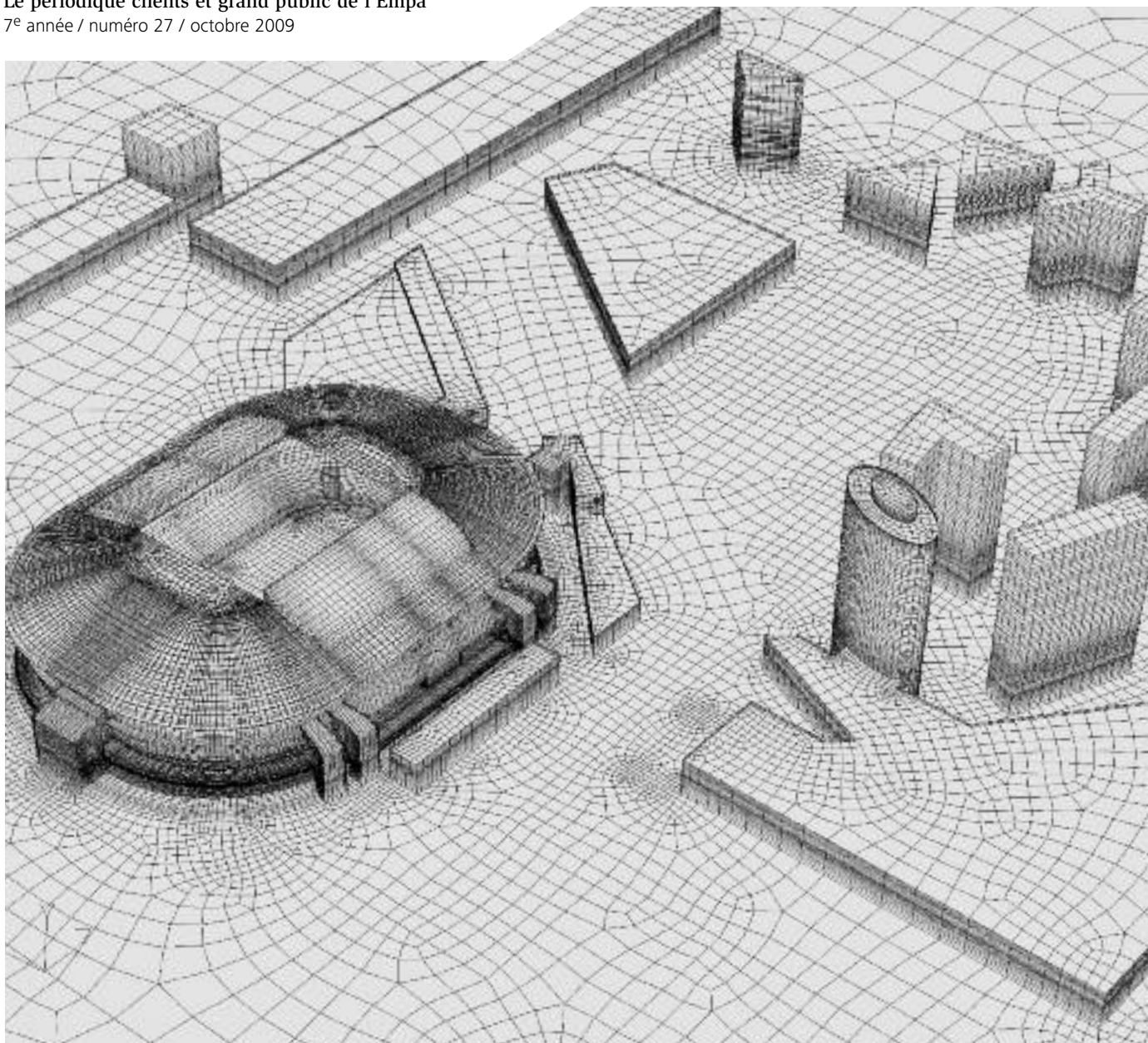


Empa **News**

Le périodique clients et grand public de l'Empa
7^e année / numéro 27 / octobre 2009



Meilleur climat dans les villes grâce à la physique urbaine 04

EMPA 
Materials Science & Technology

Les mécanismes de la détoxification
de la dioxine déchiffrés 07

Les cellules souches au service
du développement des matériaux 10

Nano – pour s’attaquer
aux défis 26

Destination: le corps humain



La santé, comment la conserver, la favoriser ou – lorsque cela devient nécessaire – la rétablir, est un thème que probablement beaucoup de lecteurs n’associent pas immédiatement à l’Empa. Mais à y regarder de plus près, on se rend compte que la médecine moderne demande souvent des matériaux et des systèmes très particuliers, que ce soit pour le remplacement d’organes ou de tissus «dé-

fectueux» – tels que des articulations, des os ou des tendons – ou pour des applications plus classiques en technique médicale – telles que le nouveau sommier pour les lits de soin de la spin-off de l’Empa «compliant concept» (page 18). Des développements qui exigent tous des connaissances approfondies en matière de science des matériaux.

Les technologies innovatrices que nous vous présentons sous la rubrique «Focus» ont toutes un point commun: les équipes qui travaillent à leur développement sont hautement interdisciplinaires. Des biologistes cellulaires et des toxicologues collaborent avec des biotechnologues et des physiciens des surfaces et ceux-ci à leur tour avec des chimistes, des ingénieurs et des électrotechniciens – et de nombreux autres spécialistes encore. Une condition essentielle à la réussite de tels projets. Et c’est justement cela qui les rend typiques de l’Empa.

Tout comme aussi nos efforts pour la prise en compte des effets des nouvelles technologies sur l’environnement ou la société, par exemple pour ce qui est de la consommation des ressources et de la production de déchets électroniques, et plus spécialement de l’impact de la nanotechnologie qui est prometteuse de solutions à nombre de nos défis du futur (pages 24 à 27).

Michael Hagmann
Responsable de la communication



**Le Président & «The Lancet»
Les mécanismes de la détoxification
de la dioxine déchiffrés 07**

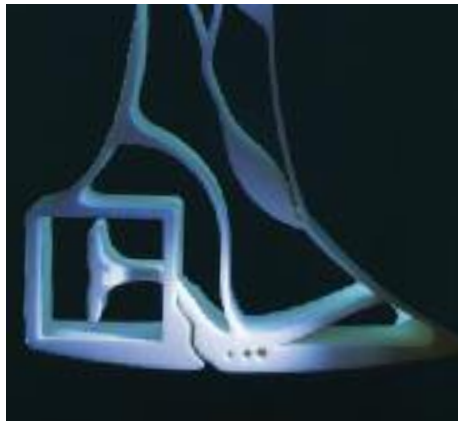


Page de titre

Analyse des écoulements d’air autour et dans le stade ArenA à Amsterdam. On a étudié si le vent restait agréable sur l’Arena-Boulevard, quelle était la charge exercée par le vent sur le toit mobile, les conditions de vent dans le stade durant les manifestations sportives et le potentiel de ventilation naturelle durant un concert (© J. Persoon, T. van Hooff, B. Blocken, J. Carmeliet et M. de Wit, 2008)



Tissu osseux & biocapteurs
Les cellules souches au service du développement des matériaux 10



