

# Empa Quarterly

RECHERCHE & INNOVATION II #77 II OCTOBRE 2022

FOCUS

## ADVANCED MANUFACTURING

DES VIRUS MOURANTS  
UNE PERCEUSE SENSIBLE  
CHAÎNES DE FROID VIRTUELLES

# [ CONTENT ]

[ FOCUS: **ADVANCED MANUFACTURING** ]



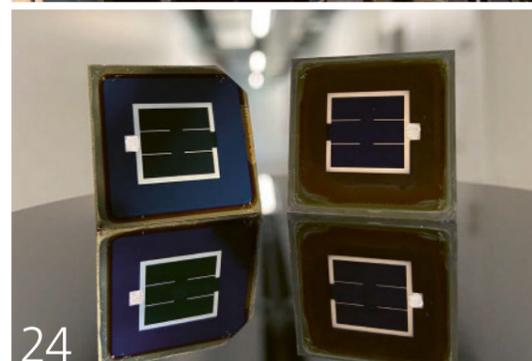
31



28



16



24



22

[ FOKUS ]

**19** INTERVIEW  
Advanced Manufacturing: quel est le rôle de l'Empa ?

**22** RÉALITÉ VIRTUELLE  
Un gant VR fabriqué par une imprimante 3D

**24** OPTOÉLECTRONIQUE  
La pérovskite, une porte vers l'électricité solaire rentable

**26** CHIRURGIE  
Une perceuse compatisable pour les implants cochléaires

[ THÈMES ]

**08** FOOD WASTE  
Chaînes du froid virtuelles pour les pays en développement

**12** INFECTIOLOGIE  
Comment les virus sont interceptés par les masques de protection

**14** POLLUANTS ATMOSPHÉRIQUES  
Sur la piste des poussières fines, un vecteur de maladie

**16** PORTRAIT  
Dominik Brunner regarde en haut le ciel

**28** TECHNIQUE HISTORIQUE  
Une roue à godets pour les prairies irriguées

[ SECTIONS ]

**04** LA PHOTO

**06** EN BREF

**31** ZUKUNFTSFONDS  
Une puce remplace l'expérimentation animale

**34** EN ROUTE

[ COUVERTURE ]



Les méthodes de l'« Advanced Manufacturing » aident aussi la chirurgie. En collaboration avec le « ARTORG Center for Biomedical Engineering Research » de l'Université de Berne, l'Empa a développé un forêt sensible pour la chirurgie de la tête, capable d'indiquer s'il s'approche dangereusement des nerfs faciaux (voir p. 26). Image: Empa

[ IMPRESSUM ]

**ÉDITEUR :** Empa  
Überlandstrasse 129  
8600 Dübendorf, Schweiz  
www.empa.ch  
**RÉDACTION :** Empa Kommunikation  
**DIRECTION ARTISTIQUE :**  
PAUL AND CAT.  
www.paul-and-cat.com  
**CONTACT :** Tél. +41 58 765 44 54  
empaquarterly@empa.ch  
www.empaquarterly.ch  
**PUBLICATION :**  
publié quatre fois par an



ISSN 2673-1746  
Empa Quarterly (édition française)

## LA RECHERCHE DANS LE NUMÉRIQUE

Chère lectrice, cher lecteur,



Que fait une scientifique des matériaux? Elle s'occupe des méthodes de fabrication de nouveaux matériaux et de l'étude de leurs propriétés (que l'on espère prometteuses). Jusqu'ici, tout est clair. Depuis quelque temps, la recherche sur les matériaux se fait de plus en plus « in silico », c'est-à-dire à l'aide d'ordinateurs ultraperformants. La « science des données », les simulations informatiques, l'apprentissage automatique et l'IA ont ouvert de nombreuses nouvelles possibilités.

Par exemple dans le domaine de l'« Advanced Manufacturing » (AM), qui est au cœur de la présente édition : il s'agit de comprendre jusqu'au bout ces nouveaux processus de fabrication avancés, c'est-à-dire de les simuler – et donc de les varier et de les adapter. Ce n'est qu'à cette condition que l'AM peut être mise en pratique de manière profitable, comme l'explique Pierangelo Gröning, membre de la direction de l'Empa, dans une interview (p. 19).

L'impression 3D joue également un rôle central dans un autre projet ; il s'agit de rendre « tangibles » les mondes virtuels du métavers – à l'aide d'un gant de « réalité virtuelle », fabriqué sur mesure et en grande partie de manière automatisée (p. 22).

En outre, les chercheurs de l'Empa développent une application appelée « Your Virtual Cold Chain Assistant » pour éviter le gaspillage alimentaire (p. 08) et utilisent un algorithme autoapprenant pour économiser près d'un quart de l'énergie de chauffage (p. 06).

Bonne lecture!  
Votre MICHAEL HAGMANN

**VOIE OUVERTE AUX CARBURANTS SOLAIRES**

En août 2022, la spin-off de l'ETH Zurich, Synhelion, est devenue la première entreprise au monde à réussir à produire du gaz de synthèse à l'échelle industrielle en utilisant uniquement la chaleur solaire comme source d'énergie. La démonstration réussie a eu lieu dans la tour solaire multifocale du Centre aérospatial allemand (DLR) à Jülich. La technologie unique de Synhelion utilise la chaleur solaire à haute température pour produire du gaz de synthèse, qui est ensuite utilisé dans des processus industriels standard pour synthétiser des carburants liquides, tels que le kérosène, l'essence ou le diesel, compatibles avec les moteurs à réaction et les moteurs à combustion classiques. Pour permettre aux réacteurs chimiques de la production de carburant solaire de fonctionner 24 heures sur 24, un système de stockage d'énergie thermique rentable et à haute température est développé en collaboration avec le « Laboratory for High Performance Ceramics » de l'Empa.

Plus d'informations :  
[www.empa.ch/web/s604/synhelion-energiespeicher](http://www.empa.ch/web/s604/synhelion-energiespeicher)



Photo: Synhelion

## UN ALGORITHME AUTOAPPRENANT ÉCONOMISE L'ÉNERGIE



### ÉCHANGE SIMPLE

Le remplacement des sondes thermostatiques traditionnelles des radiateurs par les thermostats intelligents « Danfoss Ally » est simple et ne prend que quelques secondes.

Avec la hausse des prix de l'énergie, les coûts de chauffage augmenteront inévitablement l'hiver prochain. Pour les atténuer, des solutions permettant d'exploiter plus efficacement les bâtiments sont nécessaires. Le spin-off de l'Empa « viboo » a développé un algorithme qui permet d'exploiter facilement des bâtiments anciens avec environ un quart d'énergie en moins. Le confort des utilisateurs reste inchangé ou s'améliore même.

[www.empa.ch/web/s604/viboo-danfoss](http://www.empa.ch/web/s604/viboo-danfoss)

## UN ROBOT ATERRIT COMME UN GECKO

Le chercheur de l'Empa Ardian Jusufi a étudié les geckos qui se posent sur les arbres. Il a découvert que ce ne sont pas seulement les pieds « collants » des geckos qui sont responsables d'un atterrissage réussi, mais la queue du gecko, qui doit avoir une certaine longueur et amortir le choc. Sans la bonne queue, qui s'est formée au cours de l'évolution, un gecko ne peut pas atterrir avec succès.

Jusufi, en collaboration avec une équipe de chercheurs de l'Institut Max Planck pour les systèmes intelligents à Stuttgart, a reproduit des geckos et les a lancés contre un mur à l'aide d'une catapulte. Il a ainsi pu décrypter la systématique de l'atterrissage des geckos et la calculer physiquement. Jusufi souhaite maintenant développer ces connaissances de base à l'Empa et construire des robots capables d'atterrir sur des surfaces verticales du seul fait de leur géométrie – sans microprocesseur ni calcul de correction en temps réel.

[www.empa.ch/web/s799](http://www.empa.ch/web/s799)



### LA QUEUE AIDE

Un robot conçu pour les atterrissages difficiles sur les parois verticales – inspiré par les geckos.

Photos : Empa, Max-Planck-Institut für Intelligente Systeme

Photos : Empa, de.wikipedia.org/wiki/Glioblastom

## L'AÉROGEL POUR LES BÂTIMENTS HISTORIQUES



Remise des prix de l'« Aerogel Architecture Award » en août 2022 au NEST : (de gauche à droite) organisateur Michal Ganobjak (Empa), architecte Astrid Wuttke (schneider+schumacher), équipe d'architectes Christoph Allenbach, Maren Zinke et Beat Kämpfen (Kämpfen Zinke + Partner) avec le représentant du maître d'ouvrage Paul Ott, membre du jury Michael O'Connor (Advapor, devant), Marco Biondi (Agitec), membre du jury Matthias Koebel (Siloxene AG), coorganisateur Samuel Brunner (Empa).

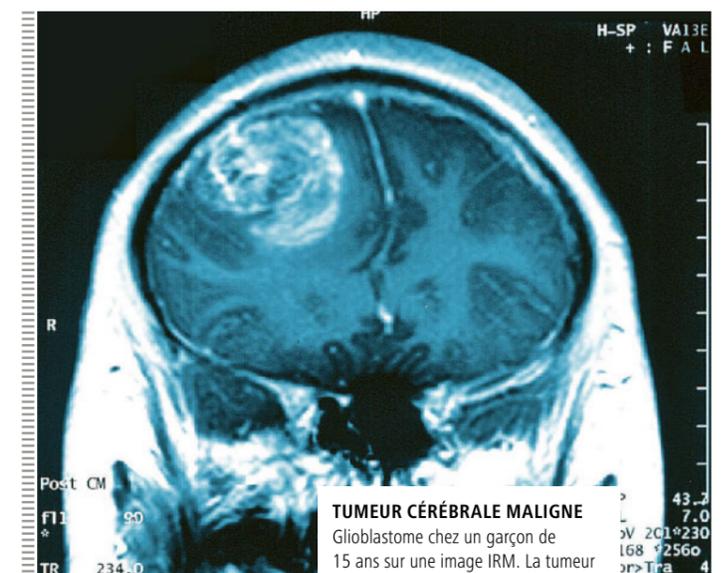
[www.empa.ch/s604/aerogel-architecture-award-2022](http://www.empa.ch/s604/aerogel-architecture-award-2022)

## TRAITEMENT PERSONNALISÉ DES TUMEURS

Le glioblastome est la tumeur cérébrale primaire la plus fréquente et la plus mortelle. Soutenu par la fondation Dr Hans Altschüler, la fondation Elgin, la fondation Mirto et la fondation Werner Geissberger, le chercheur de l'Empa Peter Wick et son équipe poursuivent désormais une nouvelle approche de recherche. A partir d'échantillons de tissus prélevés sur la tumeur avec le consentement des patients, il est prévu de créer des cultures d'organoïdes de glioblastome qui seront cultivées sur des biopuces, caractérisées et examinées au microscope.

De cette manière, les chercheurs espèrent en apprendre davantage sur ce type de tumeur encore mystérieux et pouvoir développer un traitement personnalisé pour les glioblastomes.

[www.empa.ch/web/s403](http://www.empa.ch/web/s403)



**TUMEUR CÉRÉBRALE MALIGNE**  
Glioblastome chez un garçon de 15 ans sur une image IRM. La tumeur s'étend clairement dans l'hémisphère gauche du cerveau.

**SUR LE SMARTPHONE**

Dans le cadre d'un projet-pilote en Inde, l'équipe a testé l'application qui informe les agricultrices de l'état de leurs produits réfrigérés.



**PAIEMENT À L'UTILISATION**

Les petits agriculteurs et commerçants ont accès à une réfrigération fiable, indépendante du réseau, et ne paient que pour la quantité de nourriture qu'ils stockent.



# DES CHAÎNES DU FROID VIRTUELLES

Texte: [data.org](https://data.org)

Photos: Basel Agency for Sustainable Energy (BASE)

Selon les Nations unies, près de la moitié des fruits et légumes produits dans le monde sont gaspillés chaque année. Cette situation a des répercussions sur l'insécurité alimentaire, le changement climatique, la sécurité économique et la mobilité de la main-d'œuvre agricole mondiale. En d'autres termes, la lutte contre le gaspillage alimentaire a le potentiel d'être un multiplicateur de force pour l'impact social. Et c'est exactement ce que l'Agence bâloise pour

l'énergie durable (BASE), en collaboration avec l'Empa, s'efforce d'accomplir par le biais de la science des données. Et cela pour le bien social – en travaillant avec les communautés pour lutter contre le gaspillage alimentaire tout en améliorant les moyens de subsistance des petits agriculteurs et en stimulant simultanément les investissements dans les solutions au changement climatique.

