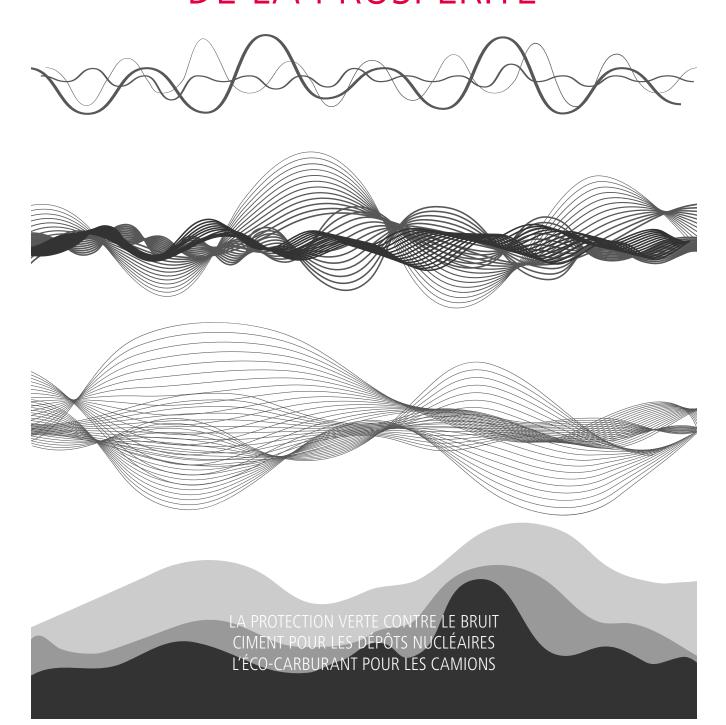
Empa Quarterly

RECHERCHE & INNOVATION II #69 II OCTOBRE 2020

FOCUS

LE CÔTÉ SOMBRE DE LA PROSPÉRITÉ



[CONTENT]

[FOCUS: LE CÔTÉ SOMBRE DE LA PROSPERITÉ]











[FOCUS]

12 DÉPÔTS NUCLÉAIRES Le bon ciment pour le stockage final

16 POUSSIÈRES FINES La poussière de frein

est-elle dangereuse?

18 PROTECTION CONTRE LE BRUIT Un regard sur la verdure aide à lutter contre le harcèlement

20 CARBURANTS ISSUS DE L'ÉLECTRICITÉ L'éther diméthylique comme carburant pour les camions

[THÈMES]

08 INTERVIEW Peter Wick à propos de ses recherches sur la couronne à l'Empa

24 FIBRES INTELLIGENTES

Avertissement visuel pour la fatique des matériaux

28 PORTRAIT Pietro Lura veut rendre le béton et l'asphalte respectueux du climat

32 TECHNOLOGIE ALIMENTAIRE Les fruits sèchent plus rapidement grâce au vent [RUBITS]

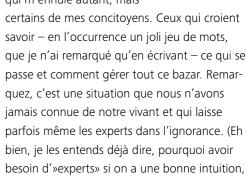
04 LA PHOTO

06 BRIÈVEMENT

34 EN ROUTE

Cher lecteur,

Je dois l'admettre: le virus me tape gentiment sur les nerfs Mais en fait, ce n'est pas un virus à ARN à moitié mort qui m'ennuie autant, mais



quelques herbes ou un chapeau en aluminium).

DES EXPERTS

AUTOPROCLAMÉS

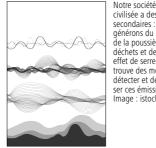
Aucun des experts que je connais ne pense tout savoir, et encore moins moi. Mais je pense que nous serions bien avisés de nous faire à nouveau confiance, au lieu de nous disputer et de nous dénigrer dès que quelqu'un ose être en désaccord. Écouter, réfléchir, poser des questions et, oui, même persévérer patiemment de temps en temps n'est pas la pire stratégie (à moins de se retrouver soudain face à un lion affamé).

Tout cela n'a rien à voir avec le numéro actuel du Quarterly qui se concentre sur la quantité de «déchets» que nous produisons avec notre mode de vie avide d'énergie – et bien sûr avec ce que nous avons imaginé, à l'Empa, pour y remédier.

Mais il fallait que je m'en débarrasse – et en tant que rédacteur, on peut prendre ce genre de liberté de temps en temps. (PS: à la page 8, vous pouvez lire ce que les scientifiques de l'Empa font pour combattre la pandémie – et ainsi boucler la boucle, du moins thématiquement).

Bonne lecture! Votre MICHAEL HAGMANN

[COUVERCLE]



civilisée a des effets secondaires : nous générons du bruit, de la poussière, de déchets et des gaz à effet de serre. L'Empa détecter et de minimi ser ces émissions mage: istockphoto

myclimate myclimate.org/01-20-809406













www.paul-and-cat.com CONTACT: Tel. +41 58 765 47 33 empaquarterly@empa.ch www.empaquarterly.ch

[IMPRESSUM]

Überlandstrasse 129

8600 Dübendorf, Schweiz

LAYOUT: PAUL AND CAT.

RÉDACTION: Empa Kommunikation

ÉDITEUR: Empa

www.empa.ch

PUBLICATION: publié quatre fois par an PRODUCTION:

rainer.klose@empa.ch

ISSN 2673-1746 Empa Quarterly (édition française)



4 I EMPA QUARTERLY II OCTOBRE 2020 II EMPA QUARTERLY I 5

LES VOITURES ÉLECTRIQUES EN FEU SONT-ELLES DANGEREUSES?



Que se passe-t-il si une voiture électrique prend feu dans un tunnel routier ou dans un parking souterrain? Dans la galerie d'essai de Hagerbach, les chercheurs de l'Empa, en collaboration avec l'expert en sécurité des tunnels Lars Derek Mellert, ont mis le feu aux éléments de batterie de voitures électriques, analysé la répartition de la suie et des gaz de combustion ainsi que les résidus chimiques dans l'eau d'extinction.

www.empa.ch/web/s604/brandversuch-elektroauto

REVÊTU L'algue bleu-vert Spirulina, dont la forme rappelle celle d'un minuscule thermoplonaeur. s'y prêtait particulièrement bien pour la bio-modélisation, car sa structure compacte en spirale contribue à l'utilisation efficace de la lumière du soleil.

MINI-CENTRALES ÉNERGÉTIQUES À PARTIR D'ALGUES BLEUES

Les alques bleu-vert sont parmi les plus anciennes créatures vivantes de la planète et ont perfectionné l'utilisation de la lumière du soleil depuis des milliards d'années. Les chercheurs en matériaux de l'Empa ont maintenant équipé ces organismes unicellulaires frugaux de revêtements semi-conducteurs pour créer des mini-centrales énergétiques qui fournissent des biocarburants et deviennent photocatalytiquement actives à la lumière du soleil. Et en plus, les réactions se combinent pour former un cycle de matières premières fermé.

www.empa.ch/web/s604/spirulina

LE MICRO-MATÉRIAU DE CONSTRUCTION DU FUTUR

L'aérogel est un excellent isolant thermique. Jusqu'à présent, cependant, il a surtout été utilisé à grande échelle, par exemple dans la technologie environnementale, dans les expériences physiques ou dans la catalyse industrielle. Les chercheurs de l'Empa ont maintenant réussi à rendre les aérogels accessibles à la microélectronique et à la mécanique de précision. Cela ouvre de nombreuses nouvelles possibilités d'application, par exemple dans la microélectronique, la robotique, la biotechnologie et la technologie des capteurs.

www.empa.ch/web/s604/aerogel-als-mikrobaustoff





NOUVELLE STATION DE MESURE DE L'AIR À DÜBENDORF

Si la qualité de l'air s'est améliorée en Suisse, elle n'est pas encore assez bonne. Afin de poursuivre la longue série de mesures des polluants atmosphériques à Dübendorf (ZH), la Confédération a complété son réseau national d'observation des polluants atmosphériques (NABEL) par une nouvelle station de mesure. D'une part, cette station permettra de savoir si les mesures de lutte contre la pollution atmosphérique portent leurs fruits et, d'autre part, elle servira de plate-forme pour les activités de recherche sur de nouveaux appareils de mesure et polluants atmosphériques.

www.empa.ch/web/s604/nabel-station-2020

«ESSENTIELS POUR LA STRATÉGIE DE VACCINATION»

Des efforts sont déployés dans le monde entier pour lutter contre le coronavirus SRAS-CoV-2. Les vaccins et les masques de protection sont d'une importance capitale dans ce contexte. Peter Wick, chercheur à l'Empa et directeur du Laboratoire des interactions entre les particules et la biologie à St-Gall, commente dans la Trimestrielle les études sur les anticorps qui sont cruciales pour le développement d'un vaccin COVID-19 et de la prochaine génération de matériaux protecteurs textiles qui inactiveront ou même tueront les coronavirus.

Interview: Andrea Six

Actuellement, une recherche fébrile pour un vaccin contre le coronavirus est en cours. Une étude sur les anticorps, à laquelle votre équipe a participé, a maintenant fourni des informations sur l'immunité au virus. Quelles leçons pouvez-vous tirer de ces résultats?