Smart materials & lit de soin
Un «lit intelligent» pour prévenir les escarres 18



Marché d'idées & plateforme de dialogue
Nano pour relever les défis 26

Impressum

Editeur
 Empa
 Überlandstrasse 129
 CH-8600 Dübendorf
 www.empa.ch

Rédaction, lectorat, maquette, impression
 Section Communication

Rédaction
 Téléphone +41 44 823 47 33
 Téléfax +41 44 823 40 31
 empanews@empa.ch
 www.empa.ch/empanews

Parution trimestrielle

ISSN 1662-6532

Recherche et développement
 04 **«Blowin' in the Wind»**

Recherche et développement
 07 **Journal d'un empoisonnement par la dioxine**

Focus: Technologie et santé

10 **Les cellules souches comme contrôleurs de matériaux**

13 **Comment mettre les cellules sur la bonne voie**

14 **Réponse immunitaires aux nanomatériaux?**

16 **Profil d'exigences pour les nanotransporteurs**

17 **Epreuve de force réussie**

18 **Comme on fait son lit ...**

Transfert de savoir et de technologie
 20 **Un rideau qui supprime les odeurs**

Transfert de savoir et de technologie
 22 **L'indépendance avec pour bagage un bras transpirant et «SAM»**

Essais et services
 23 **Une simulation sur ordinateur évite bien des essais**

En dialogue
 24 **Appel en faveur d'un nouveau système économique**

En dialogue
 25 **Des visiteurs du Pérou et de Russie**

En dialogue
 26 **NanoConvention 2009 – troisième édition d'une plateforme de dialogue**

28 **Manifestations**

«Blowin' in the Wind»

La température dans les villes est nettement plus élevée qu'en milieu rural. Le réchauffement global et l'urbanisation galopante ne vont que renforcer ce phénomène. Si l'on veut protéger les villes contre les températures excessives, il est nécessaire de mieux connaître les interactions entre la météorologie et le climat urbain. C'est ce à quoi travaille Jan Carmeliet, professeur à l'ETH de Zurich et chef du laboratoire «Technologies du bâtiment» de l'Empa depuis le mois de juin 2008, cela pour contribuer à accroître le confort et la qualité de l'air et par là la qualité de vie dans les villes tout en réduisant simultanément de la consommation d'énergie des bâtiments.

TEXTE: Beatrice Huber, Simon Berginz

Jan Carmeliet et sa toile «Descente de Croix» (acrylique sur toile): Une interprétation libre de la Descente de Croix du peintre flamand Roger van der Weyden (env. 1435, Musée du Prado à Madrid) qui représente la Vierge évanouie (en bleu), Saint Jean (en orange) et deux demi-sœurs de Marie. (Photos: Andreas Rubin)

Dans le «clan Carmeliet» il est normal d'être professeur. Jan Carmeliet a quitté en 2008 sa chaire à l'Université catholique de Louvain pour venir occuper la double charge de professeur à l'ETH de Zurich et de chef du laboratoire «Technologies du bâtiment» de l'Empa. Mais il reste encore plusieurs Carmeliet dans sa patrie académique. Aussi bien son frère Peter que sa sœur Geert occupent en effet une chaire à la faculté de médecine de Louvain suivant ainsi les traces de leur père, Edward Carmeliet.

Au lieu de poursuivre la tradition médicale familiale, Jan Carmeliet a effectué des études d'architecture et d'ingénieur. «Je me suis engagé dans cette voie parce que la combinaison de l'art et de la science m'attirait», explique-t-il. Une fois ses études achevées, plusieurs voies s'offraient à lui. Après un mois passé dans un bureau d'architecture, il se rendit compte que cette orientation n'était pas la bonne. Ayant toujours eu un très grand intérêt pour la physique du bâtiment, il se lança alors dans une carrière d'ingénieur et de scientifique dans ce domaine, une décision qu'il n'a jamais regrettée.

Et en particulier non plus avec sa venue en Suisse. Ses fonctions actuelles «réunissent le meilleur de deux mondes». «D'une part l'Empa met un fort accent sur la recherche appliquée et le transfert de technologie et elle dispose de plus d'installations de recherche de haut niveau – bref, le lieu idéal pour construire notre soufflerie expérimentale», explique Carmeliet. Par ailleurs, ses chercheurs et ses doctorants peuvent aussi profiter de l'excellente expertise des techniciens de l'Empa. «D'autre part, ma position à l'ETH me donne la liberté d'effectuer de la recherche fondamentale «plus risquée», ce qui me plaît.» Cette double fonction offre à Jan Carmeliet la possibilité de suivre directement comment les résultats de ses travaux de recherche débouchent sur des applications pratiques pour la résolution de problèmes actuels urgents.

Bien que Jan Carmeliet travaille en Suisse depuis le mois de juin 2008 déjà, il a continué l'année dernière à s'occuper à Louvain de ses six doctorants restés en Belgique. Pour Carmeliet la formation d'étudiants n'est pas seulement une de ses tâches les plus importantes, c'est aussi pour lui un enrichissement. C'est aussi pourquoi il a déjà amené des étudiants bachelor et master de l'ETH dans ses laboratoires à l'Empa pour élargir leur horizon et leur faire mieux «sentir» les matériaux. «Ils étaient enthousiasmés, cette combinaison des cours à l'ETH et de la pratique de laboratoire à l'Empa était pour eux captivante.»

Une recherche centrée sur la physique urbaine

Dans sa nouvelle position, Jan Carmeliet a déjà des projets ambitieux. Les nouveaux pôles de recherche de son laboratoire portent sur le domaine de la physique urbaine. Le monde s'urbanise de plus en plus, aujourd'hui déjà plus de la moitié de la population mondiale vit dans des agglomérations urbaines, et d'ici 2050 cette proportion pourrait



atteindre 70 pour-cent. Carmeliet est convaincu que la physique urbaine va devenir de plus en plus importante. La durabilité des villes en est un exemple. «Tout le monde parle des villes durables et des objectifs du protocole de Kyoto bien qu'il existe encore des lacunes énormes dans la compréhension des phénomènes physiques impliqués», remarque Carmeliet. C'est ainsi que, par exemple, les météorologues étudient comment le changement climatique va influencer les phénomènes météorologiques en général; et les techniciens de la construction s'efforcent d'accroître l'efficacité énergétique des bâti-

ments. Mais le COMMENT de l'effet de ces changements sur les villes, reste en majeure partie «terra incognita».

«En Suisse et dans d'autres pays, la température dans les villes est de quelques degrés supérieure à celle de leur environnement rural», explique Carmeliet. Les scientifiques parlent ici d'îles thermiques urbaines. Si l'on ajoute à cela le réchauffement climatique global, il devient rapidement clair que la consommation d'énergie pour la climatisation ne va certainement pas diminuer dans les villes – pas plus que les exigences de confort des habitants. On estime que l'augmentation de la consommation d'électricité pour la climatisation atteint jusqu'à 8 pour-cent par degré Celsius de réchauffement. De plus, les îles thermiques urbaines tendent à s'étendre et à modifier ainsi le climat régional et le régime des vents, ce qui exerce à son tour une influence notable sur la consommation d'énergie de régions entières.