**LE DÉFI**

BASE est une organisation à but non

lucratif basée en Suisse qui développe des modèles commerciaux pour débloquer les investissements dans les énergies propres. Depuis plus de 20 ans, elle travaille dans plusieurs secteurs à l'intersection des solutions climatiques, de la finance et du développement international. Ces dernières années, l'équipe de BASE s'est intéressée au refroidissement, en commençant en 2018 par la climatisation commerciale et la réfrigération industrielle. De nombreux utilisateurs de refroidis-

sement optant pour des solutions moins efficaces sur le plan énergétique afin d'économiser sur l'investissement initial malgré des coûts opérationnels plus élevés. BASE a contribué à chorégraphier un changement vers un modèle d'abonnement à la place, où la charge d'assurer un fonctionnement efficace incombe au fournisseur et où les utilisateurs individuels peuvent acheter du refroidissement en fonction de leur utilisation.

### NUMÉRISATION

La vaste expérience des chercheurs de l'Empa, dirigés par Thijs Defraeye, en matière d'analyse et de réduction des pertes alimentaires dans les chaînes d'approvisionnement post-récolte, ainsi qu'en matière de modélisation basée sur la physique pour prédire la durée de conservation des produits frais, s'est avérée très synergique pour étendre la solution à la chaîne du froid agricole.

C'est ainsi que BASE et ses partenaires de l'Empa ont lancé un consortium interdisciplinaire pour se plonger dans

le problème du gaspillage alimentaire, en commençant par l'Inde, l'un des plus grands producteurs de nourriture au monde. Pas moins de 35 % de la nourriture fraîche produite en Inde est gaspillée, en grande partie à cause d'un manque de réfrigération adéquate. En fait, seuls 6 % des aliments produits dans le pays passent par la chaîne du froid, contre environ 60 % dans les pays développés.

Dans le cadre du projet «Your Virtual Cold-Chain Assistant», BASE et l'Empa mettent en place un modèle économique permettant aux agriculteurs d'accéder à des services de réfrigération moyennant un paiement à l'utilisation et ont développé une application mobile qui facilite la mise en œuvre de ce modèle. L'application mobile, en accès libre et basée sur la science des données, utilise l'apprentissage automatique et la modélisation des aliments basée sur la physique pour fournir aux petits exploitants agricoles des informations exploitables sur l'après-récolte et le marché.

### OPÉRATEURS DE CHAMBRES FROIDES

Alors qu'initialement, BASE et l'Empa avaient conceptualisé la solution pour qu'elle soit utilisée uniquement par les agriculteurs, il est apparu clairement, lors des premières conversations locales, que les opérateurs de chambres froides deviendraient des utilisateurs importants de l'application et que certains agriculteurs n'ayant pas accès à la technologie des smartphones pourraient être exclus. Ils ont commencé à repenser l'approche et à cocréer la solution avec les utilisateurs.

Cela a abouti, d'une part, à l'ajout des exploitants de chambres froides en tant qu'utilisateurs principaux et, d'autre part, à la communication des données par ces exploitants de chambres froides aux utilisateurs de chambres froides par le biais de messages SMS pour les agriculteurs, ou les membres des ménages d'agriculteurs, qui n'ont accès qu'à des téléphones de fonction. «Il est vraiment important de comprendre qui utilisera l'application, de s'engager avec eux pour recueillir des commentaires, et de s'assu-

rer que la solution soit adaptée aux capacités techniques et à l'infrastructure», explique Roberta Evangelista, spécialiste de la science des données et de la numérisation de la durabilité pour BASE.

BASE a utilisé ses relations avec les opérateurs de chambres froides pour déployer le modèle de paiement à l'utilisation en partenariat avec trois fournisseurs locaux de refroidissement – CoolCrop dans l'Himachal Pradesh, Koel Fresh dans l'Odisha et Oorja dans le Bihar. Dans le cadre de ce modèle commercial, les agriculteurs ont accès à un système de refroidissement à l'énergie solaire et ne paient que pour la quantité de nourriture qu'ils stockent par jour dans les chambres froides. Le stockage de la chaîne du froid devient ainsi plus abordable pour les petits exploitants agricoles. Les prestataires de services qui possèdent, entretiennent et exploitent les installations de refroidissement sont incités à penser à long terme et à utiliser des systèmes efficaces.

### SUIVI DE LA DURÉE DE CONSERVATION

Grâce aux renseignements sur la post-récolte et le marché qu'elle fournit, l'application rend la science des données exploitable pour les agriculteurs. «Nous l'appelons upcycling», explique Thijs Defraeye, chef du groupe Simulation de systèmes biologiques au laboratoire Membranes et textiles biomimétiques de l'Empa. «Nous traduisons les données en recommandations utiles pour les personnes sur le terrain.»

Les capteurs de l'appli capturent des points de données comme la température et l'humidité – des informations qui, en soi, ne sont pas forcément utiles à un agriculteur – et les transforment en indicateurs utilisables. Par exemple, la solution aide les petits exploitants agricoles à suivre à distance la durée de conservation de leurs récoltes en stockage, sur la base des données des capteurs en temps réel. À l'avenir, l'application sera même capable de prévoir les prix quotidiens du marché pour différents produits de base en utilisant des données de source

ouverte provenant des marchés de toute l'Inde. «Du point de vue de l'agriculteur, le principal avantage de l'application est qu'il recevra des informations en temps réel sur le moment où les produits stockés atteignent leur fin de vie, ce qui, combiné aux prévisions des prix du marché, signifie qu'il peut mieux exploiter le refroidissement pour obtenir de meilleurs prix sur les marchés», explique Roberta Evangelista de BASE. ■

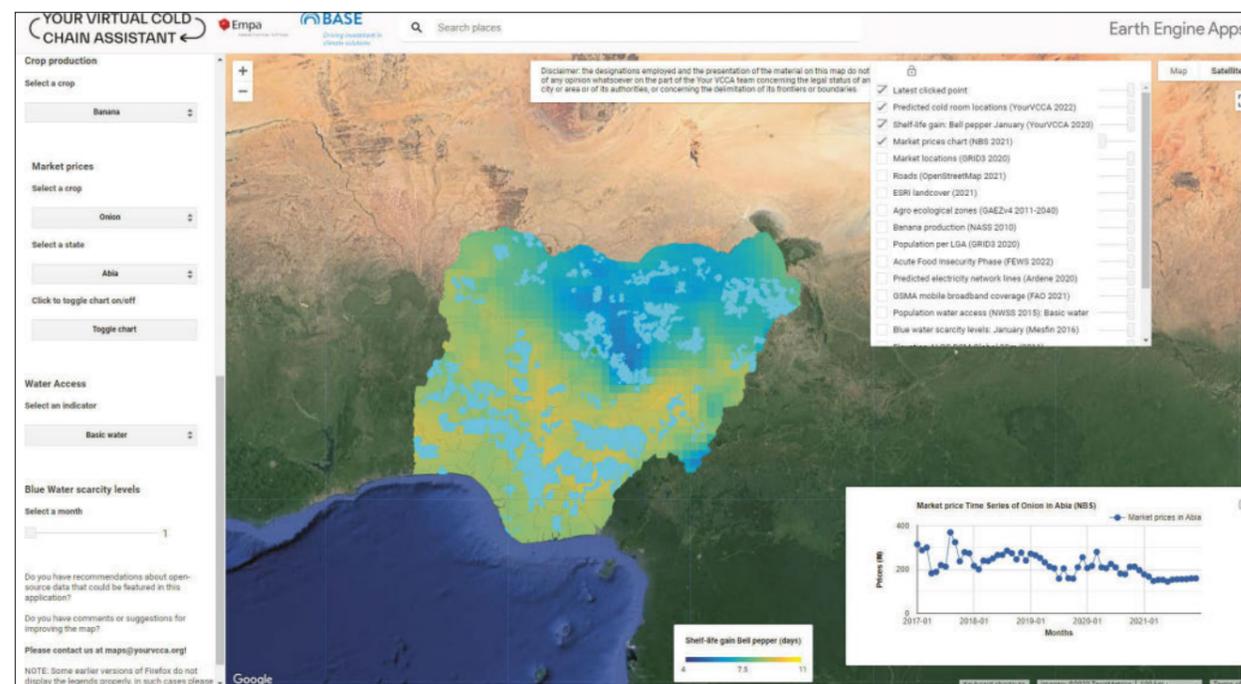
This Story was originally published on data.org: <https://data.org/stories/virtual-cold-chain/>



**INSTALLATION-PILOTE**  
L'une des chambres froides a été installée par Koel Fresh à Keonjhar, en Inde.

Photos : Basel Agency for Sustainable Energy (BASE)

Graphique : Basel Agency for Sustainable Energy (BASE)



# OÙ LES VIRUS ATTEIGNENT LEURS LIMITES

A l'aide d'un nouveau procédé d'analyse, des chercheurs de l'Empa ont suivi des virus sur leur chemin à travers des masques faciaux et ont comparé leur échec sur les couches filtrantes de différents types de masques. Ce nouveau procédé devrait maintenant accélérer le développement de surfaces capables de tuer les virus, comme l'équipe l'a écrit dans la revue spécialisée « Scientific Reports ».

Texte : Andrea Six

**A**u moyen d'une haute pression, l'appareil fait passer le liquide salivaire artificiel coloré en rouge avec des particules de test à travers un masque tendu. Les chercheurs simulent ainsi le processus d'une infection par gouttelettes. Le procédé établi à l'Empa est actuellement utilisé par des centres de test certifiés pour garantir l'assurance qualité des masques faciaux textiles, car un masque sûr doit répondre à des exigences élevées : il doit repousser les germes, résister aux éclaboussures de gouttes de salive tout en laissant passer l'air pour la respiration.

Les chercheurs de l'Empa vont maintenant plus loin : « Les prises de vue au microscope électronique à transmission montrent que quelques particules virales parviennent à se frayer un chemin jusqu'à la couche la plus interne du masque, près du visage. Mais les images ne révèlent pas toujours si ces virus

sont encore infectieux », explique Peter Wick du laboratoire « Particles-Biology Interactions » de l'Empa à Saint-Gall. L'objectif des chercheurs : ils veulent découvrir à quel endroit un virus échoue sur un masque multicouche lors d'une infection par gouttelettes, et quels composants du masque devraient être plus efficaces. « Pour cela, de nouvelles méthodes d'analyse sont nécessaires afin de pouvoir comprendre précisément la fonction protectrice des technologies nouvellement développées, comme les revêtements qui tuent les virus », explique René Rossi, chercheur à l'Empa au laboratoire « Biomimetic Membranes and Textiles » de Saint-Gall. Car c'est précisément l'un des objectifs du projet « ReMask », dans le cadre duquel la recherche, l'industrie et le secteur de la santé s'associent à l'Empa dans la lutte contre la pandémie afin de développer de nouveaux concepts pour des masques faciaux plus performants, plus confortables et plus durables.

## BEAUTÉ MOURANTE

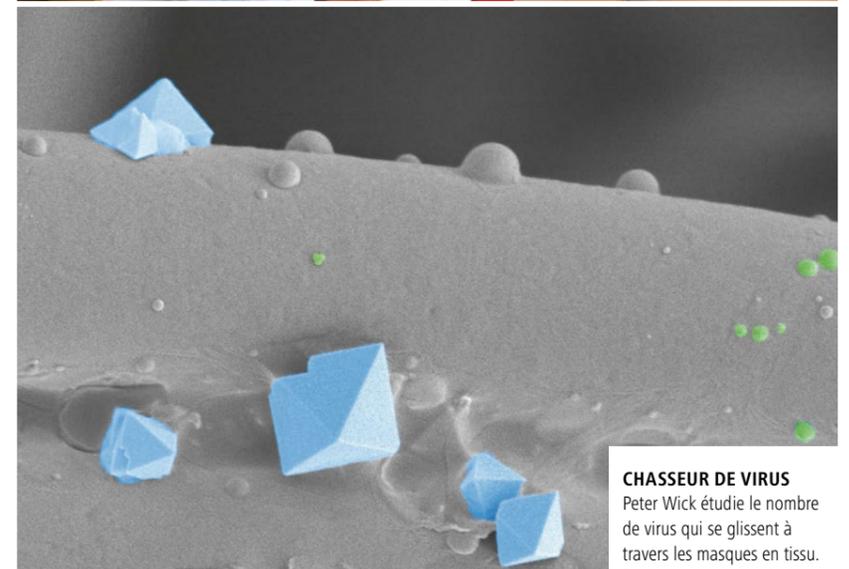
La nouvelle méthode se base donc sur le colorant rhodamine R18, qui émet une lumière colorée. On utilise des virus de test inactivés et inoffensifs qui sont couplés au R18 et deviennent ainsi des beautés mourantes : ils s'illuminent en couleur dès qu'ils sont endommagés. « La fluorescence indique de manière fiable, rapide et économique si les virus ont été tués », explique Peter Wick.