Peter Wick: Dans le cadre de l'étude menée auprès de 160 personnes ayant contractéle COVID-19 avec des symptômes plutôt légers, nous avons analysé les taux d'anticorps dans le sang sur une période de douze semaines en collaboration avec le Centre de médecine de laboratoire (ZLM) et le Département cantonal de la santé de Saint-Gall. Ce qui nous a inquiétés, c'est que la réponse immunitaire au virus a commencé à décliner cinq semaines seulement après l'infection. Par conséquent, si

l'on devait être à nouveau vulnérable au virus corona deux mois seulement après l'infection, comme le suggèrent nos données, «l'immunité collective», souvent citée, serait remise en cause. En effet, une protection globale de la population basée sur l'immunité d'un grand nombre de personnes ayant contracté le virus ne pourrait plus avoir lieu.

Qu'est-ce que cela signifie pour une future vaccination COVID-19?

Ces résultats sont essentiels pour la stratégie de vaccination COVID. En effet, un vaccin est conçu pour provoquer une réponse immunitaire dans l'organisme en simulant une infection, créant ainsi une protection durable. Sur la base de nos données, il est donc concevable qu'une vaccination COVID n'offre qu'une pro-



.000



PETER WICK

CARRIÈRE: Après des études de biologie et un doctorat à l'Université de Fribourg, Wick a rejoint l'Empa en 2002. L'expert en biologie cellulaire et moléculaire dirige le laboratoire Particles-Biology Interactions depuis 2014.

RECHERCHE: Wick a donné des conférences pendant plusieurs années à l'EPF de Zurich sur «la qualité de l'air et la santé» et, en tant que président, a coordonné des projets scientifiques tels que le CCMX Materials Challenge «Nano Screen» et des conférences comme la Swiss NanoConvention.

tection relativement courte. Toutefois, cela dépend bien sûr aussi du type de vaccin et de l'intervalle entre les rappels.

Toutes les personnes infectées réagissent-elles de la même manière avec une réponse immunitaire qui diminue relativement rapidement?

Non, cela ne semble pas être le cas. Nous avons constaté que la tendance à une diminution de la réponse immunitaire est plus prononcée chez les hommes que chez les femmes. Bien que une étude sur 160 personnes sur une période de 12 semaines offre un large et long aperçu du processus d'infection, en comparaison avec d'autres études sur COVID-19, les caractéristiques statistiquement significatives des sous-groupes, c'est-à-dire l'âge, le sexe, etc., ne peuvent pas être déterminées.

Une poursuite de l'étude est-elle donc prévue?

L'étude actuelle a montré une première tendance. Nous voulons maintenant examiner de plus près les réactions immunitaires avec le ZLM. En ce qui concerne la médecine personnalisée, l'enquête sur les sous-populations de personnes

infectées est un aspect important. Les stratégies de vaccination peuvent donc être différentes pour différents patients ou groupes de patients, par exemple en fonction de l'âge, du sexe ou des facteurs de risque. Dans le prolongement de l'étude sur les anticorps, nous voulons maintenant élargir le nombre de personnes participant à l'expérience et recueillir davantage de données sur une plus longue période. Nous voulons également observer un autre aspect de la réponse immunitaire: la défense immunitaire cellulaire. En effet, il existe déjà des indications selon lesquelles les cellules immunitaires impliquées et leurs substances messagères réagissent également différemment au coronavirus chez l'homme et la femme.

L'Empa est fortement impliquée dans le consortium ReMask. Quels progrès peut-on attendre dans le développement des masques?

Nous travaillons – avec des partenaires industriels, des cliniciens et le réseau ReMask – sur une nouvelle génération de matériaux de protection. Il s'agit notamment de masques avec un revêtement antiviral. Cela implique toute une série de possibilités qui permettent d'inactiver ou même de détruire les virus, comme les nano-revêtements ou les fonctionnalisations de surface. Mais d'autres textiles peuvent également être dotés de fonctions de protection. Les rideaux antiviraux, les vêtements pour le personnel de santé, les salopettes ou les housses de siège dans les moyens de transport sont également un problème dans nos considérations sur les nouveaux types de matériaux de protection. Nous sommes en échange constant avec nos partenaires de l'industrie et de la recherche pour identifier les besoins de nouvelles solutions efficaces. De cette manière, l'industrie suisse peut être à la pointe du développement de produits.

L'Empa a élaboré des recommandations pour les masques communautaires textiles. Ces masques en tissu lavable sont-ils également écologiques?

Nous prévoyons actuellement d'étudier les masques en tissu et les masques jetables dans le cadre d'analyses comparatives complètes et d'établir des analyses du cycle de vie. Parce qu'il y a des questions importantes qui vont au-delà de l'efficacité réelle des masques. Il s'agit notamment des aspects liés à la santé et à la sécurité. Les fibres sont-elles abîmées dans la machine à laver et les fragments de fibres brisées se retrouvent-ils dans les eaux usées? Respire-t-on des nanoparticules qui se détachent des masques enduits? Nous étudions ces questions en collaboration avec le laboratoire Technologie et société de l'Empa. Nous bénéficions également de notre modèle pulmonaire déjà établi ALI, abréviation de «Air Liquid Interface Exposure System». Grâce à l'ALI, nous pouvons, par exemple, étudier comment les cellules pulmonaires réagissent aux particules en suspension dans l'air de la même manière que lorsque nous respirons.

La pandémie actuelle peut-elle aussi apporter des aspects positifs pour la recherche de demain?

Même au début de la pandémie du coronavirus, nous avons pu tirer parti de notre infrastructure de recherche de premier ordre et de notre vaste réseau pour traduire le plus rapidement possible les nouvelles idées en applications cliniques pratiques, comme nous le faisons chaque jour en tant que «foyer d'innovation». Dans l'ensemble, cependant, il faut dire qu'une telle situation constitue un énorme défi pour la société – mais aussi une opportunité pour le paysage de la recherche. Il a été démontré que la recherche en Suisse s'est rapprochée pendant la crise et a

répondu avec souplesse aux besoins de la société. Pour notre recherche, cela s'est traduit par une augmentation des solutions numériques et a renforcé nos efforts pour utiliser des analyses de données de grande taille afin de compléter le travail expérimental et le travail de nos partenaires cliniques.

En outre, nous sommes en train d'établir une méthode qui sera également applicable aux futures demandes. Par exemple, les fabricants de matériaux de protection doivent faire tester leurs produits pour leur effet protecteur contre les virus pendant la phase de développement. Jusqu'à présent, il

«Un revêtement spécial sur les textiles pourrait détruire les virus»

s'agissait d'une procédure complexe qui ne pouvait être réalisée que dans des laboratoires spéciaux. Nous voulons accélérer ces étapes de développement en mettant au point des méthodes alternatives, telles que l'utilisation de virus inactivés et inoffensifs qui sont équipés de signaux colorés et qui s'allument dès que les agents pathogènes ont été neutralisés par un revêtement. Une fois cette méthode établie, les développeurs de produits pourront examiner leurs matériaux à un stade précoce sans avoir à faire appel à un laboratoire de haute sécurité. Les tests d'efficacité avec des virus infectieux ne seront nécessaires que pour l'approbation finale

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

[FOCUS: LE CÔTÉ SOMBRE DE LA PROSPERITÉ]

MODÉLISER L'ÉTERNITÉ

Le ciment est l'un des matériaux clés pour le stockage sûr des déchets radioactifs. Ce qu'il faut, c'est une durée de vie presque infinie pour les conteneurs. Les chercheurs de l'Empa analysent donc les systèmes de matériaux qui peuvent faire face à cette tâche.

Texte: Andrea Six



poursuit ses projets de recherche, elle sait qu'elle ne
vivra pas assez longtemps
pour voir le résultat final:
100 000 à un million d'années devraient être la durée de vie de ce sur
quoi elle travaille. La chercheure du
laboratoire «Béton & Asphalte» de
l'Empa étudie les matériaux à base
de ciment qui se prêtent à l'élimination des déchets radioactifs.

orsque Barbara Lothenbach

Selon la loi fédérale sur l'énergie nucléaire, les dépôts en couches géologiques profondes en Suisse doivent recevoir à l'avenir des déchets nucléaires de faible, moyenne et haute activité. Pour cela, il faut disposer de couches rocheuses stables qui entourent les conteneurs de dépôt. Cependant, comme les chercheurs en matériaux savent qu'aucun matériau n'est immuable et que le marbre, la pierre et le fer peuvent se casser, il faut choisir une roche d'accueil qui soit géologiquement aussi stable et

imperméable que possible sur des milliers d'années. L'argile à Opalinus, vieille de 180 millions d'années, qui s'étend, en Suisse, entre Olten et Schaffhouse à une profondeur de 600 mètres, par exemple, s'est avérée être une roche d'accueil appropriée. Comme elle a une faible conductivité de l'eau, cette roche possède d'excellentes propriétés isolantes.

ENFERMÉ ET SCELLÉ DANS LA MONTAGNE Mais comment les structures cristallines et les minéraux argileux de

l'Argile à Opalinus avec barrières de sécurité en ciment réagissent-ils lorsque les ravages du temps entraînent des changements ? La coopérative nationale pour le stockage des déchets radioactifs (Nagra) a besoin de données sur cette question afin qu'un dépôt de déchets nucléaires puisse être intégré dans la terre sous une forme solide comme le roc, en ce qui concerne la protection de l'environnement et la sécurité.

00.000

1

[FOCUS: LE CÔTÉ SOMBRE DE LA PROSPERITÉ]

Barbara Lothenbach et son équipe effectuent également les analyses nécessaires en réalisant des expériences dans des conditions réalistes dans le laboratoire souterrain du Mont Terri à St-Ursanne. En collaboration avec des partenaires internationaux et des groupes de recherche suisses tels que l'Université de Berne et l'Institut Paul Scherrer (PSI), les réactions des matériaux à base de ciment et de l'argile à Opalinus environnante sont simulées. Les chercheurs étudient et modélisent le développement à long terme des couches limites entre les systèmes de matériaux très différents dans des approches expérimentales qui durent plusieurs années à différentes températures entre 20 et 70 degrés Celsius.

