

Empa Quarterly

RECHERCHE & INNOVATION II #73 II OCTOBRE 2021

FOCUS

BÂTIR PLUS INTELLIGEMMENT

ACCUMULATEURS DE CHALEUR EXPÉRIMENTAUX
UN TRAITEMENT DU CANCER PLUS DOUX
TRACES DE POISON DANS LE PARC NATIONAL

[CONTENT]

[FOCUS: BÂTIR PLUS INTELLIGEMMENT]



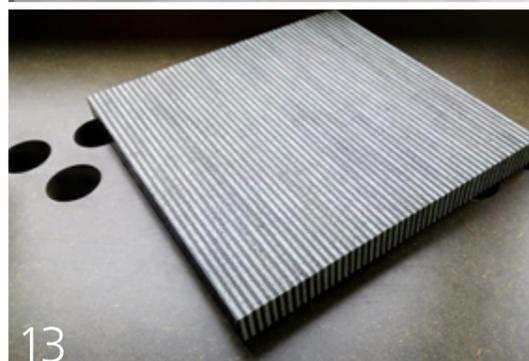
30



16



10



13



26

[FOCUS]

- 13** FENÊTRES
Économiser l'énergie grâce à l'isolation recyclée
- 16** CONSTRUCTIONS LÉGÈRES
Nouvelle unité HiLo dans le NEST
- 19** CYCLE DES MATIÈRES
Un «sprint» vers l'économie circulaire
- 22** ENERGIE
Stockage expérimental de la chaleur dans les profondeurs

[THÈMES]

- 08** NANOMÉDECINE
Particules d'oxyde métallique pour une thérapie plus douce
- 10** INFRAROUGE
Écran composé de nanocouches
- 26** PORTRAIT
Le microscopiste Rolf Erni fait des recherches et aide
- 30** POLLUTION PCB
Source de poison dans le Parc national suisse

[RUBRIS]

- 04** LA PHOTO
- 06** EN BREF
- 24** ZUKUNFTSFONDS
- 34** EN ROUTE

[COUVERCLE]



De vieilles moquettes comme matériau d'isolation acoustique pour les cloisons de bureaux ? Ça marche ! Et ça a l'air bien. L'unité NEST Sprint établit de nouvelles normes en matière de bâtiments recyclés et a été construite en dix mois seulement (page 19).
Image: Martin Zeller

[IMPRESSUM]

ÉDITEUR: Empa
Überlandstrasse 129
8600 Dübendorf, Schweiz
www.empa.ch

RÉDACTION: Empa Kommunikation
DIRECTION ARTISTIQUE: PAUL AND CAT.
www.paul-and-cat.com

CONTACT: Tel. +41 58 765 47 33
empaquarterly@empa.ch
www.empaquarterly.ch

PUBLICATION: publié quatre fois par an

ISSN 2673-1746
Empa Quarterly (édition française)



myclimate.org/01-21-387731



DES IDÉES ASTUCIEUSES

Chère lectrice, cher lecteur



Si vous connaissez votre matériau, vous pouvez en faire les choses les plus étonnantes : de la cellulose à un adhésif pour restaurer de vieilles œuvres d'art, des oxydes métalliques à un traitement contre le cancer avec moins d'effets secondaires, ou des couches ultra-fines à une caméra thermique à bas prix.

Des idées astucieuses, chacune développée dans l'un des quelque 30 laboratoires de l'Empa, qui ont une chose en commun : Leurs inventeurs ont regardé au-delà de leur domaine respectif et se sont mis en réseau avec des collègues d'autres disciplines.

Même si nous ne faisons que «construire», nous essayons de trouver des idées pour de nouvelles approches des solutions. Par exemple, avec un champ de sondes géothermiques à haute température comme système de stockage de chaleur durable pour l'hiver, que nous installons actuellement sous notre nouveau bâtiment de laboratoire à une profondeur d'environ 100 mètres (p. 22) ou dans la nouvelle unité NEST Sprint, qui a été créée entièrement à partir de matériaux usagés (p. 19).

Tant de créativité demande souvent du temps, c'est-à-dire de l'argent. C'est pourquoi nous avons décidé de nous adresser de plus en plus aux donateurs privés. Nous rendrons régulièrement compte de la manière dont nous utilisons les fonds collectés, en commençant par un article sur un procédé permettant de rendre le béton beaucoup plus écologique (p. 24).

Bonne lecture!
Votre MICHAEL HAGMANN



ART COLLÉ

Préserver les objets culturels historiques en bois pour la postérité est tout sauf anodin. La pyrogravure du 19e siècle sur un mince panneau de bois de tilleul, ici dans la photo, est complètement brisée. La petite image en haut à gauche ne montre qu'une moitié de l'artefact. Les chercheurs de l'Empa et de la Haute école des arts de Berne ont développé une colle à base de cellulose qui lie le bois de tilleul de manière à la fois stable et douce. En effet, la colle à base de bois ne détruit pas l'œuvre d'art et résiste aux conditions environnementales souvent difficiles des biens culturels dans les vieux châteaux ou les voûtes humides des églises.

Plus d'informations ici: www.empa.ch/web/gei/wnb

LE RETOUR DU VIOLON BIOTECHNOLOGIQUE



UN EXEMPLE
Irina Pak de l'orchestre Tonhalle de Zurich a joué avec le violon Mycowood – avec un enthousiasme évident.

Walter Fischli, président du Conseil de fondation de la fondation du même nom à Allschwil (BL), a récemment remis à l'Empa le violon Mycowood «Caspar Hauser II». La fondation soutient un projet de recherche de longue date de l'Empa dans le cadre duquel des violons biotechnologiques sont développés: À l'aide d'un champignon de moisissure blanche, l'équipe dirigée par le chercheur Francis Schwarze a réussi à mettre au point un processus dans lequel les moisissures décomposent les cellules du bois de manière ciblée – et améliorent les propriétés acoustiques du bois. C'est ainsi qu'a été produit dans les laboratoires de l'Empa le «mycowood» qui a donné son corps au «Caspar Hauser II». L'instrument est une copie exacte d'un maître violon Guarneri de 1724, et les premières analyses acoustiques comparatives de l'original et de sa copie biotechnologique se sont déjà révélées prometteuses. Aujourd'hui, l'instrument Mycowood est retourné à son «lieu de nais-

sance». Mais seulement pour un laps de temps: afin que le «Caspar Hauser II» puisse développer une âme unique en plus de son corps extraordinaire, l'instrument pourra développer sa sonorité en jouant régulièrement dans les années à venir. Pour célébrer cette remise, la violoniste virtuose

Irina Pak de l'Orchestre de la Tonhalle de Zurich a joué sur le «Caspar Hauser II». La violoniste a fait sortir du nouveau violon des sons contemporains ainsi que des mélodies baroques datant de l'époque de la construction du violon original.

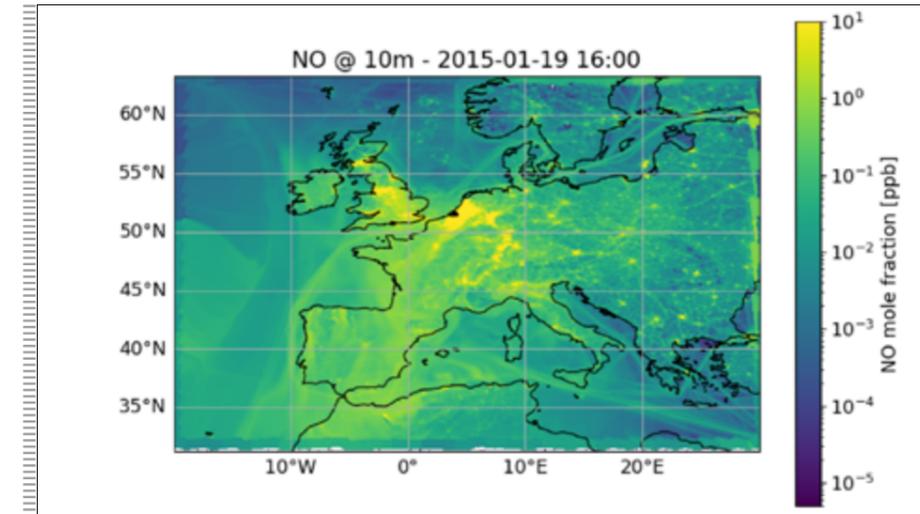
www.empa.ch/web/s604/mycowood-violin



PRÉCIOSITÉ
Le président de la Fondation Walter Fischli (à droite) remet à Francis Schwarze, chercheur à l'Empa, le violon Mycowood.

Photos: Empa

DE MEILLEURS MODÈLES CLIMATIQUES GRÂCE AUX SUPERORDINATEURS

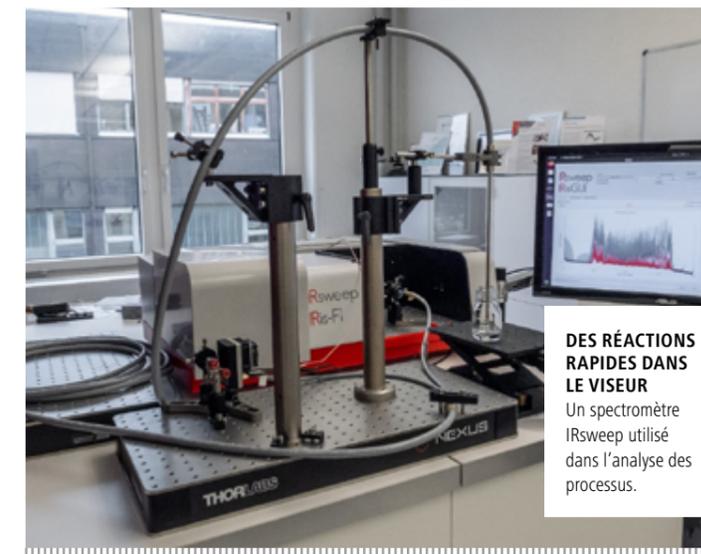


CALCULÉ AVEC ICON-ART
La carte montre la distribution du monoxyde d'azote (NO) le 19 janvier 2015 à 16 heures. Vous pouvez voir que les villes et les routes sont des sources d'oxydes d'azote. La distribution est plus régulière à l'ouest qu'à l'est – en raison de processus chimiques et parce que le soleil s'est déjà couché à l'est.

Depuis juillet, la «Platform for Advanced Scientific Computing» suisse finance un projet de trois ans dirigé par le chercheur de l'Empa Dominik Brunner – sur un défi majeur pour les modèles de calcul, à savoir le climat. Les processus atmosphériques, avec leurs interactions et leurs conséquences sur le réchauffement de la planète ou la pollution atmosphérique, ont depuis longtemps poussé les ordinateurs conventionnels à leurs limites – et les architectures plus puissantes à entrer en jeu. Les GPU («Graphic Processing Units») dotés de nombreux processeurs calculent massivement en parallèle, mais ils nécessitent une programmation différente. Avec le projet HAMAM, l'équipe souhaite adapter aux GPU deux extensions particulièrement gourmandes en ressources de calcul du modèle météorologique et climatique ICON: les modules ART pour les simulations de la qualité de l'air et HAM pour les interactions entre les aérosols et le climat. Ces modèles seront développés et testés sur le superordinateur «Piz Daint» du «Swiss National Supercomputing Center» à Lugano.

www.empa.ch/web/s503/team-modelling

UNE SPIN-OFF SUR LA VOIE DU SUCCÈS



DES RÉACTIONS RAPIDES DANS LE VISEUR
Un spectromètre IRsweep utilisé dans l'analyse des processus.

Sur la bonne voie en quelques années seulement: IRsweep a été fondé en 2014 – tant que spin-off de l'Empa et de l'ETH Zurich. En mai, Sensirion, un fabricant de microcapteurs et de systèmes numériques, a repris la jeune entreprise et ses onze employés. Ses spectromètres de laboratoire dotés de la technologie du peigne de fréquences dans le domaine de l'infrarouge moyen sont utilisés dans la recherche et le développement pour détecter des réactions chimiques rapides dans les plus brefs délais. Les dispositifs IRsweep sont déjà utilisés en Europe, en Amérique du Nord et en Asie. À long terme, cette technologie sera utilisée pour créer des capteurs peu coûteux, capables de détecter des traces de gaz dans l'environnement, par exemple.

<https://irsweep.com/>

Photos: Empa, IRsweep AG

TRAITEMENT PLUS DOUX DES TUMEURS



FEU ET GLACE

Lukas Gerken, chercheur à l'Empa, produit des nanoparticules pour la thérapie du cancer en utilisant la synthèse de flamme. Pour rendre visibles les minuscules particules métalliques, le microscope électronique est refroidi à des températures glaciales avec de l'azote liquide.

La radiothérapie est l'une des pierres angulaires du traitement du cancer. Toutefois, certains types de tumeurs ne répondent pas ou peu aux radiations. S'il était possible de rendre les cellules tumorales plus sensibles, le traitement serait plus efficace et plus doux. Des chercheurs de l'Empa ont réussi à utiliser des nanoparticules d'oxyde métallique comme « radiosensibilisateurs » et à les produire à l'échelle industrielle.