En se basant sur l'intensité avec laquelle une couche de masque s'illumine, l'équipe a pu constater que dans le cas des masques en tissu et des masques hygiéniques, la plupart des virus échouent dans la couche intermédiaire entre les couches intérieure et extérieure du masque. Dans le cas des masques FFP2, c'est la troisième des six couches qui brille le plus – ici aussi, la couche centrale intercepte particulièrement beaucoup de virus. Les chercheurs ont récemment publié

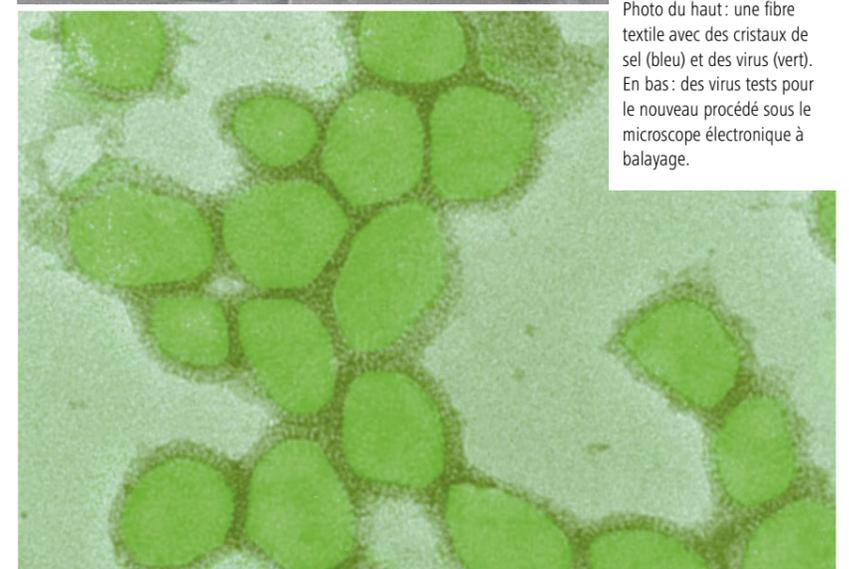
leurs résultats dans la revue spécialisée « Scientific Reports ». Ces connaissances peuvent désormais être utilisées pour optimiser les masques faciaux.

En outre, le nouveau procédé peut accélérer le développement de surfaces qui tuent les virus. « Les surfaces présentant des propriétés antivirales doivent répondre à certaines normes ISO, ce qui implique des tests standard complexes », explique Peter Wick. En revanche, le procédé de fluorescence des chercheurs de l'Empa, en complément des normes actuellement en vigueur, permettrait de déterminer plus facilement, plus rapidement et à moindre coût si un nouveau revêtement est capable de tuer les virus de manière fiable. Cela serait intéressant aussi bien pour les surfaces lisses, comme les plans de travail ou les poignées, que pour les revêtements de textiles à surface poreuse, comme les masques ou les systèmes de filtration. Et grâce au nouveau procédé, cette connaissance pourrait être intégrée très tôt dans le processus de développement d'applications techniques et médicales. Selon Peter Wick, cela permet d'accélérer l'introduction de nouveaux produits, car seuls les candidats prometteurs doivent passer par des tests normalisés complexes et coûteux.

« Des images prises au microscope électronique montrent que quelques particules virales parviennent à se frayer un chemin jusqu'à la couche la plus interne du masque, près du visage. » ■



**CHASSEUR DE VIRUS**  
Peter Wick étudie le nombre de virus qui se glissent à travers les masques en tissu. Photo du haut : une fibre textile avec des cristaux de sel (bleu) et des virus (vert). En bas : des virus tests pour le nouveau procédé sous le microscope électronique à balayage.



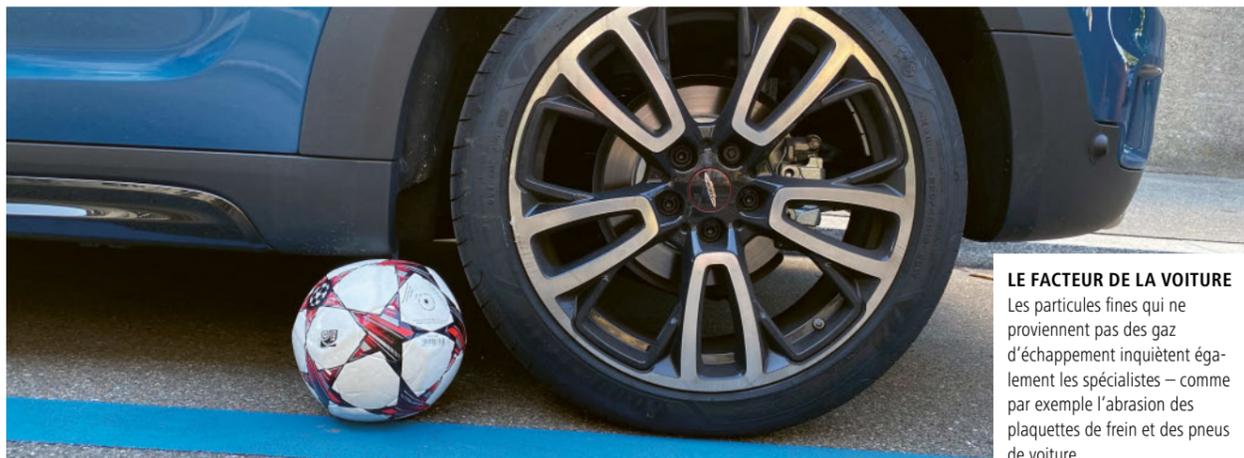
Photos : Empa

Plus d'informations ici : [www.empa.ch/de/web/s403](http://www.empa.ch/de/web/s403)

# LES PARTICULES FINES RENDENT MALADE

On sait que de grandes quantités de poussières fines dans l'air sont nocives pour la santé. Mais dans le détail, de nombreuses questions restent sans réponse : quels composants sont particulièrement dangereux ? Et à quelles concentrations ? Le « potentiel d'oxydation » des poussières fines pourrait servir à l'avenir de critère pour l'évaluation des risques – et des chercheurs de l'Empa l'ont étudié pour la Suisse.

Texte : Norbert Raabe



**LE FACTEUR DE LA VOITURE**  
Les particules fines qui ne proviennent pas des gaz d'échappement inquiètent également les spécialistes – comme par exemple l'abrasion des plaquettes de frein et des pneus de voiture.

Inflam-  
nflam-  
d'asthme, troubles cardiovascu-  
laires... – un extrait de la liste des  
dommages possibles pour la santé  
due à des concentrations élevées  
de poussières fines : des particules  
d'un diamètre de dix micromètres au  
maximum – appelées «PM10» – et des  
particules encore plus petites «PM2.5»,  
qui parviennent dans nos poumons par  
les gaz d'échappement des voitures, les  
chauffages, les entreprises industrielles  
et les sources naturelles. Certes, une  
surveillance stricte et des mesures de  
réduction ont permis de diminuer la  
pollution depuis les années 90 en Suisse  
également, mais le problème persiste  
en de nombreux endroits, notamment  
dans les villes. La taille des particules,  
la composition, les sources et les effets

des poussières fines ne sont pas faciles  
à déterminer. Une chose est sûre : plus  
les particules sont petites, plus elles  
pénètrent profondément dans les pou-  
mons des individus. Mais quelles sont les  
fractions particulièrement dangereuses ?  
Et dans quelles combinaisons et concen-  
trations ? Pour le décrire, un nouveau  
critère a été développé il y a quelques  
années, le « potentiel oxydatif » : un  
terme censé décrire la capacité des parti-  
cules inhalées à déclencher la formation  
de ce que l'on appelle les radicaux libres  
dans l'organisme, qui peuvent finale-  
ment conduire à des inflammations.

## CINQ SITES SUISSES

Les chercheurs de l'Empa Stuart Grange  
et Christoph Hüglin, du département  
« Pollution de l'air / Technologie environ-

nementale », ont donc étudié de plus  
près l'adéquation de cette mesure pour  
la Suisse – en menant une campagne  
de mesure complexe, avec le soutien de  
l'Université française Grenoble Alpes. A  
l'aide du Réseau national d'observation  
des polluants atmosphériques (NABEL),  
que l'Empa gère avec l'Office fédéral de  
l'environnement (OFEV), ils ont collecté  
des échantillons de poussières fines des  
catégories PM2.5 et PM10 24 heures  
sur 24 entre juin 2018 et mai 2019. Les  
stations de mesure couvraient toute la  
gamme des pollutions par les particules  
fines et étaient situées dans des villes,  
dans des zones d'agglomération et dans  
des zones rurales au sud et au nord  
des Alpes. Au total, les spécialistes ont  
analysé environ 900 échantillons en la-  
boratoire – à l'aide de méthodes de test

du potentiel oxydatif utilisant différentes  
substances d'analyse : acide ascorbique  
(en abrégé : AA), dithiothréitol (DTT) et  
dichlorofluorescéine (DFCH). Dans le test  
AA, la consommation d'acide ascor-  
bique, un antioxydant important, permet  
de tirer des conclusions sur la « toxicité »  
oxydative de l'échantillon de poussières  
fines, par exemple en raison des métaux  
qu'il contient. Les deux autres procé-  
dés fonctionnent de manière similaire,  
mais utilisent d'autres substances pour  
la détection. Pour simplifier, explique  
Christoph Hüglin, les trois méthodes



**ÉCHANTILLONS DE FILTRES**  
De l'air a été aspiré pendant 24 heures à travers ces filtres en fibres de quartz.

offrent des perspectives différentes sur  
des processus biologiques similaires.

## L'APPRENTISSAGE AUTOMATIQUE

Outre le potentiel d'oxydation, un grand  
nombre de substances chimiques conte-  
nues dans les poussières fines ont été  
analysées. Il en est résulté une grande  
quantité de données sur les éléments,  
les ions et les substances organiques qui  
composent les poussières fines en Suisse.  
Pour identifier dans cette masse de don-  
nées les « substances suspectes » ayant  
le plus grand potentiel d'oxydation, les  
chercheurs de l'Empa ont eu recours à  
des méthodes d'apprentissage automa-  
tique (en anglais : machine learning).  
Plus précisément, l'algorithme « Random

Forest », qui, au sens figuré, fait pousser  
une forêt d'innombrables arbres qui  
prennent chacun des décisions sur les  
corrélations dans les données – comme  
dans ce cas les substances contenues  
dans les poussières fines et le potentiel  
oxydatif correspondant. Au final, un  
modèle moyen est formé à partir des dé-  
cisions prises par l'ensemble de la forêt.

Les spécialistes ont ainsi réduit le nombre  
de substances suspectes à une dou-  
zaine, qu'ils ont à leur tour analysées  
à l'aide de méthodes de calcul et de  
modèles conventionnels, pour finale-  
ment découvrir les principaux dangers  
pour la santé – différents métaux ou  
encore des substances organiques, qui  
fournissent à leur tour des indications  
sur leur origine et leurs causes. Les  
résultats confirment des faits connus  
tels qu'une nette disparité entre la ville  
et la campagne en ce qui concerne les  
poussières fines et leurs conséquences  
sur la santé, ainsi qu'une pollution plus  
élevée en hiver qu'en été. Avec toute-  
fois des exceptions : les valeurs du potentiel  
d'oxydation, rapportées au volume d'air,  
ont augmenté de manière particulière-  
ment nette dans le sud de la Suisse pen-  
dant la saison froide – dans les régions  
qui étaient alors polluées par la fumée  
provenant de la combustion du bois. Les  
valeurs moyennes les plus basses ont été  
relevées dans les zones rurales, tandis  
que les valeurs les plus élevées ont été  
enregistrées dans une station de mesure  
urbaine et de trafic sur l'ensemble de la  
période. Aux carrefours urbains à forte  
circulation, d'autres émissions que les  
gaz d'échappement sont également  
préoccupantes : des métaux tels que le  
cuivre, le zinc et le manganèse indiquent  
la présence de composants de poussières  
fines qui peuvent provenir de l'abrasion  
des pneus ou des plaquettes de frein. La  
question de savoir comment le critère  
du potentiel d'oxydation peut décrire  
précisément les risques pour la santé

## LES DANGERS DES PARTICULES FINES

Les particules fines peuvent être décrites  
comme un mélange de particules solides et  
liquides dans l'air – provenant de sources  
anthropogènes comme les moteurs ou  
les gaz d'échappement industriels, ou de  
sources naturelles comme les volcans.  
Alors que de nombreuses particules sont  
directement émises dans l'air (particules  
primaires), les particules secondaires ne  
se forment que dans l'atmosphère par des  
réactions chimiques de composés gazeux.  
Pour la santé humaine, ce sont surtout  
les poussières fines respirables, dont les  
particules ont un diamètre aérodynamique  
inférieur à dix micromètres, qui sont  
importantes. Les poussières fines com-  
prennent également les particules dites  
ultrafines, comme celles provenant des gaz  
d'échappement des moteurs diesel, qui  
pénètrent profondément dans les poumons  
et peuvent causer de graves dommages.

fait actuellement l'objet de controverses  
parmi les spécialistes. Finalement, même  
les mesures et les analyses les plus  
précises des polluants atmosphériques  
ne répondent pas aux questions ouvertes  
sur les processus d'inflammation dans  
le corps humain. Mais après les analyses  
effectuées par son équipe, le chercheur  
de l'Empa Christoph Hüglin part tout  
de même du principe qu'il est possible  
d'en déduire des mesures judicieuses :  
certes, toutes les particules fines  
pourraient nuire à la santé – mais en ce  
qui concerne le potentiel oxydatif, les  
composants issus du trafic routier, qui ne  
proviennent pas des gaz d'échappement,  
et de la combustion du bois devraient  
faire l'objet d'une attention particulière  
dans le cadre des mesures de  
protection de la population. ■

Plus d'informations : [www.empa.ch/de/web/s503](http://www.empa.ch/de/web/s503)





**ÉCHANTILLON**  
L'air extérieur de Zurich est stocké dans 24 réservoirs high-tech selon des règles prédéfinies.



**GAZ CLIMATIQUE**  
Dominik Brunner observe les valeurs que le système enregistre sur 24 heures sur 24 – comme le dioxyde de carbone, le méthane et le protoxyde d'azote.