Il n'est pas simple de réfrigérer des villes entières. Les systèmes de réfrigération actifs sont inappropriés car ils dégagent de la chaleur et ne font ainsi que réchauffer davantage l'environnement. Les surfaces réfrigérantes sont plus prometteuses, ainsi que le montrent des études récentes. En font partie les surfaces vertes telles que les parcs ou les toitures végétalisées, les plantations en bord des rues, qui rafraîchissent par leur évaporation et l'ombre qu'elle procurent, mais aussi des matériaux humidifiables ou encore des peintures qui reflètent le rayonnement solaire. On pourrait encore utiliser le vent pour amener de l'air plus frais dans les villes ou pour en évacuer de l'air chaud. Malheureusement le mode de construction dense de la majorité des villes est un obstacle à cette réfrigération par le vent. «Bien des efforts sont encore nécessaires pour faire connaître et appliquer les principes de la physique urbaine dans l'aménagement des villes», relève Carmeliet.

Avec le soutien d'une nouvelle installation d'essai

Afin de simuler et de mieux comprendre les écoulements de l'air dans les villes – et de combler ainsi au moins partiellement une lacune dans ce domaine – l'Empa construit actuellement dans sa Bauhalle une soufflerie de 25 mètres de long et d'une hauteur atteignant jusqu'à 4 mètres. Ce que cette installation a de particulier, c'est la méthode de mesure utilisée, dénommée PIV (Particle Image Velocimetry), qui permet une détermination temporelle et spatiale précise des mouvements

>>

de l'air. Pour cela, des particules de taille micrométrique mélangées à l'air de la soufflerie sont éclairées par des impulsions laser. A partir des images successives obtenues, un logiciel permet de déterminer l'ensemble de la configuration des écoulements dans la soufflerie. «Actuellement nous procédons aux travaux de transformation et d'aménagement de la halle pour qu'on puisse y installer la soufflerie», explique Jan Carmeliet. «Une telle installation demande pas mal de place». Les données recueillies sur cette soufflerie serviront à étudier les écoulements de l'air et des polluants dans les rues et autour des blocs d'immeubles. De plus, ils permettront de valider les modèles de calcul déjà développés pour la simulation des écoulements afin de pouvoir utiliser ensuite ces modèles pour l'étude détaillée des caractéristiques des écoulements.

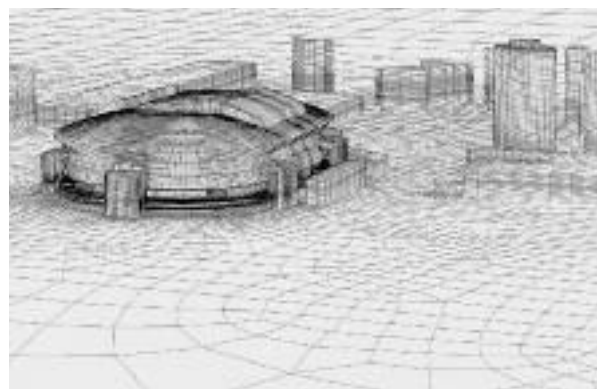
A côté de ces essais en soufflerie, Jan Carmeliet et son équipe s'attachent à d'autres domaines de recherche. «Finalement nous désirons développer de nouveaux matériaux pour des technologies de construction innovatrices. Nous avons entre autres l'intention d'utiliser des matériaux nanoporeux, tels que les aérogels, pour réaliser ainsi des matériaux hautement isolants», explique Carmeliet. De plus, la Suisse, tout comme d'autres pays, devrait entreprendre de gros efforts pour améliorer l'efficacité énergétique des bâtiments anciens, par exemple avec une meilleure isolation ou l'utilisation de l'énergie solaire. Ce n'est toutefois pas uniquement l'utilisation durable des ressources qui tient à cœur de Carmeliet. C'est ainsi que le développement de vitrages sous vide – sur lesquels la pression dans l'espace intermédiaire est réduite au maximum pour diminuer significativement les déperditions calorifiques - et d'autres technologies de construction innovatrices - devraient permettre d'améliorer le confort des habitations ainsi la qualité de vie de leurs occupants.

Jan Carmeliet est sans cesse à la recherche de nouveaux thèmes pour les approfondir. C'est aussi pourquoi il invite volontiers des hôtes académiques à l'ETH ou à l'Empa et visite de son côté d'autres instituts de recherche. En 2007, il a effectué un séjour sabbatique à l'Université d'Illinois à Urbana-Champaign et au «Los Alamos National Laboratory» au Nouveau Mexique. Son intérêt pour les nouveaux défis est aussi la raison de son départ de Belgique. «Je désirais quelque chose de nouveau qui soit aussi un défi», déclare-t-il.

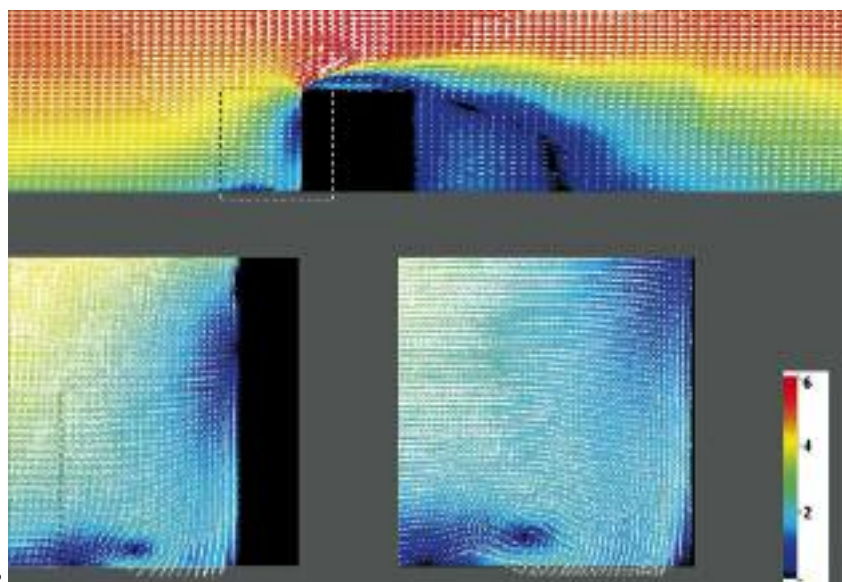
La peinture

Jan Carmeliet n'est que louange pour sa nouvelle patrie, en particulier pour la qualité de vie qu'elle offre. «A l'échelle internationale, Zurich est certes petite, mais elle possède tous les avantages d'une grande ville», exprime-t-il avec enthousiasme. Ici à Zurich, il désire encore une fois franchir un nouveau pas – et pas seulement scientifiquement parlant, mais aussi dans son violon d'Ingres qu'est la peinture. «Pour moi la peinture est voyage dans l'univers des couleurs, des formes et de la composition. Lorsque je peins, je perds la notion du temps», avoue Carmeliet.