Texte: Andrea Six

Aujourd'hui, il existe plusieurs méthodes de traitement du cancer, qui peuvent se compléter. On a souvent recours à la radiothérapie, qui peut être associée à la chirurgie et à la chimiothérapie, par exemple. Bien que le traitement par rayonnements ionisants soit utilisé en médecine depuis plus de 100 ans, même l'oncologie moderne n'est parfois pas satisfaite de son efficacité. La raison: les tumeurs malignes ne réagissent pas toujours de manière assez sensible aux rayonnements. « Si la sensibilité des cellules tumorales pouvait être augmentée, la radiothérapie pourrait être plus efficace et plus douce », explique Lukas Gerken, chercheur à l'Empa. En d'autres termes: Un objectif de traitement souhaité pourrait être atteint avec une dose de rayonnement plus faible qu'actuellement, ou des tumeurs particulièrement résistantes aux rayonnements pourraient même devenir

Photo: Empa

finalement sensibles aux rayonnements. L'équipe dirigée par Lukas Gerken et Inge Herrmann du Laboratoire des interactions particules-biologie de l'Empa à Saint-Gall et du Laboratoire d'ingénierie des systèmes de nanoparticules de l'ETH Zurich travaille donc avec les oncologues de l'Hôpital cantonal de Saint-Gall pour trouver des moyens de sensibiliser les cellules tumorales aux rayonnements. Les chercheurs ont jeté leur dévolu sur des nanoparticules composées d'oxydes métalliques, qui peuvent agir en tant que radiosensibilisateurs. L'équipe a maintenant réussi à produire ces radiosensibilisateurs en grande quantité et à analyser leur effet de manière plus détaillée. Les chercheurs ont récemment publié leurs résultats dans la revue scientifique « Chemistry of Materials ».

MÛRI DANS LE FEU

Dans le domaine de la recherche sur le cancer, des études sont actuellement en cours sur différentes classes de substances pour rendre l'irradiation des tumeurs plus efficace. On ne sait pas encore exactement comment fonctionnent les nanoparticules d'or ou d'oxydes métalliques plus exotiques comme le dioxyde d'hafnium dans ce contexte. On sait qu'une cascade de réactions complexes exerce un stress oxydatif dans les cellules cancéreuses. De cette façon, les mécanismes de réparation des cellules malignes peuvent éventuellement être dépassés. Afin de rendre les nanoparticules disponibles pour un usage clinique, deux obstacles ont d'abord dû être surmontés: La production par les méthodes classiques de la chimie par voie humide rend difficile la production de quantités à l'échelle industrielle, et il y a un manque d'analyses comparatives sur l'efficacité des différentes substances. Le chercheur de l'Empa Lukas Gerken a maintenant réussi à produire des radiosensibilisateurs à base d'oxydes métalliques en utilisant une méthode qui convient parfaite-

Photo: Empa

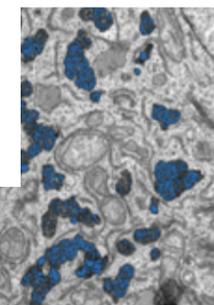
ment à une application industrielle: Il s'est appuyé sur la synthèse de flamme pour obtenir des oxydes d'hafnium, de zirconium et de titane de la plus haute qualité. « Grâce à la méthode de production, il est même possible de synthétiser plusieurs kilogrammes par jour – selon l'usine », explique Lukas Gerken. Pour les analyses de laboratoire de l'Empa, le scientifique s'est toutefois contenté de quelques grammes.

MIEUX QUE L'OR

Une fois les nanoparticules disponibles en quantités suffisantes, Lukas Gerken a pu examiner les « bijoux » en détail, par exemple à l'aide de la spectroscopie aux rayons X et de la microscopie électronique. Son verdict: « Nous pouvons produire des nanoparticules d'oxyde métallique stériles et de haute qualité qui semblent inoffensives pour les cellules saines de l'organisme », explique le chercheur. Il l'a prouvé à l'aide de cultures cellulaires qu'il a traitées en laboratoire avec différentes suspensions de nanoparticules. Les oxydes métalliques se sont accumulés en grande quantité à l'intérieur des cellules. Le dioxyde d'hafnium était en tête de liste: Ici, un demi-milliard de nanoparticules ont pénétré dans chaque cellule individuelle sans être toxiques. Par rapport aux oxydes métalliques, le nano-or a fait beaucoup moins bien à taille de particule égale: environ 10 à 30 fois moins de particules d'or ont pénétré à l'intérieur des cellules. Aussi inoffensives que soient initialement ces substances pour les cellules saines, elles déploient puissamment leurs effets lorsqu'elles sont utilisées dans les rayonnements. L'équipe a pu le démontrer en utilisant des lignées de cellules cancéreuses. Si les cultures cellulaires étaient traitées avec des oxydes métalliques puis bombardées par des rayons X, l'effet de destruction augmentait considérablement. Le dioxyde d'hafnium s'est avéré être l'outil le plus

À L'INTÉRIEUR

Les nanoparticules de dioxyde d'hafnium (colorées) s'accumulent dans les cellules cancéreuses et peuvent provoquer des dommages cellulaires après irradiation. (Microscopie électronique, post-coloration)



OUTIL BRILLANT

L'élément chimique hafnium porte le nom de son lieu de découverte, Copenhague (lat. Hafnia). Le chimiste et lauréat du prix Nobel George de Hevesy et le physicien Dirk Coster ont finalement réussi à détecter l'élément du groupe du titane en 1923 au moyen de la spectroscopie à rayons X, alors que plusieurs scientifiques, comme le lauréat du prix Nobel Niels Bohr, n'avaient auparavant que soupçonné son existence. Le hafnium n'est normalement pas présent dans le corps humain et n'est pas toxique. En oncologie, on espère que le hafnium aura un effet de soutien dans le traitement du cancer. Les premiers essais cliniques ont déjà été réalisés avec succès.

puissant: les cellules tumorales traitées avec des particules d'hafnium ont pu être éliminées avec moins de la moitié de la dose de rayonnement. Cette première étude comparative a également montré que le dioxyde d'hafnium fonctionne même quatre fois mieux que le nano-or et le dioxyde de titane. En revanche, les cellules humaines saines (appelées fibroblastes) n'ont montré aucun effet négatif des rayonnements après le traitement par nanoparticules. Ces résultats rendent Lukas Gerken confiant: « Nous allons poursuivre dans cette voie pour explorer le mécanisme d'action des nanoparticules et optimiser encore leur efficacité. » Il espère que ses études feront ainsi progresser l'application clinique des nanoparticules en radiothérapie. ■

Plus d'informations ici: www.empa.ch/web/s403

VOIR LE MONDE AVEC DES YEUX DIFFÉRENTS

La lumière infrarouge à ondes courtes (SWIR) est utile à de nombreux égards: elle permet de trier les fruits abîmés et d'inspecter les puces en silicium, et elle permet aux dispositifs de vision nocturne de fournir des images nettes. Mais jusqu'à présent, les caméras SWIR reposaient sur des composants électroniques coûteux. Des chercheurs de l'Empa, de l'EPFL, de l'ETH Zurich et de l'Université de Sienne ont développé un écran SWIR composé de huit couches seulement sur une surface en verre.

Texte: Rainer Klose



FAUX COULEURS

Le monde semble différent en infrarouge: Photos de paysages avec une caméra SWIR.

La lumière infrarouge (IR) est invisible pour les humains. Cependant, certains animaux, comme les serpents à sonnette ou les chauves-souris suceuses de sang, peuvent percevoir le rayonnement IR et l'utiliser pour trouver de la nourriture. Mais même pour les humains, la capacité de voir dans la gamme des infrarouges à ondes courtes (SWIR) serait parfois utile. Avec l'aide de la seule lumière des étoiles, on pouvait alors voir assez distinctement la nuit. Pour les mécaniciens, la chaleur d'une panne de fer à souder serait visible au premier coup d'œil. Et les marchands de fruits pourraient reconnaître la marchandise endommagée avant même que le processus de décomposition ne commence.

Mais la lumière IR a un «problème»: elle est plus faible que la lumière visible et que la lumière UV, de l'autre côté du spectre lumineux. Ainsi, alors que la lumière UV fait briller en bleu les chemises blanches et les dents des danseurs dans une discothèque – il suffit d'un colorant fluorescent dans un détergent – la lumière IR est difficile à rendre visible pour l'œil humain. En effet, les colorants peuvent convertir directement la lumière à haute énergie en lumière à basse énergie, mais pas la lumière à basse énergie en lumière à haute énergie.

UNE CAMÉRA IR COMPLÈTE SUR UNE PUCE

Les caméras IR ont donc besoin d'électronique pour capturer la lumière IR, d'un amplificateur électronique et enfin d'un écran pour afficher l'image générée artificiellement. Cela coûte de l'argent. Aujourd'hui, les caméras SWIR standard à usage industriel coûtent environ 7000 francs suisses.

Les chercheurs de l'Empa Roland Hany, Karen Strassel, Wei-Hsu et Michael Bauer ont maintenant réussi à capter la lumière SWIR avec un seul composant

et à la rendre visible. Le composant développé par l'Empa est en fait un écran OLED avec trois couches supplémentaires (voir graphique). La lumière SWIR tombe à travers une vitre électriquement conductrice sur une couche de colorant dans un photodétecteur. Là, les électrons commencent à migrer – ce mouvement migratoire est amplifié par une tension électrique. Les charges électriques migrent ensuite dans la couche OLED et y produisent un point lumineux vert. Le traitement électronique du signal par un ordinateur n'est pas nécessaire: la lumière SWIR incidente (invisible) est amplifiée «analogiquement» pour ainsi dire et affichée directement sur l'écran. La couleur de la lumière visible émise – bleu, vert, jaune ou rouge – peut être ajustée en sélectionnant le colorant dans l'OLED.

UTILE POUR LA VISION NOCTURNE ET POUR LE TRI DES HARICOTS

La lumière SWIR est utile pour de nombreuses applications dans l'industrie alimentaire, la logistique ou l'artisanat. Par exemple, on peut rendre visible la température des pointes de soudure ou surveiller le refroidissement des bords et bouteilles nouvellement fabriqués. La lumière SWIR fait paraître les objets humides plus sombres, ce qui est utile pour trier les grains de café ou les olives noires: les pierres et les objets métalliques, en tant qu'impuretés, brillent sur le tapis roulant parmi tous les fruits sombres (humides).

La clé de l'écran SWIR de Roland Hany réside dans des colorants spéciaux sur lesquels lui et ses collègues ont mené des recherches depuis longtemps. Ils sont appelés squaraine – le nom vient de la structure de base de la molécule chimique, l'acide squarique. Cette classe de colorants a été découverte dans les années 1960 et se caractérise par une couleur profonde et une bonne résis-

tance à la température. Les chercheurs ont modifié chimiquement l'acide squarique pour qu'il absorbe dans la gamme de la lumière SWIR. «Actuellement, nous travaillons avec des colorants qui absorbent à un peu moins de 1000 nanomètres», explique Roland Hany. «Mais nous travaillons déjà à déplacer l'absorption vers des longueurs d'onde plus grandes, plus loin dans la gamme IR. Si nous y parvenons, notre capteur sera capable de détecter l'eau et l'humidité bien mieux qu'aujourd'hui.»

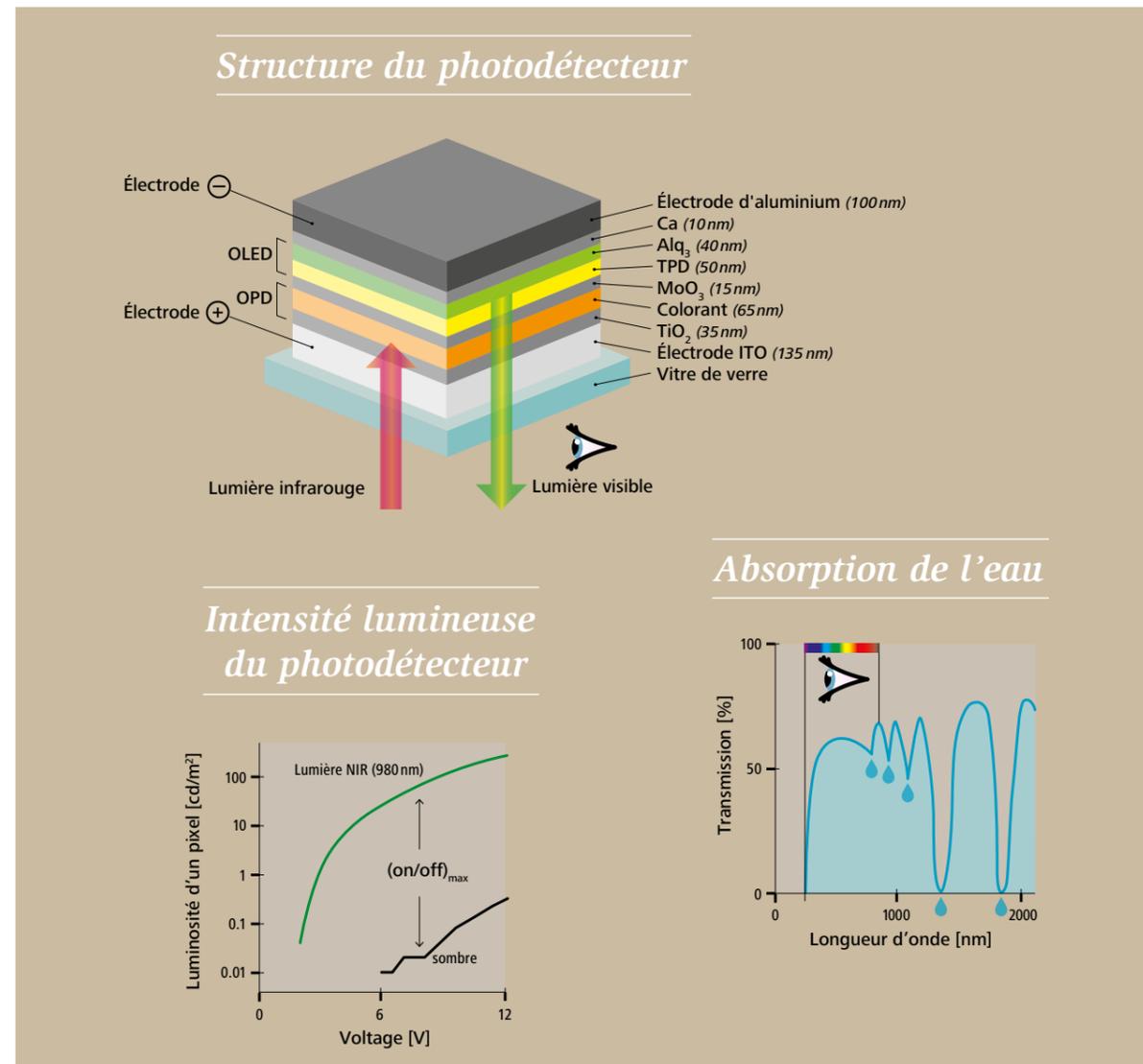
À LA RECHERCHE D'UN PARTENAIRE INDUSTRIEL

