

# Empa Quarterly

RECHERCHE & INNOVATION II #70 II JANVIER 2021



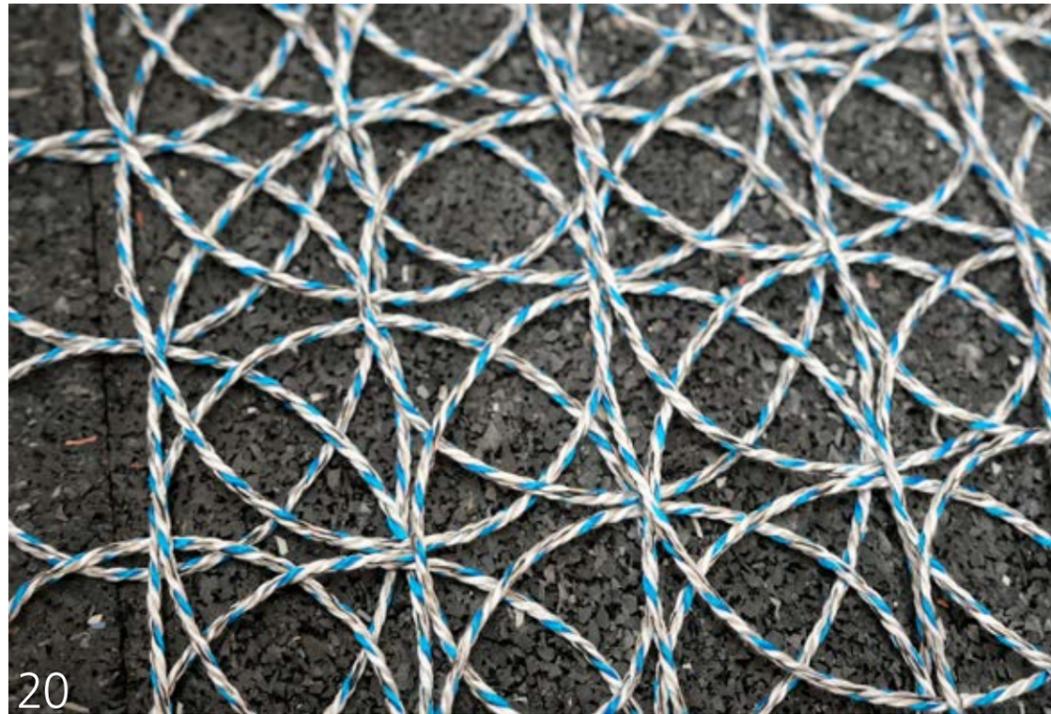
FOCUS

## NOUVEAU MONDE DE L'AUTOMOBILE

LES VOITURES APPRENNENT À VOIR  
LES MAISONS ACCUMULENT L'ÉLECTRICITÉ  
DES ROBOTS QUI TRICOTENT DES ROUTES

## [ CONTENT ]

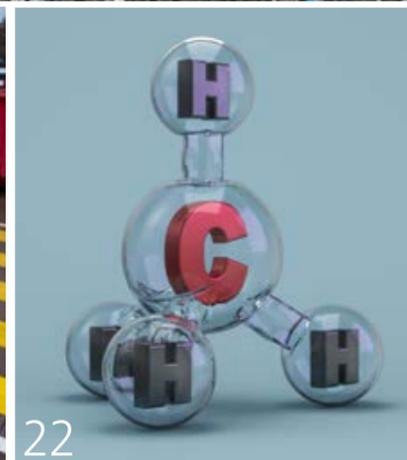
[ FOCUS: NOUVEAU MONDE DE L'AUTOMOBILE ]



20



17



22



28



30

## [ FOCUS ]

## 17 CONDUITE AUTONOME

Test oculaire pour voitures robots

## 20 GÉNIE CIVIL

Revêtement routier en gravier et ficelle

## 22 CARBURANT

Le méthane synthétique à partir de l'énergie solaire

## 24 ENTRAÎNEMENT ÉLECTRIQUE

Les maisons accumulent l'énergie solaire pour les voitures

## [ THÈMES ]

## 08 BIOTECHNOLOGIE

Mélanine: remède miracle pour la protection du bois et plus

## 12 DURABILITÉ

Énergies renouvelables – Un jeu sans limites?

## 15 RECHERCHE SUR LES MATÉRIAUX

Du bois modifié pour produire de l'électricité

## 28 HYGIÈNE

Des filtres à eau contre les germes

## 30 TROISIÈME MONDE

Des réseaux électriques sur mesure pour les villages du Kenya

## [ RUBITS ]

## 04 LA PHOTO

## 06 BRIÈVEMENT

## 34 EN ROUTE

## [ COUVERCLE ]



Quelle est la visibilité des voitures qui se conduisent seules? Le véhicule d'essai de l'Empa est équipé d'un scanner laser qui produit des images fixes à haute résolution. Il a également besoin de caméras et de scanners de radar. L'Empa veut savoir avec quelle précision les capteurs détectent le monde. Page 17.

## [ IMPRESSUM ]

ÉDITEUR: Empa

Überlandstrasse 129

8600 Dübendorf, Schweiz

www.empa.ch

RÉDACTION: Empa Kommunikation

DIRECTION ARTISTIQUE:

PAUL AND CAT.

www.paul-and-cat.com

CONTACT: Tél. +41 58 765 47 33

empaquarterly@empa.ch

www.empaquarterly.ch

PUBLICATION:

publié quatre fois par an



myclimate.org/01-21-462265

Empa Social Media



ISSN 2673-1746

Empa Quarterly (édition française)

## LA VALEUR DE LA CONTRADICTION

Cher lecteur,



Partout où l'on regarde, un constat se dessine: nous avons oublié comment gérer les contradictions. Au lieu de traiter les contre-arguments objectivement, nous nous empressons de jouer l'homme dans les discussions controversées. Cela fonctionne rarement bien, comme nous le montre un chaman viking du Capitole américain...

Un regard sur la science pourrait être utile ici. La science se nourrit de contradictions. Le philosophe Karl Popper y voyait même la voie royale vers la connaissance. Tout peut être pensé, dit et affirmé. Mais toute idée, dès qu'elle a été mise au monde, doit faire l'objet d'un examen critique. Si elle peut être réfutée, elle est jetée par-dessus bord et une nouvelle thèse est élaborée.

Il n'est donc guère surprenant qu'à un stade précoce – lorsque l'état des connaissances est encore incertain – les différents scientifiques privilégient des idées différentes. Le public perçoit souvent cela comme une «cacophonie» et un désaccord au sein de la communauté scientifique. Pourtant, nous nous contentons de regarder les experts à l'œuvre et d'observer comment ils vérifient leurs propres idées et celles des autres pour détecter les désaccords.

Nous pourrions en prendre un exemple dans le débat social. Cela suppose toutefois que nous soyons également prêts à remettre en question nos propres convictions, et pas seulement celles de nos homologues.

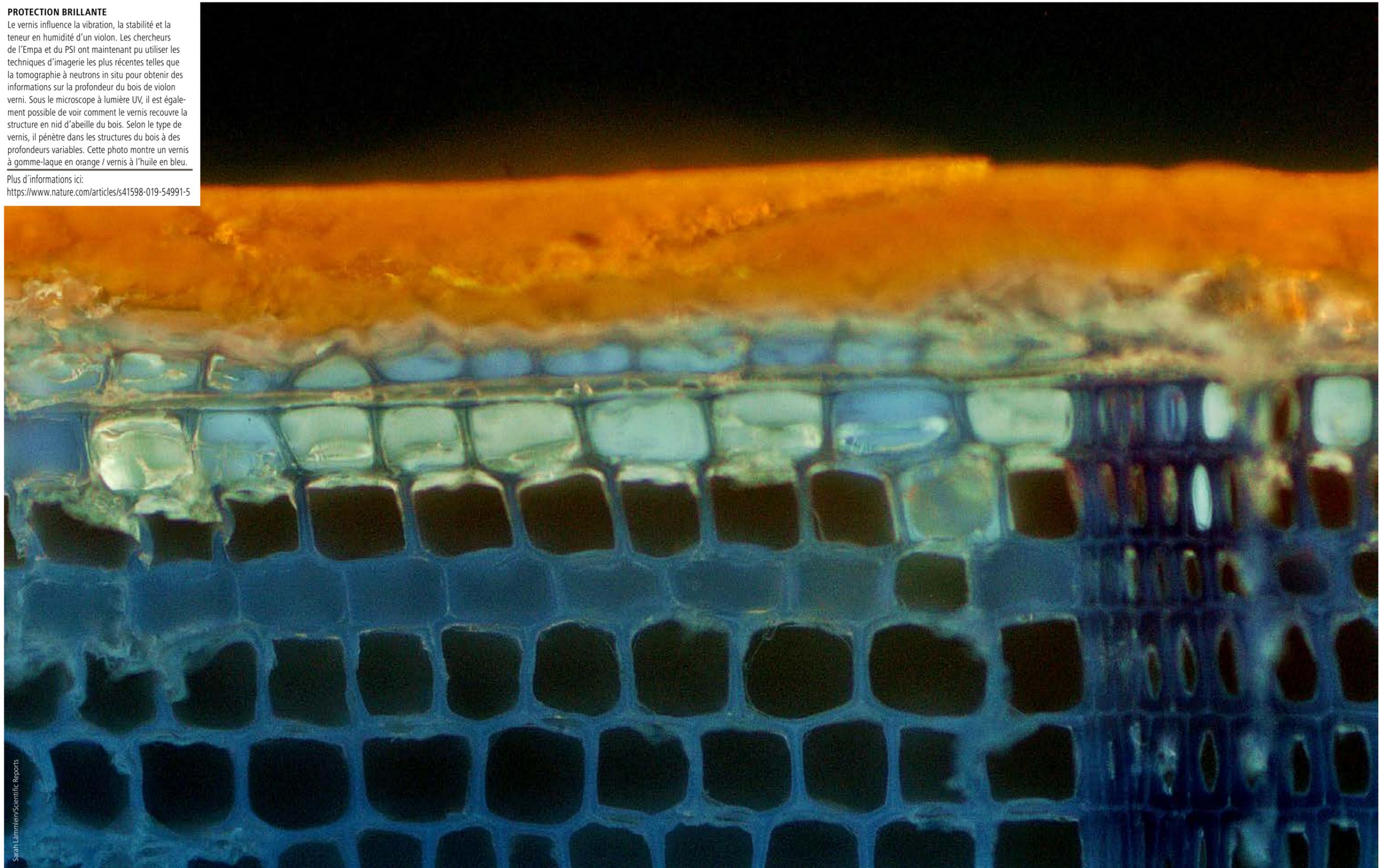
Bonne lecture!

Votre MICHAEL HAGMANN

**PROTECTION BRILLANTE**

Le vernis influence la vibration, la stabilité et la teneur en humidité d'un violon. Les chercheurs de l'Empa et du PSI ont maintenant pu utiliser les techniques d'imagerie les plus récentes telles que la tomographie à neutrons in situ pour obtenir des informations sur la profondeur du bois de violon verni. Sous le microscope à lumière UV, il est également possible de voir comment le vernis recouvre la structure en nid d'abeille du bois. Selon le type de vernis, il pénètre dans les structures du bois à des profondeurs variables. Cette photo montre un vernis à gomme-laque en orange / vernis à l'huile en bleu.

Plus d'informations ici:  
<https://www.nature.com/articles/s41598-019-54991-5>



## NOUVELLE UNITÉ À LA MAISON DE RECHERCHÉ

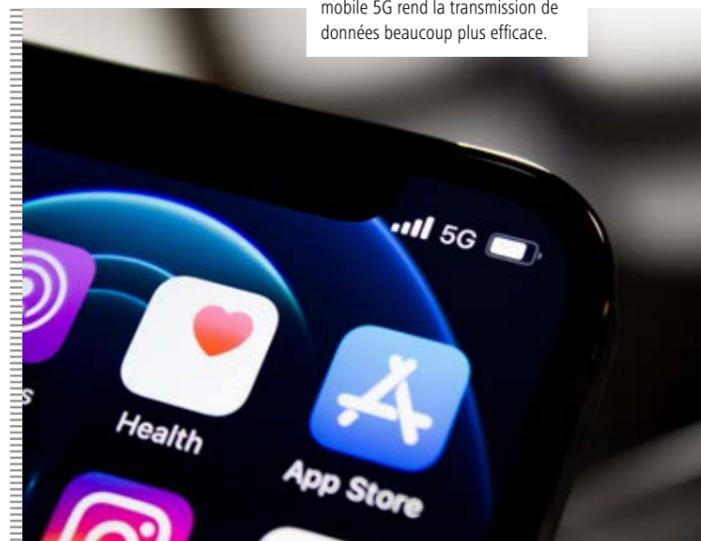


**INNOVANT**  
L'unité STEP2 de deux étages sera construite sur la plateforme supérieure du bâtiment de la NEST.

Un escalier en colimaçon en forme de dos issu de l'impression 3D, un plafond nervuré en filigrane qui nécessite environ un tiers de matériau en moins et une enveloppe du bâtiment économe en énergie qui assure un confort optimal: une nouvelle unité est en projet à la NEST. STEP2 – comme on l'appelle – combine des innovations dans les domaines de l'économie circulaire, de la fabrication industrielle et numérique, de l'enveloppe du bâtiment et des systèmes énergétiques. L'unité de deux étages sera construite sur la plateforme supérieure de NEST et devrait être achevée à l'été 2022.

