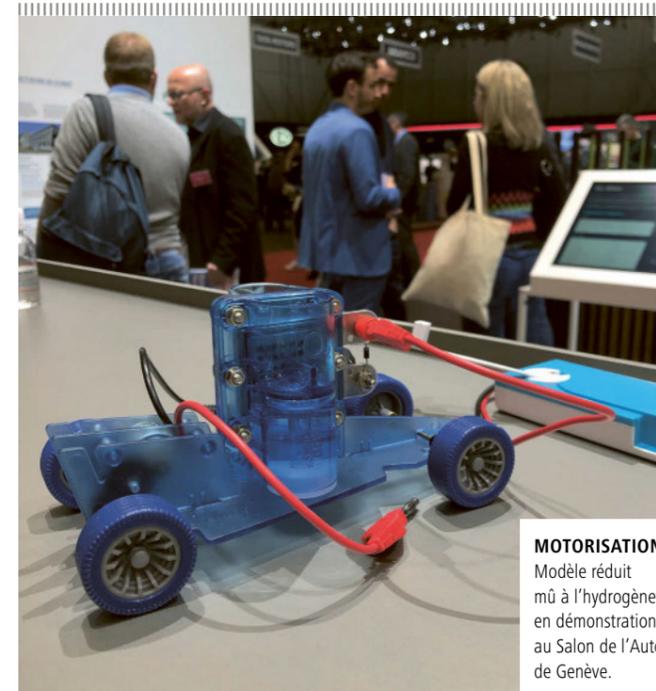


SONS

Le corps d'un Stradivarius se rit des siècles. Son manche, lui, est une pièce d'usure. Tanja Zimmermann, directrice de l'Empa, présente une alternative au bois tropical qui plaira aux musiciens.

En marge du Forum économique mondial de Davos, des invités du monde économique, politique et scientifique ont rencontré des chercheurs du Domaine des EPF sous le thème «Innovations de la Suisse pour la Suisse». Tanja Zimmermann, membre de la direction de l'Empa et responsable du département «Matériaux fonctionnels», a apporté avec elle un violon spécial: Le cordier et la touche sont fabriqués en bois dit «ébène suisse» au lieu du bois tropical: L'érable sycomore suisse modifié qui offre les caractéristiques de l'ébène – durable et tout à fait légal. A l'avenir, cela devrait non seulement empêcher la surexploitation sous les tropiques, mais aussi augmenter la valeur de la matière première renouvelable de la Suisse.

www.empa.ch/web/s604/empa-at-wef



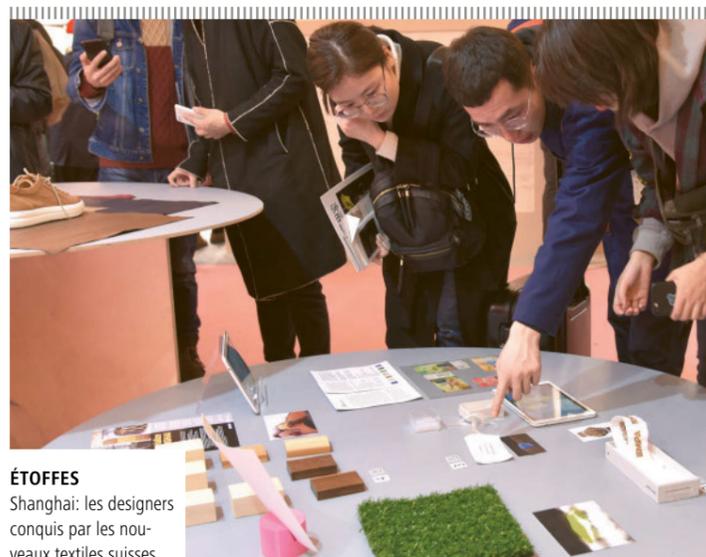
MOTORISATION

Modèle réduit mû à l'hydrogène en démonstration au Salon de l'Auto de Genève.

L'AVENIR DE LA MOBILITÉ EST VARIÉ

L'Empa a présenté les carburants durables du futur au stand de l'Union Pétrolière dans le hall 6 du Salon de l'automobile de Genève. Non seulement les voitures électriques ou les véhicules à hydrogène peuvent être alimentés avec de faibles émissions de CO₂, mais également une coccinelle VW de 1965 qui décore le stand. L'Empa était invitée pour la deuxième fois au Salon de l'automobile de Genève en 2019. «Il est très important pour l'Empa de pouvoir présenter de nouveaux concepts à un large public», déclare Brigitte Buchmann, membre du conseil d'administration de l'Empa et responsable du département Mobilité, énergie et environnement. «Pour que la Suisse atteigne ses objectifs en matière de CO₂, la mobilité doit à l'avenir se concentrer sur les énergies renouvelables. Cela inclut l'hydrogène d'une part, mais également les carburants synthétiques que nous pouvons stocker sur une plus longue période».

www.empa.ch/web/s604/gims-2019



ÉTOFFES

Shanghai: les designers conquis par les nouveaux textiles suisses.

DES MATÉRIAUX SUISSES À DESIGN SHANGHAI

Chaque printemps, Design Shanghai est le grand événement de la branche en Asie. Cette année, l'Empa y présentait entre autres à l'exposition «New Materials and Applications» le Sonowood, alternative suisse aux bois tropicaux en danger, des fils revêtus d'or, des capteurs de fibres optiques et des textiles intelligents. Felix Moser, orateur invité, CEO de Swissnex China, y a présenté l'Empa et les dernières réalisations suisses.

Pour plus d'informations: www.designshanghai.com

Photos: Empa (3)

SÉMINAIRES DE L'ACADÉMIE DE L'EMPA.

(en allemand et en anglais)

23. MAI 2019

Topical Day: High-Performance Multiscale Modeling

Zielpublikum: Wissenschaft

www.empa-akademie.ch/multiscale

Empa, Dübendorf

24. MAI 2019

Kurs: Elektrochemische Charakterisierung und Korrosion

Zielpublikum: Industrie und Wirtschaft

www.empa-akademie.ch/korrosion

Empa, Dübendorf

13. JUNI 2019

Kurs: Folgen der Miniaturisierung in der Elektronik

Zielpublikum: Wissenschaft und Industrie

www.empa-akademie.ch/emin

Empa, Dübendorf

26. JUNI 2019

Kurs: Elektrochemische Charakterisierung und Korrosion

Zielpublikum: Industrie und Wirtschaft

www.empa-akademie.ch/korrosion

Empa, Dübendorf

3. JULI 2019

Energie und Dekarbonisierung – zwischen Forschung und Praxis

Zielpublikum: Industrie

www.empa-akademie.ch/energie

Empa, Dübendorf

Vous trouverez la liste complète des événements sous: www.empa-akademie.ch.

THE PLACE WHERE INNOVATION STARTS.



Materials Science and Technology