Roland Hany préfère appeler le module découvert par son groupe OUC: «organic upconversion device». En effet, elle convertit une faible lumière infrarouge en une lumière visible plus forte («conversion ascendante») et fonctionne à l'aide de fines couches de colorant issues de la chimie du carbone («organique»). L'un des problèmes est que le savoir-faire en matière de production industrielle de composants organiques et optoélectroniques se trouve principalement en Asie. Cependant, Roland Hany est confiant dans le fait que sa découverte se concrétisera bientôt: «Pour le moment, nous travaillons à augmenter la sensibilité du module et à améliorer sa stabilité à long terme.» ►

Que pouvez-vous faire avec de tels dispositifs de vision SWIR? Un film promotionnel du fabricant d'appareils photo Sony le montre:



<https://youtu.be/ms4EBbALAFM>



STRUCTURE DU PHOTODÉTECTEUR

Le photodétecteur IR est comme un sandwich de plusieurs couches. La lumière infrarouge (IR) est absorbée par le photodétecteur organique (OPD), créant des charges électriques: Électrons et trous. Les électrons se déplacent vers l'électrode positive (et transparente) (dioxyde de titane, TiO_2 /oxyde d'étain et de dium, ITO), les trous se déplacent à travers une couche de transport (oxyde de molybdène, MoO_3) dans la diode électroluminescente organique (OLED). Là, ils se combinent avec les électrons qui sont injectés via l'électrode négative (aluminium, Al/calcaim, Ca). Ce faisant, ils émettent de la lumière visible. Abréviations: TBD = N,N'-Bis(3-méthylphényl)-N,N'-diphénylbenzidine; Alq3 = Tris(8-hydroxyquinoline)aluminium

INTENSITÉ LUMINEUSE DU PHOTODÉTECTEUR

Plus la tension est élevée, plus les charges générées par la lumière IR migrent facilement dans l'OLED et s'y recombinent, émettant ainsi de la lumière visible. L'intensité de la lumière visible est exprimée en candela par mètre carré (cd/m^2). Pour les tensions élevées – ici entre six et douze volts – cependant, même en l'absence de lumière IR («obscurité»), un petit courant de fuite circule déjà, qui émet faiblement de la lumière visible. Pour obtenir le meilleur contraste d'image possible, la différence d'intensité de la lumière visible émise avec et sans rayons IR doit être la plus grande possible: «(on/off)_{max}».

ABSORPTION DE L'EAU

L'eau n'absorbe pas la lumière dans le domaine visible, elle est donc «incolor». Cependant, elle présente quelques bandes d'absorption proéminentes entre 760 nm et 2000 nm. Si, par exemple, une pomme est irradiée par une lumière IR à 1450 nm, l'eau contenue dans la pomme absorbe ces rayons, tandis que les composants non aqueux de la pomme réfléchissent la lumière IR. Ainsi, les processus de dégradation internes des pommes, par exemple, sont immédiatement visibles sous forme de taches sombres. Cela permet de trier facilement les pommes endommagées afin de les transformer directement en jus de pomme.

Plus d'informations ici: www.empa.ch/web/s209

Graphique: Empa

Photo: Shutterstock

ISOLATION À PARTIR DE BOUTEILLES VIDES

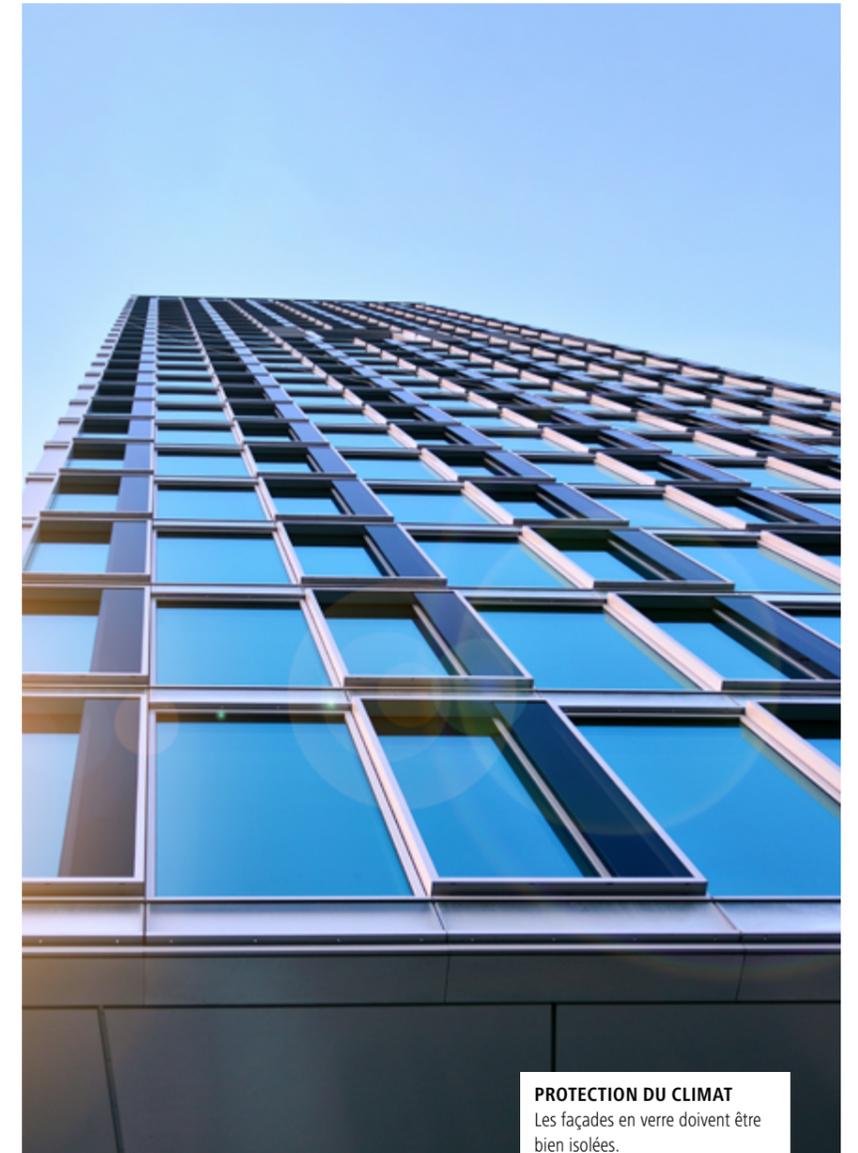
Les bandes isolantes sont essentielles pour une bonne isolation thermique des profilés de fenêtres et des façades en aluminium. Les chercheurs de l'Empa et leurs partenaires travaillent depuis un certain temps sur un nouveau type de produit «sandwich» dont le remplissage est écologique: du matériau recyclé provenant de bouteilles en PET. La mise sur le marché est maintenant imminente – avec de bonnes perspectives de succès.

Texte: Norbert Raabe

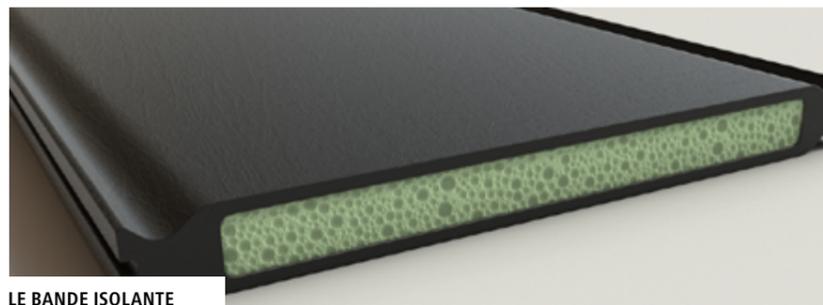
Elles sont encore mieux cachées que les vis, dont on peut au moins encore voir les têtes, mais elles sont tout aussi omniprésentes: des bandes isolantes sont collées à l'intérieur des profilés en aluminium et en métal pour les fenêtres et les vitrages de façade – comme isolateurs thermiques entre l'extérieur et l'intérieur, car sinon le froid ou la chaleur circuleraient sans contrôle à travers le métal. Un composant discret, en d'autres termes, qui devient encore plus important avec le réchauffement climatique et la nécessité de réduire les émissions de CO_2 .

Mais bien qu'elle soit établie depuis plus de quatre décennies, la bande isolante a un potentiel d'amélioration. Une équipe de l'Empa dirigée par Michel Barbezat et Giovanni Terrasi du département Génie des systèmes mécaniques travaille sur un nouveau type de produit – avec des experts de l'entreprise de construction métallique Hochuli à Wigoltingen, qui a fondé à cet effet sa propre société sœur «hochuli advanced».

Le point fort de la bande isolante «Al-pet»: à l'intérieur du plastique renforcé de fibres de verre se trouve une bande de mousse en polyéthylène téré-



PROTECTION DU CLIMAT
Les façades en verre doivent être bien isolées.

**LE BANDE ISOLANTE**

La couleur verdâtre provient de l'utilisation de PET provenant de bouteilles recyclées. En dessous : Un premier prototype de la chaussée.

**LA MÉTHODE «STEPPED ISOSTRESS»**

Comment un composant en plastique se déforme-t-il sur une période de 30 ans ou plus – sous une charge continue et de grandes différences de température? Les «essais de fluage» courants effectués en laboratoire pendant plus de 1000 heures sous des charges thermomécaniques combinées ne permettent pas de faire des déclarations sérieuses. Cependant, pour pouvoir faire des prévisions à long terme, de nouvelles méthodes ont été développées et affinées ces dernières années, dont la «Stepped Isostress Method» (SSM) que les experts de l'Empa ont appliquée à la nouvelle bande isolante. En termes simples, les déformations de nombreux essais individuels avec des charges croissantes sont additionnées pour former une «courbe maîtresse», qui fournit des informations sur de plus grandes périodes de temps. Cette procédure peut également être réalisée en une seule fois, avec des charges augmentant progressivement, et facilite l'étude simultanée de plages de températures critiques. kritische Temperaturbereiche zu untersuchen.

1000 mètres de bande isolante – et les ont finalement utilisées pour créer le prototype final qui servira de base aux produits finis. Une étape importante du processus de production a également été réalisée de cette manière: La bande se soude pratiquement d'elle-même grâce à la chaleur – sans qu'il soit nécessaire de coller un autre «joint». «C'est déjà un gros avantage», déclare Frank Hochuli, ingénieur en construction métallique, du partenaire industriel. «Il n'y a pas de points faibles locaux où le matériau pourrait se détacher. Et moins il y a d'étapes, plus le produit est bon marché.»

Un long processus qui a fini par porter ses fruits, comme le constate égale-

phtalate – PET, autrement dit, provenant de bouteilles en PET recyclées. Les nombreux pores d'air de cette couche isolent efficacement: la conductivité thermique des prototypes est en moyenne, en fonction de la largeur de la bande, d'environ 0,1 W/mK – bien moins qu'une bande isolante standard en polyamide (environ 0,25 W/mK) et aussi nettement moins que les produits haut de gamme disponibles aujourd'hui.

RÉGLER DE NOMBREUX DÉTAILS

Une approche simple, comme cela semble être le cas à première vue – mais pour transformer l'idée en produit, un travail conceptuel important a été nécessaire dans le cadre d'un projet Innosuisse. Prenons par exemple la méthode de production: après avoir testé différents procédés, les experts ont opté pour ce que l'on appelle l'extrusion, dans laquelle le plastique fondu et chauffé est pressé à travers une fente sous forme de pâte molle et façonné de

cette manière – autour de la bande de PET. Mais cela soulève à son tour des questions, par exemple sur la proportion de vides d'air dans ce «remplissage».

«Autant que possible» est la réponse, afin d'obtenir un effet isolant important. Seulement: «Trop» mettrait en danger la stabilité du brin de PET préparé, car son encastrement dans le plastique noir se fait à des températures allant jusqu'à 300 degrés et sous haute pression. Les chercheurs ont également adapté l'épaisseur de cette «coque» aux nécessités: aussi étroite que possible pour un bon effet isolant – mais suffisamment épaisse pour que la bande puisse ensuite bien résister aux contraintes mécaniques; y compris le post-traitement du profilé global fini, comme le revêtement en poudre ou l'anodisation.