[www.empa.ch/web/nest/step2](http://www.empa.ch/web/nest/step2)

**DONNÉES ACTUELLES**  
La nouvelle norme de communication mobile 5G rend la transmission de données beaucoup plus efficace.



## COMMENT LA 5G AFFECTE-T-ELLE LE CLIMAT ?

Des chercheurs de l'Empa et de l'Université de Zurich ont été mandatés par l'association professionnelle swisscleantech et Swisscom pour étudier l'impact de la norme de communication mobile 5G sur les émissions de gaz à effet de serre. L'étude montre que l'extension du réseau 5G peut réduire considérablement les impacts environnementaux. L'une des raisons en est une plus grande efficacité énergétique. À cela s'ajoutent les économies réalisées grâce à des réseaux électriques intelligents ou à une utilisation plus ciblée des engrais et des pesticides dans l'agriculture.

[www.empa.ch/web/s604/5g-netz](http://www.empa.ch/web/s604/5g-netz)

Photos: James Yarema/Unsplash, ROK Architekten

## DE LA COLLE POUR LES BLESSURES

Le premier prix du «Prix de l'innovation Empa 2020» a été décerné à une nouvelle technologie d'adhésif pour tissus qui promet une guérison plus rapide et plus sûre des plaies. Il a été développé par des chercheurs du laboratoire Interactions particules-biologie de l'Empa en collaboration avec le laboratoire d'ingénierie des systèmes de nanoparticules de l'ETH Zurich. Contrairement aux anciens adhésifs pour plaies, qui se composent principalement de la fibrine, une protéine propre au corps, la technologie est basée sur une combinaison de nanoparticules inorganiques. Les particules adhésives se lient particulièrement bien aux os ou aux tissus mous. La coagulation accélérée améliore le traitement des plaies externes et internes.

[www.empa.ch/web/s604/empa-innovation-award-2020](http://www.empa.ch/web/s604/empa-innovation-award-2020)



**START-UP**  
Sebastian Loy et Tino Matter (à droite) ont développé le nouvel adhésif pour tissus et ont fondé la start-up Anavo.



**DURABLE**  
La poutre en béton renforcée d'une lamelle d'acier supporte une charge d'un peu plus de 6 tonnes depuis 1970.

## PAR TOUS LES MOYENS

Depuis 1970, l'Empa effectue un test unique en son genre pour étudier le comportement à long terme des armatures en acier collées sur une poutre en béton. Des enquêtes comme celle-ci ont contribué au fait que le renforcement par collage est maintenant une méthode de renforcement de pointe, et les ingénieurs ont confiance dans cette méthode de construction.

[www.empa.ch/web/s604/biegekriechversuch](http://www.empa.ch/web/s604/biegekriechversuch)

Photos: Empa, anavo

# L'«OR NOIR» DES CHAMPIGNONS

Les chercheurs de l'Empa ont réussi à obtenir le pigment mélanine en grande quantité à partir de champignons. Le gigantesque champignon *Armillaria* au service de la science est l'une des plus grandes créatures du monde vivant. Les applications de l'«or noir» vont des produits de préservation du bois à la construction d'instruments de musique et de filtres à eau.

Texte: Andrea Six



## DESTRUCTEUR

Semblable à une éponge, le porling aquatique se développe à la surface du bois et attaque sa structure même en profondeur.



Les propriétés sont étonnantes et ses applications sont en conséquence diverses: le pigment mélanine qui protège, par exemple, la peau humaine des rayons UV nocifs (et nous donne un bronzage d'été), est un véritable trésor pour de nouveaux matériaux et de nouvelles technologies. Bien que la substance miracle se trouve dans la nature, le biopolymère complexe ne pouvait auparavant être produit artificiellement à l'échelle industrielle que par des procédés coûteux et complexes dans lesquels toutes les propriétés ne pouvaient pas être repro-

duites. Les procédés de production de mélanine naturelle à partir de microorganismes ont jusqu'à présent également montré un faible rendement. Il n'est donc pas surprenant que cette substance soit plusieurs fois plus chère que l'or. Les chercheurs de l'Empa ont maintenant «convaincu» les champignons de produire «l'or noir» selon

un procédé simple et très évolutif. «La mélanine est extrêmement stable contre les influences environnementales et est intéressante non seulement comme pigment, mais aussi bien au-delà, pour le développement de matériaux composites innovants», déclare Francis Schwarze, chercheur à l'Empa, du département «Matériaux cellulose et bois».

Dans leur recherche de procédés plus simples et moins chers pour la production de mélanine naturelle en grande quantité, Schwarze et son équipe sont tombés sur un champignon qui se trouve en fait dans la forêt comme parasite des plantes: *Armillaria cepistipes*. Son incroyable métabolisme lie les métaux lourds, fait briller le bois dans le noir et produit de la mélanine. Et à grande échelle. «Nous avons

sélectionné une lignée prometteuse du champignon *Armillaria*, qui, grâce à notre technologie, produit désormais environ 1000 fois plus de mélanine que les autres micro-organismes avec lesquels on a déjà tenté de produire des pigments», explique Francis Schwarze. L'astuce: la souche fongique sélectionnée vit dans un liquide nutritif et libère la mélanine dans l'environnement.

«Nous avons ainsi rendu possible une production durable, qui ne nécessite plus les longues étapes d'extraction comme les processus microbiologiques antérieurs», explique le chercheur de l'Empa. Au bout de trois mois, 1 litre de culture *Armillaria* avait déjà produit environ 20 grammes de mélanine.

La production facilitée et durable de la mélanine permet maintenant aux chercheurs de l'Empa de faire avancer

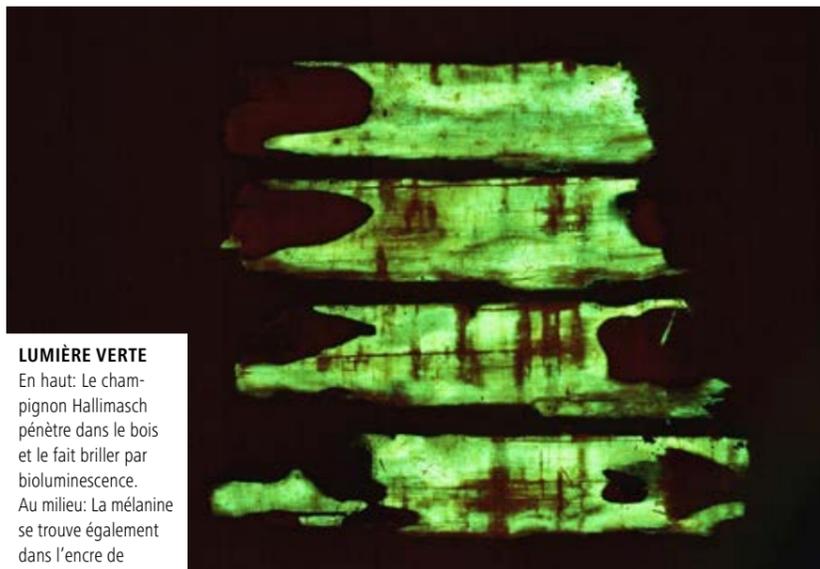
## UN PIGMENT CONTRE LE STRESS ENVIRONNEMENTAL

La «mélanine» est un terme générique qui désigne un grand groupe de substances colorantes. Le pigment mélanine donne sa couleur à nos cheveux, nos yeux et notre peau. On le trouve dans les plumes d'oiseaux, la laine de mouton et dans l'encre des calmars. De plus, les plantes, les champignons et même les bactéries possèdent la substance miracle. Sa tâche: protéger l'organisme contre les stress environnementaux. L'assombrissement de la peau lors de l'exposition au soleil en est un exemple. Les champignons, en revanche, ont une capacité encore plus étonnante: grâce à la mélanine, ils peuvent même utiliser la radioactivité pour générer de l'énergie dans leur propre métabolisme.

des projets de développement de matériaux innovants. Il s'agit, par exemple, d'un système de purification de l'eau: comme la mélanine est capable de fixer les métaux lourds, elle peut être utilisée pour développer de nouveaux types de filtres à eau. «Nous avons intégré la mélanine organique dans des polymères artificiels comme le polyuréthane», explique Anh Tran-Ly, chercheuse à l'Empa. Au moyen de l'électrofilage, le mélange de polymères a été filé en fibres très fines pour former des membranes. L'équipe de l'Empa a découvert que les membranes composites à base de mélanine permettent d'éliminer jusqu'à 94% du plomb des eaux polluées.

## NOIR COMME L'ÉBÈNE

Dans la nature, les champignons utilisent la pigmentation de la mélanine pour se protéger des organismes concurrents qui envahissent l'environnement. Grâce à une nouvelle technologie, la substance colorante peut désormais être utilisée pour protéger des communautés beaucoup plus importantes de l'influence humaine: la mélanine peut être



**LUMIÈRE VERTE**

En haut: Le champignon Hallimasch pénètre dans le bois et le fait briller par bioluminescence. Au milieu: La mélanine se trouve également dans l'encre de calmar.

En bas: un réseau de champignons Hallimasch est protégé par la mélanine et peut s'étendre sur plusieurs kilomètres carrés.



utilisée pour protéger les forêts tropicales où pousse le précieux ébène. Le bois d'ébène tropical est également considéré comme particulièrement précieux en raison de sa couleur foncée unique. Un processus durable, qui transforme le bois d'épicéa indigène ordinaire en un produit visuellement aussi attrayant, permet aux forêts tropicales vulnérables de trouver un peu de soulagement. «Lorsque le bois d'épicéa est placé dans une suspension de mélanine, on peut obtenir un bois sombre et profond dont la couleur est comparable à celle de l'ébène», explique Tine Kalac, chercheur à l'Empa. Pour que la pigmentation noire pénètre mieux dans le bois, les chercheurs ont utilisé une autre astuce de leur champignonnière: *Physisporinus vitreus*, qui provoque la pourriture blanche, est également un parasite du bois. Elle pousse comme une éponge sur les arbres et décompose la lignine qui les soutient dans le bois. Grâce à un procédé spécialement développé à l'Empa, le bois est traité avec le champignon de la pourriture blanche juste assez longtemps pour que la suspension de mélanine pénètre profondément dans les structures du bois, mais que le bois reste stable.

**SERPENTINO – LE PETIT SERPENT PARMIS LES INSTRUMENTS**

Comme le champignon *Armillaria* utilise la mélanine comme arme contre ses congénères, il semble évident d'utiliser cette propriété pour protéger le bois contre les champignons nuisibles. Afin de développer un produit de protection du bois à base de mélanine, les chercheurs de l'Empa participent à un projet de recherche interdisciplinaire récemment lancé et soutenu par Innosuisse, l'agence suisse pour la promotion de l'innovation. Ils veulent reconstruire un instrument à vent historique, le Serpentino (petit serpent en français).

Outre la Haute école spécialisée du Nord-Ouest de la Suisse et le Musée historique de Bâle, le partenaire du projet est la société S Berger Serpents aux Bois (JU), qui est responsable de la mise en œuvre pratique du projet de recherche. Le fondateur de la société, Stephan Berger, est enthousiaste quant à la renaissance de cet instrument rare: «Le Serpentino a été utilisé il y a plus de 400 ans et a été le parrain d'instruments modernes tels que le saxophone et le tuba», explique-t-il. Bien que la maîtrise de l'instrument soit un défi ludique pour les musiciens, le son est incomparable, s'enthousiasme Berger. «Le Serpentino produit des sons riches en harmoniques et très touchants.» À l'origine, l'instrument à vent était utilisé dans les églises pour soutenir le chant, car il couvre les registres de son de la voix humaine et peut donc «soutenir» un chœur, explique le luthier passionné.

Bien qu'aujourd'hui, une tendance à la pratique de performances historiquement informées signifie que le Serpentino est très demandé, Stephan Berger n'est pas en mesure de fournir des instruments à ses clients: les instruments originaux particulièrement courbés

sont devenus rares. Car à l'intérieur du serpent des noix, non seulement un son incomparable est créé, mais une guerre fait rage: la condensation de l'air exhalé par les musiciens crée un microclimat humide qui offre d'excellentes conditions pour la croissance de toutes sortes de parasites. Ainsi, des microbes et des champignons décomposent les instruments séculaires et détruisent progressivement les derniers spécimens originaux.

Les fidèles répliques serpentines du projet de recherche doivent être durablement protégées de ces dommages. C'est là qu'intervient la mélanine des chercheurs de l'Empa: «Si nous pouvons utiliser une imprégnation de protection du bois à base de mélanine, nous pouvons sauver de la pourriture les serpentins nouvellement construits», dit Stephan Berger. D'autres instruments à vent en bois construits aujourd'hui avec des bois locaux moins résistants pourraient également bénéficier d'un tel revêtement protecteur. La collaboration avec l'équipe de l'Empa pour la construction d'instruments est donc passionnante à plus d'un titre. ■

Plus d'informations ici: [www.empa.ch/web/s302](http://www.empa.ch/web/s302)

**CHAMPIGNON GÉANT**

*Armillaria* est une des créatures les plus étonnantes sur terre. Il peut pousser sur le sol de la forêt en forme de champignon classique, seulement décoré d'une bande décorative autour du style, comme un bracelet, ce qui lui donne le nom latin *Armillaria*.