Pour Jan Carmeliet, l'art et la science présentent des points communs. «Lorsque je peins, j'ai une idée en tête. J'applique alors les couleurs sur la toile et en peignant je découvre sans cesse de nouvelles idées que je travaille jusqu'à ce que la toile prenne forme.» Ce processus d'exploration est, selon lui, aussi un des traits distinctifs de la recherche scientifique. //



1



2

1 Analyse des écoulements d'air autour et dans le stade ArenA à Amsterdam. On a étudié si le vent restait agréable sur l'Arena-Boulevard, quelle était la charge exercée par le vent sur le toit mobile, les conditions de vent dans le stade durant les manifestations sportives et le potentiel de ventilation naturelle durant un concert (© J. Persoon, T. van Hooff, B. Blocken, J. Carmeliet et M. de Wit, 2008)

2 Distribution des vitesses du vent autour d'un bâtiment cubique déterminée par PIV haute résolution. On distingue bien un tourbillon stationnaire devant le bâtiment. Les agrandissements montrent le tourbillon stationnaire ainsi que des tourbillons secondaires. (© T. Defraeye et J. Carmeliet)

1
Photographie prise le 8 juin 2006 à Amsterdam: même après près de deux ans, le chloracné est encore bien visible sur le visage de Juschtschenko. (Photo: Muumi)

2
Photographie prise le 15 mai 2009 à l'Université de Zurich: grâce au traitement à l'Hôpital universitaire de Genève, les séquelles sur le visage de Viktor Juschtschenko ont pratiquement disparu. (Photo: Jürg Vollmer/maiak.info)



Journal d'un empoisonnement par la dioxine

En 2004, l'actuel président de l'Ukraine, Viktor Juschtschenko avait subi un grave empoisonnement par de la dioxine. Les chercheurs de l'Empa ont analysé sur une longue période plus de 100 prélèvements effectués sur ce politicien, cela entre autres afin d'élucider les mécanismes jusqu'ici inconnus de la détoxification par le corps humain de cette substance hautement toxique. Ces analyses leur ont permis d'identifier plusieurs produits de dégradation de la dioxine. Les résultats de cette étude ont été publiés récemment dans revue scientifique médicale anglaise renommée «The Lancet».

TEXTE: Beatrice Huber

Viktor Juschtschenko est depuis bientôt cinq ans président de l'Ukraine. Mais tout aurait pu se dérouler autrement. Au sommet de sa campagne électorale, il est subitement atteint d'une maladie mystérieuse. Longtemps, les médecins tâtonnent dans le noir. Les conjectures les plus folles circulent, les hypothèses d'une conspiration et les intrigues politiques vont bon train. Finalement la substance responsable est identifiée: il s'agit de TCDD pure aussi appelée dioxine de Seveso (voir encadré page 9). Sa concentration dans le sang de Juschtschenko est 50 000 fois plus élevée que celle que l'on trouve en moyenne dans une population normale. La forme grave d'acné qu'est chloracné qui s'était manifesté après quelques semaines sur son visage est l'indice qui a mis les médecins sur

la voie. Si Juschtschenko était décédé peu de temps après son empoisonnement, les médecins légistes n'auraient probablement jamais trouvé la cause de cette «maladie» car dans les cas de décès non élucidés, on ne recherche normalement pas la présence de cette substance par trop exotique qu'est la dioxine.

Les experts de l'Empa mis à contribution
Après son effondrement physique et des premiers examens effectués à Vienne (voir chronologie page 8), Juschtschenko se confie aux soins de l'Hôpital universitaire de Genève où il est pris en charge par le dermatologue Jean-Hilaire Saurat et son équipe. Juschtschenko accepte de plus que son cas fasse l'objet d'une étude scientifique et les médecins genevois se mettent

alors à la recherche de spécialistes de l'analyse des dioxines. «C'est ainsi que nous sommes entrés en scène, certainement du fait de notre longue expérience dans le domaine des dioxines», explique Markus Zennegg qui travaille dans le laboratoire «Chimie analytique» de l'Empa et qui a effectué la majeure partie des analyses.

Durant trois ans, à Genève et en Ukraine, les médecins ont procédé sur Juschtschenko à plus de 100 prélèvements de sang, d'urine, de selles, de sueur, de kystes cutanés et de tissu adipeux. Les premiers résultats des analyses montrèrent de façon surprenante que seuls environ 60% de l'élimination de la TCDD étaient attribuables à une élimination à travers les selles, l'urine ou la sueur. Mais alors où était passé le reste? La réponse: il avait été transformé et

Chronologie des événements

Au cours de l'automne/hiver 2004, les Ukrainiens avaient été appelés à élire un nouveau président. Le président en charge, Leonid Kutschma, proposa la candidature du premier ministre Viktor Janukowytch qui passait pour pro-russe. Le candidat adverse qui avait les plus grandes chances de succès était Viktor Juschtschenko, qui se trouvait à la tête du bloc pro-occidental «Notre Ukraine». La campagne électorale fut assombrie par la «maladie» de Juschtschenko. La chronologie des événements:

-
- 05.09.2004** Dîner de Viktor Juschtschenko avec des membres des services secrets ukrainien à Kiev; premiers symptômes au cours de la nuit (douleurs abdominales, maux de tête, vomissements, ...)
-
- 06.09.2004** Aggravement des symptômes, transfert à l'hôpital.
-
- 10.09.2004** 1er séjour à l'hôpital au Wiener Rudolfinerhaus.
-
- 01.10.2004** Chloracné au visage;
2e séjour à l'hôpital au Wiener Rudolfinerhaus.
-
- 31.10.2004** 1er tour des élections présidentielles:
Juschtschenko 39,87 pour-cent,
Janukowytch 39,32 pour-cent;
un scrutin de ballottage est nécessaire.
-
- 21.11.2004** 1er scrutin de ballottage: l'opposition et les observateurs internationaux parlent d'irrégularités; début des protestations de masse.
-
- 23.11.2004** Premiers soupçons d'un empoisonnement à la dioxine (John Henry, St. Mary's Hospital, Londres).
-
- 24.11.2004** Résultats officiels du scrutin de ballottage:
Janukowytch 49,42 pour-cent,
Juschtschenko 46,69 pour-cent;
l'opposition ukrainienne, l'UE et les USA ne reconnaissent pas ce résultat, mais la Russie oui.
-
- 03.12.2004** La Cour Suprême de l'Ukraine déclare nul le premier scrutin de ballottage et en ordonne un deuxième.
-
- 10.12.2004** Détection d'une concentration élevée de dioxine dans le sang de Juschtschenko (Abraham Brouwer, BioDetection Systems, Amsterdam).
-
- 17.12.2004** Confirmation par deux laboratoires indépendants; présence uniquement de TCDD pure.
-
- 26.12.2004** 2e scrutin de ballottage: Juschtschenko 51,99 pour-cent.
-
- 23.01.2005** Assermentation de Viktor Juschtschenko comme nouveau président de l'Ukraine.

>>

décomposé par des enzymes du métabolisme. «Nous sommes parvenus à identifier et à quantifier pour la première fois chez l'homme des produits de la dégradation de la dioxine», explique Zennegg qui résume ainsi les résultats des analyses que l'équipe de l'Empa a publiés avec ses collègues de Genève dans la revue scientifique médicale «The Lancet».

Concrètement, les experts de l'Empa ont identifié deux produits de dégradation de la TCDD. Ces produits de dégradation résultent de l'addition par les enzymes du métabolisme d'un groupe hydroxy en deux points de la molécule de TCDD originelle. Cette modification rend la molécule hydro-soluble et elle peut ainsi être excrétée notablement plus rapidement que la TCDD non modifiée. Les chercheurs ont identifié le

tractus digestif comme étant la voie d'excrétion principale, ce qui concorde avec des essais sur l'animal. Par ailleurs, ils ont trouvé que la demi-vie de la dioxine dans le corps, avec environ 16 mois, était notablement plus brève que les valeurs de cinq à dix ans connues jusqu'ici. La dose élevée avait ici manifestement incité le corps à augmenter sa production des enzymes responsables de la dégradation de la dioxine.