À partir de nombreux échantillons, les développeurs ont distillé sept variantes pour les tester – soit un total d'environ

ment Michel Barbezat, chercheur à l'Empa. «Techniquement, nous avons certainement de très bonnes chances», dit-il. Les valeurs mesurées et le produit, qui peut être facilement recyclé malgré l'utilisation de deux matériaux, sont déjà convaincants. Et les experts sont également confiants quant à la stabilité à long terme nécessaire sur de nombreuses années, que son équipe a tenté d'estimer à l'aide d'expériences et de la méthode innovante des «Stepped Isostress» (voir encadré).

TESTS INDÉPENDANTS EN ALLEMAGNE

Michel Barbezat reconnaît qu'il n'est pas facile de convaincre une grande entreprise de systèmes qui fabrique et vend des profilés pour les fabricants de fenêtres de coopérer. «Après tout, par rapport aux grandes entreprises, nous ne sommes rien», dit-il. C'est pourquoi les partenaires ont envoyé leur bande isolante «Alpet» à l'institut de contrôle ift de Rosenheim, en Bavière, qui est une référence dans le secteur depuis des décennies.

Les experts n'ont pas seulement répété les tests suisses, mais ont également soumis les prototypes à des essais au feu, à des essais de rupture et à d'autres contraintes – par exemple, à des microfissures invisibles après 1000 heures de stockage dans l'huile ou l'acide léger, ou à une forte tension dans le sens transversal. Selon Frank Hochuli, les certifications officielles pour le comportement au feu, la capacité de charge statique et pour l'isolation thermique ont maintenant été délivrées.

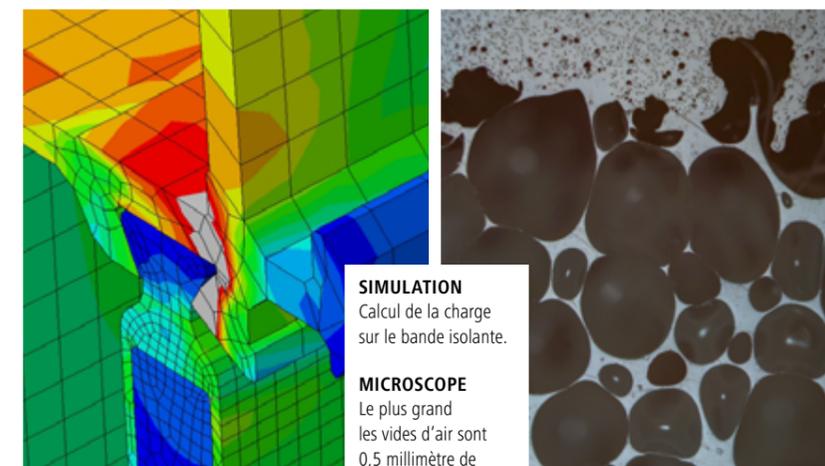
PLUS RESPECTUEUX DE L'ENVIRONNEMENT AVEC PEU D'EFFORTS

Quel effet la nouvelle bande isolante aurait-elle sur l'ensemble du système «fenêtre», y compris les vitres, les profilés en aluminium, les joints et tous les autres détails? Par rapport aux concep-

tions haut de gamme actuelles, Frank Hochuli estime que l'isolation thermique d'un nouvel immeuble de bureaux, par exemple, pourrait être améliorée de près d'un cinquième. Et comme la bande isolante, avec sa «queue d'aronde» comme raccord de montage, est compatible avec tous les systèmes courants, les solutions existantes peuvent être mises à niveau relativement facilement – par exemple, pour répondre aux exigences élevées des normes relatives aux maisons passives. «Avec les profilés en aluminium, on ne peut le faire que très difficilement de nos jours, dit-il, notre système faciliterait certainement les choses.»

Des tests détaillés sont ensuite effectués par les fabricants eux-mêmes, dans leurs propres laboratoires, avec leurs propres systèmes de profilés. Des discussions ont eu lieu à ce sujet; les premiers clients commencent déjà à faire des essais. «Je suis résolument optimiste», déclare M. Hochuli. «Sinon, je n'aurais pas fondé une entreprise pour mettre notre idée sur le marché». Mais le projet ne fera pas cavalier seul: les experts de l'Empa continueront à soutenir la bande isolante avec leur savoir-faire après de nombreuses années d'accompagnement. ■

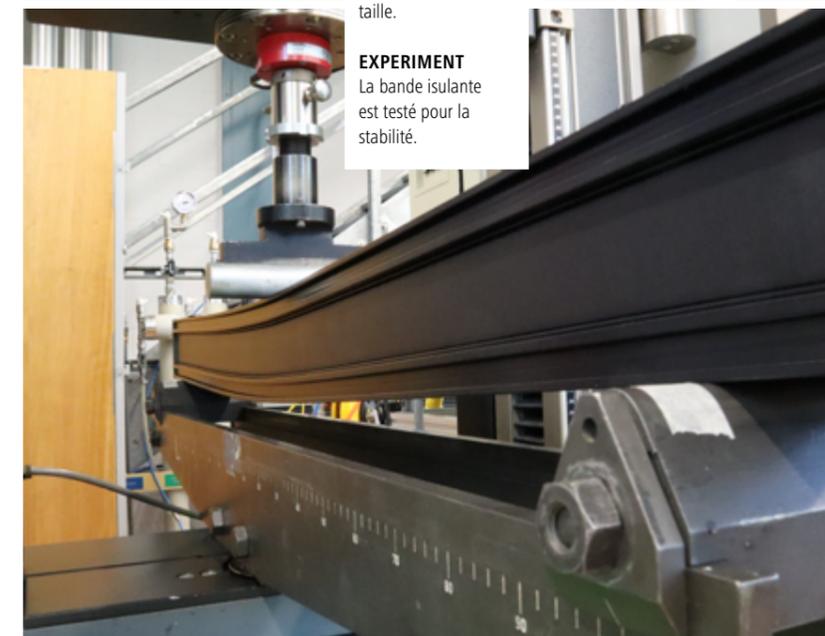
Plus d'informations ici: www.empa.ch/web/s304



SIMULATION
Calcul de la charge sur le bande isolante.

MICROSCOPE
Le plus grand des vides d'air sont 0,5 millimètre de taille.

EXPERIMENT
La bande isolante est testé pour la stabilité.



CONSTRUIRE LÉGER – EXPLOITER EFFICACEMENT



AU DESSUS
L'unité HiLo trône dans l'angle sud-ouest du bâtiment de recherche NEST.

Photo: Roman Keller

Début octobre, la dernière unité a été inaugurée dans le bâtiment de recherche et d'innovation de NEST – HiLo. HiLo est un exemple de la manière dont une architecture attrayante peut être combinée à une construction et une exploitation respectueuses en termes d'émissions et de ressources. L'unité combine des méthodes de planification et de construction innovantes pour des structures en béton efficaces avec une technologie de construction intégrée et adaptative. Le module de deux étages a été développé et réalisé par deux groupes de recherche de l'ETH Zurich en étroite collaboration avec de nombreux partenaires industriels.

Texte: Stephan Kälin

Dans la dernière unité HiLo de NEST, les principes de construction du Moyen-Âge rencontrent les méthodes de construction de l'avenir : le module de deux étages avec son toit en béton à double courbure a été planifié et construit selon les méthodes de conception et de fabrication les plus modernes. Les chercheurs de l'ETH Zurich se sont toutefois inspirés des anciens bâtisseurs de cathédrales qui savaient comment créer des structures autoportantes.

HiLo est un environnement de bureau qui sera bientôt occupé. Son nom signifie «High Performance – Low Emissions» : l'unité examine comment la construction et l'exploitation des bâtiments peuvent être conçues pour être aussi efficaces que possible en termes d'énergie et de ressources, tout en garantissant une architecture attrayante et un niveau élevé de confort pour les utilisateurs des bâtiments.

Photos: Roman Keller



L'AVANT-PROPOS
Les plafonds en béton spécial du HiLo permettent d'économiser environ 70 % de matériaux.
Ci-dessus: une fenêtre avec des panneaux solaires adaptatifs régule l'apport de chaleur de l'extérieur.



DE NOUVEAUX CONCEPTS DEVENUS RÉALITÉ

Pour réaliser HiLo - désormais le huitième module du NEST - les deux groupes de recherche de l'ETH dirigés par Philippe Block, professeur d'architecture et de structures, et Arno Schlüter, professeur d'architecture et de systèmes de construction, ont uni leurs forces. Au cours de plusieurs années de recherche, ils ont mis au point de nouveaux concepts et technologies révolutionnaires, construit des prototypes en étroite collaboration avec des partenaires industriels et perfectionné leurs idées avant que ces innovations ne soient finalement utilisées pour la première fois dans un projet de construction réel, c'est-à-dire dans HiLo.

STRUCTURES EN BÉTON ÉCONOMES EN RESSOURCES

Le toit à double courbure est particulièrement frappant, tirant sa stabilité principalement de sa géométrie. Il se compose de deux couches de béton reliées par un réseau de nervures en béton et d'ancrages en acier. Il a été construit à l'aide d'un coffrage flexible composé d'un filet de câbles tendus et d'une membrane sur laquelle le béton a été projeté. Cette méthode de construction permet d'économiser de grandes quantités de béton et de matériel de coffrage.

Pour les étages intermédiaires de l'unité à deux niveaux, les chercheurs se sont également fixé pour objectif d'utiliser

le moins de matériaux possible. La construction légère du plancher HiLo permet d'économiser plus de 70 % de matériau par rapport aux planchers en béton traditionnels. Cette économie est obtenue grâce à la structure fine et incurvée des nervures du plancher. Les méthodes de fabrication numérique utilisées permettent d'intégrer la ventilation, le refroidissement et le chauffage à basse température dans la structure des nervures, ce qui permet de réaliser des économies supplémentaires de matériau et de volume.

TECHNOLOGIE DE CONSTRUCTION AUTO-APPRENANTE

En ce qui concerne l'intégration de la technologie du bâtiment, la façade devient également de plus en plus importante. Une façade solaire adaptative développée par le groupe d'Arno Schlüter est utilisée dans l'unité HiLo. Il s'agit de 30 modules photovoltaïques qui peuvent s'aligner sur le soleil. Les modules flexibles peuvent également être utilisés pour contrôler l'incidence de la lumière du soleil dans la pièce afin de chauffer passivement ou - au contraire - de réduire le besoin de refroidissement.

La façade solaire adaptative fait partie d'une série d'éléments technologiques de construction innovants destinés à réguler efficacement le climat intérieur. Pendant le fonctionnement, les chercheurs optimisent en permanence l'interaction des différentes technologies avec la participation des utilisateurs, en utilisant l'«apprentissage automatique» pour étudier comment obtenir des conditions intérieures confortables avec le moins d'énergie et d'émissions possible. ■

Plus d'informations ici: www.empa.ch/web/nest/hilo

**AÉRÉ ET LÉGER**

Le toit autoportant et arqué a été créé en projetant du béton sur une membrane précontrainte.

DÉMOLITION ET PERCÉE

Le nouveau module NEST Sprint pose de nouvelles normes en matière d'économie circulaire dans le domaine de la construction: En dix mois seulement, des bureaux flexibles et conformes à la norme COVID-19 ont été construits en recourant essentiellement à des matériaux et des composants issus de déconstructions. Sprint montre: Le «stock» de matériaux réutilisables ainsi que le potentiel de réutilisation dans l'industrie sont énormes – il suffit de s'en servir.

Texte: Annina Schneider

**RE-USE**

Pour la façade de l'unité Sprint, les lattes de bois de la «backbone» de NEST, qui ont été démontées lors de l'insertion de la nouvelle unité, ont été réutilisées.

Avec Sprint, un nouveau module de bureau réalisée largement à l'aide de matériaux et de composants de seconde main a été inauguré récemment dans le NEST. Des cloisons démontables fabriquées à partir de matériaux récupérés partitionnent le module en douze bureaux

individuels conformes à la norme COVID-19. L'ensemble – au caractère unique – suit l'approche «design for disassembly» (voir l'encadré); ainsi, par exemple, les cloisons flexibles sont démontables, ce qui permet de regrouper les bureaux individuels en bureaux pour plusieurs personnes.

L'achèvement de Sprint devrait dissiper le scepticisme qui prévaut dans le secteur de la construction en démontrant que construire en offrant une nouvelle vie aux matériaux et aux composants est une alternative valable à la construction à partir de matériaux neufs et répond aux critères de rapidité et de flexibilité du marché. ▶

Photo: Roman Keller

Photo: Martin Zeller

«DESIGN FOR DISASSEMBLY»

«Design for Disassembly» est une approche qui prévoit le désassemblage dès la conception du projet, ce qui facilite d'une part les transformations et, d'autre part, le désassemblage final à fins de récupération des systèmes, des composants et des matériaux. On garantit ainsi que, lorsqu'un bâtiment arrive au terme de sa vie, ses composants et ses éléments pourront être efficacement réutilisés pour un nouveau cycle vie.

«Dans un monde où les ressources ne cessent de se raréfier, la construction circulaire est plus urgente que jamais et doit nous servir de base pour atteindre les objectifs fixés en matière de CO₂», souligne Enrico Marchesi, responsable de l'innovation et chef de projet pour le NEST. «Avec le module Sprint, nous nous sommes donc fixé pour objectif de trouver des solutions aussi généralement applicables que possible pour simplifier la réutilisation des matériaux.»