Beaucoup plus impressionnant, cependant, est son filet de fils noirs, qu'il tire sur le bois et le sol. Les fils de champignons se réunissent pour former d'épais faisceaux de plusieurs mètres de long, entourés d'une couche protectrice noire contenant de la mélanine, et recherchent de nouveaux habitats

et sources de nourriture. Ces rhizomorphes peuvent également pénétrer les racines des arbres en tant que parasites, monter sur le tronc et décomposer leur hôte de l'intérieur. Avec une superficie de plusieurs kilomètres carrés, la plus grande créature vivante du monde, un filet à *Armillaria* vieux de 2400 ans, se développe dans l'État américain de l'Oregon. En Suisse, le plus grand champignon d'Europe se trouve à nouveau au col d'Ofen. Cet *Armillaria* couvre une superficie de 50 terrains de football. Il doit son âge d'environ 1000 ans au pigment mélanine, qui protège les fils fongiques noirs des dommages causés par l'environnement.



**AUSSI NOIR QUE L'ÉBÈNE**

Tine Kalac, chercheur à l'Empa, met en valeur le bois d'épicéa ordinaire avec de la mélanine.



**STEPHAN BERGER**

Le Serpentino: une forme particulière avec un son touchant.

Photos: Empa, unsplash

Photos: Empa, Xavier Voirol

# L'ÉCO-ÉNERGIE SANS LIMITES?

Même une économie circulaire durable ne fonctionne pas sans énergie. Les panneaux solaires et les parcs éoliens, les centrales marémotrices et géothermiques: tous transforment l'énergie des flux d'énergie qui étaient restés inexploités depuis des temps immémoriaux. La question est donc la suivante: quelle proportion de ces flux énergétiques l'humanité peut-elle utiliser à ses propres fins sans endommager le système énergétique de la Terre? Les chercheurs de l'Empa ont mis au point une méthode pour l'estimer.

Texte: Harald Desing

La Terre a ses limites, car nous sommes de plus en plus conscients de la crise climatique, de l'extinction croissante des espèces et de la pollution des océans (et même de l'espace) en raison de l'activité humaine. Comme réponse possible à cela, les gouvernements et les institutions du monde entier propagent le concept d'économie circulaire. En fermant les cycles des matières, il faut éviter les impacts environnementaux liés à l'extraction des matières premières et résoudre le problème des déchets. En termes de société durable, cependant, cette approche ne suffit pas à elle seule, car elle laisse ouverte la question de savoir en quelle quantité et à quelle vitesse les matériaux sont recyclés et quelle énergie est utilisée pour faire fonctionner ces cycles. Car dans une société véritablement durable, non seulement les flux de matières mais aussi les flux d'énergie doivent rester dans les limites fixées par notre planète.

## L'ÉNERGIE POUR «FAIRE TOURNER» LA TERRE

Une question centrale se pose donc: y a-t-il suffisamment d'énergie renouvelable disponible au niveau mondial pour façonner durablement les flux de matières dans notre société sans «faire sauter» les frontières planétaires? Cette question est étudiée par une équipe de l'Empa dirigée par Harald Desing du département «Technologie et société». Si l'on considère la planète Terre comme un système, elle ne fait qu'échanger de l'énergie avec son environnement. La majeure partie de l'énergie apportée dans le système est de loin le rayonnement solaire, complétée par de petites quantités d'énergie cinétique planétaire et d'énergie géothermique. Ces flux d'énergie ont toujours été entièrement utilisés par la Terre elle-même. Les activités de ses nombreux sous-systèmes, tels que les océans, l'atmosphère et les forêts, ainsi que les calottes glaciaires réfléchissantes, ont pour ainsi dire été maintenus. La plupart de ces sous-systèmes convertissent l'énergie entrante en d'autres flux d'énergie renouvelable, par exemple des flux de vent et d'eau ou la production de biomasse. Dans ce processus, l'énergie libre, appelée exergie, est extraite des flux d'énergie entrants. Quelle que soit la façon dont elle est utilisée, que ce soit dans le système naturel de la Terre ou dans la technosphère créée par les humains, toute l'énergie est finalement renvoyée dans l'espace.



Photo: NASA

## LES PARCS SOLAIRES MODIFIENT ÉGALEMENT LE CLIMAT

Comme l'humanité détourne une portions des flux d'énergie renouvelable de plus en plus grande vers ses activités, les portions disponibles pour le système terrestre sont réduites. Le système terrestre peut compenser ces perturbations dans une certaine mesure. Toutefois, s'ils sont trop importants, le risque de dépasser les «points de basculement» augmente. Cela entraînerait des changements rapides et irréversibles dans le système terrestre, comme la fonte des calottes glaciaires polaires, qui à son tour accélérerait le changement climatique. Afin de ne pas dépasser ces points de basculement, la taille de la surface terrestre utilisée ne doit pas dépasser la limite de charge planétaire. Cependant, la manière dont la terre est utilisée est également cruciale: Les centrales solaires remplaçant les forêts, par exemple, perturbent la biodiversité, l'évaporation et donc le cycle de l'eau, la réémission de la chaleur dans l'espace et bien plus encore. Les mêmes limites supérieures qui s'appliquent à l'utilisation du soleil s'appliquent également à la récolte de l'énergie dite chimique – c'est-à-dire à l'agriculture et à la sylviculture, qui produisent des aliments pour animaux et des denrées alimentaires, du matériel de chauffage, des combustibles et des matériaux de construction. La production d'énergie technique est en concurrence avec la production alimentaire dans de nombreux domaines.

## L'ÉNERGIE ÉLECTRIQUE COMME «MONNAIE UNIVERSELLE»

Afin de pouvoir comparer ou additionner les différents potentiels d'énergies renouvelables, les chercheurs de l'Empa les ont convertis en équivalents d'énergie électrique. À cette fin, les calculs utilisent les rendements des technologies actuellement disponibles dans les centrales électriques. Que l'électricité soit produite à partir de l'énergie solaire, du bois ou de l'hydroélectricité, cela fait une différence. Ces pertes de conversion réduisent encore une fois considérablement la récolte possible de certains potentiels. Le résultat de l'étude est surprenant: 99,96% de l'énergie arrivant sur Terre depuis l'espace est nécessaire pour alimenter le système terrestre et la production alimentaire, donc seulement 0,04% peut être utilisé techniquement. Néanmoins, ce potentiel est encore environ dix fois supérieur à la demande énergétique mondiale actuelle. Le résultat de l'étude des pertes de conversion n'est pas surprenant: nous de-

## IL FERA CHAUD

La NASA utilise cette image pour illustrer les émissions mondiales de méthane. Le méthane est le deuxième gaz à effet de serre le plus important, après le CO<sub>2</sub>.

«L'énergie éolienne, l'énergie hydroélectrique et la production de biomasse sont toutes alimentées par le soleil – mais il y a des pertes dans le processus de transformation d'énergie. Il est préférable de récolter l'énergie directement avec le photovoltaïque.»

vrions préférer récolter et utiliser l'énergie disponible au moyen de cellules solaires. Après tout, presque toutes les ressources énergétiques renouvelables – y compris l'énergie éolienne, l'énergie hydraulique et la production de biomasse – sont en fin de compte alimentées par le soleil. L'utilisation directe de l'énergie solaire signifie moins d'étapes de conversion et donc moins de pertes.

### LE PHOTOVOLTAÏQUE SUR TOUTES LES SURFACES VIDES

Une grande partie de l'énergie solaire pourrait être récoltée dans une petite partie des zones désertiques de la planète, mais cela est techniquement et logistiquement complexe. L'équipe de recherche du département «Technologie et société» considère donc l'énergie solaire récoltée sur les zones désertiques comme une réserve énergétique mondiale au cas où toutes les autres possibilités de récolte seraient épuisées. En conséquence, nous devrions commencer à utiliser toutes les surfaces déjà condamnées dans le monde entier, par exemple les toits et les façades des

bâtiments, mais aussi les routes, les chemins de fer et les parkings. Cette surface serait suffisante pour alimenter une société mondiale de 2000 watts.

### LES RÉGIONS DÉSERTIQUES COMME RÉSERVE

Toutefois, si la demande mondiale d'énergie devait être portée au niveau de la demande suisse actuelle par habitant, il faudrait également utiliser les zones désertiques. Tous les autres potentiels énergétiques (par exemple, l'énergie éolienne ou la biomasse) sont des ordres de grandeur inférieurs à l'utilisation directe de l'énergie solaire – et ils sont déjà en partie surutilisés. Néanmoins, ils peuvent jouer un rôle important au niveau local, notamment parce qu'ils peuvent réduire le besoin de capacités de stockage – un problème qui n'a pas été pris en compte dans cette étude. Suffit-il donc de construire des masses de centrales solaires pour résoudre le problème de l'énergie? Bien sûr, ce n'est pas aussi simple. Dans son étude, l'équipe de l'Empa ne s'est penchée que sur la première étape, à savoir le calcul

du potentiel énergétique disponible. La quantité réelle d'énergie disponible sera plus faible: les facteurs limitants sont, par exemple, la disponibilité des matières premières, mais aussi des capitaux financiers et de la main-d'œuvre, les impacts environnementaux de l'extraction des matières premières ou de la production, de l'exploitation et de l'élimination des installations, et la nécessité d'infrastructures supplémentaires pour la distribution et le stockage de l'énergie. L'équipe de recherche étudie actuellement la question de savoir à quoi pourrait ressembler un tel passage d'une société basée sur l'énergie fossile à une société basée sur l'énergie solaire. Le système d'énergie solaire doit non seulement être suffisamment important pour répondre à la demande mondiale, mais il doit également être capable de remplacer le système de combustible fossile assez rapidement pour éviter à temps la catastrophe climatique. ■

Plus d'informations ici: [www.empa.ch/web/s506](http://www.empa.ch/web/s506)

### L'EMPA MONTRE LA VOIE

Récolter l'énergie solaire sur tous les toits et toutes les façades – c'est possible. L'unité NEST Solace n'a pas de toit. Elle ne récolte l'électricité et la chaleur qu'à travers sa façade turquoise.



Photos: Roman Keller, iStockphoto

# L'ÉLECTRICITÉ DU PARQUET

Des chercheurs de l'Empa et de l'ETH Zurich ont rendu le bois souple et l'ont transformé en microgénérateur. Lorsqu'elle est sollicitée, une tension électrique est générée. Ainsi, le bois peut servir de biocapteur – ou générer de l'énergie utilisable.

Texte: Stefanie Zeller



**PLEINE ÉNERGIE**  
Le bois modifié peut produire de l'électricité en se déformant. Un tango est-il suffisant pour une lumière tamisée?

Le groupe de recherche dirigé par Ingo Burgert a souvent prouvé que le bois peut être utilisé comme bien plus qu'un simple matériau de construction. Ses travaux de recherche portent généralement sur l'extension des propriétés existantes du bois afin qu'il puisse être utilisé dans des domaines d'application totalement nouveaux. Par exemple, un bois à haute résistance, hydrofuge et magnétisable a déjà été mis au point. Dans un document de recherche récemment publié, son équipe, en collaboration avec le groupe de recherche de Francis Schwarze, montre maintenant comment on peut

produire de l'électricité à partir d'un type d'éponge en bois en utilisant un procédé simple. C'est là que l'effet dit piézoélectrique entre en jeu.

### LA CONTRAINTE DUE À LA DÉFORMATION

La piézoélectricité signifie qu'une tension électrique est créée par la déformation élastique des solides. Ce phénomène est principalement exploité par la métrologie, qui utilise des capteurs qui génèrent un signal de charge, par exemple lorsqu'ils sont soumis à une contrainte mécanique. Cependant, ces capteurs utilisent souvent des matériaux qui ne conviennent pas à l'utilisation dans le domaine biomédical, comme

le zirconate-titanate de plomb (PZT), qui ne convient pas à l'utilisation sur la peau en raison du plomb. Cela rend également plus difficile l'élimination écologique des matériaux comme le PZT. Pouvoir utiliser l'effet piézoélectrique naturel du bois offre donc certains avantages. Si l'on y réfléchit bien, cet effet pourrait également être utilisé pour la production d'énergie durable. Mais avant tout, il faut donner au bois les propriétés appropriées. En effet, le bois n'est pas assez flexible sans traitement spécial; lorsqu'il est soumis à une contrainte mécanique, il ne crée donc qu'une très faible tension électrique dans le processus de déformation.

### DU BLOC À L'ÉPONGE

Jianguo Sun, doctorant dans l'équipe d'Ingo Burgert, a appliqué un processus qui constitue la base de divers développements ultérieurs du bois: la délignification. Les parois cellulaires du bois sont constituées de trois substances de base: lignine, hémicelluloses et cellulose. «La lignine est ce dont un arbre a besoin en premier lieu pour pouvoir pousser en hauteur. Cela ne serait pas possible sans la lignine, une substance stabilisante qui relie les cellules et empêche les fibrilles rigides de la cellulose de se déformer», explique Ingo Burgert. Afin de transformer le bois en un matériau facilement déformable, la lignine doit être au moins partiellement «extraite». Pour ce faire, on place le bois dans un mélange de peroxyde d'hydrogène et d'acide acétique. La lignine est dissoute dans ce bain d'acide, laissant une structure de couches de cellulose. Dans ce processus, l'équipe de Ingo Burgert a voulu travailler avec des procédés relativement simples et respectueux de

l'environnement: «Nous tirons parti de la structure hiérarchique du bois sans le dissoudre au préalable, comme c'est le cas dans la production de papier, et sans avoir ensuite à réintégrer les fibres». L'éponge de bois blanc qui en résulte est constituée de fines couches de cellulose super-posées qui peuvent être facilement pressées ensemble et ensuite s'étendre à nouveau pour retrouver leur forme originale – le bois est devenu pratiquement élastiquement déformable.