**CONTROLE**  
La répartition des échantillons d'air sur les bouteilles est contrôlée par ordinateur.

### Y A-T-IL MÊME UNE CONTRARIÉTÉ?

Eh bien oui, dans le débat sur la recherche climatique, certaines choses ne lui plaisent pas : « On dit souvent que les chercheurs ne font que semer la panique pour obtenir plus de fonds pour la recherche », dit Dominik Brunner, « c'est déjà quelque chose qui m'agace ». Finalement, les grandes tendances du réchauffement climatique sont désormais bien confirmées – et le fait qu'il y ait des questions ouvertes n'est pas du tout contesté. Le climatologue explique par exemple les effets de « feed-back » : lorsqu'il fait plus chaud, les régions de neige et de glace de l'Arctique fondent – donc plus de surfaces sombres qui absorbent plus de lumière solaire et accélèrent ainsi à leur tour le réchauffement.

D'un autre côté, la hausse des températures entraîne la croissance des arbres dans les régions plus élevées. La limite des arbres en Suisse s'élève, selon Dominik Brunner, et au final, la végétation croît dans le monde entier – et fixe ainsi plus de dioxyde de carbone. Mais de tels effets apporteront-ils une compensation à long terme ? « La végétation ne peut pas se déplacer à volonté », dit-il, « ce qui m'inquiète vraiment, c'est que nous pourrions même sous-estimer les conséquences du réchauffement climatique ».

Ne faudrait-il pas communiquer de manière plus offensive à ce sujet ? Parler aussi clairement sur le plan politique, comme le font certains autres climatologues ? Dominik Brunner préfère s'engager dans la recherche et ne pas trop s'exposer en public – et de toute façon, il n'aime pas se battre. Il donne des interviews à la presse, « si c'est absolument nécessaire... », ajoute-t-il en souriant.

### DES MESURES PRÉCISES

On préfère des projets passionnants comme une campagne de mesure à l'échelle européenne, qui vient d'être

lancée. Le projet européen « ICOS-Cities » examinera à la loupe les émissions de gaz à effet de serre dans les grandes villes – à Zurich, puis à Munich et à Paris. Finalement, les métropoles sont, selon une estimation grossière, responsables d'environ 70 % des émissions de gaz à effet de serre dans le monde. Pour les trois villes européennes de tailles différentes, « ICOS-Cities » doit maintenant fournir des données utiles – notamment à l'aide de mesures effectuées sur une tour d'habitation de la cité zurichoise Hardau II, haute de presque 100 mètres, autrefois le plus haut bâtiment de la ville.

Outre les mesures traditionnelles des concentrations de dioxyde de carbone, à partir desquelles les émissions sont calculées « à rebours », un procédé appelé « covariance des turbulances » est utilisé. Grâce à des capteurs à haute fréquence, il est ainsi possible de corréliser les enregistrements de gaz climatiques tels que le CO<sub>2</sub>, le méthane et le protoxyde d'azote avec les mesures des vents ascendants et descendants. Cela permet d'enregistrer la « respiration » de la ville – et donc de tirer des conclusions sur les causes des émissions. Et ces données pourraient à leur tour révéler les différences d'impact du trafic routier les jours ouvrables ou les week-ends.

Un projet séduisant pour l'éclairer de l'atmosphère, qui nécessitera des idées, de la curiosité et de la persévérance jusqu'en 2025 – dans le petit cercle des scientifiques, pas sur la scène de la politique climatique. Et pourtant, il a une valeur pratique pour les habitants des grandes villes. « Le changement climatique est certainement le thème central de la recherche atmosphérique », déclare Dominik Brunner, « pour moi, c'est déjà une affaire de cœur. » ■

Plus d'informations :  
[www.empa.ch/de/web/s503/team-modelling](http://www.empa.ch/de/web/s503/team-modelling)

Photos : Felix Wey / Empa

Photo : Empa

# « UN ŒIL SUR LES PROCESSUS »

Pierangelo Gröning, président de l'Alliance AM-TTC et de la Commission de recherche ainsi que membre de la direction de l'Empa, explique le rôle de l'institut de recherche dans les projets du domaine « Advanced Manufacturing ».

Interview : Rainer Klose



### PIONNIER

Pierangelo Gröning est membre de la direction de l'Empa et a fondé le domaine de recherche « Advanced Manufacturing » à l'Empa.

### Que signifie le mot-clé «Advanced Manufacturing»? Quelle est la nouveauté?

Aujourd'hui, la recherche moderne sur les matériaux ne se limite pas au développement seul des matériaux. Tant que le matériau ne peut pas être transformé et traité, il n'a pas encore de signification technologique. L'Empa fait de la recherche sur toute une série de nouveaux matériaux qui ne peuvent guère être traités par des processus standard connus, voire pas du tout. En conséquence, nous accordons beaucoup d'attention au développement et au perfectionnement des processus de fabrication et des méthodes de traitement, et à cet égard, nous avons beaucoup progressé ces dernières années.

### Comment ce développement a-t-il commencé?

À l'origine, ce sont les nanomatériaux qui ont déclenché cette réflexion chez moi. Lorsque l'on parle de nano, on se rend vite compte qu'il n'existe tout simplement pas encore de machines de traitement et que l'industrie ne peut pas se baser sur des connaissances existantes et développer des procédés connus. Nous devons donc déjà nous pencher sur la technique des processus et montrer comment générer de la valeur ajoutée à l'aide de ces nouveaux matériaux. Le deuxième élément déclencheur a été la numérisation et la question de savoir comment utiliser au mieux les possibilités de la numérisation dans la fabrication.

### Vous parlez de l'automatisation pour la production de masse?

Non. Ici, je ne pense pas en premier lieu à l'optimisation des chaînes d'approvisionnement et des processus de fabrication, mais à l'optimisation du produit et de sa qualité. Il y a un exemple clair dans la technologie des revêtements: pour le dépôt de couches dures, nous utilisons aussi des plasmas. Grâce à l'électronique de puissance moderne, nous pouvons

aujourd'hui contrôler la composition des particules réactives, c'est-à-dire les ions et les radicaux, dans le plasma par modulation d'impulsions et ainsi influencer directement la composition et la structure de la couche, c'est-à-dire ses propriétés physiques. Par rapport aux plasmas conventionnels, le processus de revêtement est quasiment numérisé par la modulation d'impulsions. Il en résulte de toutes nouvelles possibilités d'optimisation des propriétés des couches. Maintenant vient la question: comment trouver la bonne solution dans cette immense forêt de possibilités? Ici, nous ne pouvons pas laisser les ingénieurs produits sur le carreau – il faut des scientifiques qui comprennent ces processus de fond en comble. Et comprendre signifie, à l'ère de la numérisation, pouvoir simuler le processus de dépôt de couches sur ordinateur. Ce n'est qu'ainsi qu'il est possible de composer une sorte de «livre de recettes» qui propose au praticien les bons paramètres avec lesquels il peut obtenir des résultats optimaux.

### La numérisation à elle seule n'aide donc pas encore?

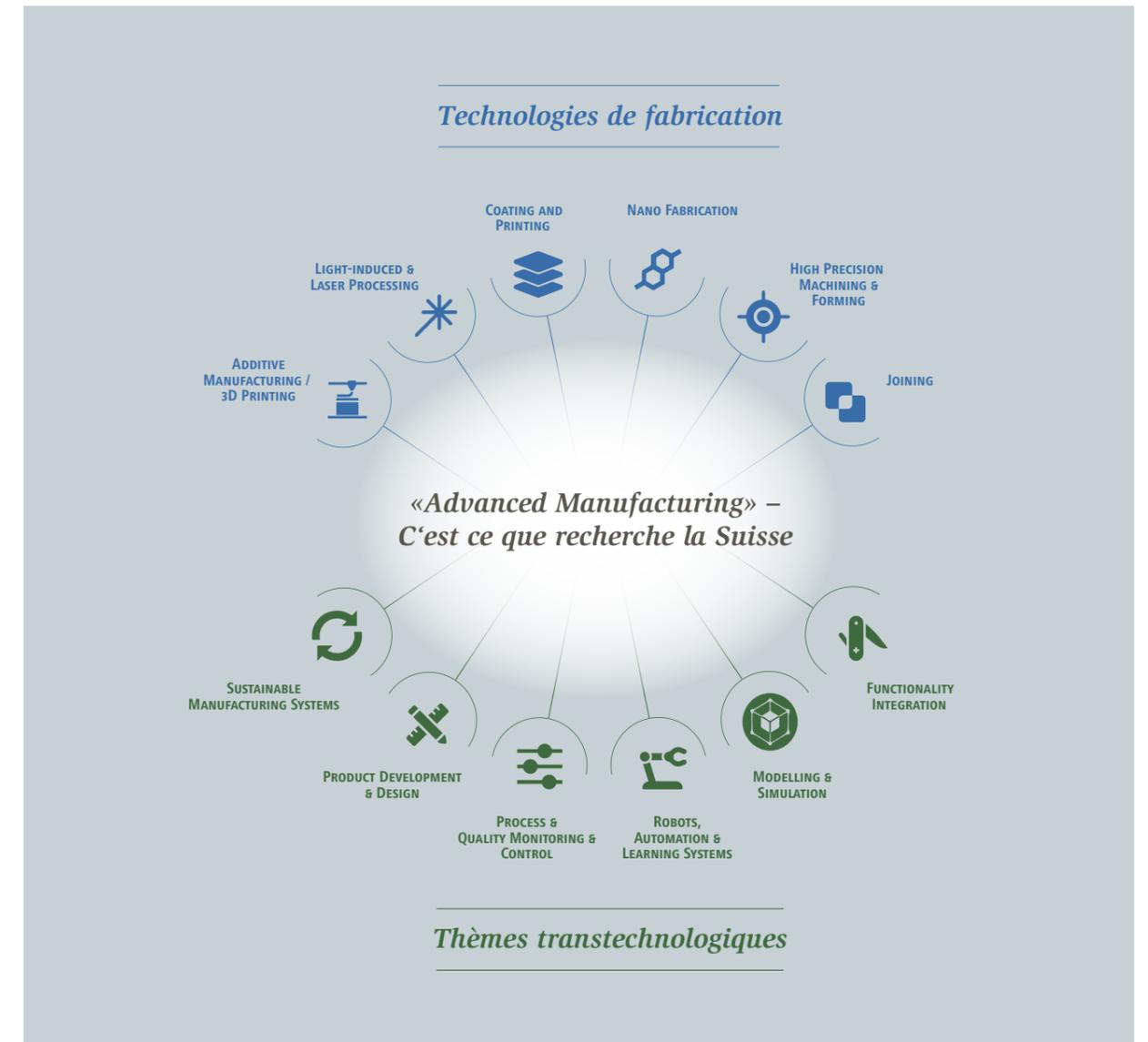
Non. Beaucoup de gens pensent qu'ils disposent de données et d'un réseau neuronal et qu'il suffit de le laisser calculer jusqu'à ce qu'une solution soit proposée. Il ne faut pas se laisser séduire par cette facilité. Il en résulte que des «essais et erreurs» avec un peu d'aide numérique. Pour exploiter pleinement le potentiel de la numérisation, il faut comprendre beaucoup mieux les processus de fabrication sur le plan physique, et ce à un niveau qui permette de les simuler. La simulation permet ensuite de déterminer rapidement et de manière fiable les paramètres de processus optimaux. Mais nous en sommes encore très loin, car cela nécessite des modélisations «multiscalaires» extrêmement complexes et gourmandes en temps de calcul.