REPENSER LA PLANIFICATION, L'EXÉCUTION ET L'ÉCONOMIE

La construction avec des matériaux de seconde main est un processus itératif qui repose la question des matériaux disponibles à chaque étape de son déroulement. Pour qu'un projet puisse être rapidement mis en œuvre, il faut, entre autres, repenser la planification et la conduite du chantier et prévoir une certaine flexibilité du calendrier. «Le facteur temps est un grand défi dans le réemploi, car les matériaux doivent être trouvés et mis à disposition à temps. Alors que le respect du calendrier nous a initialement beaucoup préoccupé, nous avons pu trouver les matériaux de seconde main plus rapidement que les matériaux neufs! Cela s'explique principalement par la rareté actuelle des ressources, et montre également que la réutilisation n'a pas d'incidence

sur le temps de construction», explique Kerstin Müller, architecte et membre de l'équipe de direction de Baubüro in situ qui a planifié le module Sprint.

Construire avec des matériaux réutilisés nécessite également de repenser l'efficacité économique. Une part de la valeur ajoutée du réemploi est le respect ainsi manifesté pour le matériau. Hans Emmenegger, responsable de la division menuiserie chez HUSNER Holzbau, y voit de grandes opportunités: «Je trouve que le bois, par exemple, est une matière première très gratifiante. Il se laisse aisément travailler, ce qui en facilite le réemploi. Si le bois est installé de manière saine, c'est-à-dire au sec, il ne perd pas de valeur. Il peut même en prendre sur le plan esthétique.»

LE RÉEMPLOI COMME MOTEUR DE L'INNOVATION

Construire de la sorte exige non seulement une certaine souplesse dans les projets et leur exécution, mais aussi une plus grande flexibilité dans leur conception. Les projecteurs doivent être conscients, par exemple, que les matériaux trouvés influenceront le résultat final. «Sprint démontre de manière impressionnante que la réutilisation de matériaux n'est en aucun cas un obstacle au design, mais qu'avec de la créativité, on peut créer des éléments auxquels on n'aurait initialement pas pensé. Les différentes cloisons en sont un bon exemple. Certaines ont été construites en briques de récupération, d'autres à partir de vieux livres et d'autres encore à partir de vieux tapis», souligne Oliver Seidel, architecte et membre de l'équipe de direction de Baubüro in situ.

Ainsi, la cloison de séparation en moquette a été développée pour Sprint par Jonas Schafer, chasseur de composants chez Baubüro in situ. Elle est entièrement démontable. Les chercheurs de l'Empa

en ont testé l'isolation aux bruits aériens dans le laboratoire d'acoustique. Ayant fait ses preuves au niveau acoustique, elle est maintenant testée dans les bureaux du Sprint (voir l'encadré).

EXPLOITER LES OPPORTUNITÉS ET RECONNAÎTRE LES LIMITES

Sprint n'a pas encore démontré que le réemploi était intrinsèquement meilleur marché. Cependant, pour Oliver Seidel: «Dès qu'un marché de matériaux et des composants de seconde main comparable au marché classique se sera établi, les avantages en termes de coûts s'ajouteront. En outre, je pense qu'il est souhaitable d'instaurer une taxation du CO₂ sur les matériaux neufs, laquelle donnerait un coup de pouce aux

MEILLEURE ISOLATION ACOUSTIQUE DES VIEUX TAPIS

Les chercheurs de l'Empa ont testé dans leur laboratoire d'acoustique les propriétés d'isolation aux bruits aériens de la cloison en moquette spécialement conçue pour Sprint. Elle a été installée entre deux locaux d'essai et sa transmission des sons aériens mesurée. Les résultats obtenus en fonction de la fréquence ont été utilisés pour calculer l'indice d'affaiblissement acoustique pondéré (Rw).

Plusieurs mesures ont permis aux chercheurs d'identifier la manière dont les pans de moquette devaient être pliés pour assurer une isolation acoustique optimale. Dans le meilleur des cas, les chercheurs ont obtenu une isolation acoustique de 26dB, soit beaucoup mieux que, par exemple, les cloisons mobiles des bureaux collectifs.

Cette cloison innovante et s'inscrivant dans une économie circulaire a sa place partout où les bâtiments doivent faire preuve de flexibilité ou lorsqu'il s'agit d'installations provisoires.

«Nous avons besoin d'une taxe sur le CO₂ qui rende les nouveaux matériaux plus chers et soulage les matériaux usagés.»

matériaux de seconde main et en soulignerait la valeur ajoutée écologique.»

La réutilisation offre également de nouvelles possibilités. Ainsi, certains matériaux ou éléments de construction

réemployés comme la pierre naturelle ou les portes coupe-feu à fermeture automatique se font subitement abordables. En outre, ces matériaux peuvent également être intégrés dans une comptabilité des économies de CO₂.

Pour ce qui concerne les pompes, les vannes et autres composants techniques, la question est de savoir si leur réutilisation se justifie en termes de garantie et de durée de vie. Il est tout à fait possible qu'il soit plus judicieux de se procurer

des composants neufs. Le contrôle de la durée de vie de ces éléments techniques est possible, mais il est long et coûteux. «Le défi de la construction avec des matériaux de seconde main est de trouver un équilibre entre ce qui est techniquement faisable et ce qui a du sens», explique Maïke Stroetmann, responsable du département BIM CAD chez Bouygues Energies & Services. ■

Plus d'informations ici: www.empa.ch/web/nest/sprint



VIEUX ET FLEXIBLE
Les cloisons entre les bureaux sont faites de vieux livres, de briques de récupération et de dalles de moquette et peuvent être facilement démontées si nécessaire.

Photos: Martin Zeller

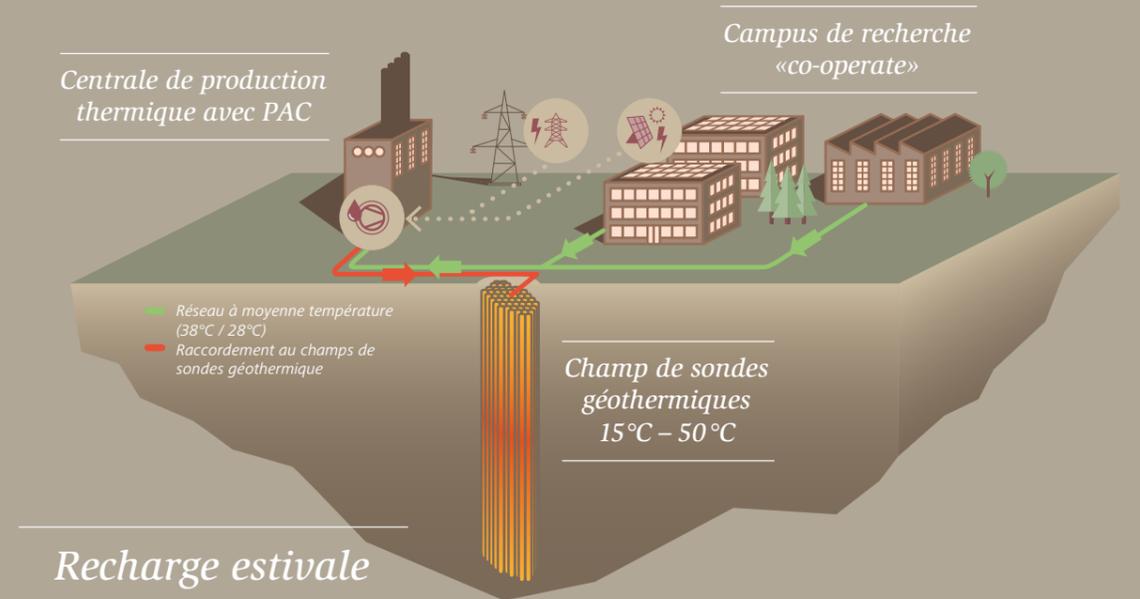
DÉPÔT DE CHALEUR DANS LE SOL

Le campus de recherche d'avenir «co-operate» est en cours de construction à l'Empa à Dübendorf. Il s'agit d'un complexe immobilier dans lequel sont menées des recherches de pointe et qui est lui-même un objet de recherche. En effet, une installation expérimentale de stockage d'énergie saisonnière est en cours de construction sous le site, qui fournira de l'énergie non seulement aux nouveaux bâtiments, mais aussi à l'ensemble du site de l'Empa. En été, par exemple, la chaleur perdue de la ventilation et des équipements de laboratoire sera stockée – afin d'être utilisée en hiver pour le chauffage ou la production d'eau chaude sanitaire. L'objectif est soit d'utiliser directement environ 90 % de la chaleur résiduelle produite, soit de la stocker temporairement dans l'installation de stockage au sol. L'Empa entend ainsi réduire au minimum les émissions de CO₂ de ses bâtiments et poser ainsi un jalon important pour un avenir énergétique durable.

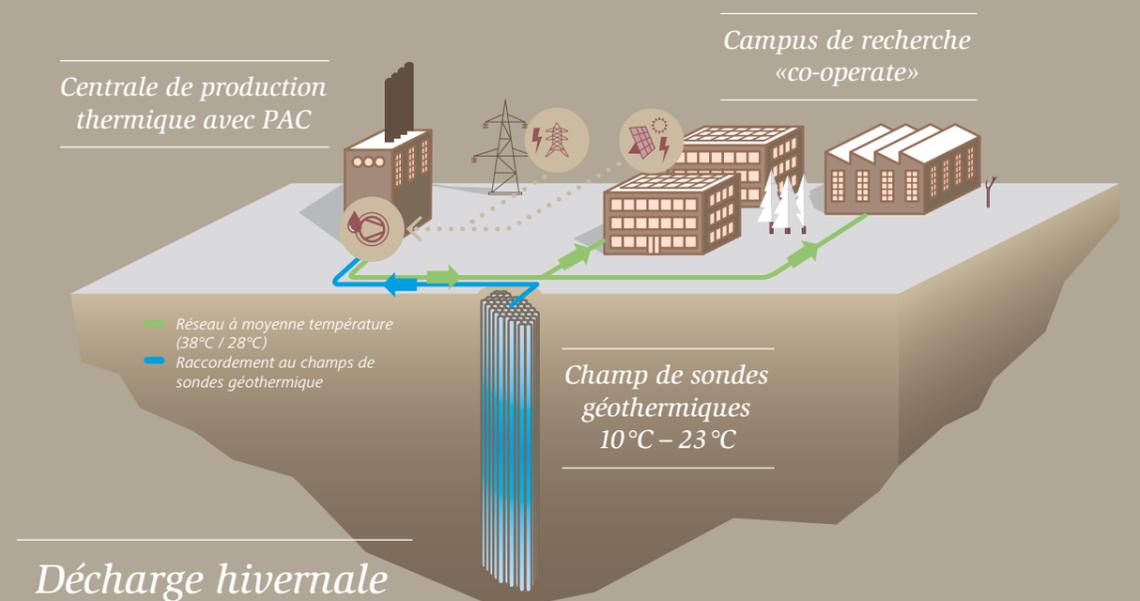
L'Empa pourra utiliser l'installation de stockage de chaleur pendant une période de dix ans principalement à des fins de recherche. Le réservoir de chaleur – un champ de sondes géothermiques avec un gradient

de température – comprend 144 sondes géothermiques qui atteignent jusqu'à 100 mètres de profondeur dans le sol. À cette profondeur, le réservoir de stockage fonctionne de manière particulièrement efficace, ne perdant qu'une faible quantité de la chaleur stockée dans l'environnement. Au centre du champ de l'échangeur de chaleur du forage, les températures maximales peuvent atteindre 50°C, et au bord, les valeurs sont d'environ 10°C. En utilisant un système de tubes, il est possible de contrôler chaque tube de l'échangeur de chaleur de forage individuellement ou également des zones définies et ainsi d'obtenir le mélange optimal entre température, efficacité et stockage d'énergie.

Bien qu'un tel système de stockage terrestre soit très efficace, il est également lent en raison de sa masse importante. Les chercheurs de l'Empa partent du principe que la température finale de fonctionnement sera atteinte après environ trois à quatre ans.



Recharge estivale du champs de sondes géothermique



Décharge hivernale du champs de sondes géothermique

Graphique: Empa

SAUVER LE CLIMAT AVEC DU BÉTON



CONFIANCE
Moslem Shahverdi avec des morceaux de fil qui pourraient rendre le béton plus écologique.



Les scientifiques sont des visionnaires. Parfois, leurs idées vont plus loin que ce qu'un partenaire industriel est prêt à faire. Le Fonds pour l'avenir de l'Empa a pour but de soutenir précisément de tels projets visionnaires où, malgré un risque élevé – ou précisément à cause de celui-ci – on peut s'attendre à des succès retentissants. Le dernier exemple en date est un projet de recherche sur le béton précontraint à haute performance, qui peut désormais être développé grâce au financement de la Fondation Ernst Göhner.

Texte: Rainer Klose

il y a aussi beaucoup à gagner». Depuis 2008, Masoud Motavalli a approché à plusieurs reprises des organismes de financement et des entreprises industrielles avec cette idée, pendant longtemps sans succès. Le Fonds pour l'avenir de l'Empa a réussi à convaincre la Fondation Ernst Göhner de le financer. Cela signifie que ce projet ambitieux peut enfin voir le jour. «Nous sommes très heureux et reconnaissants qu'avec ce financement de démarrage généreux et courageux de la Fondation Ernst Göhner, nous puissions nous fixer un grand objectif: La protection du climat à l'aide de matériaux de construction intelligents du futur», déclare Gabriele Dobenecker de l'équipe de recherche de fonds de l'Empa. Le soutien de fondations, mais aussi les dons privés au Fonds pour l'avenir de l'Empa, permettent de réaliser de tels projets visionnaires et revêtent donc une grande importance pour l'Empa. ■

Plus d'informations ici:
www.empa.ch/web/zukunftsfonds



Photos: Empa

La production de béton représente environ 9 % des émissions mondiales de CO₂. Si nous voulons lutter contre le changement climatique, nous avons donc besoin de nouveaux types de béton qui durent plus longtemps, produisent moins de gaz à effet de serre et sont peut-être même si stables qu'il est possible de construire des structures plus minces, c'est-à-dire économes en matériaux. Les chercheurs de l'Empa ont une idée à ce sujet: un béton autoportant pourrait-il être la solution ?