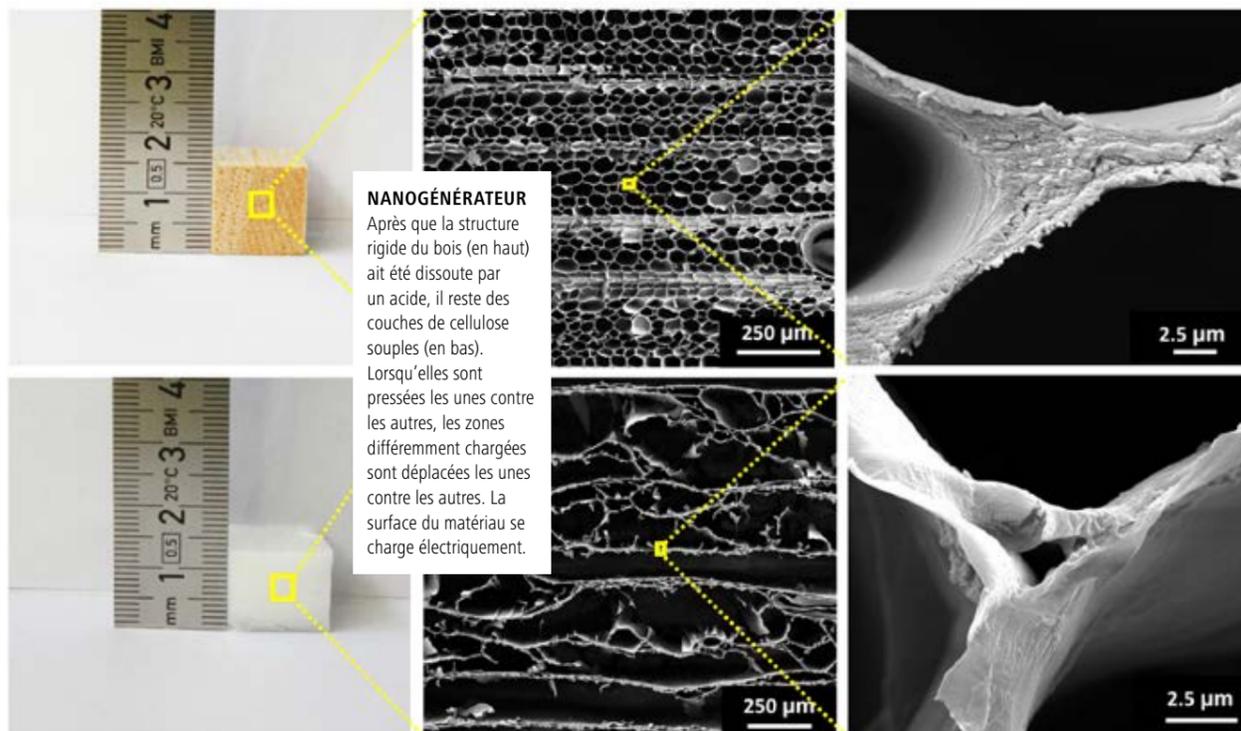
### L'ÉLECTRICITÉ DU PLANCHER EN BOIS

Le groupe de recherche a soumis le cube d'essai avec un côté long d'environ 1,5 cm à environ 600 cycles de charge. Le matériau a fait preuve d'une stabilité étonnante. À chaque charge, les chercheurs ont mesuré une tension d'environ 0,63 V – une tension qui serait utile pour une application en tant que capteur. Dans le cadre d'autres expériences, l'équipe a tenté de sonder l'éventuelle extensibilité de ce nano-générateur. Ils ont pu montrer, par

exemple, que 30 de ces blocs de bois, lorsqu'ils sont chargés parallèlement au poids d'un adulte, peuvent éclairer même un simple écran LCD. Il serait donc concevable d'avoir un parquet qui convertit l'énergie de la marche en électricité. Les chercheurs ont testé son aptitude en tant que capteur sensible à la pression sur la peau humaine et ont prouvé qu'il pouvait également être utilisé dans le domaine médical.

Cependant, il reste encore beaucoup de chemin à parcourir avant que le bois «piézo» puisse être utilisé comme capteur ou même comme parquet générateur d'électricité. Mais les avantages d'un tel système piézo-électrique simple mais renouvelable et biodégradable sont évidents – et sont actuellement étudiés par Ingo Burgert et ses collègues dans le cadre d'autres projets de recherche. ■

Plus d'informations ici: [www.empa.ch/web/s302](http://www.empa.ch/web/s302)



**TEST DRIVE**  
La Lexus équipée d'un radar et d'un laser fait sa ronde sur le campus de l'Empa. Dejan Milojevic (à gauche) et Miriam Elser conçoivent les tests de conduite.

# TEST OCULAIRE POUR LES VOITURES AUTONOMES

Les voitures qui naviguent de manière autonome de A à B devraient être banalisées dans quelques années. Mais la route vers l'homologation est encore longue. Un aspect important: comment pouvons-nous dire si une voiture à moteur est devenue «aveugle» avec l'âge, c'est-à-dire si les capteurs doivent être remplacés? Une chercheuse de l'Empa et son équipe cherchent une solution.

Texte: Rainer Klose

Photo: Empa

Photo: Empa

La Lexus RX-450h, longue de 5 mètres, mène une vie plutôt paisible à l'Empa. Elle n'est pas autorisée à faire de longs trajets. Au lieu de cela, le SUV fait consciencieusement sa ronde sur une piste spéciale de 180 mètres de long dans une cour séparée du campus de l'Empa. Le paysage n'est pas particulièrement spectaculaire: la caméra Mobileye derrière le pare-brise voit des marques de voie fraîchement peintes sur du béton décrépit; le lidar Velodyne balaie la façade de la fenêtre du même bâtiment de laboratoire à chaque tour; et le radar Delphi derrière la calandre de la Lexus mesure régulièrement la distance qui le sépare des cinq poubelles en fer blanc installées à gauche et à droite du parcours.

#### AU MÊME MOMENT, EN CALIFORNIE...

À des milliers de kilomètres à l'ouest, sur la côte Pacifique des États-Unis, les choses semblent un peu plus dramatiques. «Wow, je ne pensais pas que la voiture pouvait faire ça», dit Sam Altman. Il est le directeur général d'OpenAI, une société d'intelligence artificielle dans laquelle Elon Musk et Microsoft sont impliqués. Altman regarde une vidéo avec Kyle Vogt. Kyle Vogt est directeur technique et cofondateur de Cruise LLC, qui fait maintenant partie de General Motors. La vidéo est également disponible sur YouTube et montre comment un véhicule d'essai de Cruise traverse San Francisco pendant 75 minutes et maîtrise toutes les situations de conduite en ville avec très peu d'intervention des programmeurs. Il dépasse les camions à ordures immobiles même lorsque le trafic en sens inverse est déjà en vue, et peut tourner à gauche de manière indépendante aux petits carrefours même lorsque les piétons veulent traverser la voie en même temps.

La communauté des fans de Tesla a également publié des vidéos eupho-

riques à la fin du mois d'octobre 2020. Certains bêta-testeurs du logiciel de Tesla ont reçu une version prélivrée qui permet à la voiture de naviguer de manière autonome dans les zones résidentielles. Un youtubeur nommé TeslaRaj ponctue sa vidéo enthousiaste de musique de violon et montre comment sa voiture s'arrête aux feux rouges, respecte strictement les limites de vitesse et manœuvre de manière autonome autour des voitures garées.

#### UN NOUVEAU TERRAIN POUR L'EMPA

Si les Californiens sont déjà si avancés, quel sens cela a-t-il de se promener dans une arrière-cour de Dübendorf? Miriam Elser peut vous l'expliquer. Elle travaille dans le laboratoire des systèmes de propulsion des véhicules de l'Empa et est responsable du projet Lexus. Avec ce projet, l'Empa innove: jusqu'à présent, elle travaillait sur les groupes motopulseurs, les carburants renouvelables et l'épuration des gaz d'échappement

«Nous étudions comment ces capteurs fonctionnent dans la neige et la pluie, quelles données ils collectent et quelles erreurs ils font.»

ainsi que sur l'exploitation des véhicules. Maintenant, pour la première fois, elle s'intéresse aux voitures qui se conduisent de manière autonome. «Nous étudions comment ces capteurs fonctionnent dans différentes conditions environnementales, quelles données ils collectent et quand ils font des erreurs ou même échouent», explique la chercheuse. «Tout conducteur humain doit passer un examen de la vue avant de pouvoir obtenir un permis de conduire. Les conducteurs

professionnels doivent répéter ce test régulièrement. Nous voulons développer un test visuel pour les véhicules autonomes afin qu'ils soient fiables même lorsqu'ils ont plusieurs années et des milliers de kilomètres au compteur.» Le sujet a été traité jusqu'à présent de manière assez magistrale: parmi plus de 1000 documents de recherche publics sur la conduite autonome publiés au cours des cinq dernières années, seule une vingtaine traite de la qualité des données des capteurs. Le traitement des données se fait littéralement dans une «boîte noire». Le savoir-faire vaut beaucoup d'argent et est soigneusement gardé par Google, Apple, Tesla, Cruise LLC et les autres grands constructeurs qui font des recherches sur les véhicules autonomes. Ils ne baissent pas leur garde.

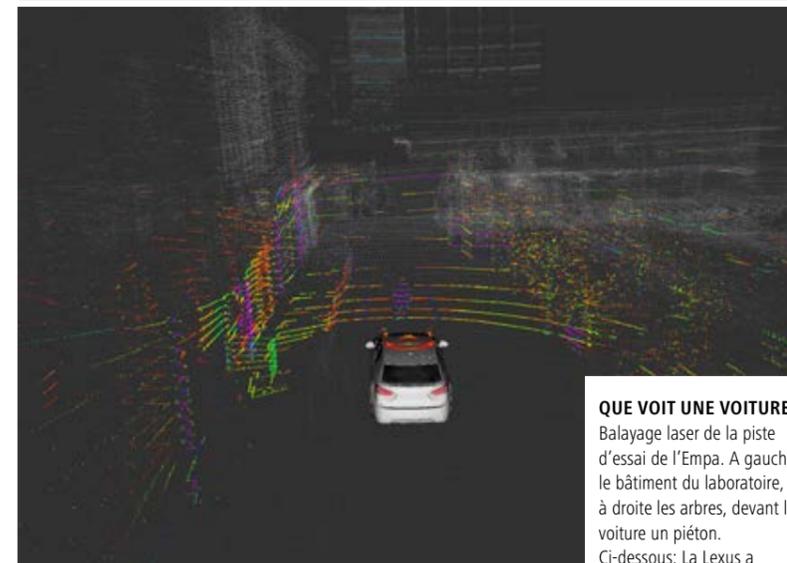
#### L'AIGUILLE DANS LA BOTTE DE FOIN

La qualité des capteurs joue un rôle important dans l'homologation éventuelle des voitures à conduite autonome pour les transports publics. La sécurité de fonctionnement de ces voitures relève de la compétence de l'Office fédéral des routes (OFROU), qui soutient financièrement les travaux de recherche. L'OFROU veut pouvoir évaluer la fonctionnalité des systèmes autonomes à intervalles réguliers – et indépendamment des fabricants. Les experts de l'autorité veulent également permettre de mener une sorte d'«audition de témoins» si une voiture à conduite autonome a été impliquée dans un accident. Le problème ici est que les capteurs collectent d'énormes quantités de données par seconde. L'analyse de ce flot de données brutes serait déraisonnable pour les enquêteurs sur les accidents. La loi devra donc, à un moment donné, préciser quelles données doivent être stockées dans la voiture et rendues accessibles pour les enquêtes.

De plus, l'OFROU se prépare à approuver des essais sur le terrain avec des véhi-

#### PROFIL TECHNIQUE DU VÉHICULE D'ESSAI LEXUS RX-450H

- Groupe motopropulseur hybride
- Moteur à essence V6 de 3,5 litres 183 kW/249 ch
- Deux moteurs électriques de 123 kW et 50 kW
- Accélération (0–100 km/h): 7,8 s
- Vitesse maximale: 200 km/h
- Kit de conversion en véhicule autonome de autonomoustuff.com  
L'accélérateur, le frein, la direction, la boîte de vitesses, le klaxon, les clignotants et les feux de route peuvent être commandés à distance
- Kit de démarrage pour véhicule autotracteur de autonomoustuff.com
- Ordinateur de pilotage «AStuff Nebula», lidar Velodyne, caméra Mobileye, Radar Delphi Aptiv ESR et système d'exploitation du robot (ROS).



#### QUE VOIT UNE VOITURE?

Balayage laser de la piste d'essai de l'Empa. À gauche le bâtiment du laboratoire, à droite les arbres, devant la voiture un piéton.

Ci-dessous: La Lexus a été transformée par une entreprise spécialisée et peut également être contrôlée depuis le siège arrière avec une manette de jeu. Les écrans montrent la vision du véhicule.



Photos: Empa

cules à conduite autonome sur la voie publique. Mais comment juger quand cela devient dangereux? Où les capteurs échouent-ils et où commettent-ils des erreurs si graves que le test doit être interrompu ou modifié? Même pour le suivi de ces essais sur le terrain, il est nécessaire de pouvoir évaluer rapidement et précisément la «vue et le jugement» de la conduite autonome des voitures.