### Quelle est la particularité de l'«Advanced Manufacturing»?

Les procédés de fabrication dont nous parlons ici sont des procédés additifs. Ils associent la production et la synthèse des matériaux dans un processus de fabrication intégral. La complexité de la fabrication s'en trouve accrue et pose de tout nouveaux défis à la gestion de la qualité, puisqu'il s'agit désormais de garantir non seulement la précision des dimensions, mais aussi la qualité des matériaux du produit. L'impression 3D des métaux en est un exemple très clair. Les propriétés des matériaux des pièces géométriquement complexes qui peuvent être fabriquées par impression 3D ne sont pas isotropes, c'est-à-dire identiques dans toutes les directions de l'espace. Cela est dû au processus de construction séquentiel de l'impression 3D et à la manière dont le laser est guidé. Différents paramètres du laser, tels que la puissance du laser ou la vitesse de balayage, permettent d'influencer le processus de fusion et de recristallisation, ce qui a à son tour une influence sur les propriétés du matériau. En bref: pour maîtriser l'impression 3D en tant que procédé de fabrication, il faut une connaissance approfondie des matériaux et des processus. Des connaissances qui ne sont pas disponibles même dans les grandes entreprises. Et les PME atteignent ici très vite leurs limites. On reconnaît ici la nécessité d'une étroite collaboration entre l'industrie et la recherche – afin d'établir ces nouvelles technologies sur le marché et de donner ainsi aux entreprises une longueur d'avance en matière d'innovation.

### Quel sera l'impact des technologies de fabrication additive dans la vie quotidienne?

C'est une question difficile. La meilleure façon d'y répondre est peut-être de considérer les tendances et les besoins de la production industrielle. Il s'agit



d'une part de l'individualisation – «Customized Products» – et, comme nous l'avons appris au cours des deux dernières années, de l'amélioration de la résilience dans la production. Cela peut être résolu par une grande agilité et des chaînes d'approvisionnement courtes, et c'est précisément ce que permet la fabrication additive. De plus, la fabrication additive a le potentiel de modifier considérablement le paysage de la production en remplaçant la production de masse centralisée par une petite production décentralisée – une chance énorme pour le site de production suisse.

### Quel est le rôle de l'Empa dans l'introduction de telles technologies?

Outre la recherche et le développement de nouveaux matériaux optimisés pour la technologie de fabrication, nous avons également des projets de recherche qui visent à rendre les technologies «utilisables au quotidien» pour l'industrie. En d'autres termes, il s'agit de développer et de mettre à disposition les «outils» nécessaires pour garantir une utilisation robuste et fiable de la technologie. Comme nous l'avons déjà mentionné, nous développons des logiciels de simulation pour déterminer rapidement et de

manière fiable les paramètres de processus optimaux, mais aussi pour former et améliorer la compréhension des processus. Nous développons également des systèmes de mesure pour la surveillance des processus en temps réel. Le développement de systèmes aussi complexes nécessite une étroite collaboration entre des spécialistes de différents domaines. C'est une grande force que nous pouvons faire valoir en tant qu'Empa, mais c'est aussi un atout pour l'ensemble du Domaine des EPF. ■

Plus d'informations: [www.sfa-am.ch](http://www.sfa-am.ch)

# LE GANT VR SORTI DE L'IMPRIMANTE 3D

En collaboration avec des collègues de l'EPFL et de l'ETH Zurich, une équipe de l'Empa développe une nouvelle génération de gants VR qui rendront les mondes virtuels tangibles. Le gant sera adapté à chaque utilisateur et pourra être fabriqué de manière largement automatique grâce à un procédé d'impression 3D.

Texte: Rainer Klose

La recherche a parfois besoin d'un sacrifice. Le chercheur de l'Empa Patrick Danner vient d'en faire un – et de le filmer. « Lorsque j'ai appliqué une bonne dose de 2000 volts sur l'échantillon, il a pris feu », raconte-t-il avec humour dans le débriefing. La mésaventure est clairement visible sur la vidéo de son téléphone portable: d'abord de la fumée, puis des flammes jaillissent du polymère créé par l'expérience. « Avec un peu de chance, vous avez quand même pu en sauver un morceau », rétorque Dorina Opris, responsable du groupe de recherche « Matériaux polymères fonctionnels ». Un morceau de preuve est important pour tirer des enseignements du résultat et tirer des conclusions.

Avec leurs recherches sur les polymères électroactifs, Dorina Opris et Patrick Danner font partie d'un projet à grande échelle appelé « Manufhaptics ». L'objectif de ce projet de quatre ans, dirigé par Herbert Shea du Soft Transducers Lab de l'EPFL, est un gant qui rend les mondes virtuels tangibles. Tous les composants du

gant, qui exercent diverses forces sur la surface de la main, doivent pouvoir être produits par une imprimante 3D. Il s'agit donc d'une recherche sur de nouveaux matériaux, la méthode de production étant prise en compte dès le départ.

## TROIS TYPES D'ACTIONNEURS

Pour que les surfaces virtuelles paraissent réelles et les objets tangibles à la bonne taille, les équipes de recherche de l'EPFL, de l'ETH Zurich et de l'Empa veulent

intégrer trois types d'actionneurs différents dans le gant: sous les doigts, des boutons peuvent se développer pour reproduire une texture spécifique d'une surface. Dans la zone des articulations des doigts, des freins électrostatiques sont montés qui rigidifient le gant et bloquent les articulations. Cela

permet de simuler des objets plus larges et solides qui offrent une résistance lorsqu'on les touche. Le troisième type d'actionneurs qui complète

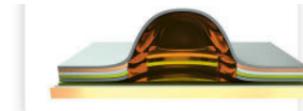


### PRÊT POUR L'INDUSTRIE

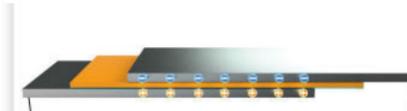
Le polymère électroactif souhaité doit avoir une consistance similaire à celle d'une crème pour les mains, afin que les muscles artificiels puissent être fabriqués de manière automatisée dans une imprimante 3D.

Photo: Empa

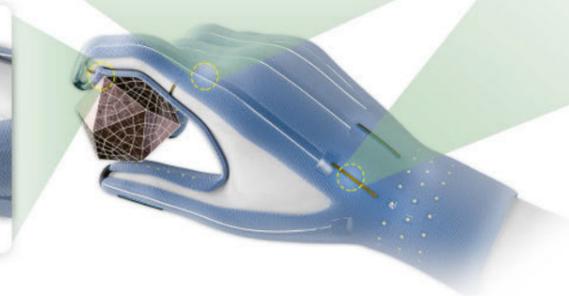
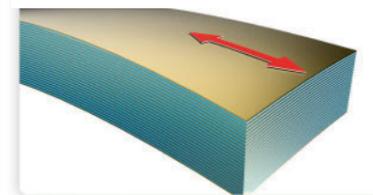
Des actionneurs électrostatiques à amplification hydraulique de la taille d'un millimètre procurent une sensation de toucher et de texture.



Des actionneurs électrostatiques à embrayage de grande force, qui peuvent bloquer les articulations des doigts et donner aux objets virtuels une sensation de solidité.



Des actionneurs diélectriques-élastomères multicouches pour le dimensionnement actif du gant et la compression locale.



l'expérience virtuelle est appelé DEA (Dielectric Elastomer Actuator). Ces DEA sont utilisés sur le dos de la main; ils resserrent la peau extérieure du gant afin qu'il s'adapte parfaitement en tout point. Pendant l'expérience de RV, ils peuvent également appliquer une pression sur la surface de la main. Ceux de la DEA sont le sujet de l'Empa.

## LES MUSCLES SORTIS DE L'IMPRIMANTE 3D

Dorina Opris, la responsable du groupe de recherche, a des années d'expérience avec ces polymères électroactifs. « Ils réagissent aux champs électriques et se contractent comme un muscle », explique la chercheuse. « Mais ils peuvent aussi servir de capteur, en absorbant une force extérieure et en générant une impulsion électrique à partir de celle-ci. Nous pensons également les utiliser pour récolter de l'énergie localement: à partir du mouvement, l'électricité peut ainsi être générée n'importe où. »

Le projet Manufhaptics présente de nouveaux défis pour Dorina Opris et son collègue Patrick Danner. « Jusqu'à présent, nous produisons nos polymères à l'aide de solvants par une synthèse

chimique », explique Dorina Opris. Maintenant, tout doit fonctionner sans solvants: le plan consiste à superposer jusqu'à 1000 couches fines issues de l'imprimante 3D, en alternant toujours le polymère électroactif et une couche conductrice de courant. « Il faut éviter les solvants dans un tel processus », explique Dorina Opris. Patrick Danner explique la difficulté suivante: les deux encres nécessaires à la fabrication des couches doivent avoir exactement la bonne consistance pour s'écouler de la buse de l'imprimante 3D. « Notre partenaire de projet, Jan Vermant de l'ETH Zurich, veut quelque chose dont les propriétés sont similaires à celles d'une crème pour les mains. Elle doit sortir facilement de l'imprimante et rester ensuite dimensionnellement stable sur la base. » Et après cela, cette structure en couches « crémeuse » doit encore être réticulée dans le polymère approprié.

Après une longue série de tests, Patrick Danner a trouvé une formulation prometteuse – une crème suffisamment liquide et en même temps dimensionnellement stable, à partir de laquelle des polymères électroactifs peuvent être

créés en une seule étape. Son collègue Tazio Pleji de l'ETH Zurich, membre de l'équipe de Jan Vermant, a réussi à transformer le matériau en plusieurs couches dans son imprimante 3D – en alternant toujours entre polymère et matériau d'électrode. Il n'y a pas encore 1000 couches, mais seulement une dizaine, et le muscle artificiel issu de l'imprimante 3D ne fonctionne pas encore de manière satisfaisante.

## LA COMPÉTITION SE TROUVE À HARVARD

Mais Dorina Opris et Patrick Danner sont convaincus de maîtriser la tâche avec les spécialistes de l'impression de l'ETH Zurich – peut-être en tant que première équipe au monde. Les seuls concurrents scientifiques dans ce domaine sont basés à la célèbre Université de Harvard, dans le Massachusetts. « Je connais les collègues de cette université pour avoir participé à des congrès », explique Dorina Opris. « Nous observons de très près ce qu'ils font. Et ils observent certainement aussi nos travaux. » ■

Plus d'informations:  
<https://www.sfa-am.ch/manufhaptics.html>

# DES CAPTEURS DE LUMINOSITÉ CRISTALLINS



## PRODUCTION VERTE

Fan Fu, expert en pérovskite, cherche des méthodes de fabrication sans solvants toxiques.

Trois instituts du Domaine des EPF mènent des recherches sur l'optoélectronique à base de pérovskite, comme les cellules solaires, les photodétecteurs et les diodes électroluminescentes (LED). Dans le cadre d'un projet appelé AMYS, les laboratoires de l'EPFL, de l'ETH Zurich et de l'Empa ont uni leurs forces depuis quatre ans pour explorer de nouvelles compositions chimiques, mais aussi des méthodes de production simples et évolutives à faible coût.

Texte: Rainer Klose

Il existe différentes solutions pour convertir directement la lumière du soleil en électricité. Les plus connues sont les cellules solaires en silicium, qui sont basées sur des monocristaux de silicium. Les cellules solaires de ce type sont relativement épaisses et fragiles.

Une autre variante a vu le jour : les cellules solaires dites à couche mince, qui sont environ 100 fois plus fines que les cellules en silicium cristallin. Cette structure cellulaire est flexible et peut être déposée en phase vapeur sur des substrats flexibles tels que des films plastiques ou des feuilles métalliques. Les cellules à couche mince en arséniure de gallium (GaAs), en tellure de cadmium (CdTe) ou en cuivre, indium, gallium, sulfure et sélénium (CIGS), connues depuis un certain temps, ont été rejointes par une nouvelle catégorie : les pérovskites organiques-inorganiques.

Le terme pérovskite décrit la structure cristalline commune des matériaux de ces films minces. Ce qui est intéressant, c'est que les pérovskites peuvent non seulement être utilisées comme cellules solaires, mais aussi, à l'inverse, servir d'illuminateurs ou de base pour des photodétecteurs, par exemple dans des appareils à rayons X ou des capteurs pour les smartwatches. C'est pourquoi cette classe de matériaux suscite actuellement une grande activité de recherche dans le monde entier. Mais il y a un problème : beaucoup de ces cristaux de pérovskite contiennent des ions organiques comme éléments de base. Il s'agit de blocs de construction cristalline qui contiennent du carbone, de l'azote et de l'hydrogène. Ils fondent et s'évaporent à des températures beaucoup plus basses que le silicium ou le GaAs, le CdTe ou le CIGS. Par conséquent, de nombreuses méthodes de production éprouvées ne sont pas adaptées à ces matériaux.

## LA FABRICATION INDUSTRIELLE

Le projet AMYS (Advanced Manufacturability of Hybrid Organic-inorganic Semiconductors for Large Area Optoelectronics), lancé dans le cadre du domaine d'action stratégique « Advanced Manufacturing » (SFA-AM), tente de résoudre précisément ces problèmes. Ce qu'il faut, c'est une méthode de fabrication industrielle pour les couches minces de pérovskite, qui ont jusqu'à présent été produites principalement par des procédés de pulvérisation « humide » dans des laboratoires.