Les chercheurs expérimentent déjà des éléments en béton armé qui ne sont pas tendus hydrauliquement mais par la chaleur. Moslem Shahverdi du département «Ouvrages d'art» de l'Empa voudrait aller plus loin: De petits morceaux de fil de fer de deux à trois centimètres de long sont répartis dans le béton. Si ces fils, qui sont fabriqués dans un alliage spécial – appelé alliage à mémoire de forme (SMA) – sont chauffés, ils se contractent. On pourrait ainsi créer un béton qui se précontraint dans toutes les directions de l'espace «en

appuyant sur un bouton». Et il serait beaucoup plus solide et durable que le béton armé classique, comme nous l'utilisons depuis 140 ans. Des chercheurs de deux autres départements de l'Empa soutiennent Moslem Shahverdi : les experts du département «Béton et asphalte» développent des mélanges de béton ayant une empreinte CO₂ plus faible. Les collègues du département «Ingénierie des systèmes mécaniques», qui sont spécialisés dans le calcul de la résistance des composants de petite et grande taille, peuvent suggérer à Moslem Shahverdi des configurations d'essai particulièrement prometteuses à l'aide de simulations par éléments finis. Cela réduit considérablement le nombre d'expériences réelles, et les chercheurs atteignent plus rapidement leur objectif.

LE COURAGE DE PRENDRE DES RISQUES, Y COMPRIS DE LA PART DES SUPPORTERS.

Il s'agit d'un projet classique «à haut risque et à haut gain», déclare Masoud Motavalli, qui dirige le département de recherche «Structures d'ingénierie». «Le risque d'échec est élevé, mais

Empa
1880
2020

Le livre sur l'Empa.
La recherche en temps de changement.
Pour la Suisse.
Depuis 140 ans.

BIEN PLUS QUE DES MATÉRIAUX



Une brève histoire de l'Empa: Quelles sont les origines de l'Empa? Comment le vénérable institut d'essai sur les matériaux est-il devenu un institut de recherche exceptionnel de pointe de réputation internationale? Quel est aujourd'hui l'axe de recherche de l'Empa? Quelles sont les innovations sortantes de ses laboratoires? Comment l'Empa soutient-elle l'industrie suisse dans un environnement de plus en plus compétitif? Et quels sont les défis de l'avenir? Vous êtes curieux?

«BIEN PLUS QUE DES MATÉRIAUX» fournit des réponses – une incursion passionnante dans un pan de l'histoire suisse, abondamment illustrée par plus de 120 photos, illustrations et grands graphiques.

CHF 36.– plus frais d'expédition, 216 pages, 125 images et illustrations, 4 infographies dépliantes, ISBN: 978-3-905594-70-6

Commandez maintenant: www.empa.ch/web/s604/beyond-materials

Empa
Materials Science and Technology

AVEC UN ŒIL POUR LE PLUS PETIT

En tant que directeur du Centre de microscopie électronique, Rolf Erni concilie de nombreuses tâches: contrats industriels, promotion de la relève scientifique, enseignement, aide aux chercheurs des autres départements de l'Empa. Et une recherche fondamentale fascinante, pour laquelle il est aujourd'hui honoré du titre de «Distinguished Senior Researcher» de l'Empa.

Texte: Norbert Raabe

Si vous cherchez sur Google ce que fait Rolf Erni, vous devez vous attendre à des mots polysyllabiques. «Nous utilisons l'imagerie à résolution atomique, principalement en mode STEM, combinée à la spectroscopie de perte d'énergie des électrons (EELS), à la spectroscopie par rayons X à dispersion d'énergie (EDX) et à l'holographie électronique hors axe» – des éléments de réflexion tirés du site Web anglophone du Center for Electron Microscopy, qui sont susceptibles de faire froncer les sourcils même des chercheurs expérimentés.

«Ce n'est pas de la science infuse», aime à dire Rolf Erni, comme il l'a fait récemment lors d'une conférence sur ses travaux. Cette litote rassurante est probablement due à l'époque où il faisait de la recherche aux États-Unis. En d'autres termes, il ne s'agit pas d'une super recherche réservée à quelques privilégiés, ni d'une impossibilité pour les personnes normalement douées. Il s'agit plutôt du travail quotidien des «microscopistes», comme Rolf Erni appelle la guilde à laquelle il appartient depuis environ 20 ans – avec curiosité, diligence et des publications très appréciées dans des revues et des livres spécialisés. En bref: avec succès.

Non, cette carrière n'était pas prévue. Après avoir obtenu son doctorat en science des matériaux à l'ETH Zurich, Rolf Erni souhaitait à l'origine se diriger directement vers l'industrie, avant de «dériver», comme il le dit lui-même. Il a d'abord passé une année postdoctorale au National Center for Electron Microscopy en Californie, puis, à partir de 2004, il a travaillé pour FEI, un important fabricant de microscopes électroniques. Son travail consistait à contribuer à la naissance d'un nouveau type d'appareil, y compris son introduction sur le marché.

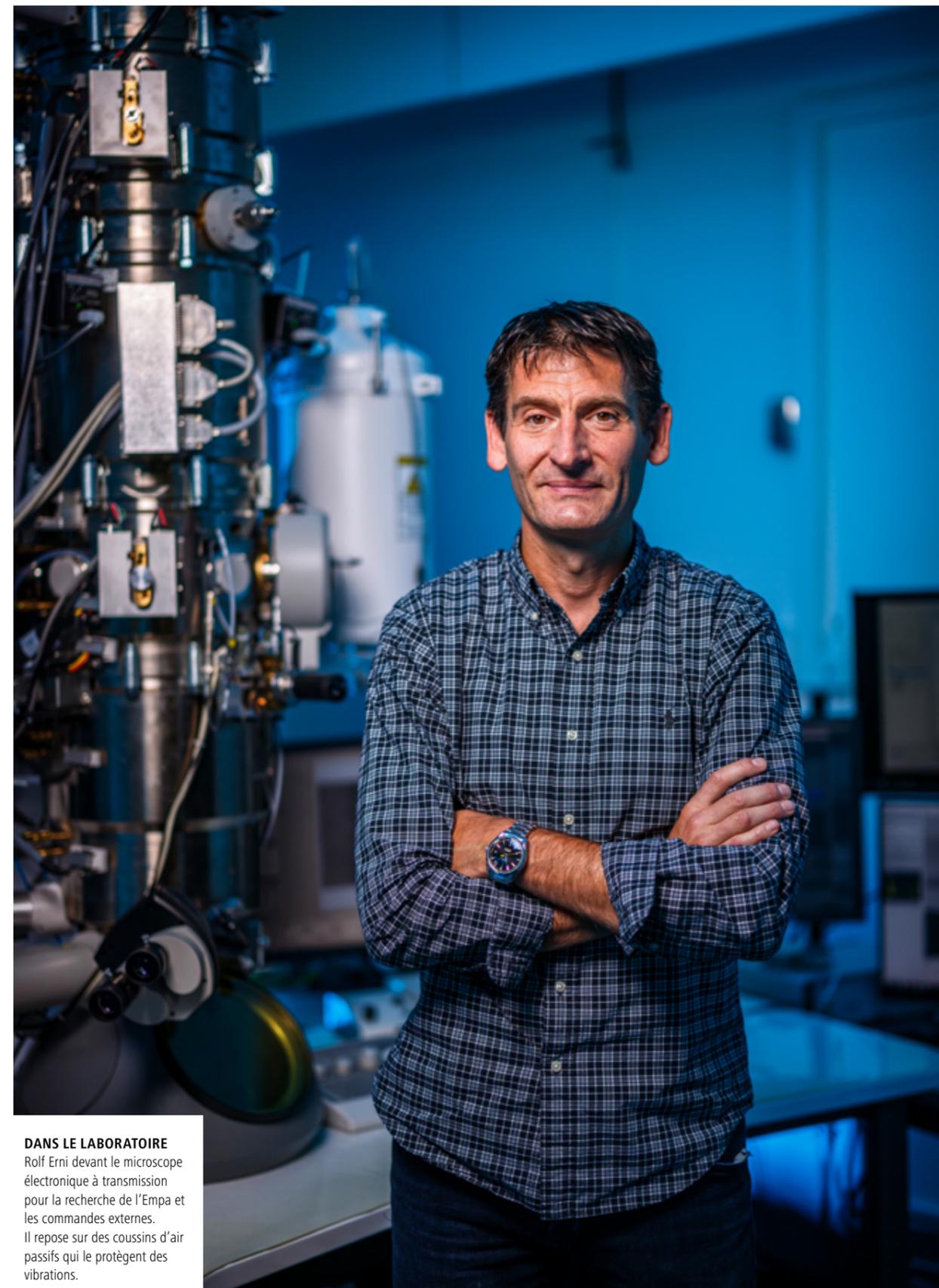
Ce microscope devait être «super-stable» et – par analogie avec les dispositifs optiques – réduire les «tremblements» même minimes pour permettre des résolutions plus élevées. Il fallait également trouver des solutions pour les détails peu visibles. Par exemple, les lentilles électromagnétiques en forme d'anneau qui focalisent le faisceau d'électrons – analogue au faisceau lumineux d'un microscope optique – contiennent un fil de cuivre qui s'échauffe sous un courant continu. «Il doit être refroidi avec de l'eau», explique Rolf Erni, «et les vibrations de l'eau qui y circule ont pu être critiques pour la stabilité».

LE SUCCÈS ? RESTER À LA PAGE

Il a donc appris à connaître son outil au fil des années – de l'intérieur comme de l'extérieur – et a vécu l'évolution rapide qui s'est produite en deux décennies en tant qu'acteur: des corrections d'aberration qui ont éliminé le «flou» causé par des électrons excessivement déviés aux premières caméras CCD dans les années 1990. Comme en photographie, ils ont remplacé les films qui avaient enregistré les électrons après leur pénétration dans l'échantillon ultrafin. Et de l'avancée vers une résolution atomique de moins d'un dixième de nanomètre aux nouveaux détecteurs qui capturent directement les électrons individuels.

«Il y a toujours quelque chose de nouveau!» dit Rolf Erni, «alors c'est vraiment vrai que si vous ne suivez pas, vous rouillez». Ces petits et grands pas ont ouvert la voie aux projets actuels, comme «Cluster» du programme de recherche européen Horizon2020, qui pose une question fascinante: comment la matière est-elle créée? Ou plus précisément: comment se forment les premiers «noyaux» de solides comme les cristaux?

Un angle mort de la recherche – et une opportunité pour l'équipe de l'Empa. «Si vous comprenez ces processus, ►

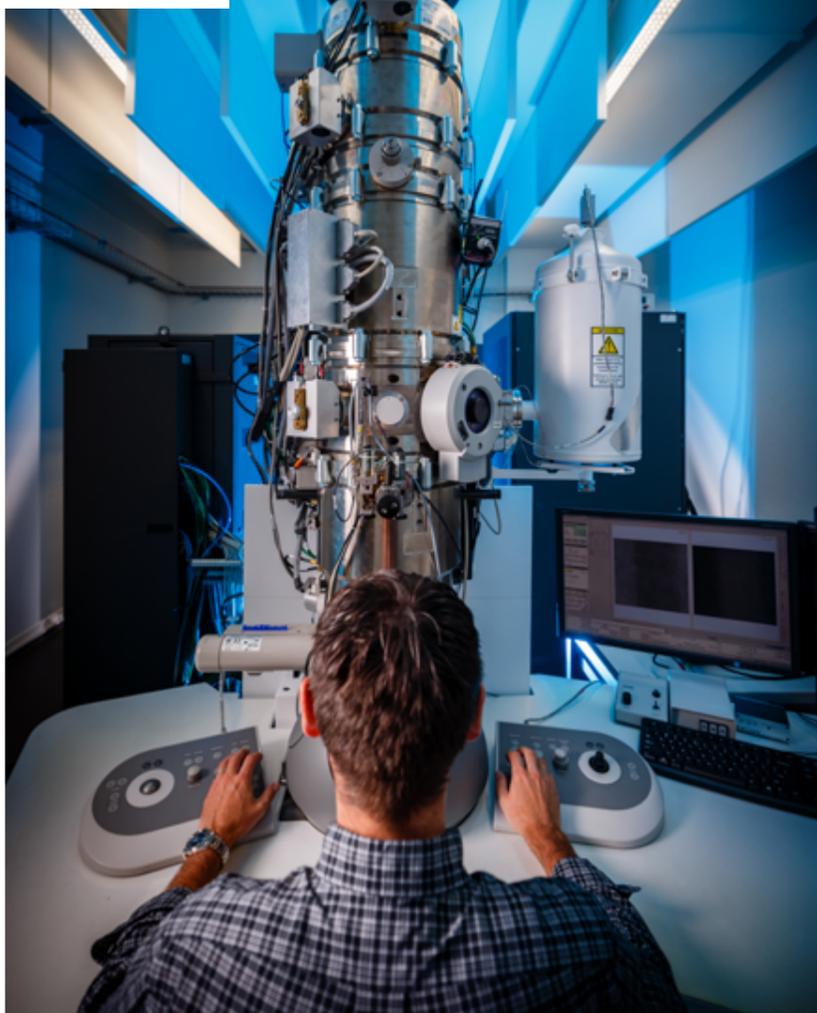


DANS LE LABORATOIRE
Rolf Erni devant le microscope électronique à transmission pour la recherche de l'Empa et les commandes externes. Il repose sur des coussins d'air passifs qui le protègent des vibrations.