Le projet fait partie d'une initiative de numérisation du Centre suisse de compétence pour la recherche énergétique dans le domaine de la mobilité (CSRE Mobilité), cofinancée par Innosuisse, l'Office fédéral des routes (OFROU) et des partenaires commerciaux. Tandis que l'Empa étudie les capteurs disponibles dans le commerce et utilisés dans la pratique, l'Institut fédéral de métrologie (METAS) analyse les mêmes capteurs en laboratoire. La prochaine génération de capteurs pour véhicules fait également déjà l'objet de recherches. Cette partie du projet est réalisée par l'Institut des systèmes dynamiques et de la technique de commande de l'ETH Zurich.

#### LA PRÉVENTION DES ACCIDENTS

Il ne reste pas beaucoup de temps pour développer des méthodes d'évaluation de base pour les voitures à conduite autonome. La concurrence autour des voitures particulières est énorme, et l'industrie automobile pourrait bientôt équiper ses véhicules à cette fin. La question de savoir si les voitures qui se conduisent seules peuvent éviter les accidents et la circulation fait l'objet de nombreuses recherches. De bons cadres réglementaires sont essentiels. Mais la tendance des logiciels automobiles à soutenir de plus en plus la conduite est irréversible. ■

Plus d'informations ici: [www.empa.ch/web/s504](http://www.empa.ch/web/s504)  
YouTube-Video: <https://youtu.be/SHwQyKMxHpY>

# REVÊTEMENT ROUTIER AVEC MOTIF TRICOTÉ

Les scientifiques de l'Empa étudient comment des moyens simples peuvent être utilisés pour renforcer les revêtements routiers et les recycler après usage. Leurs outils sont un robot et quelques mètres de ficelle.

Texte: Stefanie Zeller



## CONNECTÉ

Le «Rock Print Pavillon» à Winterthur a montré comment on peut créer une construction stable faite de pierres détachées et de ficelle. Tout a été créé par la «main» d'un robot.

Un bras de robot pose une corde en forme de mandala sur un lit de gravier. Ce qui semble être une performance d'art contemporain est une recherche fondamentale qui explore de nouvelles façons de construire des routes. D'une part, on teste des techniques de construction robotisée pour la construction de routes qui, jusqu'à présent, n'ont été utilisées que pour la construction de bâtiments. D'autre part, un nouveau type de renforcement mécanique est destiné à modifier la structure typique du revêtement routier et à contribuer ainsi à économiser des ressources précieuses à l'avenir ou même à recycler complètement les revêtements routiers.

## IDÉE DE RECHERCHE ISSUE

L'idée est née d'un projet de Gramazio Kohler Research Lab de l'EPF Zurich. Ici, le projet a en fait été présenté comme un projet d'art et de recherche. Les structures empilées uniquement à partir de ficelle liante et de ballast ont prouvé à l'époque qu'une stabilité énorme ne peut être obtenue qu'en emboîtant et en étayant le ballast avec un fil tressé – et cela complètement sans ciment! Des tests en laboratoire ont montré que des stèles de ballast d'une hauteur de 80 cm et d'un diamètre de 33 cm pouvaient résister à une pression de 200 kN, ce qui correspond à une charge de 20 tonnes.

L'asphalte est également constitué de roches de différentes tailles et du bitume liant. C'est ainsi que les chercheurs de l'Empa Martin Arraigada et Saeed Abbasion du département «Béton et Asphalte» ont transposé ce concept à la construction routière: «Nous voulons savoir comment on pourrait produire à l'avenir un revêtement recyclable», explique Martin Arraigada. Un revêtement routier renforcé par des cordes et sans bitume promet de nombreux avantages. Le bitume est

extrait du pétrole brut, et des polluants atmosphériques sont libérés pendant la production et aussi plus tard pendant l'utilisation. Le bitume rend également l'asphalte susceptible de se fissurer et de se déformer et, en plus, il est imperméable à l'eau de pluie – ceci pourrait également être surmonté dans le futur. Pour les chercheurs, il est également envisageable d'utiliser des roches qui, autrement, ne conviennent pas à la construction de routes, mais qui sont moins rares.

## UNE FICELLE ET DU GRAVIER MEUBLE

Les deux chercheurs de l'Empa utilisent différentes méthodes pour tester des solutions pour les aspects mentionnés ci-dessus. Le bras du robot joue un rôle décisif. Il place la ficelle liante selon un motif programmé spécifique sur les couches de gravier empilées les unes sur les autres. Pour les essais mécaniques, cinq de ces couches de ballast et de motifs de fil sont placées les unes sur les autres dans une boîte d'essai, le fond de la boîte étant recouvert d'un tapis en caoutchouc qui fixe l'ensemble au sol. Il simule le lit déformable sur lequel est appliquée la surface de la route. Le fait que la ficelle soit exactement la même que celle utilisée par chaque citoyen suisse pour ficeler le papier montre que les chercheurs de l'Empa innovent ici sur un terrain complètement nouveau (et rentable).

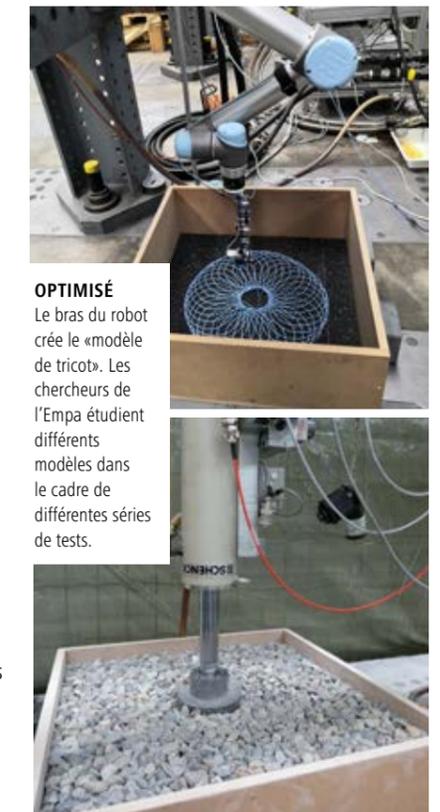
## MODÉLISATION NUMÉRIQUE

Une masse composée de fil de liage de ballast est ensuite chargée avec une plaque rotative et avec de la pression. Ce test de charge le montre: En enchevêtrant les pierres individuelles avec le fil, le paquet peut supporter une pression de 5 kN – une demi-tonne – sans que les pierres ne bougent beaucoup. Normalement, c'est le bitume liant qui prend en charge cette tâche dans l'asphalte.

Parallèlement à leurs tests en laboratoire, les chercheurs modélisent tout en 3D sur ordinateur à l'aide de la «méthode des éléments discrets» (DEM). Cela devrait révéler le déplacement des pierres individuelles et les forces de traction agissant sur le fil – ce qui ne peut être étudié en laboratoire. En outre, les différents motifs et largeurs de mailles et leurs effets sur la stabilité de la chaussée seront également examinés plus en détail.

Les recherches de Martin Arraigada et Saeed Abbasion n'ont pas encore abouti à un produit qui pourrait être utilisé dans la construction de routes. Toutefois, leur travail fondamental offre un grand potentiel d'innovation pour nous rapprocher d'un revêtement routier qui peut être recyclé et peut-être déroulé par des moyens simples. ■

Plus d'informations ici: [www.empa.ch/web/s308](http://www.empa.ch/web/s308)



## OPTIMISÉ

Le bras du robot crée le «modèle de tricot». Les chercheurs de l'Empa étudient différents modèles dans le cadre de différentes séries de tests.

# UN COMBUSTIBLE SOLAIRE POUR ATTEINDRE L'OBJECTIF CLIMATIQUE

Produits de manière durable, les carburants de synthèse contribuent à faire basculer la mobilité vers les énergies renouvelables et à atteindre les objectifs climatiques pour le transport routier. Avec le démonstrateur de mobilité «move», les chercheurs de l'Empa étudient la production de méthane synthétique d'un point de vue énergétique, technologique et économique – un projet au potentiel mondial.

Texte: Stephan Kälin



## TRANSPORT ÉCOLOGIQUE

D'ici 2030, le détaillant Lidl Switzerland passera du gaz naturel fossile au gaz renouvelable liquéfié pour alimenter ses camions.

Les analyses de la mobilité le montrent: seule une petite proportion de tous les véhicules est responsable de la majorité des kilomètres parcourus. Il s'agit principalement des poids lourds, des conducteurs fréquents et des transports longue-distance qui transportent leurs marchandises dans toute l'Europe. Si ces nombreux kilomètres continuent à être parcourus avec de l'énergie fossile, il ne sera guère possible de réduire suffisamment les émissions de CO<sub>2</sub> dans

le secteur du trafic routier. Les carburants synthétiques issus de l'excédent d'électricité renouvelable contribuent de manière significative à une solution pour ces conducteurs fréquents.

Avec l'électromobilité, la mobilité à l'hydrogène et les carburants de synthèse, trois voies technologiques pour réduire le CO<sub>2</sub> dans les transports routiers sont étudiées dans le démonstrateur de mobilité «move» de l'Empa. «Tous ces concepts présentent des avantages et

des inconvénients sur le plan énergétique, opérationnel et économique», explique Christian Bach, chef du laboratoire «Automotive Powertrain Technologies» de l'Empa. «Avec les partenaires de «move», nous développons des connaissances pratiques sur ce sujet.»

Le dernier projet en date tourne autour de la production de méthane synthétique à partir d'hydrogène et de CO<sub>2</sub> – un processus qu'on appelle la méthanisation. Ces carburants produits artificiellement à

partir d'énergies renouvelables – appelés «synfuel» ou «syngas» – peuvent être transportés par des voies conventionnelles et mis à disposition par l'intermédiaire des infrastructures existantes.

## MÉTHANISATION – MADE BY EMPA

Le processus chimique de base de la méthanisation est connu depuis plus de 100 ans sous le nom de réaction de Sabatier. Dans le démonstrateur «move», il est prévu d'utiliser un procédé perfectionné à l'Empa: la méthanisation renforcée par sorption. Les chercheurs de l'Empa espèrent que ce nouveau concept d'ingénierie des procédés simplifiera le contrôle des procédés, augmentera l'efficacité et améliorera l'aptitude à l'exploitation dynamique.

La méthanisation fonctionne comme suit: le méthane (CH<sub>4</sub>) et l'eau (H<sub>2</sub>O) sont produits à partir du dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>) et de l'hydrogène (H<sub>2</sub>) par conversion catalytique. Et c'est généralement là que se situe le problème: pour séparer l'eau, il faut généralement plusieurs étapes de méthanisation successives – avec des zones de condensation entre les deux. Néanmoins, une partie de l'eau produite est reconvertie en hydrogène par la réaction de conversion du gaz à l'eau. Le produit final contient donc quelques pour cent d'hydrogène, ce qui empêche de l'injecter directement dans le réseau de gaz – l'hydrogène doit d'abord être éliminé dans le cadre d'un processus complexe.

En revanche, la méthanisation renforcée par sorption dans le démonstrateur «move» est un procédé en une seule étape qui ne nécessite pas de séparation de l'hydrogène. L'idée derrière tout cela: L'eau de réaction est «aspirée» et éliminée par un catalyseur poreux pendant le processus de méthanisation. Cette élimination continue de l'eau augmente également le rende-

ment en méthane. «Le produit peut donc être injecté directement dans le réseau de gaz sans purification supplémentaire», explique Christian Bach.

## LE CO<sub>2</sub> DE L'AIR AMBIANT

Le CO<sub>2</sub> destiné à la méthanisation est extrait de l'atmosphère directement sur place à l'aide d'un collecteur de CO<sub>2</sub> de la spin-off Climeworks de l'ETH. Les molécules de CO<sub>2</sub> dans l'air ambiant restent piégées dans un filtre et sont à nouveau extraites au moyen de la chaleur. Grâce à une gestion intelligente de la chaleur, ce besoin en chaleur doit être couvert dans la plus large mesure possible par la chaleur résiduelle qui est produite en continu lors de la production d'hydrogène et de la méthanisation.

En plus du CO<sub>2</sub>, l'usine Climeworks extrait également de l'eau de l'air, qui est utilisée via une ligne de condensation pour la production d'hydrogène dans l'usine d'électrolyse. Cela signifie que de

telles centrales sont également concevables dans les régions sans approvisionnement en eau (voir encadré). Outre de nouvelles connaissances sur les aspects techniques et énergétiques, le projet a également pour objectif de faire des déclarations sur la viabilité économique du méthane synthétique. «Pour garantir cette perspective globale, le consortium du projet se compose de partenaires couvrant l'ensemble de la chaîne de création de valeur – des chercheurs de l'Empa aux fournisseurs d'énergie, en passant par les exploitants de stations-service et de flottes automobiles, et les partenaires industriels du secteur des technologies et des installations», explique Brigitte Buchmann, membre de la direction de l'Empa et responsable stratégique de «move».

Les premiers ravitaillements réguliers devraient être possibles à l'été 2022.