Les tâches des partenaires de recherche sont soigneusement réparties : l'équipe d'Ayodhya N. Tiwari et de Fan Fu, spécialistes des pérovskites au « Thin Films and Photovoltaics Laboratory » de l'Empa, cherche un photodétecteur et des cellules solaires flexibles en pérovskite ; l'équipe de Chih-Jen Shih, du Nanomaterials Engineering Research

Group de l'ETH Zurich, veut construire des LED en pérovskite qui produisent de la lumière avec une précision de couleur particulièrement élevée. Enfin, Christophe Ballif, de l'EPFL, et son équipe sont à la recherche de cellules solaires tandem particulièrement efficaces, composées de silicium sur la face inférieure et d'une couche de pérovskite semi-transparente sur la face supérieure.

Tous les chercheurs ont déjà effectué des travaux préliminaires : l'équipe de l'EPFL a établi un nouveau record mondial en juillet : les cellules solaires de l'EPFL, composées de silicium cristallin épais surmonté d'une fine couche de pérovskite, ont atteint un rendement de plus de 31 %. Une telle valeur a déjà été atteinte avec d'autres cellules à semi-conducteurs, mais celles-ci sont environ mille fois plus chères à produire. Cela ouvre donc la voie à un photovoltaïque à faible coût. « Nous avons développé un processus en deux étapes pour appliquer les ingrédients organiques de nos pérovskites de manière douce et homogène, sur des cellules solaires de taille moyenne, » explique Christian Wolff, qui travaille dans l'équipe de l'EPFL. « Nous voulons maintenant étendre ce processus à une nouvelle méthode basée sur la vapeur sèche, qui permettra d'une part de couvrir de manière homogène des surfaces encore plus grandes, et d'autre part de voir s'il n'existe pas de combinaisons chimiques encore meilleures. »

Sebastian Siol de l'Empa l'aide dans cette tâche. Il est spécialiste des procédés de revêtement et de l'analyse des couches minces produites industriellement. Il utilisera des expériences automatisées à haut débit pour passer au crible un grand nombre de compositions chimiques et de paramètres de processus différents, dans le but de créer une « bibliothèque » de mélanges de pérovskites prometteurs. Cela donne-

ra à Wolff et à ses collègues de tous les groupes de travail des indications cruciales sur les endroits où chercher. Cela accélérera le cheminement vers l'objectif de dispositifs optoélectroniques bon marché, stables et de grande surface, offrant une multitude d'applications.

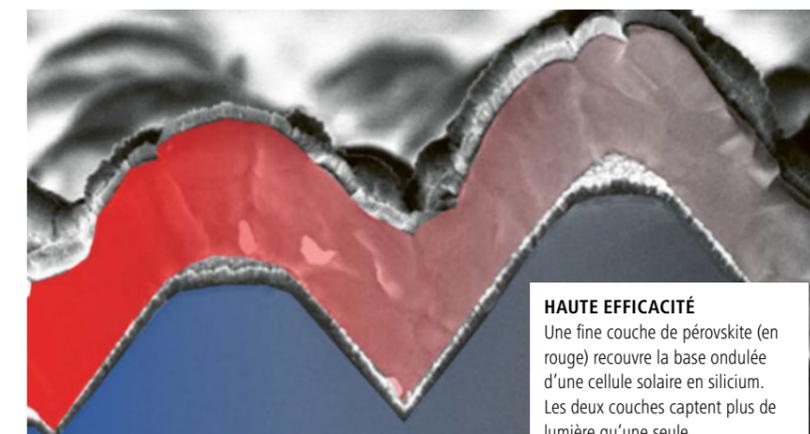
## DES SOLVANTS NON TOXIQUES

Fan Fu, chercheur à l'Empa, est un spécialiste des pérovskites et fait également partie du consortium de recherche. Il s'est attelé à deux tâches à la fois : D'une part, il cherche de nouveaux photodétecteurs et cellules solaires à base de pérovskites. D'autre part, il veut

cartographier les éprouvettes de la série d'essais de Fan Fu et l'aider à trouver les paramètres optimaux du procédé.

## CAPTEURS POUR SMARTWATCHES

Fan Fu a un deuxième projet qu'il poursuit dans le cadre de l'AMYS : les cellules de pérovskite pourraient potentiellement servir de photodétecteurs dans les appareils photo ou de détecteurs de rayons X pour l'imagerie médicale – et présenteraient deux avantages essentiels : elles sont beaucoup moins chères et plus faciles à produire que les puces de caméra en silicium couramment utilisées aujourd'hui. De plus, elles sont flexibles



## HAUTE EFFICACITÉ

Une fine couche de pérovskite (en rouge) recouvre la base ondulée d'une cellule solaire en silicium. Les deux couches captent plus de lumière qu'une seule.

aussi trouver une « voie verte » pour la production industrielle de cellules pérovskites. « Alors que l'équipe de l'EPFL a trouvé un procédé sec, nous, à l'Empa, avons développé davantage le procédé humide », explique le chercheur. « Nous n'avons plus besoin de solvants toxiques, que l'on peut utiliser en laboratoire mais qui constituent un handicap dans le processus industriel. Nous travaillons désormais avec de l'isopropanol – qui est également utilisé dans tous les magasins de coiffure. » Fan Fu veut maintenant adapter son procédé humide à des processus industriels tels que le revêtement des matrices à fente. Son collègue de l'Empa Sebastian Siol l'aide aussi dans sa recherche du procédé optimal. Il va

et peuvent s'adapter aux formes du corps. Fan Fu utilise un exemple pour expliquer à quel point cela pourrait être intéressant : « Les capteurs d'oxygène sanguin et de fréquence du pouls dans les smartwatches sont en partie basés sur la détection optique du flux sanguin. » Grâce à des capteurs optiques flexibles, de tels relevés pourraient être obtenus à l'avenir de manière beaucoup plus économique et en même temps plus précise, explique Fan Fu. « Les dispositifs de mesure qui reposent directement sur la peau sont une technologie-clé pour l'interaction future entre les humains et les machines. » ■

Plus d'informations : [www.sfa-am.ch/amys.html](http://www.sfa-am.ch/amys.html)

# UNE PERCEUSE SENSIBLE

Les personnes malentendantes dont le nerf auditif est encore intact peuvent souvent être aidées par un implant cochléaire. Mais l'insertion de l'implant dans l'oreille interne n'est pas sans risques, car elle peut endommager les nerfs faciaux. Des chercheurs de l'Empa ont développé un nouveau type de perceuse « intelligente » qui minimise ce risque en s'éteignant automatiquement à proximité des nerfs.

Texte: Rainer Klose



## EXPERT EN REVÊTEMENTS

Kerstin Thorwarth a développé le foret spécial avec des couches dures conductrices et isolantes.

Les méthodes de « fabrication avancée » peuvent également conduire à des progrès remarquables en chirurgie. Un groupe de chercheurs dirigé par Stefan Weber du « ARTORG Center for Biomedical Engineering Research » de l'Université de Berne a mis au point un robot capable de poser des implants cochléaires de manière plus douce qu'un chirurgien. « Lorsqu'un chirurgien procède à l'intervention, il doit enlever des zones relativement importantes de la boîte crânienne », a expliqué Stefan Weber dans un article de la NZZ. Ce n'est que lorsqu'il voit où se trouvent les nerfs qu'il met en place le foret. Le robot, quant à lui, ne perce qu'un canal de 1,8 millimètre de diamètre, dont le tracé est déterminé à l'aide d'un scanner réalisé au préalable. Mais les chirurgiens ne peuvent pas forer au hasard, car le trou pour l'implant cochléaire doit se trouver exactement entre le nerf gustatif et le nerf facial. Ces nerfs ne sont séparés que de 3 millimètres et ne doivent en aucun cas être endommagés. Jusqu'à présent, les chirurgiens s'aidaient

ainsi: Ils arrêtaient la perceuse juste avant le rétrécissement et irritaient le nerf facial avec une pointe électrique. Si le tressaillement du visage du patient n'est pas trop fort, il est possible de continuer à forer avec précaution.

## PERCEUSE ET STIMULATEUR À LA FOIS

Les médecins du centre ARTOG se sont adressés à l'Empa avec la question suivante: ne pourrait-on pas développer une perceuse qui stimule en même temps électriquement le nerf facial, une perceuse qui indiquerait donc sa position dans le crâne du patient? Kerstin Thorwarth du laboratoire « Surface Science & Coating Technologies » de l'Empa s'est mise au travail. Avec un collègue, elle a développé un foret à pointe conductrice dans le cadre d'un travail de master et d'un projet Inno-suisse. Les couches dures conductrices et isolantes de nitrure de titane (TiN) et de nitrure de silicium (Si3N4) ont été appliquées sur la tête de forage par pulvérisation magnétron. Pour ce faire, les différentes spires de la mèche ont dû être recouvertes de masques spéciaux.

## PAS ENCORE CERTIFIÉE POUR LA MÉDECINE

Le foret doté de la surface spéciale développée à l'Empa présentait finalement les propriétés électriques adéquates et a également passé avec succès les tests de perçage dans le matériau osseux réalisés en laboratoire. Les partenaires à Berne étaient en tout cas satisfaits. « Le smart-drill pour la chirurgie cochléaire pourrait par exemple aussi être utilisé pour la chirurgie de la colonne vertébrale », déclare avec optimisme le chef de projet Stefan Weber.

L'équipe de chercheurs de l'Empa et les chirurgiens de Berne cherchent maintenant un partenaire industriel capable de fabriquer le smart-drill conformément aux exigences légales pour les dispositifs médicaux. « Cela nécessitera d'autres efforts de développement significatifs », explique Stefan Weber. Et cela nécessite encore un financement adéquat. ■

Plus d'informations: [www.empa.ch/web/208](http://www.empa.ch/web/208)

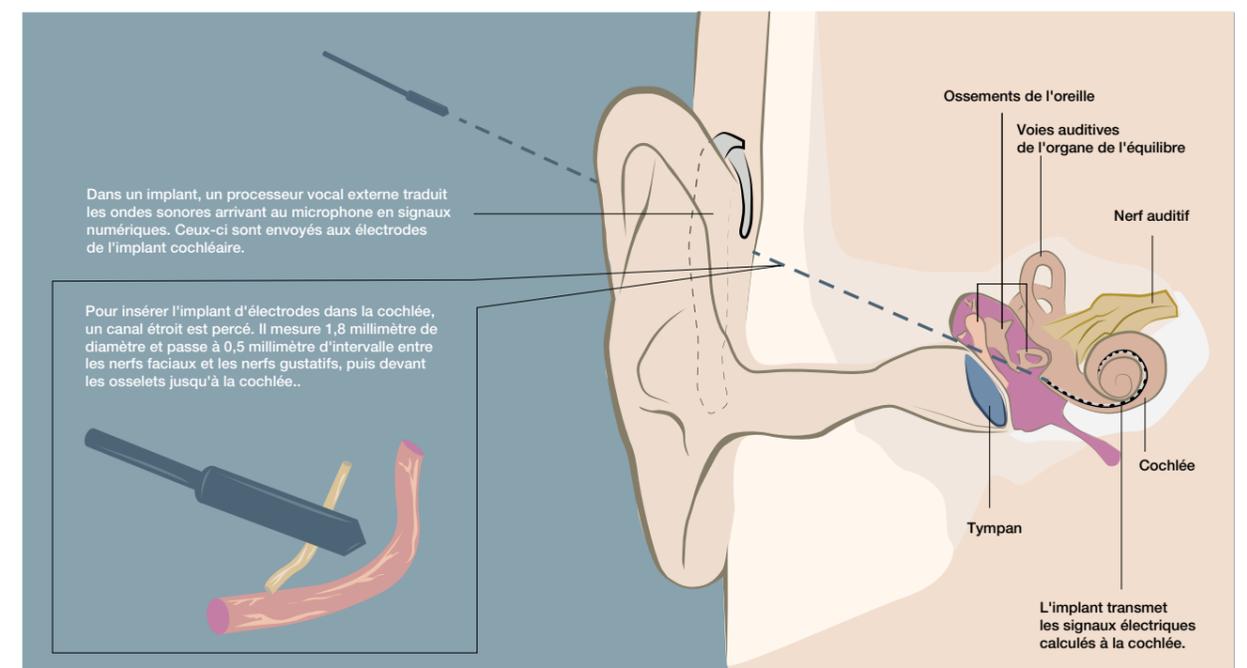


Photo: Empa / Grafik: NZZ-infografik

# ROUE D'ACIER POUR LA BIODIVERSITÉ

Autrefois, les agriculteurs assuraient des récoltes abondantes en irriguant systématiquement les prairies. Dans le canton de Zurich, des amis de l'environnement font revivre ces méthodes afin de créer une idylle précieuse avec une biodiversité élevée – à l'aide de la technologie historique d'une roue à eau, au développement de laquelle l'Empa a également participé.