Vérification du succès du thérapeutique

Le fait que le «cas Juschtschenko» ait permis pour la première fois d'observer sur une longue période la dégradation de la dioxine dans le corps humain s'est révélé être une véritable aubaine – tant pour les chimistes et les médecins que pour Viktor Juschtschenko. «Nos analyses ont permis



A l'Empa, les prélèvements ont été conditionnés puis analysés par chromatographie en phase gazeuse et spectrométrie de masse haute résolution. (Photo: Ruedi Keller)

aux médecins de vérifier l'efficacité de leur mesures thérapeutiques», relève Peter Schmid de l'Empa qui a aussi participé aux analyses. Et que ces mesures thérapeutiques furent efficaces, comme l'a confirmé avec satisfaction Juschtschenko dans une interview avec la «NZZ»: «Aujourd'hui, selon les résultats de la clinique, mon organisme ne contient plus que cinq pour-cent de la dose initiale de dioxine. A début du traitement, on ne s'attendait pas à ce qu'il fût possible d'extraire une telle quantité de ce poison.»¹ //

¹ Interview de Viktor Juschtschenko dans la «NZZ» du 16 mai 2009: http://www.nzz.ch/nachrichten/international/ein_beitritt_zur_eu_oder_zur_nato_wird_durch_referendum_entschieden_1.2564467.html

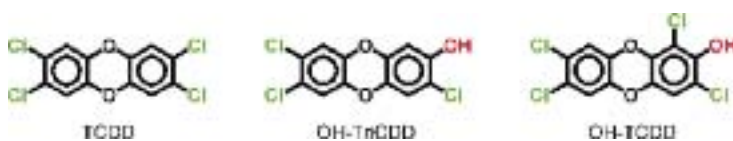


Les dioxines

Les dioxines sont des polluants environnementaux extrêmement toxiques qui ne se dégradent que très lentement. Elles se forment comme produits accessoires indésirables lors des processus de combustion, par exemple lors de l'incinération des ordures. Elles ne sont produites sciemment que dans des laboratoires qui les utilisent comme substances de référence pour des analyses chimiques. Les dioxines constituent tout un groupe de substances; la 2,3,7,8-tétrachlorodibenzo-p-dioxine (en abrégé TCDD) est la plus toxique d'entre elles. Elles font partie de ce que l'on dénomme «The Dirty Dozen», (d'après le titre d'un film américain des années soixante) qui est un groupe de polluants organiques très persistants comprenant entre autres aussi des pesticides dont la production et l'utilisation ont été interdites en 2001 suite à un accord international, la Convention de Stockholm. Seule de la TCDD pure a été décelée dans le sang de Viktor Juschtschenko, ce qui constitue un indice d'un empoisonnement intentionnel avec de la dioxine produite par synthèse.

Catastrophe chimique de Seveso et Agent Orange

L'arrière-plan politique et la dose extrêmement élevée font de l'affaire Juschtschenko un cas unique. Ce politicien n'est toutefois pas la première ni la seule victime de la dioxine. L'Organisation mondiale de la santé OMS fait état de quelques cas d'aliments contaminés attribuables le plus souvent à des pesticides renfermant des traces de dioxine ou à des sols contaminés. On connaît aussi des cas d'empoisonnement par des dioxines suite à des accidents de production comme celui qui s'est produit dans une usine chimique à Seveso en 1976. Lors de cet accident, un nuage de produits chimiques renfermant de grandes quantités de TCDD pollua une zone de 15 kilomètres carrés dans laquelle vivaient 37 000 personnes. La TCDD est depuis lors aussi appelée communément «poison de Seveso». L'assainissement des sols et l'analyse critique des suites de cet accident prirent des années. Le contenu du réacteur chimique explosé lors de l'accident ne fut incinéré qu'en 1985 à Bâle. Lors de tests, des experts – dont l'Empa – durent tout d'abord vérifier qu'aucune dioxine ne pouvait s'échapper dans l'air évacué lors de l'incinération. Une contamination à grande échelle par des dioxines s'est aussi produite durant la guerre du Vietnam suite à l'utilisation par l'armée américaine du défoliant «Agent Orange» fortement contaminé par des dioxines.



La TCDD et ses deux produits de dégradation dans le corps humain: les enzymes du métabolisme sont capables d'ajouter un groupe hydroxy (-OH) à la molécule de TCDD, ce qui la rend hydrosoluble et par là plus facilement excrétable.

Un violon de l'Empa surpasse un Stradivarius

Le chercheur de l'Empa Francis Schwarze peut se flatter d'avoir remporté un magnifique succès. Comme déjà annoncé (voir Empa News numéro 24) un violon, construit avec du bois traité par des champignons selon son procédé a subi un test à l'aveugle qu'il a remporté avec bravoure. Pour ce test, le violoniste virtuose anglais Matthew Trusler jouait, caché derrière un rideau, sur cinq violons, soit son propre Stradivarius et quatre instruments du maître luthier suisse Michael Rhonheimer dont deux en bois traité par des champignons et deux en bois non traité. Un jury de spécialiste et le public ont ensuite apprécié la qualité sonore de ces cinq violons. Avec un résultat des plus clairs: 90 des 181 voix du public et la totalité de celles du jury ont attribué la première place au violon traité par des champignons «Opus 58» dont le fond avait été traité le plus longtemps, soit neuf mois, avec un champignon de l'espèce *Xylaria longipes*. Le Stradivarius obtint 39 voix et parmi le public, 113 personnes (dont Francis Schwarze lui-même) ont même tenu le modèle en bois traité par des champignons pour le Stradivarius.



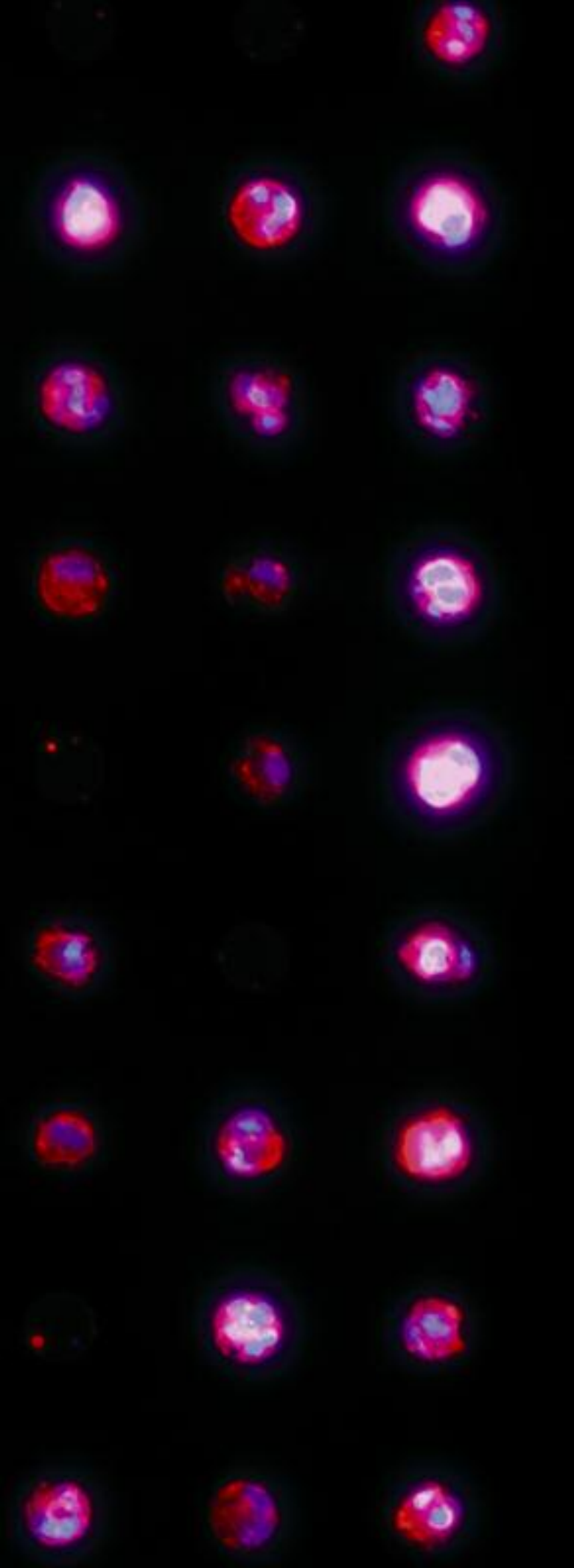
Le violoniste virtuose anglais Matthew Trusler lors du test à l'aveugle. (Photo: Egmont Seiler)