Plus d'informations ici: [www.empa.ch/web/s504](http://www.empa.ch/web/s504)

## LES CARBURANTS SYNTHÉTIQUES DU DÉSERT?

La conversion de notre système énergétique aux énergies renouvelables représente un défi majeur: les sources renouvelables telles que le soleil ou le vent ne sont pas toujours disponibles partout. Dans l'hémisphère nord, nous avons trop peu d'électricité renouvelable en hiver et trop en été. Dans l'hémisphère sud, c'est l'inverse. Mais il y a aussi des zones où l'ensoleillement est presque continu – la «Sun Belt», où se trouvent les grands déserts de la Terre. «D'un point de vue global, nous n'avons pas trop peu d'énergie renouvelable dans le monde, mais «simplement» un problème de transport de cette énergie», déclare Christian Bach. Les sources d'énergie synthétiques pourraient résoudre ce problème. En Suisse, les petites centrales peuvent apporter une contribution précieuse au système énergétique

national en exploitant le surplus d'électricité d'été et en reliant les différents secteurs énergétiques. Cependant, les centrales de l'ordre du gigawatt pourraient exploiter leur plein potentiel principalement dans la «Sun Belt» de la Terre. Pour donner un exemple: pour couvrir les besoins énergétiques de la Suisse en hiver, qui ne sont pas couverts par l'énergie hydroélectrique, et pour alimenter l'ensemble du trafic longue distance du pays, il faudrait une centrale solaire d'une superficie de 700 kilomètres carrés, soit une surface de 27 × 27 kilomètres ou, en d'autres termes, 0,008% de la superficie du Sahara. L'eau et le CO<sub>2</sub> nécessaires à la production pourraient être extraits localement de l'atmosphère. Les gazoducs existants pourraient également être utilisés pour le transport.

# QUAND LES MAISONS DISTRIBUENT LEUR ÉNERGIE

La gestion de l'énergie dans une maison équipée d'un système solaire devient de plus en plus complexe: quand dois-je allumer le chauffage pour qu'il fasse agréablement chaud le soir? Combien d'électricité peut contenir le réservoir d'eau chaude? Y aura-t-il encore assez d'énergie pour la voiture électrique? L'intelligence artificielle peut aider: les chercheurs de l'Empa ont développé un système de contrôle qui permet d'apprendre toutes ces tâches de manière autonome grâce à l'IA – et d'économiser ainsi plus de 25% d'énergie.

Texte: Rainer Klose

**C**omme les temps étaient simples: au printemps, lorsque le prix du mazout de chauffage baissait, il suffisait de remplir à ras bord les réservoirs de la cave. Vous étiez alors libéré de tous vos soucis jusqu'à la prochaine saison. Il y avait aussi de l'essence pour la voiture à chaque coin de rue. 24 heures sur 24. Remplissez le réservoir et circulez, c'est tout.

L'élimination progressive des combustibles fossiles rend la tâche beaucoup plus difficile pour les dépensiers intelligents. Aujourd'hui, les prix de l'énergie changent toutes les heures au lieu de tous les ans. L'énergie solaire est abondante vers midi – le soir, le soleil bas ne fournit pratiquement pas d'énergie, alors que dans le même temps, les personnes rentrant chez elles augmentent rapidement la demande d'électricité en ville et à la campagne. L'effet est si clairement visible sur les graphiques de consom-

tion que les scientifiques lui ont donné son propre nom: la «courbe du canard». Lorsque le canard lève la tête, cela devient coûteux pour tous ceux qui doivent maintenant utiliser de l'électricité.

Il serait donc important que les conducteurs de voitures électriques et les propriétaires de maisons surveillent l'heure lorsqu'ils consomment de l'énergie. À l'avenir, ceux qui veulent utiliser les énergies renouvelables disponibles de manière bon marché et écologique ne pourront plus compter sur des thermostats installés en permanence et des boutons à commande manuelle.

## UN PROBLÈME AUX MULTIPLES FACETTES

Bratislav Svetozarevic, chercheur au laboratoire «Systèmes énergétiques urbains» de l'Empa, a reconnu le problème. Ce qu'il faut, c'est un système de contrôle automatique qui stocke l'énergie aux moments favorables de la journée et la rend disponible pour les moments plus



### QUELLE EST LA PRIORITÉ?

Est-ce plus important d'avoir chaud dans son salon ou de s'assurer que sa voiture électrique soit pleinement chargée? Une maison intelligente gère les deux.

coûteux. Par exemple, la batterie d'une voiture électrique, qui est connectée à sa station de recharge dans le garage, pourrait servir de dispositif de stockage. Mais Svetozarevic est confronté à un problème aux multiples facettes: chaque maison est différente, tout comme ses occupants. De plus, en fonction du temps et de la période de l'année, l'électricité produite par les systèmes solaires change, tout comme la demande de chauffage ou de refroidissement. Un système de contrôle énergétique optimal doit donc apprendre le rythme quotidien d'une maison et de ses occupants – et doit également pouvoir réagir avec souplesse en cours de fonctionnement, par exemple si un changement de temps bouleverse tous les calculs.

### PREMIÈRE ÉTAPE: LA THÉORIE

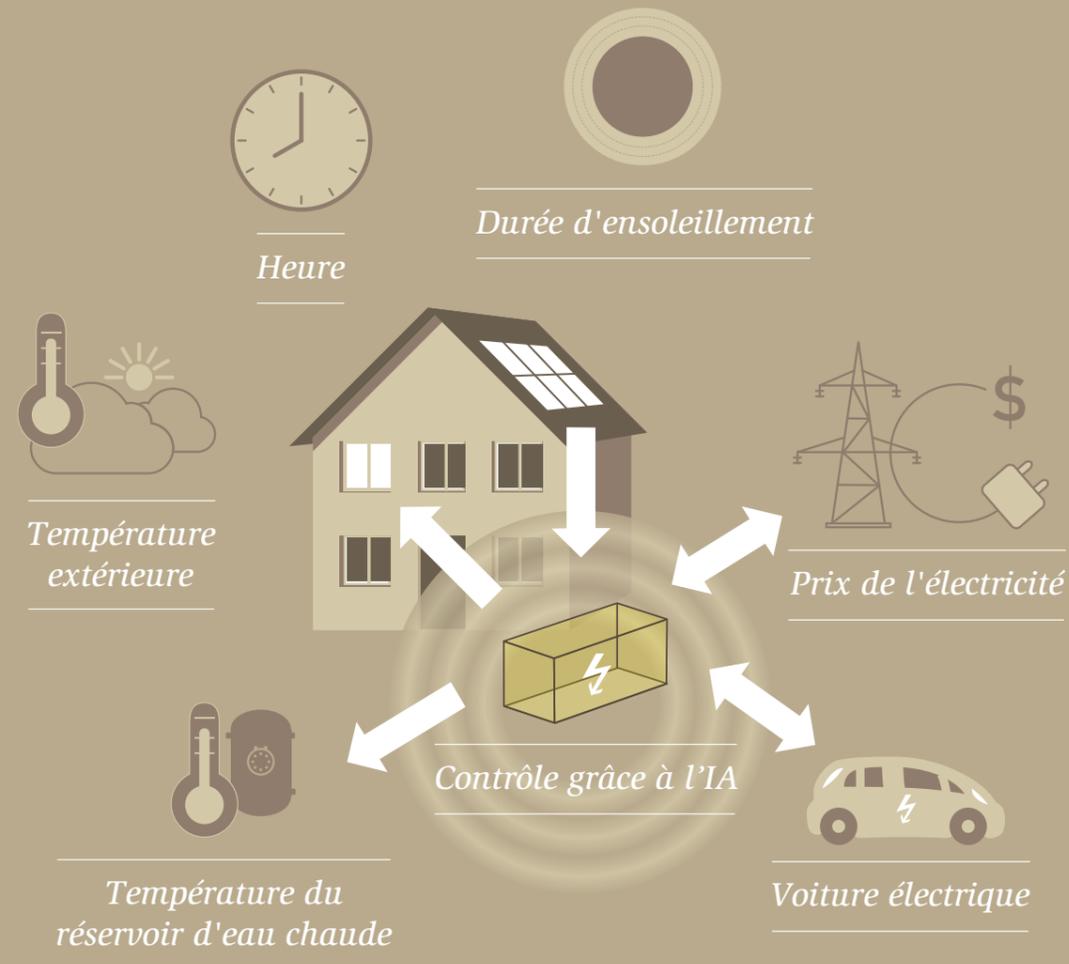
La solution à ces problèmes est l'intelligence artificielle. Le chercheur de l'Empa a conçu un système de contrôle grâce à l'IA basé sur le principe de l'apprentissage par renforcement. Lorsque le système agit «correctement», il reçoit une «récompense». Progressivement, le contrôleur perfectionne son comportement de cette manière.

Initialement, le système de contrôle fut uniquement simulé sur un ordinateur. Les spécifications: une pièce spécifique d'un bâtiment devait être chauffée électriquement à la température souhaitée puis la maintenir. Dans le même temps, le système devait fournir de l'électricité à une voiture électrique, qui devait être

chargée à au moins 60% à 7h du matin et se mettre en route. Le soir à 17h, la voiture électrique retourne à la station de recharge avec une charge résiduelle et peut également alimenter la maison pendant la nuit. Le système de contrôle était alimenté par les données météorologiques et les températures ambiantes de l'année précédente et devait faire face à deux tarifs d'électricité: l'électricité coûteuse pendant la journée entre 8h et 20h et l'électricité bon marché pendant la nuit.

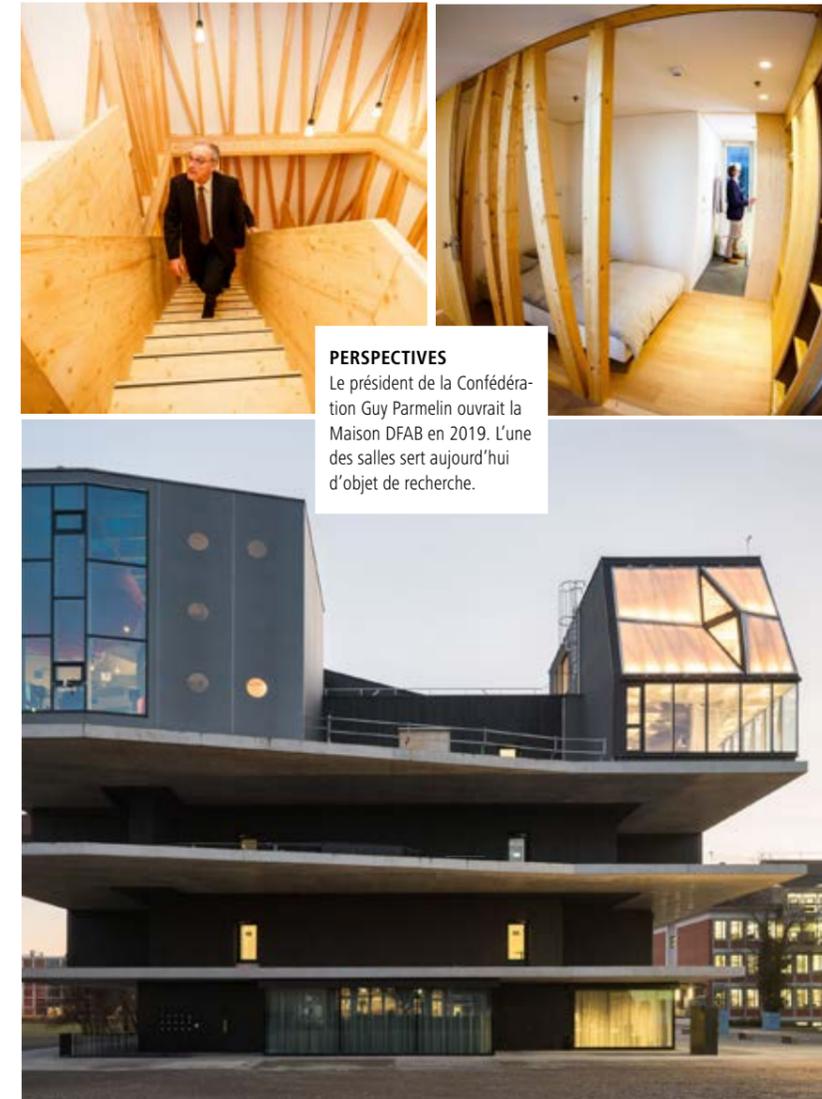
Le résultat fut stupéfiant: le système de contrôle à auto-apprentissage a permis d'économiser environ 16% d'énergie par rapport à une solution à programmation fixe et a

## Distribuer de l'électricité intelligemment



Le système de contrôle intelligent de l'Empa distribue l'électricité des capteurs solaires de manière optimale. Il n'a pas besoin d'être programmé, mais « apprend » les besoins des occupants grâce à l'intelligence artificielle et s'adapte au moment de la journée et aux saisons. Il peut être utilisé pour des bâtiments de différents types et de différentes tailles.

Lors de la distribution de l'énergie, le confort thermique des occupants est la priorité absolue. La batterie de la voiture électrique sert de tampon et doit offrir une autonomie suffisante le matin pour le premier voyage de la journée. L'électricité du réseau est achetée lorsqu'elle est particulièrement bon marché.



### PERSPECTIVES

Le président de la Confédération Guy Parmelin ouvrait la Maison DFAB en 2019. L'une des salles sert aujourd'hui d'objet de recherche.

également permis de maintenir la température souhaitée dans la pièce de manière beaucoup plus précise.

### TEST DANS UN BÂTIMENT RÉEL

Le système de contrôle devait ensuite passer le test dans la réalité. Pour cela, Svetozarevic a utilisé le bâtiment de recherche NEST sur le campus de l'Empa. Dans l'unité DFAB House, l'algorithme intelligent a contrôlé la température d'une chambre d'étudiant pendant une semaine. En même temps, la batterie de stockage de 100 kWh du NEST a été utilisée pour simuler la batterie de la voiture électrique. Cette fois, le résultat est en-

core plus clair: lors d'une semaine froide en février 2020, le contrôleur intelligent a permis d'économiser 27% d'énergie de chauffage, par rapport à la chambre d'étudiant voisine, dont le chauffage était commandé par un contrôle à programme fixe (basé sur des règles).