LE RETOUR D'UN VIEIL AMI

La valeur du pH du ciment, fortement alcalin, est particulièrement importante. Dans le ciment Portland conventionnel, elle peut atteindre un pH de 13,5, voire plus. Afin de garantir que l'environnement alcalin n'attaque pas aussi fortement les minéraux argileux des environs, un nouveau produit, le ciment dit «faiblement alcalin», semblait au départ être un bon candidat pour des barrières de protection durables à base de ciment. Avec un pH de 12,2 ou moins, sa concentration en alcali est plus de dix fois inférieure. Barbara Lothenbach et son équipe ont donc comparé des types de ciment ayant des valeurs de pH différentes en utilisant la modélisation thermodynamique et l'analyse par diffraction des rayons X. C'est la première fois que l'on dispose de résultats à long terme qui permettent de caractériser les types de ciment et leur évolution dans la montagne. Il s'est avéré que le ciment à faible teneur en alcali manipule en fait les minéraux argileux plus doucement. Cependant, lorsque le ciment Portland conventionnel est utilisé, des composés chimiques se forment au fil du temps, ce qui entraîne des conditions tout aussi fa-

LE PROJET MONT TERRI

Onze nations avec leurs universités et instituts de recherche, dont l'Empa, participent au programme de recherche international du laboratoire de recherche du Mont Terri. Le laboratoire souterrain est situé dans une couche d'argile à Opalinus à une profondeur de 300 mètres au Mont Terri, près de St-Ursanne (JU). Le laboratoire est géré par l'Office fédéral de topographie (swisstopo) et les partenaires du projet financent les programmes de recherche. Les formations rocheuses qui pourraient jouer un rôle dans le stockage des déchets radioactifs y sont étudiées depuis 1996.

vorables dans la barrière de sécurité. «En conséquence, le ciment Portland, moins cher et établi, est redevenu le centre d'intérêt», explique Barbara Lothenbach.

RADIOACTIVITÉ DÉLICATE

De plus, si les matériaux à base de ciment doivent empêcher les substances radioactives de s'échapper dans l'environnement, la réaction entre les déchets nucléaires et le ciment ne doit en aucun cas altérer les barrières de sécurité de l'installation de stockage. Les chercheurs de l'Empa ont donc étudié les isotopes radioactifs présents dans les déchets radioactifs, comme ceux de l'élément sélénium, dans le cadre d'études d'adsorption. Les résultats montrent que les composés de sélénium sont absorbés par le ciment, et en grande quantité. «Une barrière protectrice en béton retarde la libération de la radioactivité dans la biosphère, car les minéraux du ciment lient les substances radioactives et les empêchent ainsi de se propager», explique Barbara Lothenbach.

Toutefois, la chercheure souligne que tous les processus qui se déroulent dans l'interaction complexe des matériaux qui entrent en contact les uns avec les autres

ne peuvent pas être évalués aussi facilement. On espérait que le développement de nouveaux ciments à faible teneur en alcali offrirait des avantages pour la durabilité des barrières de sécurité. A l'aide de modèles thermodynamiques et de données expérimentales, les chercheurs de l'Empa ont pu déterminer que ces types de ciment avaient des propriétés de liaison moins bonnes pour des substances telles que l'iodure radioactif.

CORROSION DANGEREUSE

Une couche d'isolation est souhaitable. qui soit aussi étanche que possible, mais pas au gaz. Dans un dépôt géologique profond, des gaz peuvent être produits, par exemple, par la corrosion des conteneurs en acier fermés, ce qui entraîne la formation d'hydroxyde de fer et la libération d'hydrogène. Ces gaz, qui sont produits en petites quantités au fil du temps, doivent pouvoir s'échapper afin d'éviter qu'une surpression ne se développe. Afin de retracer les réactions à long terme dans la corrosion du fer à la limite du matériau cimentaire, les chercheurs ont mené des investigations en utilisant des analyses chimiques ainsi que la spectroscopie. Les premiers résultats montrent que le ciment Portland avec des valeurs de pH élevées est plus efficace que le ciment faiblement alcalin. D'autres expériences sont maintenant prévues pour mieux comprendre ces processus de corrosion encore peu connus.

L'équipe de Barbara Lothenbach a également caractérisé les phases dans la zone d'interaction du ciment et de l'argile à Opalinus qui résultent de l'interaction des minéraux argileux avec les constituants du ciment, comme une phase de silicate de magnésium. Le fait que de telles couches intermédiaires se forment et pourraient contribuer à sceller la couche protectrice, n'a pas encore été complètement clarifié. Barbara Lothenbach est convaincu que les découvertes







de ce type peuvent contribuer au développement de nouveaux systèmes de matériaux qui intéressent l'ensemble de l'industrie de la construction. En effet, malgré les bonnes propriétés du ciment Portland, on recherche de plus en plus d'alternatives plus respectueuses de l'environnement et des ressources, qui pourraient également être utilisées pour des applications autres que dans un dépôt géologique profond.

Plus d'informations ici: www.empa.ch/web/s308

14 | EMPA QUARTERLY || OCTOBRE 2020 || EMPA QUARTERLY || 15

[FOCUS: LE CÔTÉ SOMBRE DE LA PROSPERITÉ] [POUSSIÈRES FINES]

LA POUSSIÈRE DE FREIN EST-ELLE NOCIVE?

Depuis l'introduction des filtres à particules, les moteurs à combustion émettent de moins en moins de particules. Par conséquent, l'abrasion des disques de frein et des pneus est de plus en plus au centre de l'attention des experts et des ingénieurs de la santé. Parce qu'ils ne sont pas exactement inoffensifs non plus. Mais, un problème demeure: comment mesurer correctement la quantité et la taille des particules de poussières de frein ? Les chercheurs de l'Empa développent actuellement une méthode sophistiquée à cet effet.

Texte: Rainer Klose

a VW Jetta Hybrid sur le banc de mesure à rouleaux de la salle des machines de l'Empa a déjà une longue carrière en tant que véhicule de flotte. Depuis juillet 2020, elle est utilisée, attachée à la chambre d'essai, dans un nouveau but de recherche: il s'agit de générer des poussières de frein, strictement selon

le cycle de conduite normalisé de la WLTP, qui sert également à déterminer les émissions de gaz d'échappement.

L'intérêt pour les mesures de poussière de frein est encore relativement jeune: en juin 2016, un département de la Commission économique des Nations unies pour l'Europe (CEE-ONU) appelé Groupe de travail informel du programme de mesure des particules (PMP IWG) a décidé qu'il était temps de développer une procédure de test généralement applicable pour les poussières de frein qui pourrait déterminer de manière fiable la masse et le nombre de particules émises. Depuis lors, un certain nombre d'instituts de recherche, de

POUSSIÈRE FINE Les freins d'une voiture émettent des particules d'oxyde métallique

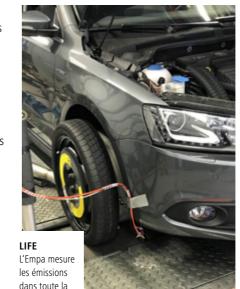
constructeurs automobiles et d'entreprises spécialisées dans les équipements de mesure ont abordé le sujet. Mais le problème n'est pas facile à résoudre.

DISTRIBUÉ DANS TOUTES LES DIRECTIONS

Contrairement à un tuyau d'échappement, qui souffle de manière fiable dans une direction, un frein rotatif distribue ses particules dans toutes les directions. Il faut donc d'abord attraper les particules, puis les laisser voler par un entonnoir vers l'appareil de mesure. Il faut en perdre le moins possible dans le processus: Aucune particule légère ne doit s'échapper et aucune particule lourde ne doit rester dans les tuyaux.

Deux autres complications s'ajoutent: Le frein d'une voiture est fixé à un arbre d'entraînement rotatif, qui doit être soigneusement scellé pour la mesure afin qu'aucune particule ne disparaisse. Et un frein a besoin d'être refroidi. Lorsque la voiture est en mouvement, le courant d'air, ainsi que les lamelles de ventilation entre les disques de frein, fournissent une un flux d'air rafraîchissant. Un frein entièrement fermé sur un banc d'essai, en revanche, peut rapidement surchauffer - et produirait alors des particules complètement différentes de celles que l'on trouve dans la circulation quotidienne réelle. Une telle mesure serait peu utile.

Toutes les émissions en même tempsLe groupe de travail PMP IWG de la CEE-ONU résout le problème par simplification : les essais de freinage souhaités doivent être effectués sur des bancs d'essai complètement fermés. De tels bancs d'essai existent. Ils ressemblent à de grandes armoires dans lesquelles les disques et les plaquettes de frein frottent les uns contre les autres. Cela signifie qu'un seul composant est testé, et non la voiture entière.



«Nous allons essayer une autre voie», dit Panayotis Dimopoulos Eggenschwiler, qui conçoit le dispositif expérimental à l'Empa. «Nous voulons mesurer simultanément toutes les émissions d'une voiture lors d'un essai sur banc d'essai. Cela est plus significatif que les données d'un testeur de freins isolé, qui doivent ensuite être converties pour des conditions réelles.»