The background of the entire page is a microscopic image of cells. The cells are stained with a red dye, likely highlighting the cytoplasm or certain organelles, and a blue dye, likely highlighting the nuclei. The cells are scattered across the dark background, with some appearing more brightly than others. The overall effect is a dense field of glowing, multi-colored cells.

Les cellules souches comme contrôleurs de matériaux

Les cellules souches possèdent la faculté de pouvoir se différencier en un grand nombre de types de cellules différents. La «voie de développement» qu'elles empruntent dépend entre autres dans une large mesure du substrat sur lequel elles se trouvent. Les chercheurs de l'Empa utilisent des cellules souches pour développer, tester et améliorer les nouveaux matériaux biocompatibles utilisés par exemple pour les prothèses d'articulation.

TEXTE: Beatrice Huber

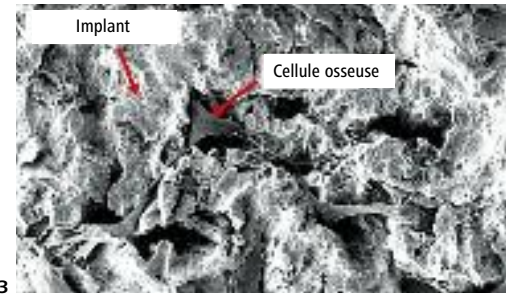
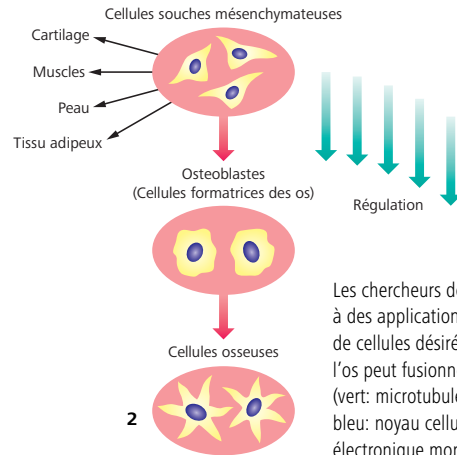
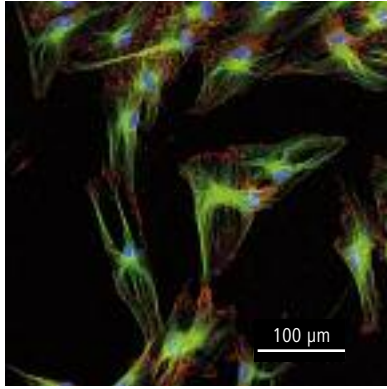


Observation du développement de cellules souches disposées isolément dans de minuscules cavités. Les différentes colorations et leur intensité permettent de déduire le stade de la différenciation cellulaire. (Photo: Markus Rottmar)

La pose d'une prothèse d'articulation est aujourd'hui devenue une opération de routine. Chaque année, rien qu'en Suisse, 20 000 personnes subissent une telle opération. Mais tout ne s'arrête pas à la pose. Les implants, qui ne sont pas cimentés, doivent fusionner avec l'os de la hanche après l'opération. La réussite de cette fusion dépend dans une grande mesure de la nature de la surface de l'implant. «Des recherches menées sur des cellules souches adultes ont montré que ces cellules se comportent différemment selon les caractéristiques de la surface de leur substrat», explique Katharina Maniura du laboratoire «Materials-Biology Interaction». Son groupe et celui de son collègue Arie Bruinink travaillent en effet sur les interactions entre les cellules et les matériaux. La question centrale est de savoir comment les matériaux destinés aux applications médicales doivent être conformés pour que les cellules souches s'y différencient «correctement», autrement dit vers le type de cellule désiré. Car ce n'est qu'ainsi – comme dans le cas des prothèses de hanche – que l'os peut se souder à l'implant et que le patient pourra à nouveau marcher sans peine.

Comprendre le déroulement de la différenciation cellulaire

Le développement d'une cellule souche en une cellule mature passe par de nombreuses étapes complexes. Ces étapes peuvent se regrouper en trois phases, migration, prolifération et différenciation. Pour commencer, les cellules souches migrent hors de la moelle osseuse – où se trouvent la majorité des cellules souches chez l'adulte – vers l'endroit où elles sont nécessaires. Là, les cellules se multiplient avant de se «transformer», autrement dit se différencier, finalement pour devenir le type de cellule désiré. Le déroulement des différentes étapes est réglé de manière très précise par le génome et peut aussi être influencé par des facteurs externes. Un des objectifs des chercheurs de l'Empa est d'arriver à comprendre les modalités d'action de ces facteurs externes et de la réaction des cellules. Arie Bruinink décrit cela dans le langage des mathématiciens: «Nous désirons connaître les algorithmes selon lesquels une cellule souche se développe, par exemple, en une cellule osseuse.» La surface sur laquelle vivent les cellules souches est l'un de ces facteurs externes qui influencent leur développement. De quoi cette surface doit-elle être



Les chercheurs de l'Empa étudient quelle conformation doivent avoir les matériaux destinés à des applications médicales pour que des cellules souches s'y développent vers le type de cellules désiré - par exemple en cellules osseuses. Ce n'est en effet qu'ainsi que l'os peut fusionner avec l'implant. **1:** Micrographie en fluorescence de cellules osseuses (vert: microtubules (partie du cytosquelette), rouge: vinculine, protéine d'adhésion, bleu: noyau cellulaire). **2:** Schéma de la différenciation cellulaire. **3:** Une micrographie électronique montrant comment les cellules osseuses sont inhérentes à l'implant. (Photos et illustration: Empa)

>>

faite et comment doit-elle être structurée? On peut imaginer des surfaces comportant des aspérités rondes micrométriques ou encore aussi des textiles. L'équipe de Arie Bruinink étudie l'influence de telles structures sur les cellules souches et en particulier les effets de ces aspérités rondes.