### DES SERVICES PLUS COMPLEXES

«La beauté de notre contrôle grâce à l'IA autodidacte est que vous pouvez l'utiliser non seulement pour le NEST, mais aussi dans n'importe quel autre bâtiment», explique Bratislav Svetozarevic. «Il n'y a pas besoin d'un ingénieur pour programmer le système de contrôle, ni de personne

pour analyser la maison au préalable et calculer une solution personnalisée.»

Dans une prochaine étape, Svetozarevic et ses collègues veulent maintenant déterminer comment le système peut être étendu d'une pièce à des bâtiments plus grands. «Dans notre première expérience, nous voulions modéliser un ménage typique du futur», explique le chercheur de l'Empa. Par souci de simplicité, l'équipe s'est limitée au chauffage et à la recharge des véhicules. Toutefois, ce travail pose les bases de bien d'autres choses encore. Svetozarevic en est certain: «Notre système de contrôle grâce à l'IA sera toujours capable de faire face lorsqu'un système photovoltaïque fournira de l'électricité, qu'une pompe à chaleur et un réservoir d'eau chaude local devront fonctionner – et que les exigences de confort des occupants ne cesseront d'évoluer.»

Toutefois, pour à l'avenir utiliser l'intelligence artificielle pour un approvisionnement énergétique optimal, une nouvelle génération de voitures électriques est nécessaire. Les modèles européens et américains standard d'aujourd'hui, équipés du port de charge rapide CSC, ne peuvent pour le moment que faire le plein d'électricité, mais pas en fournir. Les voitures japonaises équipées de prises Chademo, en revanche, sont conçues pour une charge dite bidirectionnelle. La société coréenne Hyundai a annoncé en décembre qu'elle allait également équiper sa nouvelle plateforme de voiture électrique E-GMP pour la recharge bidirectionnelle. Cela pourrait aider les voitures électriques à économiser de l'énergie à long terme et, en même temps, à stabiliser le réseau électrique. ■

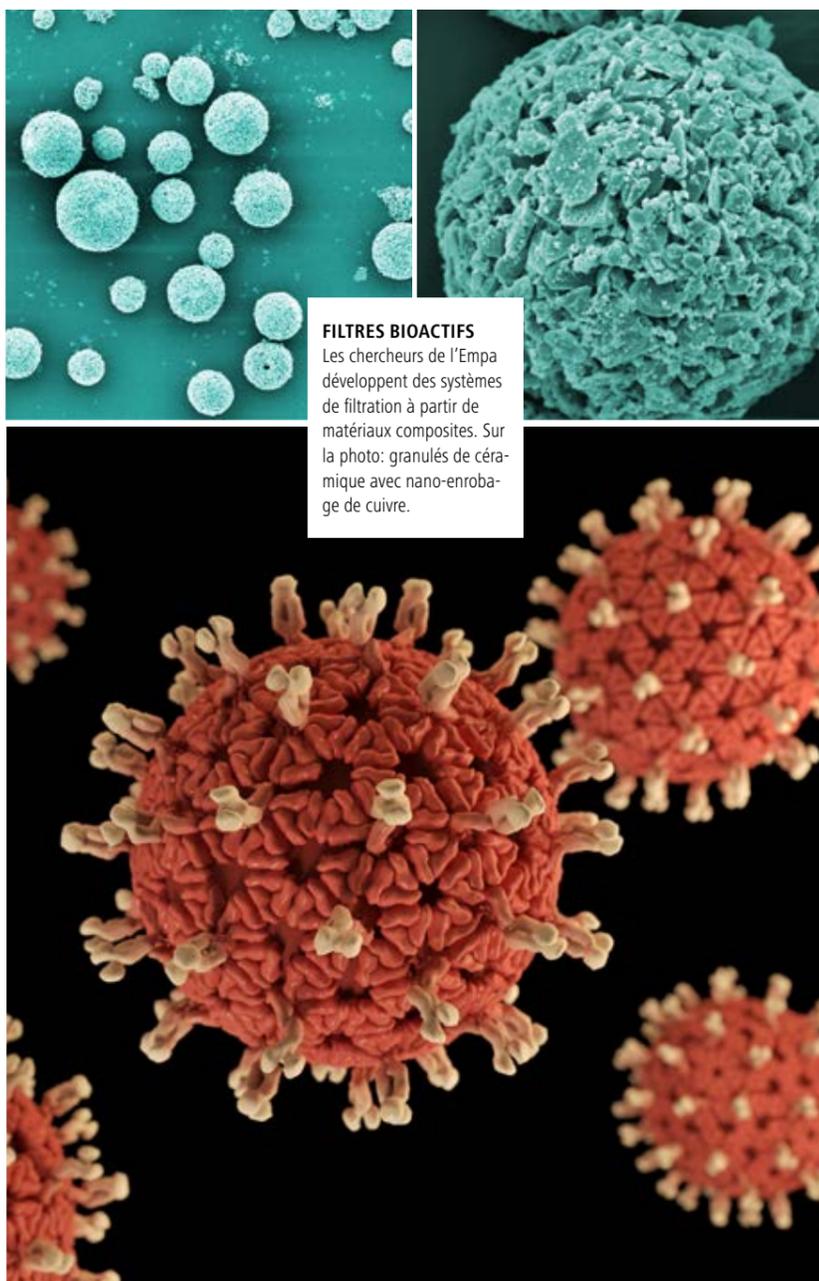
Plus d'informations ici:  
[www.empa.ch/web/energy-hub](http://www.empa.ch/web/energy-hub)

# UNE CHARGE CONCENTRÉE CONTRE LES GERMES DE L'EAU

L'élimination des agents pathogènes de l'eau potable est particulièrement difficile lorsque les germes sont trop petits pour être interceptés par les filtres classiques. Les équipes de recherche de l'Empa et de l'Eawag développent de nouveaux matériaux et procédés qui permettent d'éliminer de l'eau les micro-organismes tenaces tels que les virus.

Texte: Andrea Six

L'eau est la vie, la biologie nous l'enseigne. La réalité nous apprend autre chose: l'eau contaminée par des agents pathogènes provoque chaque année des centaines de milliers de décès dans des endroits où le traitement de l'eau est insuffisant ou ne fonctionne pas correctement. Pour y mettre un terme, la disponibilité d'eau propre pour tous les peuples fait partie du programme mondial de durabilité des Nations unies (ONU) depuis 2015. C'est dans ce but que les équipes de recherche de l'Empa, en collaboration avec l'Institut fédéral pour l'aménagement, l'épuration et la protection des eaux (Eawag), développent de nouveaux matériaux et de nouvelles technologies pour débarrasser l'eau potable des agents pathogènes qu'il était jusqu'à présent difficile ou impossible à éliminer par des moyens conventionnels, ou seulement par des procédés coûteux et complexes.



#### FILTRES BIOACTIFS

Les chercheurs de l'Empa développent des systèmes de filtration à partir de matériaux composites. Sur la photo: granules de céramique avec nano-enrobage de cuivre.

#### DE MINUSCULES AGENTS PATHOGÈNES

Les chercheurs ciblent le plus petit des germes: de minuscules agents pathogènes qui – contrairement au coronavirus Sars-Cov-2 actuellement très répandu – se propagent avec l'eau potable et déclenchent ainsi diverses maladies d'origine hydrique telles que la polio, la diarrhée et l'hépatite. Ces agents pathogènes comprennent également le rotavirus, dont la taille n'est que de 70 nanomètres. «Les filtres à eau traditionnels sont inefficaces contre les rotavirus», explique Thomas Graule, chercheur à l'Empa au laboratoire «Céramique haute performance» de Dübendorf. Cependant, ce sont précisément ces minuscules germes qui comptent parmi les agents pathogènes les plus courants à l'origine d'infections gastro-intestinales. Selon l'Organisation mondiale de la santé (OMS), en

«Nous avons pu montrer comment les particules de virus s'attachent à des surfaces chargées positivement.»

base de cette idée, les chercheurs ont commencé à développer des matériaux appropriés qui permettent l'adsorption des surfaces virales chargées négativement. Jusqu'alors, il était difficile de créer des surfaces chargées positivement et facilement régénérables avec une capacité d'adsorption élevée, et les études expérimentales systématiques étaient rares. Pour leurs recherches, les chercheurs ont donc choisi un virus modèle encore plus petit que le rotavirus: le bactériophage MS2, un bactériophage

#### LES AGENTS PATHOGÈNES DANS L'EAU POTABLE

Dans le monde, environ 3,4 millions de personnes, principalement des enfants dans des pays structurellement faibles, meurent chaque année de maladies transmises par l'eau. Parmi les agents pathogènes, on trouve des parasites unicellulaires tels que des amibes et des lamblies d'une taille pouvant atteindre 40 micromètres. Les bactéries telles que la salmonelle, qui provoque la fièvre typhoïde, les germes d'E.

coli et les agents pathogènes du choléra sont nettement plus petits (0,5 à 6 micromètres), mais tout aussi puissants. Avec une taille de 25 à 80 nanomètres – c'est-à-dire environ 100 à 1000 fois plus petite – les virus sont les agents pathogènes les plus difficiles à filtrer de l'eau. La contamination de l'eau potable dans les pays en développement, par exemple, par les rotavirus est particulièrement importante. Elle est suivie par d'autres virus tels que les agents pathogènes responsables de l'hépatite et de la polio.

2016, environ 130 000 enfants dans le monde seraient morts d'une infection à rotavirus. Les chercheurs ont maintenant mis au point des stratégies pour les technologies de filtration basées sur de nouveaux matériaux qui contournent le problème de leur taille nanométrique. En effet, une propriété des particules virales peut être utilisée pour un nouveau type de filtre: la charge électrique souvent négative des particules virales. Sur la

de seulement 27 nanomètres, un virus qui attaque les bactéries mais qui est inoffensif pour l'homme. En utilisant ce modèle de virus, les scientifiques ont pu montrer que les virus présents dans l'eau s'adsorbent à la surface du filtre avec des forces différentes selon la valeur du pH. «Il faut en tenir compte lors du développement de nouvelles technologies de traitement et de filtrage de l'eau», a déclaré Thomas Graule.

#### NANO-ENROBAGE POREUX

Afin de développer des technologies de filtrage capables de piéger des virus à l'échelle du nanomètre, Thomas Graule se concentre sur les matériaux composites qui sont fonctionnalisés de telle sorte qu'ils se lient spécifiquement aux virus. «Dans l'eau, la surface des particules virales est chargée négativement. Nous avons pu montrer comment les particules virales s'attachent à des surfaces chargées positivement», explique-t-il. Par exemple, le chercheur travaille dans une équipe internationale sur des granules céramiques en oxyde d'aluminium, dont les fines particules sont recouvertes de couches d'oxyde de cuivre d'une épaisseur de l'ordre du nanomètre. «Avec la céramique, la couche de cuivre très poreuse forme un matériau composite avec une surface spécifique chargée positivement et immensément grande», dit Thomas Graule. Les chercheurs ont également réussi à recouvrir de minuscules nanotubes de carbone multicouches d'oxyde de cuivre, permettant ainsi l'élimination des virus.

Afin de développer une technologie de filtrage rentable et durable, le chercheur utilise spécifiquement des matériaux qui peuvent être récupérés après usage dans le sens d'un cycle de matériaux fermé. Il est également important qu'aucun composant du filtre ne soit rejeté dans l'eau purifiée. À cette fin, des méthodes analytiques de nanosécurité doivent encore être mises au point afin de pouvoir déterminer le matériau composite optimal. À la fin du projet, une technologie de filtrage devrait être disponible, qui convient également au traitement de l'eau dans les pays en développement, où le nombre de cas de maladies à rotavirus et d'autres maladies transmises par l'eau est particulièrement élevé. ■

Plus d'informations ici: [www.empa.ch/web/s201](http://www.empa.ch/web/s201)

# DES RÉSEAUX ÉLECTRIQUES LOCAUX SUR MESURE

Dans sa thèse de doctorat, la chercheuse de l'Empa Cristina Dominguez développe un modèle informatique qui peut être utilisé pour planifier les réseaux électriques dans les pays en développement. Pour recueillir des données, elle s'est rendue au Kenya pour se faire une idée de la façon dont les gens vivent sans électricité et sans les développements que l'accès à l'énergie électrique peuvent induire.

Texte: Stefanie Zeller

L'électricité fournit non seulement l'énergie aux écrans lumineux de nos nombreux gadgets, mais permet aussi de créer des espaces de vie sains et propres ou même d'accéder à l'éducation dans de grandes parties du monde. Ceci est vite oublié dans notre monde hautement numérisé. De nombreux pays en développement sont bloqués dans un cercle vicieux de pauvreté avec leurs faibles taux d'électrification. Sans éclairage à la maison, les possibilités de travail à valeur ajoutée en dehors de l'agriculture se font plus rares. Les enfants ne peuvent plus faire leurs devoirs ou apprendre à lire le soir. À cela s'ajoutent les problèmes de santé, souvent causés par des fumées de cheminées dans la maison ou par des lampes à kérosène.