Texte : Norbert Raabe

Les libellules vrombissent dans la plaine lisse et ensoleillée; les azurées et autres papillons colorés volent de fleur en fleur. Des crapauds accoucheurs à la recherche de femelles font entendre leur coassement, tandis qu'une couleuvre à collier guette ses proies dans l'herbe humide: un biotope diversifié pour les espèces menacées, qui doit voir le jour dans l'ancienne plaine alluviale appelée «Hundig» près de Glattfelden dans l'Unterland zurichois – grâce à une méthode agricole qui était déjà courante ici il y a longtemps. L'irrigation des prairies remonte probablement au Moyen Âge et permettait de plus que doubler la récolte de foin. Et pour transporter l'eau des rivières et des ruisseaux, les agriculteurs de la Franconie allemande utilisaient vers 1800 près de 200 roues de pompage d'eau.

Cette technologie respectueuse de l'environnement est ici remise au goût du jour. «Un projet écologique et culturel, donc», comme le dit la responsable du projet Daniela Eichenberger de l'association «Wässerwiesen im Hundig». Mais pour cela, il a fallu l'aide de spécialistes comme Silvain Michel,

du département «Mechanical Systems Engineering» de l'Empa: il a participé à la réalisation de la roue à godets – sur la base d'un modèle à l'échelle 1:5, conçu et construit par l'entrepreneur en construction métallique Bernhard Krismer à Wallisellen. «Les premiers tests avec cette roue à godets ont montré

## UN PROJET COÛTEUX AVEC DE NOMBREUX BÉNÉVOLES

L'exploitation des prairies irriguées du Hundig avec la roue de pompage et la conduite d'amenée par des canaux devrait commencer l'année prochaine après une longue planification et mise en œuvre. La roue à elle seule coûte environ 300 000 francs; la somme pour l'ensemble du projet est de 2,4 millions. Le financement provient d'une part de l'aéroport de Zurich – comme l'une de ses mesures de remplacement écologiques auxquelles il est tenu. Et d'autre part, de nombreux sponsors, dont le fonds de loterie du canton de Zurich et la centrale électrique de la ville de Zurich, ainsi que de nombreuses fondations. Les porteurs du projet sont l'association Wässerwiesen im Hundig et le service de protection de la nature de l'Office du paysage et de la nature du canton de Zurich.

qu'elle fonctionnait en principe», se souvient Silvain Michel – mais le travail ne faisait que commencer, car il y avait de nombreux points d'interrogation.

Jusqu'à quelle profondeur la roue en acier, d'un diamètre de 6 mètres tout de même, devait-elle s'enfoncer dans la Glatt? La force hydraulique de la rivière peu profonde à l'endroit prévu suffirait-elle à l'actionner? Et pour soulever le volume d'eau nécessaire qui s'écoulerait ensuite des réservoirs de pompage dans une rigole vers les prairies?

## NOUVELLE MESURE DE LA RIVIÈRE

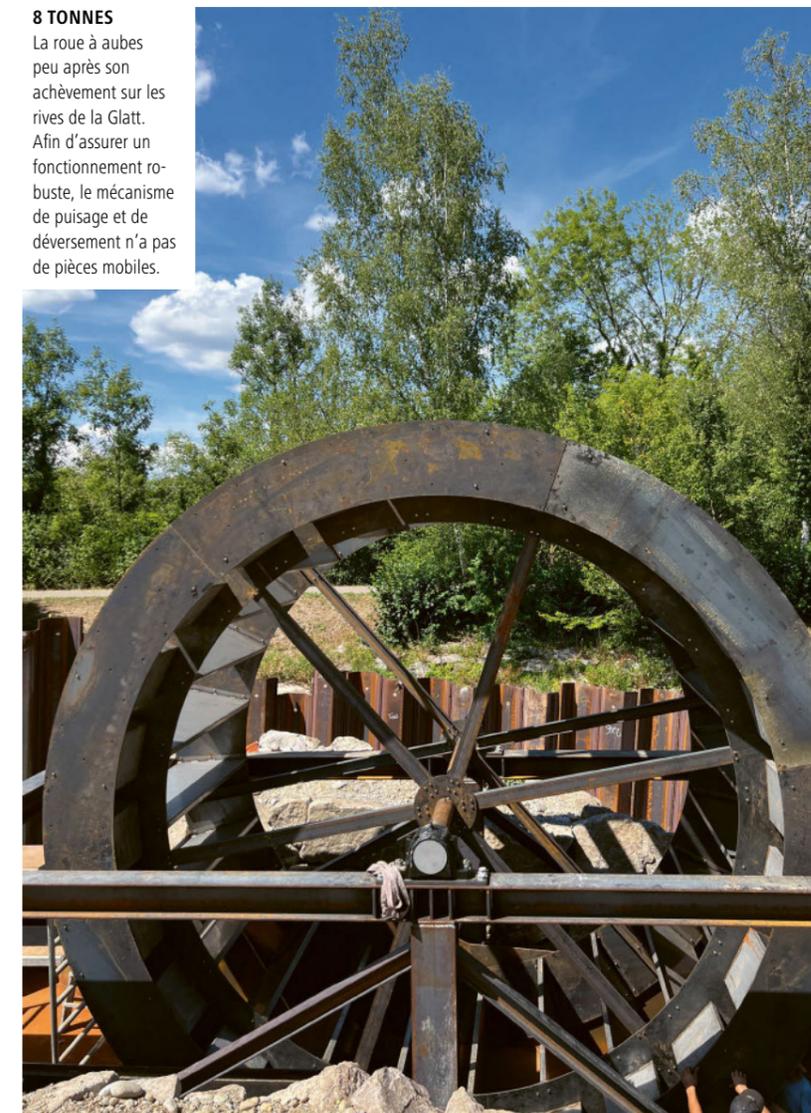
Les premières recherches ont montré que les données hydrauliques sur la Glatt à cet endroit étaient en partie contradictoires. C'est pourquoi les spécialistes ont mesuré à nouveau la rivière et ses niveaux d'eau à l'endroit prévu – et ont finalement décidé de modifier les seuils du fond de la rivière. En amont de la roue de pompage, le seuil a été relevé de 30 centimètres, en aval, il a été abaissé de 30 centimètres. Les deux «marches» que la Glatt franchit à cet endroit en direction du Rhin ont donc été transformées en une plus grande – une pente utilisable de près de 1 mètre,



**1895**  
La photo historique montre comment les rigoles d'irrigation étaient aménagées

*Glattkorrektur bei der Station Glattfelden.  
(Windischboden.)*

**8 TONNES**  
La roue à aubes peu après son achèvement sur les rives de la Glatt. Afin d'assurer un fonctionnement robuste, le mécanisme de puisage et de déversement n'a pas de pièces mobiles.



Photos: Empa, AWEL

afin d'augmenter l'énergie potentielle de l'eau pour l'entraînement de la roue.

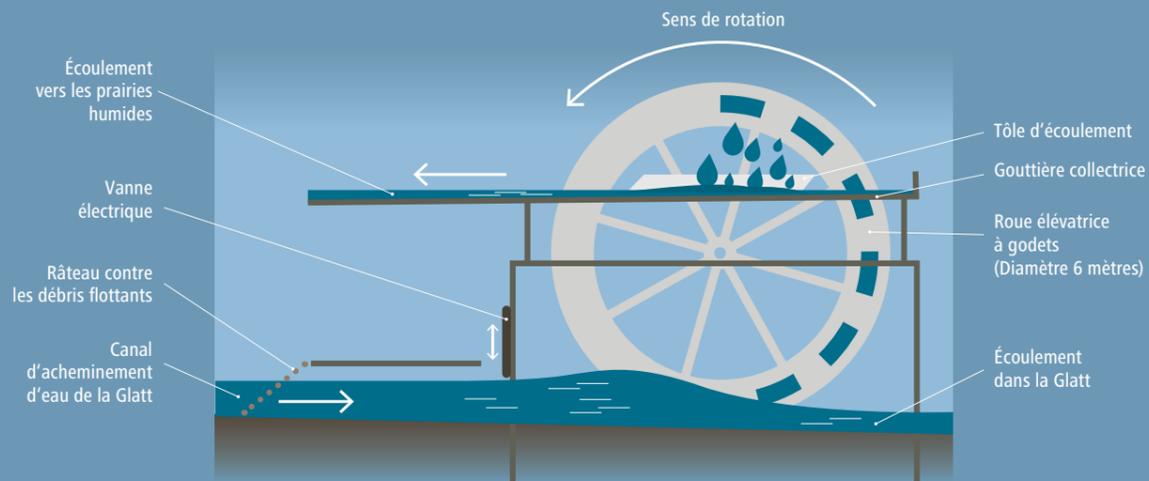
Néanmoins, les premières analyses ont montré que l'énergie hydraulique pourrait se faire rare, d'autant plus que le prélèvement dans le fleuve est limité. Le débit résiduel prescrit de la Glatt, soit 1070 mètres cubes par seconde, doit toujours être respecté – et le prélèvement a été limité à la quantité la plus nécessaire: 120 litres par seconde au maximum; des tests préliminaires effectués en 2019 sur les prairies avaient révélé ce besoin. Toutefois, lorsque les températures dépassent 20 degrés, la quantité est progressivement réduite – jusqu'à un quart, en fonction du débit de la Glatt dans le Rhin, qui est enregistré 24 heures sur 24.

Enfin, toutes les parties concernées veulent garder à l'esprit la protection du climat à long terme – et aussi les intérêts de l'association de pêche locale, qui s'inquiétait du niveau de l'eau et de ses prises, dont des truites très recherchées, et qui a fait opposition à la demande de concession. «Je comprends tout à fait», déclare Bernhard Krismer, maître métallurgiste et constructeur de la roue à aubes, qui est lui-même un pêcheur. Et la responsable du projet, Daniela Eichenberger, est elle aussi heureuse qu'une solution raisonnable ait été trouvée grâce aux négociations réussies. «Il s'agit maintenant de passer à la mise en œuvre!», déclare la biologiste, responsable du projet depuis 2016.

## ENTRAÎNEMENT AVEC DES PIÈGES ET DES ASTUCES

Dans ces conditions, assurer un entraînement fiable de la roue d'épuisement de 8 tonnes s'est avéré être un casse-tête pour le chercheur de l'Empa Silvain Michel. Les premiers calculs se basaient sur un rendement de 90% – un rapport extrêmement favorable entre l'énergie fournie et l'énergie utilisée. ▶

## Comment fonctionne la roue élévatrice à godets



La roue élévatrice à godets pèse environ 8 tonnes et doit prélever au maximum 120 litres par seconde d'eau dans la Glatt. L'eau recueillie dans les réservoirs tombe dans le canal collecteur via une tôle d'écoulement inclinée. De là, elle est finalement dirigée vers deux zones cibles via un canal situé près de la gare de Glattfelden. L'irrigation des prairies est assurée par des ouvrages de dérivation qui s'ouvrent et se ferment. L'eau excédentaire est renvoyée dans la Glatt.

Mais des recherches dans la littérature ont montré qu'une telle roue à eau « à roue inférieure », entraînée par l'eau depuis le bas, n'atteint généralement que 40 %. « Le maximum est de 50 à 60 % », dit Sylvain Michel, « l'hypothèse initiale était donc trop optimiste ».

Que faire ? Michel a cherché conseil auprès d'un expert : Michel Dubas, spécialiste expérimenté de l'hydraulique et professeur émérite de la Haute école spécialisée du Valais à Sion, a mis ses connaissances et son expérience à disposition – gratuitement d'ailleurs, comme le souligne le chercheur de l'Empa. Et après une réflexion commune, Michel Dubas a proposé une solution simple mais efficace : un « goitre » dans la semelle en acier sous la roue

à godets – c'est-à-dire un renflement ciblé vers le bas, qui veille à ce que l'eau accélère encore nettement avant de s'engouffrer dans les pales de la roue.

Grâce à cette idée et à d'autres détails, les spécialistes en hydraulique ont calculé que le débit de la roue atteignait tout juste les valeurs requises. Et ils sont convaincus que la performance est également suffisante malgré quelques « freins » techniques à l'écoulement de l'eau : Un râteau placé devant la roue doit en effet retenir les matériaux flottants tels que les branches. De plus, un « rideau » de chaînes en acier dans l'eau doit veiller, avec son bruit, à ce que les poissons restent dans la Glatt et ne s'égarer pas dans le canal de dérivation vers la roue de pompage.

Deux caméras vidéo placées dans l'eau permettront de filmer si cette stratégie fonctionne réellement. Et lorsque l'exploitation de l'irrigation des prairies débutera pour la première fois l'année prochaine, non seulement les pêcheurs locaux garderont un œil sur la roue à aubes, mais aussi le spécialiste de l'Empa et les constructeurs – pour des contrôles précis des quantités d'eau et aussi pour un fonctionnement sans faille. En effet, il faut régulièrement vérifier que tout va bien, contrôler les grilles et les vannes d'alimentation et lubrifier régulièrement l'axe de rotation de la roue en acier – le travail d'un « gardien de la roue à eau » qui devra être engagé prochainement.