Des implants magnétiques

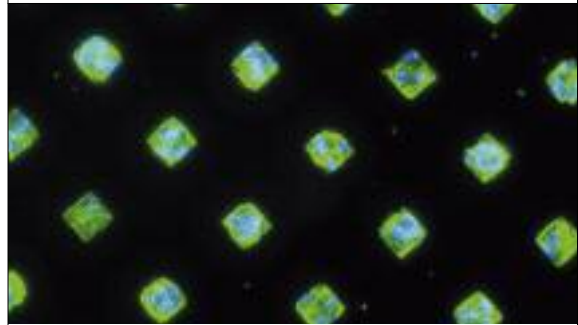
Les forces magnétiques sont aussi un facteur externe qui peut influencer le développement cellulaire. C'est cette éventualité qu'étudie le groupe de Arie Bruinink dans le cadre du projet UE «Magister» récemment lancé. Ce projet étudie les possibilités de l'utilisation de nanoparticules magnétiques que l'on injecterait à un patient et qui, soumises à un champ magnétique, s'assembleraient pour créer un implant. Ceci permettrait par exemple de consolider un défaut osseux durant le processus de guérison. Ces nanoparticules ne devraient présenter aucune toxicité pour les cellules souches (ni plus généralement pour les tissus), ni influencer négativement leur développement.

Regarder vivre les cellules

Ces travaux sur les cellules souches adultes ne servent pas seulement à améliorer les matériaux médicaux mais aussi à trouver des méthodes permettant de tester effectivement ces matériaux. Les méthodes classiques de la biologie cellulaire fournissent certes des résultats probants sur une caractéristique de l'état des cellules mais s'accompagnent en règle générale de la mort des cellules et ne permettent ainsi pas d'observer leur développement ultérieur. C'est ce qui a incité Katharina Maniura et ses collaborateurs à développer des méthodes permettant d'observer des cellules dans des cultures cellulaires en temps réel durant plusieurs heures, voire plusieurs jours. «Nous pouvons obtenir ainsi des informations exactes, entre autres sur le niveau de différenciation aussi bien de la cultures cellulaire dans son ensemble que sur celui de cellules isolées.»

L'idée de base est fort simple: on insère dans les cellules des «lampes» qui «s'allument» dès qu'un gène déterminé est actif, ou autrement dit dès que la cellule a atteint un stade de développement déterminé. Pour cela on introduit dans les cellules des gènes qui codent l'information pour la formation de protéines fluorescentes (les lampes). Les premières expériences sont fort prometteuses. On a pu observer ainsi comment l'architecture cellulaire se modifie au cours de la différenciation. //

Domaine d'utilisation: tests des médicaments



Un autre domaine d'utilisation possible des cellules souches est celui des biocapteurs. Lorsque, par exemple, une entreprise pharmaceutique veut développer un médicament favorisant la croissance osseuse, elle doit procéder à des tests poussés sur la substance active. Avant de passer aux essais sur l'animal et plus tard aux essais cliniques sur l'homme, on procède généralement à des tests sur des cultures cellulaires pour évaluer entre autres la toxicité de la substance active. Les exigences posées à ces tests sont un débit élevé – soit un nombre importants de tests par unité de temps – ainsi qu'un environnement cellulaire aussi physiologique que possible.

«Nous pensons utiliser pour ces tests des substrats polymères comportant de minuscules cavités dans lesquelles seront placées des cellules souches – une seule cellule ou un petit nombre de cellules par cavité», explique Katharina Maniura. Les cavités seront conformées de manière à reproduire aussi exactement que possible l'environnement naturel des cellules. Après quoi on ajoutera la substance active à tester et on pourra observer (aussi en temps réel, voir texte principal) comment les cellules se comportent, comment elles se fixent sur le support, si elles survivent ou non et – dans le cas d'un médicament pour les os – si elles se différencient en cellules osseuses. L'Empa mène des travaux de recherche sur ces biocapteurs en collaboration avec l'ETH de Zurich et l'institut AO Davos et avec le soutien financier du Centre de compétence CCMX Matlife. Ce système devrait aussi pouvoir servir à tester rapidement un grand nombre de substances non seulement potentiellement utiles, comme un médicament pour les os, mais aussi des substances potentiellement nocives.

Comment mettre les cellules sur la bonne voie

Les cellules souches sont des objets de recherche passionnants. Mais elles soulèvent aussi des débats parmi les éthiciens et dans la population car les cellules souches embryonnaires sont prélevées sur des embryons humains «surnuméraires». La biologiste cellulaire de l'Empa Katharina Maniura, qui travaille sur des cellules souches adultes, parle de l'état de la recherche dans ce domaine.

INTERVIEW: Beatrice Huber / PHOTO: Ruedi Keller

Madame Maniura, vous travaillez avec des cellules souches. Qu'est-ce que ces cellules ont de si particulier?

Les cellules souches possèdent la faculté de subir un développement. Ce qui signifie qu'elles peuvent donner naissance à différents types de cellules spécifiques d'organes. Elles présentent ainsi les meilleures facultés pour développer des tissus de remplacement pour des organes dont les tissus ne se régénèrent que mal ou même plus du tout. C'est ce qui les rend intéressantes pour la recherche. «Nos» cellules souches – il s'agit là de cellules de l'homme adulte – peuvent se développer entre autres en cellules osseuses, cartilagineuses, musculaires, cutanées ou encore en cellules adipeuses. Dans le corps humain, elles deviennent par exemple actives lorsqu'il s'agit de réparer une fracture osseuse. Nous désirons comprendre quelles sont les surfaces de matériaux sur lesquelles ces cellules se développent le mieux et quels sont exactement les facteurs qui influencent ce développement.

Où obtenez vous ces cellules?

C'est l'hôpital de St-Gall qui nous fournit des prélèvements de moelle osseuse. Cette moelle osseuse provient de patients opérés pour la pose d'une prothèse de hanche et elle est normalement éliminée avec les déchets opératoires. A partir de cette moelle osseuse nous isolons ce que l'on appelle des cellules souches mésenchymateuses. Les «donneurs» doivent naturellement donner leur accord pour l'utilisation de leurs cellules à des fins scientifiques. Cette collaboration avec l'hôpital cantonal existe depuis quelques années déjà et elle fonctionne très bien.

En quoi se distinguent ces cellules ?

Comme ces cellules proviennent toujours de personnes différentes, elles diffèrent d'un prélèvement à l'autre. Des tests effectués sur un grand nombre d'échantillons provenant de différents patients donnent des résultats qui sont bien représentatifs de l'ensemble de la population. Ces personnes ne sont pas seulement d'âges différents



La biologiste cellulaire de l'Empa Katharina Maniura.

mais elles ont aussi mené des styles de vie différents. Elles peuvent en outre souffrir de certaines maladies – aussi génétiques. Ceci représente un risque potentiel d'infection contre lequel nous prenons les mêmes mesures que doit prendre par exemple un laboratoire d'hôpital.

Grâce à cette collaboration directe avec l'hôpital cantonal et à ces prélèvements de moelle osseuse de qualité idéale, nous pouvons déterminer et aussi influencer exactement les conditions dans lesquelles sont cultivées ces cellules. Ceci nous a certes demandé une somme de travail assez considérable durant la phase de mise en route de ces travaux mais, à mon avis, cela en valait la peine. Avec les cellules souches que l'on peut obtenir dans le commerce, il n'est non seulement pas possible de choisir les conditions de culture mais celles-ci sont même souvent un secret de l'entreprise qui les commercialise, ce qui constituerait une composante incontrôlable dans le déroulement de nos essais.

Les cellules souches, surtout les cellules souches embryonnaires, soulèvent de grandes préoccupations éthiques. Quelle est votre position sur les cellules souches embryonnaires?