UNE CONSTRUCTION SPÉCIALE AÉRÉE

En collaboration avec l'ingénieur Daniel Schreiber, Dimopoulos Eggenschwiler a développé une variante du test de l'Empa, dont les résultats doivent maintenant résister à la comparaison avec d'autres groupes de travail internationaux. A l'Empa, une voiture réelle entière est testée, la VW Jetta Hybrid mentionnée au début de cet article. Le frein de la roue avant droite était logé dans un boîtier métallique spécialement conçu. Un tuyau d'air comprimé achemine de grandes quantités d'air de refroidissement dans l'enveloppe métallique depuis l'avant de la voiture, et en même temps, l'air est le moyen de transport des particules de frein abrasées. Ces derniers sont dirigés dans un tube d'environ un mètre de long à côté du seuil de la voiture et, après un court temps de vol, atterrissent dans

un impacteur en cascade à 13 étages, un appareil de mesure spécial qui trie les particules en fonction de leur taille. Après le test, les fractions de particules peuvent être analysées stoechiometriquement et, si nécessaire, leur morphologie peut également être examinée au microscope électronique, par exemple.

«Lors de tests préliminaires, nous avons déjà déterminé les composants dont sont constituées les particules», explique Dimopoulos Eggenschwiler. «Il s'agit principalement d'oxyde de fer, qui provient essentiellement du disque de frein, et d'un certain nombre d'éléments tels que l'aluminium, le magnésium, le calcium, le potassium et le titane, qui proviennent des plaquettes de frein. «En plus des grosses particules lourdes, il y a aussi des particules plus petites qui peuvent être inhalées et qui peuvent pénétrer dans les poumons.

LES VOITURES HYBRIDES FREINENT-ELLES DIFFÉREMMENT?

Maintenant que le processus de mesure est stable, la VW Jetta sera d'abord exploitée selon le cycle WLTP prescrit par la loi et fournira ses particules de frein à la machine de comptage. D'autres séries de tests sont ensuite prévues. «Nous voulons savoir, par exemple, si les voitures hybrides freinent différemment des voitures équipées de systèmes de propulsion conventionnels et provoquent donc des émissions différentes», explique le responsable du projet. Les voitures hybrides peuvent également freiner à l'aide de leur moteur électrique et doivent donc utiliser moins souvent les freins mécaniques. «Grâce aux valeurs mesurées, il sera possible d'optimiser les phases de fonctionnement des futures générations de véhicules et de mieux contrôler les émissions de poussières de frein qu'aujourd'hui.»

Plus d'informations ici: www.empa.ch/web/s504

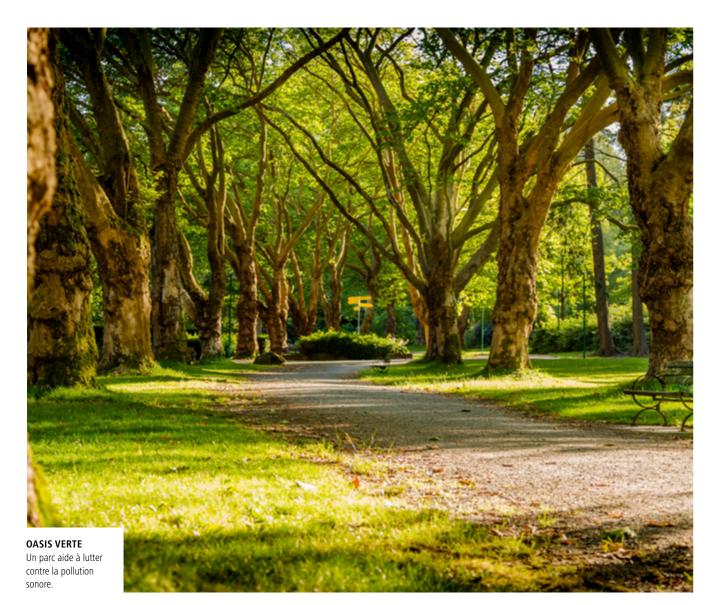
16 | FMPA QUARTERLY || OCTORRE 2020 || # 69

[FOCUS: LE CÔTÉ SOMBRE DE LA PROSPERITÉ] [PROTECTION CONTRE LE BRUIT]

LE VERT AUN EFFET RELAXANT

Voitures, trains, avions: pour deux tiers de la population européenne, le bruit de la circulation fait partie de la vie quotidienne. Cependant, un environnement approprié peut avoir un impact majeur sur cette nuisance, comme l'ont découvert les chercheurs de l'Empa. Les espaces verts dans les zones urbaines contribuent à réduire les nuisances sonores des routes et des chemins de fer. Ce n'est que dans le cas du bruit des avions où cela semble contre-productif : plus l'environnement est vert, plus le bruit des avions est dérangeant.

Texte: Cornelia Zogg



evant la maison, la circulation est bruyante, un train passe au loin, c'est le bruit de la vie quotidienne pour beaucoup d'entre nous. Près de 75 % de la population européenne vit dans des zones urbaines et seulement un quart dans des zones rurales. La pollution sonore des voitures des trains et des avions est à l'ordre du jour et constitue un problème de santé qui ne doit pas être sous-estimé. Selon l'Organisation mondiale de la santé (OMS), l'augmentation de la pollution sonore a de nombreux effets négatifs sur la santé, allant du stress et des troubles du sommeil aux maladies cardiovasculaires et au diabète.

Mais comment peut-on réduire les effets négatifs de la pollution sonore dans les régions urbaines densément peuplées, et existe-t-il des moyens d'influencer la perception subjective du bruit ? Les chercheurs de l'Empa dirigés par Beat Schäffer de la division Acoustique / Réduction du bruit, ainsi que des experts de l'Office fédéral de l'environnement (OFEV), de l'Institut tropical et de santé publique suisse et de l'Université de Bâle ont découvert que cela fonctionne. Une vue par la fenêtre sur la campagne peut réduire considérablement la pollution sonore. Qu'il s'agisse d'un parc voisin, d'un étang ou de la chaîne de montagnes à l'horizon, un coup d'œil dans la nature et le bruit nous dérangera moins.

UNE VUE SUR LA NATURE NOUS PERMET DE RÉCUPÉRER

Pour leur étude, l'équipe de recherche a utilisé le NDVI («Normalized Difference Vegetation Index»), qui est calculé sur la base de données de télédétection et qui documente l'ensemble de l'espace vert d'une région spécifique - des groupes d'arbres individuels le long des routes aux grands parcs. Le groupe de recherche a également utilisé des

données de Swisstopo. Tous les parcs et jardins y sont répertoriés, ainsi que d'autres espaces verts tels que les zones agricoles et les forêts. Afin de découvrir comment la perception du bruit change parmi les habitants des zones urbaines, l'équipe a comparé les données de Swisstopo et de NDVI avec les résultats de l'étude SIRENE. En 2019, cette étude, à laquelle ont participé environ 5600 personnes, a fourni des informations sur la pollution sonore due au bruit du trafic routier, ferroviaire et aérien. En comparant les données sur les espaces verts en Suisse avec les résultats de l'enquête, Beat Schäffer et son équipe ont pu déterminer comment les zones de loisirs affectent la perception du bruit. Conclusion de l'étude: les parcs et les espaces verts contribuent à réduire la perception du bruit causé par le bruit des routes et des trains. Plus l'espace de loisirs est proche de son domicile, moins la gêne subjectivement perçue des émissions sonores est importante.

MAIS : LE VERT NE SERT À RIEN CONTRE LE BRUIT DES AVIONS

Il n'est pas surprenant que les espaces verts influencent notre perception du bruit. Mais le résultat est bien plus intéressant en ce qui concerne le bruit des avions. Au contraire: plus nous avons d'espaces verts, plus nous nous sentons perturbés par le bruit des avions, selon la comparaison des données. Selon Beat Schäffer, il y a plusieurs raisons à cela. «Si nous pouvons échapper au bruit des routes ou des trains en marchant un peu plus loin, nous ne pouvons pas faire de même avec le bruit des avions». Nous sommes presque impuissants face au bruit aérien, car nous ne pouvons pas échapper au bruit en nous éloignant de la source sonore. Cet «être à la merci du bruit» peut nous amener à percevoir le bruit comme plus dérangeant. Un deuxième point est la soi-disant incongruité: «Dans un parc, on s'attend à ce que

l'atmosphère soit calme. Si ce silence est ensuite perturbé par quelque chose que nous ne pouvons pas influencer, nous percevons ce bruit comme bien plus dérangeant», déclare M. Schäffer. Par exemple, on ne remarque presque pas d'avion dans le ciel quand nous nous déplaçons dans une grande ville.

DU VERT POUR LE CLIMAT URBAIN

Les espaces verts ont un effet positif non seulement sur notre perception du bruit, mais aussi sur le climat urbain. Les parcs et jardins sont particulièrement utiles pour lutter contre les «îlots de chaleur», comme l'a montré une étude de l'Empa. Le Münsterhof à Zurich a servi d'exemple. Les chercheurs ont choisi le site pour effectuer des simulations climatiques dont les résultats peuvent être transférés à d'autres lieux et villes. Les calculs montrent que les températures sur le Münsterhof seraient considérablement plus basses si la place n'était pas pavée mais recouverte de terre et d'herbe.

VERT CONTRE LE STRESS?