Plus d'informations : [www.waasserwiesen-hundig.ch](http://www.waasserwiesen-hundig.ch)

Grafique : Empa

Photo : Empa

### PROGRÈS

Tina Bürki voit dans la puce embryonnaire placentaire l'avenir des tests de toxicité pour le développement.



# UNE PUCE AU LIEU DE L'EXPÉRI-MENTATION ANIMALE

Des chercheuses de l'Empa développent, en collaboration avec l'ETH Zurich et l'Hôpital cantonal de Saint-Gall, une puce médicale qui permet de se prononcer sur l'effet de substances sur les bébés dans le ventre de leur mère. La fondation zurichoise ProCare soutient le projet, qui a été lancé récemment.

Texte : Andrea Six

Les nouveaux médicaments à base de nanoparticules, qui peuvent traverser sans problème n'importe quelle interface à l'intérieur de notre corps, sont un grand espoir de la médecine. Pour que de tels espoirs puissent être mis sur le marché, leur sécurité doit être garantie. A cet égard, il faut également clarifier ce qui se passerait si une substance parvenait à traverser la barrière naturelle entre le bébé et sa mère, le placenta, dans le corps d'une femme enceinte. « Les toxines environnementales peuvent également représenter un grand danger pour le fœtus sensible si elles traversent la barrière placentaire ou si elles perturbent le développement et la fonction du placenta et nuisent ainsi indirectement au fœtus », explique Tina Bürki, chercheuse de l'Empa au laboratoire « Particles-Biology Interactions » de Saint-Gall. Une équipe de l'Empa et de l'EPFZ se penche depuis longtemps sur la question de savoir comment déterminer cette embryotoxicité des

substances de manière précise, simple et sûre. L'équipe développe désormais un nouveau système qui permet de détecter avec précision les substances nocives pour l'embryon et qui ne nécessite pas d'expérimentation animale. Ce projet, qui vient d'être lancé, est rendu possible par la fondation zurichoise ProCare.

#### UN UNIVERS

Le cœur du procédé sera une puce polymère de la longueur d'un doigt, qui abritera un petit univers : des cellules y poussent, qui doivent reproduire la barrière placentaire et l'embryon dans des conditions aussi proches que possible de la réalité. Pour ce faire, des cellules du placenta sont cultivées sur une membrane poreuse pour former une barrière étanche et des cellules souches

#### PROMOTION DE LA RECHERCHE

Le Fonds d'avenir de l'Empa encourage des projets de recherche exceptionnels qui ne sont pas (encore) soutenus. Pour le présent projet, il a été possible de convaincre la fondation suisse ProCare de prendre entièrement en charge les coûts du projet. Cette organisation soutient des projets qui, dans le domaine de la protection des animaux et de la protection de l'environnement, peuvent particulièrement faire avancer la recherche appliquée.

embryonnaires sont formées dans une goutte de solution nutritive pour former une minuscule boule de tissu. Pour simuler la circulation sanguine, un agitateur fait continuellement basculer la puce d'avant en arrière. Les substances à tester peuvent être ajoutées du côté «maternel» du placenta. De cette manière, les chercheurs peuvent étudier le transport de la substance testée et ses effets sur les deux tissus. «Nous savons déjà qu'un tel principe de test peut fonctionner, car un prototype simplifié a été

développé lors d'une étude préliminaire avec le Bio Engineering Laboratory de l'ETH Zurich», explique Tina Bürki.

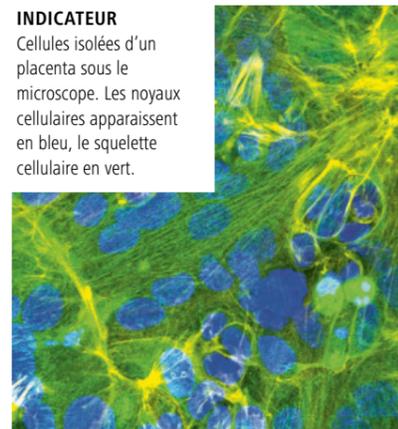
La particularité de cette nouvelle puce : les chercheurs veulent améliorer de manière décisive les modèles cellulaires en remplaçant les lignées cellulaires de laboratoire ou les cellules de souris utilisées jusqu'à présent par des cellules humaines «primaires» et une lignée de cellules souches humaines. «Nous travaillons en étroite collaboration avec la clinique gynécologique de l'Hôpital cantonal de Saint-Gall et pouvons isoler les cellules recherchées à partir de tissus placentaires qui seraient éliminés après un accouchement», explique Tina Bürki. Les cellules obtenues doivent permettre de développer un modèle de placenta tridimensionnel amélioré. Au final, la puce embryo-placentaire permettra de reproduire l'interaction entre le placenta et l'embryon et d'étudier les processus de transport au niveau du placenta ainsi que les effets nocifs directs et indirects d'une substance sur le développement de l'embryon.

#### AVANTAGE AU MODÈLE ALTERNATIF

Les études sur la toxicité développementale des médicaments et des toxines environnementales ont actuellement recours à des expériences animales sur des souris. Dans l'UE, par exemple, 840 000 animaux ont été utilisés en 2017 dans la recherche sur la toxicité et la sécurité, dont près de 100 000 pour la toxicité du développement. Grâce à la nouvelle puce, le nombre de ces expériences sur animaux pourrait être considérablement réduit. Ce n'est pas seulement un objectif important d'un point de vue éthique, car la pertinence d'un test sur des souris n'est pas optimale pour évaluer la sécurité d'un médicament chez l'homme : «La structure du placenta est très spécifique à chaque espèce animale – et donc différente chez la souris que chez

#### INDICATEUR

Cellules isolées d'un placenta sous le microscope. Les noyaux cellulaires apparaissent en bleu, le squelette cellulaire en vert.



l'homme», explique la chercheuse de l'Empa Tina Bürki. Le modèle alternatif in vitro prévu, c'est-à-dire un nouveau système «en éprouvette», permettrait d'obtenir de meilleures connaissances, car la nouvelle technologie de puce avec des cellules humaines primaires pourrait reproduire de manière plus fiable les événements qui se produisent à l'interface entre la mère et l'enfant.

Le nouveau système de test est conçu comme un moyen simple et précis de vérifier la sécurité d'une substance dès le début du développement de nouveaux médicaments et d'accélérer ainsi l'application de nouvelles thérapies. De cette manière, la puce soutient le principe du «safe by design», qui prévoit l'intégration précoce des aspects de sécurité dans le processus d'innovation.

Les résultats du projet devraient en outre aider à combler les lacunes de connaissances dans la compréhension de la barrière placentaire. «La puce sera un modèle qui réunira les processus au niveau du placenta et de l'embryon. Nous espérons ainsi pouvoir mieux comprendre à l'avenir les interactions complexes qui se déroulent au moyen de substances de signalisation», explique Tina Bürki. ■

Plus d'informations : [www.empa.ch/web/s403](http://www.empa.ch/web/s403)

Photo: Empa

# Rendre possible la médecine de demain.



Faites la différence!  
Soutenez le Zukunftsfonds  
«Médecine» de l'Empa.  
[empa.ch/zukunftsfonds](http://empa.ch/zukunftsfonds)

 **Empa**  
Zukunftsfonds

## UN EXPERT EN BATTERIES ACCOMPAGNE UN CRASH TEST



**TALON D'ACHILLE**  
Les voitures électriques peuvent subir des dommages au niveau du soubassement. L'expert de l'Empa Marcel Held examine les déformations après le crash test d'AXA.

Lors du crash test organisé cette année par le groupe d'assurance AXA le 25 août à l'aérodrome de Dübendorf, l'accent a été mis sur le nombre croissant de voitures électriques. Les experts ont fait se renverser une Tesla Model S sur une rampe, ce qui a endommagé le soubassement de la voiture. Lors des discussions qui ont suivi, Marcel Held, expert en batteries de l'Empa, a expliqué les dangers potentiels d'un tel accident. Le danger vient de ce que l'on appelle le « thermal runaway », qui peut se produire après un endommagement des cellules de la batterie. La batterie surchauffe et quitte son état de fonctionnement sûr. Le processus s'amplifie de lui-même et la pression dans la cellule augmente jusqu'à ce que le boîtier finisse par éclater. Des gaz inflammables s'échappent, puis des flammes intenses. Le pompier Michael Derungs de Schutz & Rettung Zurich a fait remarquer que ses collègues étaient bien préparés et entraînés à de telles situations. Michael Pfäffli, responsable de l'accidentologie et de la prévention chez AXA Suisse, a déclaré que – contrairement à la perception du public – les incendies de voitures électriques n'étaient pas plus fréquents que ceux des voitures à moteur à combustion. De même, le sauvetage des passagers d'une voiture électrique accidentée ne pose généralement aucun problème.

[www.axa.ch/de/ueber-axa/medien/medienmitteilungen/aktuelle-medienmitteilungen/20220825-crashtests-2022.html](http://www.axa.ch/de/ueber-axa/medien/medienmitteilungen/aktuelle-medienmitteilungen/20220825-crashtests-2022.html)

## CARTES DE CRÉDIT EN BOIS DU CANTON D'URI

Swiss Wood Solutions AG, une spin-off de l'Empa et de l'ETH Zurich, a déménagé en juillet 2022 à Altdorf dans le canton d'Uri. C'est là que la jeune entreprise et ses dix collaborateurs se lancent désormais dans la production de cartes de crédit durables en bois. Les « Swiss Wood Cards » sont fabriquées à partir de placages de bois indigènes comme l'érable, l'érable ondé, le cerisier, le chêne, l'épicéa et bien d'autres. Chaque carte est unique, avec une gravure laser personnalisée ou une impression couleur, et fonctionne comme n'importe quelle autre carte de crédit traditionnelle. La décision d'implantation a été prise en avril 2022 en faveur du canton d'Uri après l'évaluation de plusieurs cantons.

<https://swisswoodcards.swisswoodsolutions.ch/fr>



**RÉSISTANT AUX ÉCRITURES**  
Les cartes bancaires fabriquées à partir d'essences de bois indigènes sont durcies au moyen d'un procédé breveté.

Photos: Empa / Swiss Wood Solutions

Photo: Thomas Oehrl

## SGES : L'EMPA DANS UN ÉCHANGE CONSTRUCTIF



**EN CONVERSATION**  
Peter Richner en conversation avec Andreas Kuhlmann

Pour la dixième fois, le « Swiss Green Economy Symposium » a réuni à Winterthur, les 7 et 8 septembre, des spécialistes de l'économie, de la recherche et de la politique afin de promouvoir le dialogue, les innovations et les réalisations concrètes – cette année, l'accent était mis sur l'économie circulaire. Lors du panel « Energies sûres et durables », Peter Richner, vice-recteur de l'Empa, a fait comprendre que concernant la crise énergétique imminente, les changements de comportement auront le plus grand impact à court terme. Il a également souligné que de nombreuses solutions développées par l'Empa pour un système énergétique décarbonisé ont désormais de meilleures chances d'être mises en œuvre et a donné un aperçu des futures priorités de recherche de l'Empa: des solutions qui sont négatives en termes de CO<sub>2</sub>, c'est-à-dire qui conduisent à une réduction de la concentration de CO<sub>2</sub> dans l'atmosphère. Kurt Bisang de l'OFEN, Office fédéral de l'énergie, Alexander Keberle d'economiesuisse, Andreas Kuhlmann de la Deutsche Energie-Agentur GmbH et Gerd Scheller de Siemens Suisse et swisscleantech ont participé à la discussion.

<https://sges.ch/>

## SÉMINAIRES DE L'ACADÉMIE DE L'EMPA

(en allemand et en anglais)

11. OKTOBER 2022

Live Stream : Energiemanagement der Zukunft

Zielpublikum : Öffentlichkeit

<https://digitaltag.empa.ch/>

online

04. NOVEMBER 2022

Kurs : Tribologie

Zielpublikum : Industrie und Wirtschaft

[www.empa-akademie.ch/tribologie](http://www.empa-akademie.ch/tribologie)

Empa, Dübendorf

08. NOVEMBER 2022

Technology Briefing :

Advanced Manufacturing at Empa

Zielpublikum : Industrie, Wirtschaft, Wissenschaft

[www.empa.ch/web/tb](http://www.empa.ch/web/tb)

Empa, Dübendorf

17. NOVEMBER 2022

Seminar : Digital fabrication in the

construction industry

Zielpublikum : Industrie und Wissenschaft

[www.empa-akademie.ch/rfa](http://www.empa-akademie.ch/rfa)

Empa, Dübendorf

01. DEZEMBER 2022

Technology Briefing : Photovoltaics

Zielpublikum : Industrie und Wirtschaft

[www.empa.ch/web/tb/pv](http://www.empa.ch/web/tb/pv)

Empa, Dübendorf

Vous trouverez la liste complète des événements sur:  
[www.empa-akademie.ch](http://www.empa-akademie.ch).

## 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](http://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](http://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 \_\_\_\_\_

Recommandation par \_\_\_\_\_

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.