## L'ÉNERGIE AIDE À LUTTER CONTRE LA PAUVRETÉ

L'accès à l'énergie propre est généralement considéré comme un tremplin pour générer un revenu plus élevé et ainsi échapper à la pauvreté. C'est

pourquoi il a été identifié comme l'un des 17 objectifs des Nations unies pour le développement durable.

Pour atteindre cet objectif, Cristina Dominguez, doctorante à l'Institut de physique du bâtiment de l'ETH Zurich et au Laboratoire des systèmes énergétiques urbains de l'Empa, développe un modèle informatique qui fournira aux développeurs de projets en milieu rural des estimations des besoins en électricité des ménages. Cela devrait permettre une planification précise et donc durable du réseau électrique. Dans les pays en développement, les projets d'électrification échouent souvent parce qu'il n'existe guère de données fiables permettant de déterminer les besoins de ménages souvent très dispersés. La collecte de données, en particulier, est un facteur de coût important qui fait hésiter les promoteurs de projets à y investir. Si un réseau électrique est alors prévu trop grand, par exemple, cela se répercute sur les prix de l'électricité, rendant l'électricité inabordable pour la population



Photo: Empa

## LUMIÈRE PROPRE

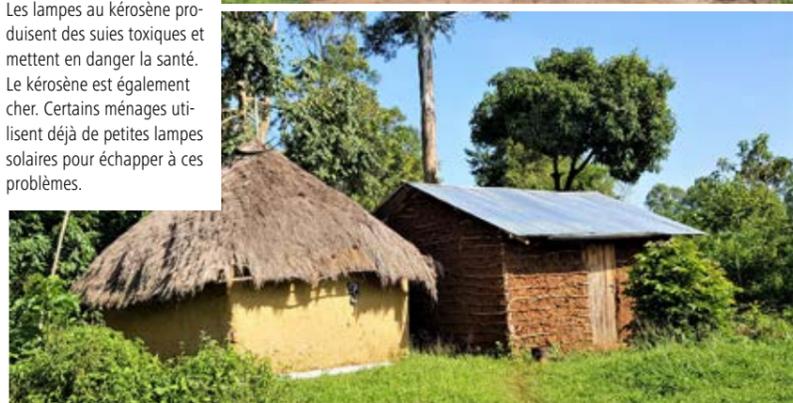
Les lampes LED remplacent les feux à ciel ouvert et les lampes à kérosène en Afrique.



**LA QUALITÉ DE VIE**

Sans éclairage, les espaces de vie sombres comme celui-ci dans le village de Got Osimbo, dans l'ouest du Kenya, sont à peine utilisables.

Les lampes au kérosène produisent des suies toxiques et mettent en danger la santé. Le kérosène est également cher. Certains ménages utilisent déjà de petites lampes solaires pour échapper à ces problèmes.



pauvre. En fin de compte, les réseaux électriques doivent être adaptés pour offrir des avantages à long terme à la population, d'une part, et pour offrir aux promoteurs une possibilité d'investissement attrayante et réaliste, d'autre part.

Pour la collecte des données, Cristina Dominguez a choisi une région d'Afrique subsaharienne, la région ayant le plus faible taux d'électrification au monde : «En plus des problèmes politiques, les zones ici sont extrêmement peu

peuplées et les petites agglomérations sont très dispersées. Cela rend l'électrification beaucoup plus difficile - et bien sûr plus coûteuse», explique Cristina Dominguez. Dans le cadre de sa thèse de doctorat, elle a déterminé l'utilisation et les besoins énergétiques d'environ 250 ménages dans l'est du Kenya. Afin de rendre son modèle applicable à terme dans le monde entier, elle soutient des instituts de recherche au Guatemala et au Pakistan afin de lui fournir des ensembles de données équivalents de ces pays.

**PENSER AVEC L'IMPULSION DU DÉVELOPPEMENT**

Le travail de terrain de Cristina Dominguez au Kenya a permis de recueillir des données auprès de ménages n'ayant pas accès à l'électricité et de ceux qui avaient été connectés à un réseau électrique au cours des six dernières années. Elle s'est intéressée non seulement à l'enregistrement des sources d'énergie existantes et de leurs besoins, mais aussi au changement d'utilisation après l'électrification. La chercheuse de l'Empa a aussi utilisé des journaux intimes dans lesquels les habitants consignent les activités qu'ils avaient menées pendant la journée, afin de mieux comprendre leur vie quotidienne et leurs besoins, et d'anticiper les changements qui s'installeraient après l'électrification et qui se refléteraient ensuite dans la demande d'électricité. Au Kenya, par exemple, le kérosène est une source d'énergie importante pour éclairer les sombres huttes de terre. Pour obtenir le kérosène, il est souvent nécessaire de parcourir de longues distances à pied pour se rendre chez le revendeur. Du temps qui pourrait peut-être être investi dans des travaux à valeur ajoutée à domicile à l'avenir - si une source d'électricité était disponible.

**L'ÉNERGIE PERMET DE RÉALISER LES RÊVES**

Et une fois que l'alimentation électrique est disponible, les gens commencent à adapter leur comportement en conséquence; ils achètent des appareils électriques tels que des téléviseurs, et la consommation électrique augmente en conséquence. Mais combien de temps le réseau électrique pourra-t-il continuer à fonctionner si la demande continue d'augmenter? Cristina Dominguez souhaite intégrer précisément ces dynamiques dans son modèle: «Lors de nos enquêtes sur place, nous avons demandé aux gens quels appareils ils achèteraient après la première ou la



**PREMIÈRE MAIN**  
Cristina Dominguez (à droite) a reçu un soutien de personnes locales lors de la collecte de données auprès de 250 ménages au Kenya.

deuxième année de fonctionnement à l'électricité. Nous avons ensuite comparé avec les ménages qui avaient déjà passé par ce processus. En faisant cela, Dominguez voulait savoir comment les gens allaient gérer l'énergie quand elle était à leur disposition. Cristina Dominguez sait, grâce à ses recherches, que les ingénieurs sont souvent incapables d'évaluer cela correctement: «Il y a ici de grands préjugés, qui font que les systèmes d'alimentation électrique sont souvent conçus de manière trop large.»

**DES RÉSEAUX ÉLECTRIQUES SUR MESURE**

Afin de pouvoir faire des prévisions précises et de reconnaître la dynamique de la consommation, Cristina Dominguez utilise des algorithmes d'«apprentissage automatique» et des techniques de «data mining». Pour créer les modèles, la chercheuse combine des ensembles de données mondiales provenant d'organisa-

tions telles que la Banque mondiale avec des données provenant de sociétés de développement de projets, afin de pouvoir intégrer des modèles de consommation supplémentaires tels que les fluctuations saisonnières. Celles-ci sont ensuite validées pour les trois régions prioritaires à l'aide des données de terrain du Kenya, du Pakistan et du Guatemala. Les entreprises de mini-réseau ont également mis à disposition des données sur la consommation d'électricité, en échange de la possibilité de tester leur modèle sur la base des conditions locales.

L'approche de Cristina Dominguez met en évidence les problèmes auxquels sont confrontés les pays en développement qui ne disposent pratiquement pas d'infrastructures: bien que les possibilités techniques d'électrification existent et soient devenues moins chères avec la technologie solaire, les

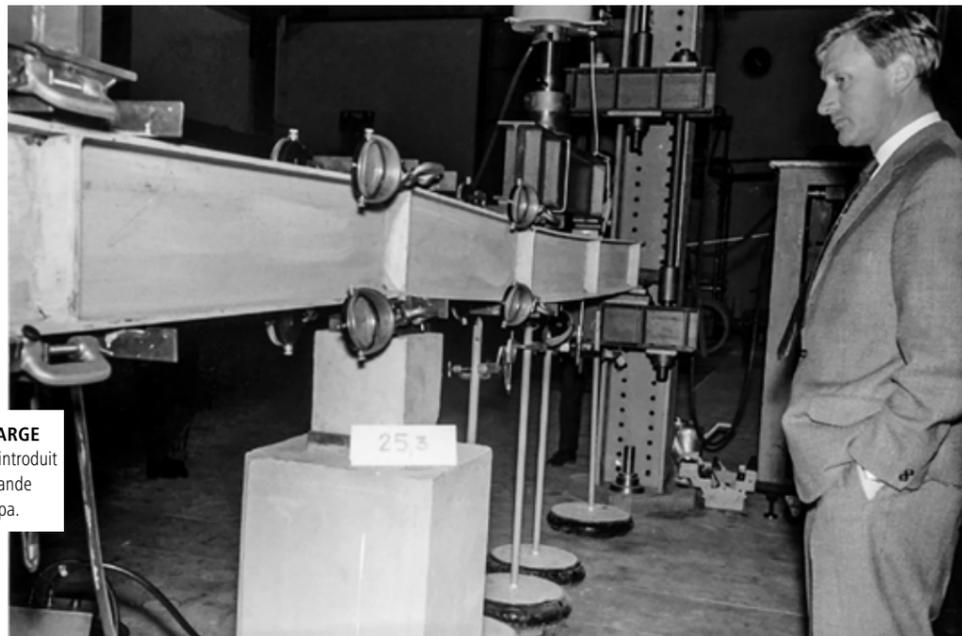
«Quels sont les appareils que les gens achètent en premier lorsque l'électricité entre dans la maison?»

investissements dans un environnement économique faible doivent être faits avec prudence. Sinon, le surendettement des consommateurs d'électricité et, dans le pire des cas, celui des sociétés d'exploitation - tout compte fait, un risque d'aggravation de la pauvreté et de dissuasion des autres d'investir dans ces domaines. Le modèle informatique de Dominguez a le potentiel de surmonter au moins un obstacle à l'électrification et de donner ainsi l'impulsion nécessaire pour sortir de la pauvreté. ■

Photos: Empa, ETH

Plus d'informations ici: [www.empa.ch/web/s313](http://www.empa.ch/web/s313)

## FÉLICITATIONS! UN PIONNIER DE L'EMPA A 100 ANS



### LOURDE CHARGE

Alfred Rösli a introduit les essais à grande échelle à l'Empa.

Alfred Rösli a fêté son 100<sup>e</sup> anniversaire le 7 décembre. L'ingénieur civil est venu à l'Empa immédiatement après avoir terminé ses études à l'EPFZ et, mis à part un séjour de recherche aux États-Unis, il est resté à l'institut de recherche jusqu'à la fin de sa carrière. Il y a mis en œuvre ses idées novatrices dans le domaine de la dynamique structurelle, pour lesquelles il a reçu une reconnaissance mondiale. Les essais à grande échelle de structures complexes, qui se déroulent encore aujourd'hui à l'Empa, sont l'héritage d'Alfred Rösli.

[www.empa.ch/web/s604/avenir](http://www.empa.ch/web/s604/avenir)

### TÉLÉCOMMANDÉ

Les chercheurs de l'Empa conseillent les techniciens d'Airbus via un live stream lorsqu'ils installent des capteurs DIMES dans le cockpit d'un avion à réaction.



## DES CAPTEURS POUR LA COQUE DE L'AVION

Dans le cadre du projet de recherche DIMES «Clean Sky 2», l'Empa travaille avec Airbus, l'Université de Liverpool, Dantec Dynamics GmbH et Strain Solutions Ltd au développement de capteurs pour la surveillance des structures d'avions. Dans un premier temps, les capteurs seront utilisés pour des tests de stress sur le terrain. Plus tard, ils voleront avec l'avion et fourniront des données en temps réel pour détecter les fissures dans le jet. Cette technologie pourrait rendre les avions plus légers à l'avenir et donc économiser du carburant.

[www.integratedtesting.org](http://www.integratedtesting.org)

Photos: Empa

Photo: BM PHOTOS on behalf of the SNF

## PRIX CONVOITÉ POUR LES CHERCHEURS

### PRIX

Dorina Opris fait des recherches sur de nouveaux polymères.



Le Conseil européen de la recherche (CER) a attribué l'un des «ERC Consolidator Grants» très convoités à la chercheuse de l'Empa Dorina Opris. Le prix, d'une valeur d'environ 2 millions d'euros, permettra à la chercheuse d'élargir son groupe de recherche dans le domaine des nouveaux polymères pour la conversion de l'énergie au cours des cinq prochaines années. Ces matériaux polymères innovants peuvent, par exemple, changer de forme en réponse à un champ électrique – et ainsi agir comme des «muscles artificiels», ils pourraient générer de l'électricité s'ils sont étirés, refroidir, ce qui nécessite extrêmement peu d'énergie, ou convertir directement la chaleur en électricité.

<https://www.empa.ch/web/s604/erc-grant-opris>

## SÉMINAIRES DE L'ACADÉMIE DE L'EMPA

(en allemand et en anglais)

05. MÄRZ 2021

Kurs: Tribologie

Zielpublikum: Industrie und Wirtschaft

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

Empa, Dübendorf

26. MÄRZ 2021

Kurs: Klebtechnik für Praktiker

Zielpublikum: Industrie und Wirtschaft

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

Empa, Dübendorf

28. MÄRZ 2021

Kurs: Elektrochemische Charakterisierung und Korrosion

Zielpublikum: Industrie und Wirtschaft

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

Empa, Dübendorf

15. SEPTEMBER 2021

Kurs: Additive Fertigung von Metallen

Zielpublikum: Industrie und Wirtschaft

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

Empa, Dübendorf

08. OKTOBER 2021

Kurs: Energy Harvesting

Zielpublikum: Industrie und Wirtschaft

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

Empa, Dübendorf

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

THE PLACE WHERE INNOVATION STARTS.



**Empa**

Materials Science and Technology