Dans une prochaine étape, les chercheurs veulent approfondir les aspects psychologiques et surtout physiologiques du bruit et inclure d'autres facteurs. Une étude Sinergia récemment lancée par le Fonds national suisse de la recherche scientifique (FNS), appelée RESTORE, est développée en collaboration avec l'Institut fédéral de recherches sur la forêt, la neige et le paysage (WSL) et devrait s'étendre sur quatre ans. L'équipe veut analyser plus en détail l'effet des espaces verts sur le stress physiologique et les critères auxquels doivent répondre les zones de loisirs locales pour permettre aux résidents de se remettre au mieux du stress. L'objectif est d'appliquer ces résultats à la planification urbaine à l'avenir, en particulier dans les zones urbaines très peuplées.

Plus d'informations ici: www.empa.ch/web/s509

69 IL OCTORRE 2020 II EMPA QUARTERIY IL OCTORRE 2020 II # 69

[FOCUS: LE CÔTÉ SOMBRE DE LA PROSPERITÉ] [CARBURANTS ISSUS DE L'ÉLECTRICITÉ]



TRÈS VOLATILE POUR LES POIDS LOURDS

À l'avenir, les véhicules commerciaux devront émettre moins de CO₂ tout en respectant des limites plus strictes en matière d'émission de gaz d'échappement. De nombreux experts s'attendent à un avenir compliqué pour le diesel fossile. Un carburant alternatif possible est le diméthyléther: cette substance hautement volatile peut être produite à partir d'énergie renouvelable et brûle très proprement. L'Empa fait des recherches sur ce nouveau concept de conduite avec un moteur d'essai spécial.

Texte: Rainer Klose

'exploitation d'une flotte de camions est une activité difficile. On ne parle plus de romance avec la route pour les camion-■ neurs longue distance, mais plutôt d'une forte concurrence et une pression élevée sur les prix. Des lois environnementales de plus en plus strictes intensifieront encore cette pression dans les années à venir, en vue de réduire les émissions de CO₂ et de fixer des valeurs strictes pour les gaz d'échappement, notamment en ce qui concerne les oxydes d'azote (NO_x). Si les exploitants de flotte de camions ne s'appuient pas sur les technologies les plus récentes,

ils devront craindre une augmentation des péages ou des désavantages fiscaux dans de nombreux pays.

De nombreux constructeurs et exploitants de véhicules utilitaires envisagent désormais des solutions de remplacement pour améliorer la compatibilité environnementale de leurs parcs. Cependant, les moteurs électriques ne conviennent guère aux véhicules utilitaires en exploitation sur de longues distances: les batteries seraient trop lourdes, les temps de charge trop longs et les capacités de charge requises trop élevées pour une utilisation concurrentielle. L'hydrogène pourrait résoudre ce problème: À partir de septembre 2020, les premiers camions à pile à combustible de Hyundai ont été mis en service commercialement à titre d'essai en Suisse. Le gaz naturel synthétique issu du surplus d'électricité verte fait aussi l'objet de recherches: à partir de 2021, les premiers camions de gaz naturel feront le plein au démonstrateur de mobilité de l'Empa. Mais il existe une autre alternative qui conviendrait au transport à longue distance et qui mérite d'être examinée de plus près: le diméthyléther.

UNE COMBUSTION PROPRE

Le diméthyléther chimique (DME) est produit à une échelle de plusieurs dizaines de milliers de tonnes par an. Cette substance est utilisée comme propulseur dans les bombes aérosols et fait partie des réfrigérants des systèmes de réfrigération. Le DME est également largement utilisé comme produit intermédiaire dans l'industrie chimique. Son avantage est qu'il peut être produit de manière rentable et presque sans perte à partir du méthanol, qui à son tour peut être produit à bas prix avec de l'électricité provenant de l'énergie solaire et éolienne.

Le DME offre donc la possibilité de rendre les camions neutres en CO₂.

Un autre avantage est que le DME a des propriétés similaires à celles du gaz liquide. Contrairement à l'hydrogène, il peut être transporté et stocké dans des réservoirs peu coûteux sous basse pression sous forme liquide; la technologie des systèmes de stockage est également peu coûteuse, est connue dans le monde entier et est utilisée depuis des décennies déjà. Comme l'oxygène est chimiquement lié dans le dyméthyléther, la substance brûle également de manière particulièrement propre et avec peu de formation de suie.

UN MOTEUR DE CAMION MODIFIÉ

Il y a déjà eu des essais avec le dyméthyléther comme carburant dans le passé: Volvo Trucks mène des essais pratiques avec des camions expérimentaux fonctionnant au DME en Suède et aux États-Unis depuis 2013. En Allemagne, un projet de recherche coordonné par le Centre de recherche et d'innovation Ford d'Aix-la-Chapelle est en cours depuis 2016. Le moteur a déjà été installé et testé dans une Ford Mondeo.

L'Empa, en collaboration avec la FPT Motorenforschung AG Arbon, le Politechnico di Milano, le fabricant de lubrifiants

20 | EMPA QUARTERLY || OCTOBRE 2020 || # 69

[CARBURANTS ISSUS DE L'ÉLECTRICITÉ] [FOCUS: LE CÔTÉ SOMBRE DE LA PROSPERITÉ]

TRANSPORT LONGUE DISTANCE DURABLE – CE SONT LES OPTIONS :

Dans le secteur du transport privé, la propulsion électrique est considérée comme la voie à suivre, l'hybride rechargeable est considérée comme une solution transitoire. L'avenir est moins clair pour les véhicules commerciaux. Un aperçu des alternatives en cours de discussion avec leurs avantages et leurs inconvénients.

CARBURANT	COURTE DISTANCE	LONGUE DISTANCE	STATIONS DE RECHARGE	TECHNOLOGIE	TYPE DE MOTEUR
BATTERIE Remarque: les piles lour	BIEN des réduisent la charge	MAUVAISE e utile, faible portée	СОÛТЕUХ	COÛTEUX	ÉLECTRIQUE
CATÉNAIRE Note : ppour les derniers	MAUVAIS s kilomètres du trajet, ι	BIEN un deuxième système de	COÛTEUX propulsion est nécessaire	СОÛТЕUХ	ÉLECTRIQUE
HYDROGÈNE Remarque : en cas de ra	BIEN vitaillement au gaz, l'a	BIEN outonomie est plus faible	COÛTEUX e que pour le diesel. Le ravitaille	COÛTEUX ement liquide n'est pas enco	ÉLECTRIQUE ore testé.
POWER TO GAS Remarque : la méthanisa	BIEN ation efficace de l'hydr	BIEN ogène fait toujours l'obj	DÉJÀ PRÉSENTS et de recherches.	PEU COÛTEUX	ESSENCE / GAZ
POWER TO LIQUID Remarque : pertes élevé	BIEN es dans la production (BIEN de syndiesel par le procé	DÉJÀ PRÉSENTS édé Fischer-Tropsch	PEU COÛTEUX	DIESEL
DIMETHYLETHER Remarque : La technolog	BIEN gie des moteurs est tou	BIEN ujours en cours de reche	PEU COÛTEUX rche	PEU COÛTEUX	DIESEL

Motorex et d'autres partenaires, va maintenant mettre à profit les connaissances acquises jusqu'ici. Depuis début juillet 2020, le moteur d'essai est en service sur un banc d'essai appartenant au département Systèmes d'entraînement des véhicules de l'Empa. Il doit fournir des données solides sur les processus de combustion, l'efficacité et le respect des normes environnementales du DME dans le secteur des véhicules utilitaires.

«Nous connaissons déjà très bien ce moteur», déclare le chef de projet Patrik Soltic. «Le bloc moteur provient d'un moteur de véhicule utilitaire Cursor 11 du constructeur FPT Industrial et nous sert déjà depuis cinq ans pour divers projets de recherche. Au cours des derniers mois, nous l'avons converti en DME avec notre partenaire FPT». Cela n'a pas été facile: contrairement au gazole, le DME, très volatil, n'a pratiquement aucune propriété lubrifiante, ce qui aurait rapidement détruit la pompe haute pression du système d'injection à rampe commune en particulier.

SANS ADDITIFS DANS LE CARBURANT

Les chercheurs veulent faire fonctionner leur moteur expérimental avec du DME pur, sans ajout d'additifs lubrifiants, comme cela était courant dans les projets précédents. En collaboration avec un grand fournisseur européen, une nouvelle pompe à rampe commun lubrifiée à l'huile a donc été développée. En outre, les soupapes et les sièges de soupapes ont été transformés en matériau adapté au DME. Un compresseur électrique est également utilisé pour la recirculation précise des gaz d'échappement. Enfin, les chambres de combustion et le taux de compression de l'ancien moteur diesel ont également été adaptés. La nouvelle forme des chambres de combustion a été calculée à l'aide de simulations mathématiques au Politechnico di Milano. Le projet de recherche est cofinancé par l'Office fédéral de l'énergie (OFEN).

SIMULATION D'UN VOYAGE

«Maintenant, nous voulons apprendre à connaître la machine avec le nouveau carburant», dit Patrik Soltic. Les chercheurs partent d'une plage de charge moyenne lors de voyage sur une autoroutes, où le moteur doit fournir une puissance de 100 kW. «Ensuite, on modifie, entre autres, le moment et la pression de l'injection, on regarde les valeurs des émissions de gaz d'échappement et la consommation de carburant.»

Le grand avantage du fonctionnement du DME, selon Patrik Soltic, est la possibilité de transférer une très grande proportion des gaz d'échappement à la charge suivante du cylindre



ECO-TUNING Le moteur diesel du banc d'essai de au DME (à droite). Volvo a déjà testé ce carburant avec des

dans presque toutes les conditions de fonctionnement, grâce à ce que l'on appelle la recirculation des gaz d'échappement (EGR). Cette technologie permet d'éviter l'émission de beaucoup de NOx, ce qui soulage le système de purification des gaz d'échappement derrière le moteur et permet de respecter en toute sécurité les futures limites plus strictes. Avec le diesel fossile, les taux élevés de recirculation des gaz d'échappement entraînent une augmentation des émissions de particules; ce n'est pas le cas du DME.