Photos: Nicolas Zorivi

APERÇU

Dans l'espace de travail, le microscope électronique à transmission est protégé des champs d'interférence électromagnétique afin que les résultats des mesures ne puissent pas être falsifiés.



ROLF ERNI

CARRIÈRE: Après ses études, postdoc au National Center for Electron Microscopy, Californie, puis comme expert chez le fabricant FEI à Eindhoven. En tant que chercheur à l'Université d'Anvers et à nouveau en Californie. Depuis 2009, il dirige le Centre de microscopie électronique de l'Empa.

SCIENCE: Formation en science des matériaux à l'ETH Zurich, recherches diverses en microscopie électronique, publication d'articles techniques et de livres, conférences à l'ETH Zurich, membre de comités techniques.

bone, et ensuite nous regardons: Que leur arrive-t-il quand on les chauffe ou qu'on les irradie avec des électrons ?»

Le tout est réalisé à l'aide de techniques STEM (microscopie électronique à transmission à balayage), en «balayant» le faisceau sur les échantillons, et ce jusqu'à 150 images par seconde, de sorte que chaque mouvement moléculaire soit capturé et qu'aucune phase ne soit manquée. «Ce n'est pas vraiment compliqué, c'est juste que personne ne l'a fait auparavant», explique le directeur du laboratoire. «Et personne n'a osé faire ce 'scan super rapide'.»

L'équipe a monté les enregistrements sous forme de courtes vidéos. Ils montrent comment différentes structures de platine se forment: des amas ordonnés de 6 à 25 atomes – comprenant souvent une structure très compacte que le platine possède également à l'état solide. Dans l'étape suivante, les experts l'ont essayé dans l'environnement plus complexe d'un liquide, où des phénomènes similaires ont été observés: les atomes se sont formés dans ce que les experts appellent un «état cristallin quasi fondu».

Comment Rolf Erni expliquerait-il cela à son fils ? Que la matière dans cet état «oscille» sous différentes formes ? «Oui, exactement», approuve-t-il – et il trouve rapidement une image plus précise. «Ou comme déformer un tas de perles magnétiques dans votre main. Et dans le processus, des formations ordonnées émergent de temps en temps.»

LA DIVERSITÉ COMME VERTU DU CHERCHEUR

L'étude de ces bases, les contrats industriels, la formation de dizaines de chercheurs de l'Empa venant d'autres départements afin qu'ils puissent utiliser les microscopes électroniques pour leurs travaux: Être à la fois un chercheur et un assistant - n'est-ce pas un peu trop ? Non, dit le directeur du laboratoire, au contraire: il trouve les diverses connaissances intéressantes pour son équipe,

«C'est comme déformer un tas de perles magnétiques dans votre main.»

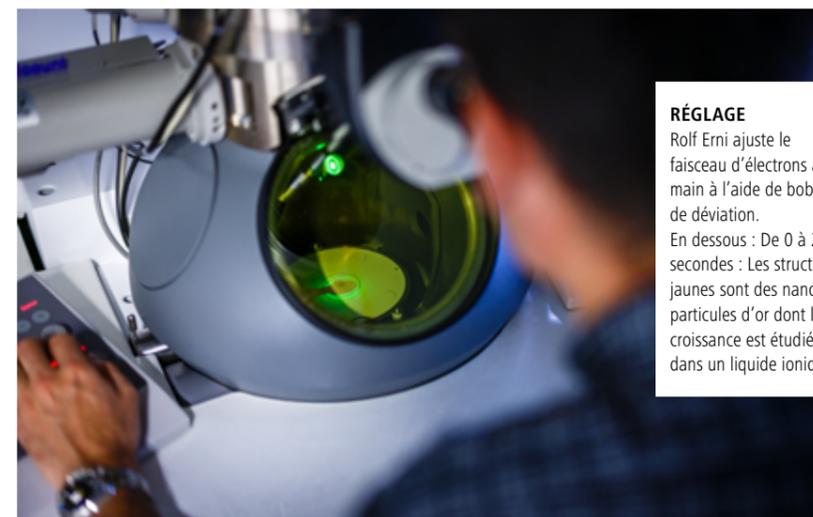
qu'il a constituée à partir de 2009 – ce qui était à l'époque une motivation essentielle pour rejoindre l'Empa.

Le laboratoire a commencé avec 2,5 postes à temps plein, il en compte aujourd'hui une dizaine. Qu'il s'agisse des batteries à haute performance, des nouveaux alliages ou des ciments neutres en CO₂ du futur: la demande d'expertise des microscopistes va continuer à croître – et dans les discussions entre experts sur les futurs «centres de services», Rolf Erni plaide également pour une recherche indépendante. Bien sûr, il est important d'avoir des centres pour que les gens puissent faire prendre des mesures, es-

LA MICROSCOPIE ÉLECTRONIQUE À L'EMPA

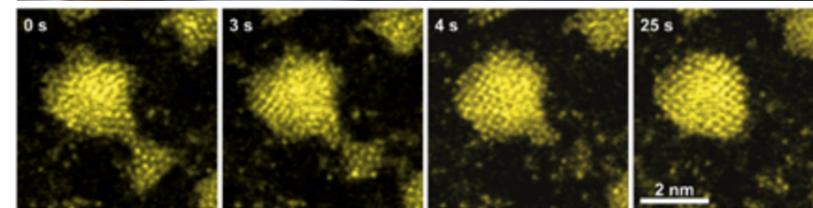
Quatre instruments sont actuellement utilisés à l'Empa. Tout d'abord, il existe deux microscopes électroniques à balayage qui déplacent le faisceau de manière ciblée sur l'objet à étudier; l'interaction des électrons avec l'échantillon est calculée et transformée en une image. Ces appareils sont principalement utilisés pour l'analyse des matériaux. Les deux microscopes électroniques à transmission fonctionnent selon un principe de base différent: les électrons

penètrent dans la partie préparée de l'échantillon, comme s'ils traversaient une feuille, et produisent l'image sous-jacente – selon la méthode, jusqu'à une résolution atomique. Ces appareils sont principalement utilisés dans la recherche. Outre le projet «cluster» sur la formation et la croissance des cristaux, important par exemple pour les catalyseurs, l'équipe de l'Empa travaille sur les oxydes complexes, qui jouent un rôle important dans des technologies telles que les nouveaux types de composants électroniques et les supports de stockage.



RÉGLAGE

Rolf Erni ajuste le faisceau d'électrons à la main à l'aide de bobines de déviation. En dessous : De 0 à 25 secondes : Les structures jaunes sont des nanoparticules d'or dont la croissance est étudiée dans un liquide ionique.



vous pourriez être en mesure de les contrôler», déclare le chercheur avec un enthousiasme audible. «Et puis, il pourrait aussi être possible de faire croître sélectivement des matériaux aux propriétés favorables. Ou même ceux qui ne se produisent pas du tout dans la nature.» Bien sûr, le chemin à parcourir est encore long, ajoute-t-il. S'il y en a un ... – la recherche fondamentale.

UNE BONNE EXPLICATION

L'équipe a fait ses premiers pas en laboratoire avec des atomes de platine, car les métaux précieux lourds semblent avoir un contraste plus élevé sous le microscope électronique, c'est-à-dire qu'ils sont faciles à «voir». Comment Rolf Erni expliquerait-il cela à son fils de huit ans, qui a déjà visité le laboratoire avec sa classe? «Nous mettons des atomes de platine sur un lit de car-

time-t-il, mais aussi pour pouvoir essayer quelque chose de nouveau, dit-il, «et pour avoir la liberté de ne pas avoir à facturer chaque heure de microscope».

En microscopie électronique, l'outil avec ses possibilités et ses pièges est, après tout, également un objet de recherche. Le bricolage de nouvelles procédures en est une partie indissociable – et les jeunes talents dotés de

créativité et du perfectionnisme nécessaires sont aussi précieux que dans toute autre discipline. «Vous avez donc des personnes super formées dans votre équipe et tout ce qu'elles font, c'est du service ?» dit Rolf Erni. «Ce n'est presque pas possible.»

Plus d'informations ici: www.empa.ch/web/s299

Photos: Nicolas Zorivi

Photos: Empa, Nicolas Zorivi

BONHEUR ET MALHEUR DANS UN LIEU IDYLLIQUE

Dans la petite rivière Spöl, à l'extrême sud des Grisons, on trouve des sédiments contaminés par des PCB. Le produit chimique provient du revêtement anticorrosion d'une centrale hydroélectrique vieux de 50 ans; il s'écoule en aval avec l'eau du Spöl – jusqu'à la mer Noire. Maintenant, la petite rivière doit être nettoyée. Ce qui est contesté, c'est la mesure dans laquelle cela doit être fait et qui va payer pour cela. Les analyses de l'Empa jouent un rôle central à cet égard: elles montrent quelle quantité de PCB est cachée dans quelles parties du Spöl.

Texte: Rainer Klose

La chance et la malchance se côtoient souvent dans la nature sauvage d'un parc national. Le 20 septembre 2020, un garde forestier du Parc national suisse a trouvé un hibou grand-duc mort sur le bord d'un sentier de randonnée près de la petite rivière Spöl. L'oiseau a certainement connu une fin malheureuse: une aile était cassée et le hibou grand-duc était émacié et ne pesait plus que 1,3 kilogramme, soit moins de la moitié de son poids normal, comme l'ont révélé des examens ultérieurs. Le fait que l'oiseau ait été retrouvé, d'un autre côté, était une chance. Normalement, les animaux morts dans la nature sont emportés et mangés en quelques heures par des renards ou des oiseaux de proie.

Maintenant, les choses avancent. La carcasse a été examinée au Centre de médecine des poissons et des animaux sauvages de l'Université de Berne. Afin de détecter d'éventuels résidus de poison dans le corps de l'oiseau, les spécialistes ont envoyé les entrailles du hibou grand-duc

à l'Empa. «Le matériau de l'échantillon n'était déjà pas très frais», se souvient Markus Zennegg, chimiste au département des technologies analytiques avancées. Mais lorsqu'il a examiné les premiers échantillons dans le spectromètre de masse, il a été surpris. «L'appareil a montré des concentrations que je n'aurais pas cru possibles. La charge en polychlorobiphényles (PCB) particulièrement toxiques de cet oiseau était de 20 microgrammes par kilogramme de graisse, soit des milliers de fois plus que les valeurs normales pour les animaux sauvages.» Markus Zennegg a dû diluer à nouveau les échantillons et les faire passer une seconde fois dans sa machine pour pouvoir déterminer correctement la concentration.

POLLUANTS PROVENANT D'UNE CENTRALE HYDROÉLECTRIQUE

Le PCB du hibou grand-duc du parc national n'était pas totalement inattendu. La petite rivière Spöl, où l'oiseau a été trouvé, tire son eau du Lago di Livigno. Le lac est endigué par le barrage de Punt da Gall, qui appartient à Engadiner Kraft-

werke AG (EKW). Et c'est précisément là que le bât blesse: lors de la construction du barrage à la fin des années 1960, on a utilisé une peinture anticorrosion contenant des PCB, qui s'est depuis lentement usée et a contaminé l'eau du Spöl. Ici aussi, chance et malchance se côtoient: en 1970, le barrage et la centrale électrique sont mis en service.

pollution atteint jusqu'à un demi-mètre de profondeur dans les sédiments.

Il est possible qu'une première vague plus importante de PCB ait déjà été distribuée dans les sédiments lors d'une inondation de boue dans le Spöl en 2013. Un deuxième incident s'est produit en 2016: une entreprise d'assai-

nissement a stocké des déchets issus de travaux de sablage dans le mur du barrage, qui ont été emportés par le vent lors d'une tempête et transportés dans le Spöl. La compagnie de la centrale électrique a signalé cet accident à l'autorité environnementale. L'Empa suit l'affaire depuis lors. Markus Zennegg analyse les poissons et a mis au point des échantillonneurs passifs spéciaux, très sensibles, qui permettent de mesurer la teneur en PCB de l'eau du réservoir. La consommation de poissons provenant du Spöl est interdite depuis 2017: Les poissons du Parc national suisse dépassent d'un facteur quatre la teneur en PCB autorisée pour l'alimentation.

MUR DU BARRAGE

Le barrage de Punt da Gall sur le Lago di Livigno a été achevé en 1970. Certaines des conduites d'eau sont protégées par une peinture anti-rouille contenant des PCB – ce qui était encore autorisé à l'époque.

Deux ans plus tard seulement, en 1972, les substances contenant des PCB ont été interdites en Suisse «dans les systèmes ouverts». Pendant 50 ans, l'eau du barrage a transporté très lentement les polluants en aval et les a déposés dans les bancs de sable et les plaines inondables. À certains endroits, la

pollution atteint jusqu'à un demi-mètre de profondeur dans les sédiments. Il est possible qu'une première vague plus importante de PCB ait déjà été distribuée dans les sédiments lors d'une inondation de boue dans le Spöl en 2013. Un deuxième incident s'est produit en 2016: une entreprise d'assai-

nement a stocké des déchets issus de travaux de sablage dans le mur du barrage, qui ont été emportés par le vent lors d'une tempête et transportés dans le Spöl. La compagnie de la centrale électrique a signalé cet accident à l'autorité environnementale. L'Empa suit l'affaire depuis lors. Markus Zennegg analyse les poissons et a mis au point des échantillonneurs passifs spéciaux, très sensibles, qui permettent de mesurer la teneur en PCB de l'eau du réservoir. La consommation de poissons provenant du Spöl est interdite depuis 2017: Les poissons du Parc national suisse dépassent d'un facteur quatre la teneur en PCB autorisée pour l'alimentation.