«Nous sommes actuellement encore dans la phase pré-concurrentielle des travaux de recherche», explique Patrik Soltic. Les résultats du projet sont en partie publics et sont discutés conjointement entre les concurrents de l'industrie de la construction de véhicules. «Mais à un moment donné, tout le monde voudra garder ses résultats pour soi», dit le chercheur de l'Empa. «Il est alors important que nous maîtrisions la technologie afin de pouvoir apporter une contribution précieuse à l'industrie en tant que partenaire de recherche».

LE CARBURANT DE L'USINE ÉCOLOGIQUE

L'diméthyléther (DME), l'éco-carburant pour les moteurs à allumage par compression, peut être produit à partir d'hydrogène et de CO₃. Si l'hydrogène utilisé est produit avec une énergie renouvelable et que le CO, est extrait de l'atmosphère, les camions pourraient être conduits avec pratiquement aucune émission de gaz à effet de serre.

Le chercheur de l'Empa Andreas Borgschulte et son équipe étudient les processus chimiques qui peuvent être utilisés pour produire du DME de manière aussi efficace que possible. La méthode de la catalyse assistée par sorption est considérée comme très prometteuse: les deux gaz hydrogène et CO, doivent entrer en contact avec des particules de cuivre actives pour se combiner et former du méthanol ou du diméthyléther. L'eau est un sous-produit. Si l'eau est maintenant extraite du mélange réactionnel, l'équilibre chimique se déplace dans la direction du produit. En d'autres

termes, ce n'est qu'à ce moment-là que les grandes quantités souhaitées de méthanol et de diméthyléther sont produites. Pour éliminer l'eau, les chercheurs de l'Empa utilisent de la zéolite, un minéral qui absorbe l'eau.

Lors d'expériences en laboratoire, l'équipe de Andreas Borgschule a découvert qu'à une certaine température, le diméthyléther en particulier se forme à partir de CO, et d'hydrogène, et seulement d'une quantité relativement faible de méthanol. «La production par cette méthode est donc théoriquement possible», déclare Andreas Borgschulte, qui ajoute: «Malheureusement, le processus n'est pas encore très productif pour l'instant. L'étape suivante consisterait donc à affiner le processus chimique et à mettre en place des installations appropriées. Ce n'est qu'alors qu'il sera possible d'évaluer si la production de DME par catalyse assistée par sorption est économiquement compétitive.

Les travaux de recherche ont été menés en collaboration avec l'Université de Zurich et font partie du projet «LightChEC».

Plus d'informations ici: www.empa.ch/web/s504

22 | FMPA QUARTERLY || OCTORRE 2020 || # 69 # 69 || OCTORRE 2020 || EMPA OLIARTERIY | 23

SUR LE COLORÉ

Les fibres hautes performances qui ont été exposées à des températures élevées perdent généralement leurs propriétés mécaniques sans être détectées et, dans le pire des cas, peuvent se déchirer précisément lorsque des vies en dépendent. Les chercheurs de l'Empa ont maintenant développé un revêtement qui change de couleur lorsqu'il est exposé à des températures élevées par frottement ou par le feu.

Texte: Cornelia Zogg



e pompier court dans le bâtiment en feu et recherche systématiquement, pièce par pièce, les personnes qui ont besoin d'être secourues. Une corde de sécurité lui est attachée et à l'autre extrémité ses collègues attendent dehors, devant le bâtiment. En cas d'urgence s'il perd conscience pour une raison quelconque - ils peuvent le tirer hors du

bâtiment ou le suivre dans le bâtiment pour le sauver. Cependant, si cette corde a été exposée à une chaleur excessive lors d'opérations précédentes, elle peut se rompre. Cela signifie un danger pour la vie du pompier! Et jusqu'à présent, il n'y avait aucun moyen de remarquer ces dégâts sur la corde. Une équipe de chercheurs de l'Empa et de l'ETH Zurich a mis au point un revêtement

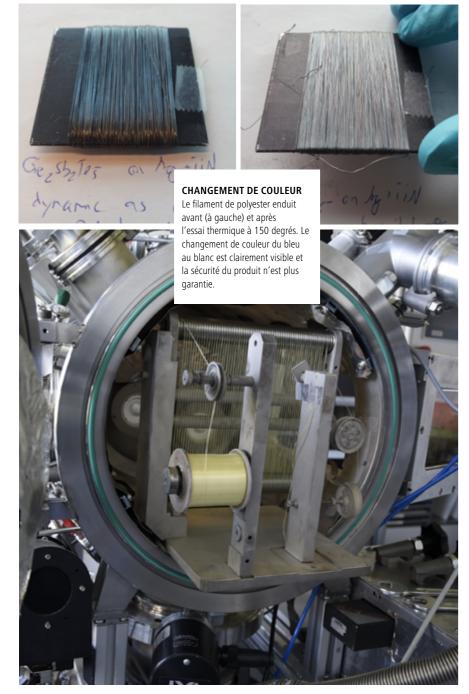
qui change de couleur lors d'réaction physique avec la chaleur, indiquant ainsi clairement si une corde continuera à l'avenir à offrir la sécurité qu'elle promet.

Des chercheurs de l'ETH Zurich et de l'Empa ont développé en 2018, dans le cadre d'un travail de master, un système de revêtement que l'équipe de l'Empa a pu appliquer aux fibres. «C'était un processus en plusieurs étapes», explique Dirk Hegemann, du département «Advances Fibers» de l'Empa. Les premiers revêtements ne fonctionnaient que sur des surfaces lisses, il a donc fallu d'abord adapter la méthode pour qu'elle fonctionne également sur des surfaces courbes. L'Empa dispose d'un vaste savoir-faire dans le domaine du revêtement des fibres - Dirk Hegemann et son équipe ont déjà développé des fibres électriquement conductrices dans le passé. Le procédé dit de pulvérisation cathodique a maintenant été appliqué avec succès au dernier revêtement.

DES COUCHES TRÈS FINES ET TRÈS EFFICACES

Trois couches sont nécessaires pour garantir que la fibre change réellement de couleur lorsqu'elle est chauffée. Les chercheurs appliquent l'argent à la fibre elle-même, dans le cas du projet de recherche PET (c'est-à-dire le polyester) et VectranTM, une fibre de haute technologie. Celle-ci sert de réflecteur, c'est-à-dire de couche de base métallique. Elle est suivie d'une couche intermédiaire d'oxyde d'azote de titane, qui assure la stabilité de l'argent. Et ce n'est qu'ensuite que suit la couche amorphe qui provoque le changement de couleur: le tellure germanium-antimoine (GST), qui ne fait que 20 nanomètres d'épaisseur. Lorsque cette couche est exposée à des températures élevées, elle cristallise et change de couleur, passant du bleu au blanc. Le changement de couleur est basé

24 | FMPA QUARTERLY || OCTORRE 2020 || # 69



«Le changement de couleur peut être réglé sur une plage de température comprise entre 100 et 400 degrés.»

tout cas, les recherches sur le sujet sont loin d'être terminées. À l'heure actuelle, il n'est pas encore possible de stocker les fibres pendant de longues périodes sans perdre leur fonctionnalité. «Malheureusement, les matériaux à changement de phase s'oxydent en quelques mois», dit Dirk Hegemann. Cela signifie que le changement de phase correspondant - la cristallisation - n'a plus lieu, même en cas de chaleur, et que la corde perd ainsi son «signal d'alarme». En tout cas, il a été prouvé que le principe fonctionne, et la durabilité est un sujet de recherche futur, dit Dirk Hegemann. «Dès que les premiers partenaires de l'industrie auront manifesté leur intérêt pour nos propres produits, les fibres pourront être optimisées davantage en fonction de leurs besoins».

sur un phénomène physique connu sous le nom d'interférence. Deux ondes différentes (par exemple la lumière) se rencontrent et s'amplifient ou s'affaiblissent mutuellement. En fonction de la composition chimique de la couche sensible à la température, ce changement de couleur peut être ajusté à une plage de température comprise entre 100 et 400 degrés et ainsi adapté aux propriétés mécaniques du type de fibre.

DES SOLUTIONS SUR MESURE

Les domaines d'application possibles des fibres à couleur changeante sont encore ouverts, et Dirk Hegemann est actuellement à la recherche de partenaires de projet possibles. En plus des équipements de sécurité pour les pompiers ou les alpinistes, les fibres peuvent également être utilisées pour les cordes de charge dans les installations de production, sur les chantiers, etc. En

Plus d'informations ici: www.empa.ch/web/s402

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 institution 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



26 | FMPA QUARTERLY || OCTORRE 2020 || # 69 # 69 || OCTOBRE 2020 || EMPA OUARTERLY | 27

NOTRE HOMME POUR LE BÉTON ET L'ASPHALTE

Pietro Lura a de grands projets. Il dirige le nouveau département de recherche «Béton & Asphalte» de l'Empa et s'engage à utiliser des matériaux durables qui sont constamment soumis à de nouvelles conditions. Après tout, le changement climatique et la rareté des ressources appellent à repenser le domaine des matériaux de construction - et les recherches de Pietro Lura visent à en jeter les bases.

Texte: Andrea Six

utrefois conçus pour l'éternité, les matériaux de construction tels que le béton et l'asphalte doivent maintenant suivre le rythme de l'époque. Les deux produits sont confrontés à des défis similaires, tels qu'une production respectueuse de l'environnement et économe en ressources et des émissions de CO₂ nettement plus faibles. Pietro Lura, qui dirige le nouveau laboratoire «Béton & asphalte» de l'Empa, a fait de ce changement sa mission. Les domaines d'activité de son équipe – chimie du ciment, technologie du béton, asphalte et construction routière – s'inscrivent donc parfaitement dans les objectifs de l'axe de recherche «Environnement bâti durable» de l'Empa. Après tout, la qualité de notre environnement bâti est un facteur essentiel dans une société durable. Il s'agit notamment de bâtiments abordables, de qualité et en même temps abordables comme espace de vie et de travail, de réseaux de transport modernes et d'un approvisionnement fiable en énergie, en eau et en information.

Pas une tâche facile quand on sait que le béton et l'asphalte, avec une demande annuelle de plus de 4,5 milliards de tonnes, représentent la part du lion de tous les matériaux utilisés dans le monde. Certes, cette énorme quantité représente une grande partie des émissions mondiales de CO₂. «Mais c'est précisément la raison pour laquelle l'optimisation des propriétés des matériaux signifie aussi directement une énorme réduction de la pollution au CO₂ causée par ces matériaux de construction», explique l'ingénieur civil Pietro Lura.

UNE OUESTION D'ÉOUIPE

En tout cas, aucune tâche n'est trop grande pour le chercheur, qui travaille à l'Empa depuis douze ans et qui est professeur titulaire à l'»Institut des matériaux de construction» de l'ETH Zurich depuis 2011. Et cela était déjà apparent bien avant qu'il ne décide de faire carrière : le basket, entre autres, est une activité que Pietro Lura, qui n'est pas vraiment au-dessus de la moyenne, aime pratiquer avec passion pendant son temps libre. Et après une formation scolaire humaniste, il a été attiré par l'ingénierie, entre autres, où il s'est distingué dans des universités en Italie, aux Pays-Bas, au Danemark et aux États-Unis.

Et c'est exactement comme cela que Pietro Lura voit sa tâche à l'Empa:

dans le petit pays qu'est la Suisse, il travaille dans un vaste domaine de recherche où la concurrence internationale est énorme. «Tout est un travail d'équipe», dit Pietro Lura. Comme dans les sports d'équipe, les synergies au sein de l'équipe sont importantes. Grâce à ses compétences en matière de recherche, son département, qui compte environ 40 membres, possède un atout unique au sein du domaine des EPF et est donc très pertinent pour les décideurs tels que l'Office fédéral des routes (OFROU). La coopération avec les partenaires industriels et les institutions de recherche au niveau international est également déjà bien établie.

«BIG DATA» POUR LES MATÉ-RIAUX DE CONSTRUCTION

Sur le plan thématique, il existe des synergies dans la recherche sur le béton et l'asphalte, car ces deux matériaux de construction sont confrontés à des défis similaires. Parmi les thèmes centraux figurent l'utilisation d'ingrédients de substitution et de matières premières secondaires précédemment inutilisées issues de processus industriels ainsi que la mise en œuvre de processus de recyclage efficaces.



.

28 | EMPA QUARTERLY || OCTOBRE 2020 || # 69

Le ciment et le bitume, les liants sur lesquels sont basés le béton et l'asphalte, sont en effet utilisés depuis l'Antiquité. Mais aujourd'hui, la recherche innove complètement pour analyser les propriétés chimiques de ces matériaux très complexes, pour optimiser les matériaux de construction ou même pour les doter de fonctions totalement nouvelles. Les deux domaines des matériaux de construction s'appuient sur les méthodes les plus récentes, par exemple de la numérisation (intelligence artificielle, apprentissage machine, grandes données et simulations informatiques), de la technologie de fabrication («fabrication additive») et du domaine de la caractérisation des matériaux.

«Notre objectif est de mettre en œuvre les principes de la gestion du recyclage en développant de nouveaux matériaux composites, en permettant le recyclage croisé de l'asphalte et du béton, et en analysant des liants alternatifs», déclare Pietro Lura, ajoutant: «Une tâche passionnante dans un marché mondial en pleine croissance».

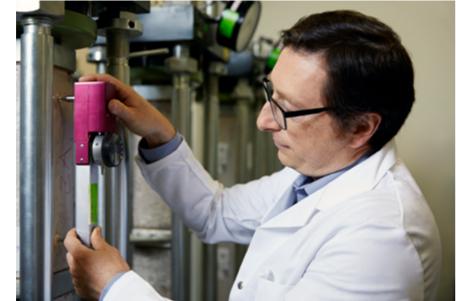
LE BÉTON COMME IDENTITÉ SOCIALE

Pour certains, le béton et l'asphalte peuvent être des matériaux de construction grossiers et informes dont la fascination n'est pas apparente au premier abord. Pour Pietro Lura, en revanche, cette fascination est évidente: «Le béton et l'asphalte sont bien plus que des matériaux peu coûteux et robustes. Ils agissent comme des «liants» dans notre société en rassemblant les gens sur les routes. Ils créent toute l'infrastructure du monde à grande échelle – et à petite échelle, si l'on donne à la vie privée un espace avec une maison ou une chambre d'hôpital. Dans un monde où la mobilité augmente rapidement et où la mondialisation est largement ressentie, les matériaux de construction constituent également la base physique

30 | EMPA QUARTERLY || OCTORRE 2020 || # 69







«Dans un monde globalisé, les matériaux de construction constituent la base physique de la création d'une identité sociale et de la localisation culturelle.»

avec laquelle les ingénieurs civils et les architectes créent une identité sociale et une localisation culturelle des personnes.

UN ESPRIT INVENTIF POUR DE NOUVEAUX MATÉRIAUX

En tant que père de trois fils, la durabilité de ses recherches est également une question qui lui tient à cœur, et qui répond en même temps aux exigences du Programme des Nations unies pour l'environnement (PNUE): de nouveaux matériaux à base de ciment, plus respectueux du climat et moins chers, doivent être développés et utilisés immédiatement. L'industrie du ciment représente actuellement environ sept pour cent des émissions mondiales de CO₃. Toutefois, il est probable qu'elle augmente à l'avenir, car la demande en Asie ainsi que en Afrique est en hausse, tandis que la production en Europe est stable. Lorsque les chercheurs de l'Empa travaillent au développement de nouveaux matériaux à base de ciment et de bitume, leur objectif est une émission de gaz climatiques moins importante - voire de bannir le CO, de l'atmosphère. En effet, à l'heure actuelle, environ 700 kilogrammes de CO₃ sont libérés lors de la production de chaque tonne de ciment.

Pour Lura, la conduite de l'innovation est un concept familier, car il a l'expérience des inventions du point de vue d'un examinateur de brevets depuis son passage à l'Office européen des brevets à Munich. «Il s'agit d'une stratégie à

long terme qui aura un impact positif important sur la durabilité de l'industrie de la construction», dit-il. Par exemple, son équipe fait des recherches sur la réduction des températures de combustion et la modification des recettes de matières premières pour les matériaux de construction. Des ingrédients alternatifs tels que les scories de haut fourneau ou les déchets de l'industrie électronique sont examinés pour leur disponibilité et leurs propriétés matérielles. Et pour le béton et l'asphalte, le processus de recyclage des bâtiments et des revêtements routiers démolis peut encore être considérablement optimisé. Pour éviter que ces approches ne finissent par devenir des produits de niche, les nouveaux matériaux de construction écologiques doivent en fin de compte répondre aux mêmes exigences que les produits classiques, par exemple en termes de durabilité et de résistance.

Et dans un autre domaine encore, Pietro Lura voit son activité comme un «liant»: relier la recherche au public. Par exemple, il a été rédacteur en chef de la célèbre revue spécialisée «Materials and Structures» pendant de nombreuses années. Mais Pietro Lura va plus loin, car il a toujours défendu le principe de «libre accès», c'est-à-dire le libre accès aux résultats de la recherche financée par les pouvoirs publics. Les chercheurs doivent être connectés au monde, et le monde doit avoir un apercu de leurs recherches. «Il est important de mettre les progrès de la communauté scientifique à la disposition du public».

En tant que chef de département avec une grande équipe, le temps au laboratoire manque certainement au chercheur, car sur le «terrain de jeu des matériaux de construction», seule son équipe est généralement active. Néanmoins, Pietro Lura reste au contact de son équipe quand il peut apporter ses idées et voit comment elles se développent et que de nouvelles expériences, technologies ou compositions de matériaux en émergent. C'est un moment passionnant pour lui de voir comment une équipe se développe ensemble et en même temps de voir les décisions importantes pour l'avenir de l'industrie de la construction.

Plus d'informations ici: www.empa.ch/web/s308/research

69 || OCTORRE 2020 || EMPA QUARTERLY | 31

galement la base physique quantum peut apporter ses ruces et voit www.empa.cm/web/ssub/research

SÉCHAGE DES FRUITS DANS LE VENT IONIQUE

Si les fruits ou les légumes sont séchés par la chaleur, les nutriments peuvent être détr its et les substances aromatiques peuvent être perdues. C'est pourquoi le séchage non thermique des aliments — c'est-à-dire sans chauffage – est particulièrement populaire dans l'industrie. Les ventilateurs sont notamment utilisés à cette fin. Un nouveau procédé de séchage développé à l'Empa à l'aide du vent ionique promet maintenant de rendre le séchage des aliments plus efficace sur le plan énergétique, plus rapide et encore plus doux.