Il existe plusieurs substances dans le groupe des PCB. L'Empa a détecté du PCB 126 dans le cadavre du hibou grand-duc de la vallée du Spöl, une substance qui n'est qu'environ dix fois moins toxique que la fameuse dioxine TCDD de Seveso. Cette substance affaiblit le système immunitaire et le métabolisme hormonal, endommage les organes reproducteurs et peut provoquer des cancers.

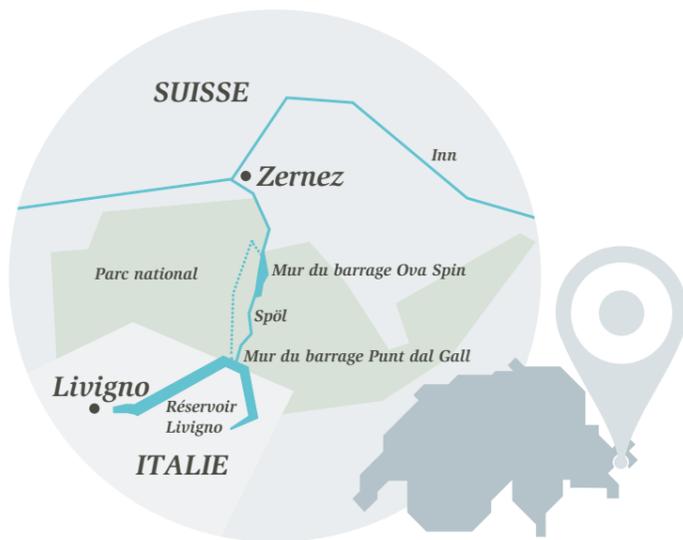
Les êtres humains sont également touchés par la pollution par les PCB. Ce produit chimique n'est pratiquement pas dégradé dans l'environnement et existe depuis des siècles. L'Agence européenne de sécurité des aliments (EFSA) estime qu'une personne ne devrait pas ingérer plus de deux picogrammes de ces PCB de type dioxine par kilogramme de poids corporel par semaine. La valeur est calculée à partir de la qualité du sperme. Les citoyens suisses consomment déjà 14 picogrammes de PCB par semaine, soit sept fois plus que la recommandation de l'EFSA.

RÉHABILITATION RÉPÉTÉE AVEC SUCCÈS

Alors, que faut-il faire? Les avis sont partagés à ce sujet. Toutes les parties concernées - la société de production d'électricité EKW, le service de l'environnement du canton des Grisons et l'administration du Parc national suisse - sont d'accord pour dire que la bombe à retardement que constituent les PCB dans le cours supérieur de la petite rivière Spöl doit être désamorcée le plus rapidement possible. Après tout, l'eau coule de là dans l'Inn, puis passe par Innsbruck, Kufstein, Rosenheim et Passau pour se jeter dans le Danube – et de là dans la mer Noire. ►



Photo: Schweizerischer Nationalpark



TOSBECKEN
Le premier bassin derrière le barrage a été 2017 à titre d'essai réhabilités: Les grains de sable fins ont été filtrés, brûlés dans une gravière, puis réinstallés dans le bassin.

Les 60 premiers mètres derrière le barrage, appelés bassin de tranquillisation, ont déjà été réhabilités à titre expérimental en 2016. «Le sable fin, dont la granulométrie est inférieure à 3 millimètres, a été filtré, brûlé dans une gravière, puis réinstallé dans le bassin», explique Ruedi Haller, directeur du Parc national suisse. «Cette méthode permet d'éliminer environ 90% de la contamination par les PCB.»

Reste à savoir combien de kilomètres de la petite rivière Spöl devront être ainsi assainis. En février 2021, l'autorité environnementale du canton des Grisons a ordonné l'assainissement de 2,9 kilomètres du cours supérieur du Spöl. L'autorité du parc national, en revanche, exige que l'ensemble du cours de la rivière soit nettoyé sur 5,8 kilomètres (voir encadré «Situation juridique peu claire»). Plus en aval, la contamination par les PCB n'est plus aussi grave qu'en amont, mais elle reste nettement trop élevée pour un parc national.

LA SITUATION JURIDIQUE N'EST PAS CLAIRE

Un conflit juridique a éclaté entre la société de centrales électriques EKW, le Parc national suisse et le bureau de l'environnement du canton des Grisons. EKW avait déjà proposé de financer à l'avance les assainissements ordonnés par le canton et de régler le différend sur les coûts plus tard. Beaucoup de choses ne sont pas claires: l'entreprise d'assainissement devra-t-elle payer pour l'accident de 2016? Le cas sera-t-il traité comme un site industriel contaminé ou en vertu des lois sur la protection des eaux? Michael Roth, le directeur de l'EKW, voit les choses ainsi: «Le cas du Spöl n'est guère comparable à d'autres pollutions environnementales connues. En conséquence, les autorités ne peuvent pas se référer à d'autres cas comparables, ce qui a un impact négatif sur la sécurité juridique. Il sera inévitable que l'une ou l'autre question doive être clarifiée par les tribunaux.»

Le directeur du parc national Ruedi Haller ne pense pas seulement à l'eau des rivières lorsqu'il appelle à un nettoyage total, mais aussi aux animaux sauvages qui accumulent le poison dans leur corps. «Si les animaux meurent, leurs territoires sont pris dans d'autres zones, la population s'y amenuise, et la vallée du Spöl agit comme un puits de population. Le Spöl empoisonné peut donc avoir des effets considérables si les animaux migrants transportent le PCB sur de vastes zones.» Or, c'est exactement le contraire de ce que devrait être un parc national selon la loi: un endroit où des espèces animales rares trouvent un habitat intact et influencent positivement d'autres populations en dehors du parc national.

UNE VISITE S'IMPOSE – LE PLUS TÔT POSSIBLE

L'Empa va continuer à surveiller le stress subi par les poissons et la faune du parc national au moyen d'analyses chimiques. Une visite du cours de la rivière vaut la peine d'être effectuée au plus tôt: dès que la réhabilitation commencera, le Spöl

se transformera en chantier pendant deux à trois ans, indique le directeur du parc national Ruedi Haller. «Nous resterons dans le lit de la rivière elle-même autant que possible, avec des excavatrices et des dumpers, afin de détruire le moins possible la zone environnante. Une gravière mobile accompagnera le chantier de construction, filtrant le sable fin des sédiments pollués et le brûlant sur place pour que nous puissions le remettre en place.»

À la fin, le lit de la rivière sera volontairement inondé plusieurs fois avec l'eau du réservoir pour redistribuer le sable propre et effacer les traces des travaux de construction. «Quelques années plus tard, la nature aura reconquis le paysage. Mais alors sans pollution par les PCB», dit Ruedi Haller. «Nous pourrions alors transmettre le parc national aux générations suivantes en toute conscience.» ■

Plus d'informations ici: www.empa.ch/web/s502



PANNEAU D'AVERTISSEMENT
Sur un sentier de randonnée près de la rivière Spöl, un garde forestier a trouvé ce hibou grand-duc mort.



REDÉVELOPPEMENT
Après la fin des travaux de construction, la nature le lit de la rivière. La photo provient du réhabilitation du procès en 2017.

Photos: Schweizerischer Nationalpark / Graphique: Empa

Photos: Schweizerischer Nationalpark

FAIRE LE PLEIN D'HYDROGÈNE – À L'OLMA

À quoi ressemblera la station-service du futur? Avec l'expansion croissante des systèmes photovoltaïques, il y aura un surplus d'énergie renouvelable en été qui pourra être converti en hydrogène – un carburant particulièrement adapté aux véhicules lourds tels que les camions. Du 7 au 17 octobre, l'Empa et ses partenaires présenteront sur un stand de l'OLMA à St-Gall les possibilités de production et de ravitaillement en hydrogène. Outre les informations utiles sur les carburants durables et les réponses aux questions, les visiteurs auront également l'occasion d'agir eux-mêmes – avec un simulateur de réservoir et la «voiture à hydrogène» Hyundai NEXO Fuel Cell. En outre, une bicyclette électrique de Linde fonctionnant au H2 sera exposée.



www.empa.ch/web/move

ESPOIR
L'hydrogène est encore rarement utilisé aujourd'hui, mais à l'avenir, il pourrait contribuer grandement à la mobilité durable.

«SWISS GREEN ECONOMY SYMPOSIUM» AVEC L'EXPERTISE DE L'EMPA

BIEN FRÉQUENTÉ
Présentation très suivie: Gian-Luca Bona donne des impulsions pour un approvisionnement énergétique durable en tant que «Changemaker».



«La durabilité a besoin d'esprits ingénieux»: telle était la devise du «Swiss Green Economy Symposium» qui s'est tenu à Winterthour du 1er au 3 septembre – avec des experts de l'économie, de la recherche et de la politique. Le directeur Gian-Luca Bona a apporté le point de vue de l'Empa à un événement sur la production d'énergie durable et l'acquisition de ressources minérales. Dans sa présentation intitulée «Changemaker Impulse», il a souligné la nécessité de disposer de matériaux plus nombreux et différents pour la production d'énergie renouvelable, ainsi que la nécessité de récolter, de stocker et d'utiliser l'énergie de manière écologique pour le développement durable de notre société. Le public a appris ce que les chercheurs de l'Empa apportent à cet égard avec des exemples concrets comme les batteries imprimées et biodégradables. Anna Krutikov, responsable du développement durable chez Glencore, Christoph Wiedmer, co-directeur de la Société pour les peuples menacés Suisse, et Monica Rubiolo, responsable de la promotion commerciale au Secrétariat d'État à l'économie (SECO), ont participé à la discussion qui a suivi.

<https://sges.ch/>

Photos: Empa / LifeFair, Swiss Green Economy Symposium

Photo: Empa

PETIT GLOBE EN CÉRAMIQUE



RÉCOMPENSÉ
Le globe photographié par la chercheuse de l'Empa Evgeniia Gilshtein.

Lors de la «Swiss NanoConvention» en juin, ce ne sont pas seulement des posters et une start-up qui ont été récompensés, mais aussi des photos: un hommage aux présentations réussies de la recherche sur les nanotechnologies. Le jury a attribué la deuxième place à Evgeniia Gilshtein, chercheuse à l'Empa, pour une sphère colorée d'un dixième de millimètre de diamètre seulement. La structure irrégulière des grains a été créée par un processus de recuit avec des lampes flash qui ne prend que deux millisecondes environ. À l'origine, la sphère était constituée de particules d'oxyde d'aluminium de taille micrométrique et de particules d'oxyde de fer de taille nanométrique mélangées à de l'eau. Le résultat a inspiré Evgeniia Gilshtein pour son utilisation dans le traitement d'images pour en faire notre planète, ce qui convient parfaitement à l'année 2021, que les Nations unies ont déclarée «Année internationale de la paix et de la confiance». La première place a été attribuée à Nadine Leisgang de l'Université de Bâle, la troisième à Filippos Kapsalidis de l'ETH Zurich.

www.empa.ch/web/s207

SÉMINAIRES DE L'ACADÉMIE DE L'EMPA

(en allemand et en anglais)

27. OKTOBER 2021

Forum: Future of Industries 2021

Zielpublikum: Industrie und Wirtschaft

www.fuw-forum.ch/future-of-industries-2021

Gottlieb Duttweiler Institut, Rüschlikon

5. NOVEMBER 2021

Kurs: Tribologie

Zielpublikum: Industrie und Wirtschaft

www.empa-akademie.ch/tribologie

Empa, Dübendorf

17. NOVEMBER 2021

Kurs: Neue Trends in der Fügetechnologie

Zielpublikum: Industrie und Wirtschaft

www.empa-akademie.ch/fuegetech

Empa, Dübendorf

25. NOVEMBER 2021

Technology Briefing: Advanced Manufacturing

Zielpublikum: Forschung und Industrie

www.empa.ch/web/tb/am

Paul Scherrer Institut, Villigen

25. NOVEMBER 2021

Seminar: Kohlenstoffaserverstärkte Kunststoffe im Bauwesen

Zielpublikum: Baufachleute, ArchitektInnen

www.empa-akademie.ch/rfa

Empa, Dübendorf

30. NOVEMBER 2021

Workshop: Analytik als Antwort auf material-spezifische Fragen

Zielpublikum: Industrie und Forschung

www.empa-akademie.ch/solserv

Empa, St. Gallen

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



A

Nicht frankieren
Ne pas affranchir
Non affrancare

Geschäftsantwortsendung Invio commerciale-risposta
Envoi commercial-réponse



Empa
Redaktion Empa Quarterly
Überlandstrasse 129
8600 Dübendorf
Switzerland



A

Nicht frankieren
Ne pas affranchir
Non affrancare

Geschäftsantwortsendung Invio commerciale-risposta
Envoi commercial-réponse



Empa
Redaktion Empa Quarterly
Überlandstrasse 129
8600 Dübendorf
Switzerland

ABONNEZ-VOUS GRATUITEMENT

Empa Quarterly

RECHERCHE & INNOVATION



www.empa.ch/web/s604/subscribenews

ABONNEMENT CADEAU POUR :

Allemand

Anglais

Français

Adresse Madame Monsieur

Prénom, Nom _____

Société, Institut _____

Rue, n° _____

NAP, lieu _____

Pays _____

E-mail _____

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.