Texte: Mara Hausammann

orsque les pales du rotor d'un ventilateur tournent, un vent constant se crée. Ce phénomène est connu dans la vie quotidienne, et nous utilisons donc le ventilateur pendant les chaudes journées d'été pour nous rafraîchir. Un effet secondaire indésirable est la sensation désagréable dans les yeux, qui deviennent de plus en plus secs à cause du vent généré artificiellement. L'industrie alimentaire profite de cet effet depuis longtemps : Les fruits et légumes sont de préférence séchés dans l'industrie sans apport de chaleur, car la chaleur détruit les nutriments et les arômes.

Le séchage convectif non thermique des aliments à l'aide de grands ventilateurs présente toutefois un inconvénient: le processus de séchage nécessite beaucoup de temps et d'énergie. C'est pourquoi l'industrie recherche depuis longtemps une méthode plus efficace sur le plan énergétique. Une des technologies est basée sur le vent dit «ionique». Bien que cette méthode fonctionne déjà à petite échelle, elle n'a pas encore réussi à passer à l'échelle industrielle. Les chercheurs de l'Empa ont maintenant développé un système de séchage plus efficace sur le plan énergétique, basé sur le vent ionique, qui convient aux applications industrielles.

DU VENT, SANS AUCUN ÉLÉMENT MOBILE

Un vent ionique n'est pas généré par les pales rotatives d'un ventilateur; il est créé en connectant un fil métallique ou une aiguille à une source de haute tension ayant une tension positive de 10000 à 30000 volts. Cela charge positivement le fil et ionise l'air ambiant. L'air «normal» est constitué de divers gaz tels que l'oxygène (O₂), l'azote (N₂) ou le dioxyde de carbone (CO₂). Chacune de ces molécules est constituée d'atomes, eux-mêmes constitués de particules élémentaires chargées positivement - les protons – et d'électrons chargés négativement – les électrons. Les électrons sont attirés par le fil chargé positivement, tandis que les protons beaucoup plus lourds sont repoussés par le fil. Ces forces électrostatiques finissent par provoquer la «séparation» des électrons



des molécules de gaz, les molécules restantes sont alors chargées positivementou «ionisées». Les ions positifs entrent en collision avec d'autres molécules d'air en s'éloignant du fil vers le collecteur situé en dessous, jusqu'à le heurter. Cette impulsion, ou plutôt le mouvement des particules qu'elle déclenche, crée ensuite le vent ionique, également appelé airflow électrohydrodynamique.

PETIT MAIS PUISSANT!

Les chercheurs ont essayé d'utiliser ce vent ionique avec différentes approches pour le séchage industriel des aliments mais jusqu'à présent sans succès remarquable, car il n'était pas possible de passer à l'échelle supérieure. Le chercheur de l'Empa Thijs Defraeye du département «Membranes et textiles biomimétiques» et son équipe ont approfondi l'idée en faisant varier divers paramètres de processus. Tout d'abord, les chercheurs n'ont pas placé les aliments à sécher dans une assiette comme c'était le cas auparavant, mais ont utilisé une grille à la place. «Ce n'est pas un changement fondamentalement complexe, mais jusqu'à présent personne n'a envisagé cette adaptation pour le séchage par vent ionique», explique le chercheur de l'Empa.

Ce qui semble être un petit changement fait une énorme différence: l'eau

peut maintenant s'évaporer de tous les côtés des fruits ou des légumes. Ainsi, le vent ionique sèche les aliments deux fois plus vite que sur une surface imperméable. Mais surtout, le vent ionique sèche les fruits et légumes de manière plus uniforme sur la grille. Contrairement aux méthodes de séchage électrohydrodynamique utilisées jusqu'à présent, la nouvelle conception est également plus facile à mettre à

À PARTIR DE L'ORDINATEUR

Pour affiner leur nouveau concept, les chercheurs de l'Empa se sont appuyés sur des simulations informatiques

l'échelle – et est donc aussi extrême-

ment intéressante pour l'industrie.

complexes. Cela permet de simuler virtuellement divers autres ajustements et leur influence sur le processus de séchage. De cette façon, l'usine peut être optimisée «in silico» sans avoir à construire physiquement une nouvelle structure à chaque fois.

Mais les calculs informatiques peuventils être transférés avec succès dans le monde réel? Est-il vraiment possible d'optimiser le processus de cette manière? En coopération avec des chercheurs de l'université canadienne «Dalhousie University», un premier prototype de la nouvelle installation de séchage a été construit dans le laboratoire de cette université. Les premiers tests ont en

effet montré des améliorations considérables: Le séchage par vent ionique est beaucoup plus rapide et consomme moins de la moitié de l'énergie requise par les procédés classiques. En outre, les aliments sont séchés plus uniformément et les nutriments sont mieux conservés. Enfin, et ce n'est pas le moins important, le processus peut être mis à l'échelle industrielle assez facilement. Thijs Defraeye et son équipe travaillent actuellement avec un détaillant suisse pour développer le concept.

Séchage des fruits avec le vent ionique **±** Particule d'air neutre positivement + ent ionique \oplus

Plus d'informations ici: www.empa.ch/web/s401

32 | FMPA OLIARTERLY || OCTORRE 2020 || # 69

AVENIR SUISSE S'APPUIE SUR L'EXPERTISE DE L'EMPA



Le groupe de réflexion Avenir Suisse a présenté sa dernière publication le 16 juillet intitulée «Concepts de propulsion durable».

Le principe de base est clair: il faut une ouverture technologique pour atteindre l'objectif climatique du «zéro net» — référant aux émissions de CO₂ — d'ici 2050. Parmi les auteurs figurent Peter Richner et Christian Bach de l'Empa.

www.empa.ch/web/s604/avenir

LES BATTERIES AU LITHIUM-ION SONT RECYCLABLES

Le 4 septembre 2020, le constructeur suisse de véhicules électriques Kyburz a mis en service une usine interne de recyclage des batteries lithium-ion — la première du genre en Suisse. L'installation a été conçue en étroite collaboration avec les experts de l'Empa et a réussi à récupérer jusqu'à 91 % des métaux.

www.empa.ch/web/s604/kyburz-batteriere cycling



DU BOIS DE HAUTE TECHNOLOGIE POUR SAUVER LE CLIMAT

Le 1er septembre 2020, Ingo Burgert a reçu le prix SDG 2020 pour la durabilité. «Burgert et son équipe contribuent de manière substantielle au fait qu'à l'avenir, des solutions et des applications qui contribueront à sauver le climat trouveront leur place dans nos vies», a conclu le jury.

www.empa.ch/web/s604/nachhaltigkeitsaward_sdg

PRIX REÇU
Les chercheurs de
l'Empa ont affiné le
bois pour en faire
un matériau léger
et malléable de la
nouvelle génération.



GREEN ECONOMY SYMPOSIUM

LUTTRE CONTRE LE BRUIT



Le Conseil fédéral a nommé le chef de laboratoire de l'Empa Jean Marc Wunderli président de la Commission fédérale de lutte contre le bruit (CFLB). Depuis 2019, Wunderli dirige le Laboratoire d'acoustique et de réduction du bruit de l'Empa. La CFLB travaille en tant que commission d'experts extra-parlementaires interdisciplinaire et indépendante dans les domaines de la réduction du bruit et des vibrations

www.empa.ch/web/s604/wunderli-prasident-eklb

SÉMINAIRES DE L'ACADÉMIE DE L'EMPA

(en allemand et en anglais)

11. NOVEMBER 2020

Techbriefing: Smart Energy Applied Solutions **Zielpublikum:** Industrie und Wirtschaft www.empa-akademie.ch/technology Empa, Dübendorf

16. DEZEMBER 2020

Workshop: Simulation and Sensing@Empa Zielpublikum: Industrie und Wirtschaft www.empa-akademie.ch/simsense Empa, Dübendorf

05. MÄRZ 2021

Kurs: Tribologie

Zielpublikum: Industrie und Wirtschaft

www.empa-akademie.ch/tribologie

Empa, Dübendorf

26. MÄRZ 2021

Kurs: Klebetechnik für Praktiker Zielpublikum: Industrie und Wirtschaft www.empa-akademie.ch/klebetechik Empa, Dübendorf

ABONNEMENT GRATUIT

Lisez Empa Quarterly

- Version imprimée en allemand, anglais ou français
- Version électronique www.empaquarterly.ch

Paraît quatre fois l'an, gratuit.

Empa Redaktion Empa Quarterly Überlandstrasse 129 8600 Dübendorf Switzerland

Geschäftsantwortsendung Invio commerciale Envoi commercial-réponse

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

34 | EMPA QUARTERLY || OCTOBRE 2020 || EMPA QUARTERLY || 69

ABONNEZ-VOUS GRATUITEMENT



www.empa.ch/web/s604/subscribenews

Empa Quarterly

RECHERCHE & INNOVATION

Joui, je souhaite	m'abonner gratui	🕽 Oui, je souhaite m'abonner gratuitement à Empa Quarterly.	☐ Allemand	Anglais	🗖 Françai
J'ai changé d'adresse:	resse:	Abonnement n°			
)					
dresse	☐ Madame	☐ Monsieur			
rénom, Nom					
ociété, Institut					
ue, n°					
ase postale					
יייי יייי					
دري					
	3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3				
		Ces donnees sont tialtees connidentiellen et ne seront pas tialismises a des tiels.	פרוופ אפוטוונ ממא נומווא	illisës a dës tiels.	

THE PLACE WHERE INNOVATION STARTS.