Nous suivons avec un grand intérêt la recherche dans ce domaine mais nous utilisons sciemment des cellules souches adultes. Pour nos travaux de recherche, ces cellules sont importantes parce que ce sont précisément les cellules souches adultes – et non pas embryonnaires – qui conduisent, par exemple, à l'enracinement osseux d'un implant et recèlent aussi des chances pour le développement de concepts de thérapie cellulaire.

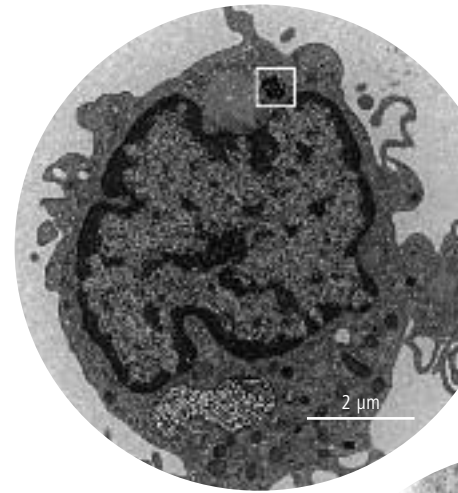
De nombreux groupes de recherche du monde entier mènent des travaux sur la culture de cellules souches à caractère embryonnaire obtenues à partir de cellules adultes pour éviter ainsi le recours à des embryons humains. Ce qui «déchargerait» grandement sur le plan éthique la recherche sur les cellules souches. Mais d'une manière générale une discussion sur les nouvelles limites thérapeutiques devient nécessaire: jusqu'où la société veut-elle aller dans le développement de nouveaux concepts de thérapeutiques? //

«Pour nos travaux de recherche, les cellules souches adultes sont importantes

Réponse immunitaire aux nanomatériaux?

Toute lumière implique sa contrepartie d'ombre. Cela vaut aussi pour à la nanotechnologie. Afin de garantir la sécurité dans la mise en œuvre de cette technologie, il est nécessaire d'en étudier suffisamment tôt les risques. Les chercheurs de l'Empa s'occupent, au sein du projet de recherche de l'UE «Nanommune», des effets des nanoparticules libres sur le système immunitaire.

TEXTE: Beatrice Huber / PHOTOS: Empa



1

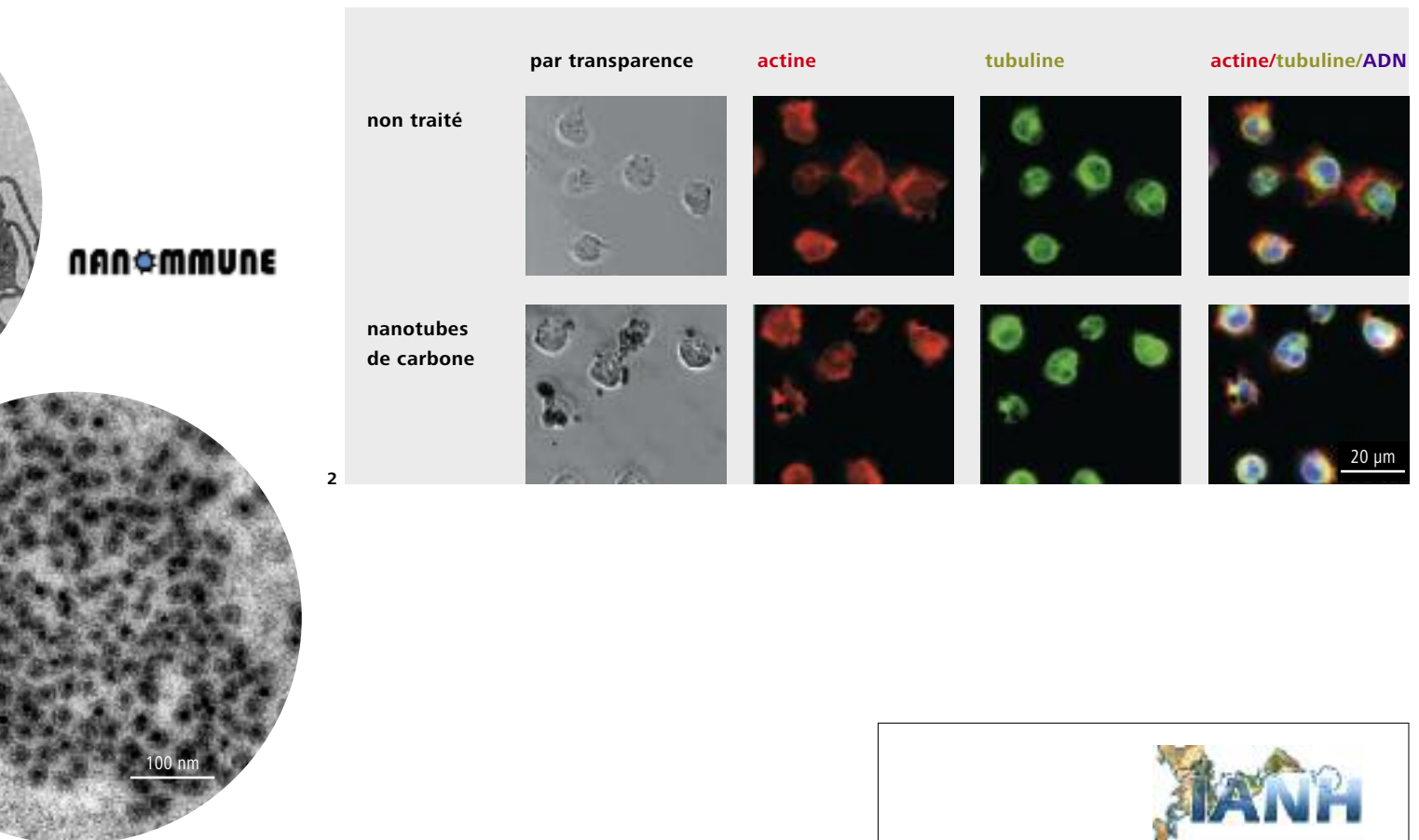
1
Micrographie d'un macrophage exposé à des nanoparticules core-shell, des particules qui possèdent un noyau d'oxyde de fer et une enveloppe de dioxyde de silicium. Avec un détail agrandi pour montrer plus nettement la nanoparticule. Les macrophages font partie des cellules immunitaires responsables de la défense immunitaire non spécifique.

2
Action de nanotubes de carbone sur le cytosquelette de lymphocytes T. Les cellules ont été cultivées sur des milieux avec et sans nanotubes de carbone après quoi on a procédé à une coloration mettant en évidence le squelette d'actine (rouge), le squelette de tubuline (vert) et l'ADN (bleu). Les nanotubes n'exercent aucune action sur le cytosquelette de ces cellules. Les lymphocytes T font partie des cellules immunitaires responsables de la défense immunitaire spécifique.

Le corps humain possède un système immunitaire hautement spécialisé pour se protéger des dangers potentiels des microorganismes et des substances étrangères. «On ne connaît toutefois guère les effets des nouveaux nanomatériaux de synthèse sur ce système immunitaire», remarque Harald Krug qui dirige le laboratoire «Materials-Biology Interactions» de l'Empa. Est-ce que l'organisme les reconnaît comme un corps étranger et les élimine? Ou influencent-ils éventuellement la défense immunitaire contre d'autres agresseurs? Dans le projet interdisciplinaire international «Nanommune» nous étudions cette question parmi beaucoup d'autres encore», ajoute Krug.

Le projet «Nanommune», qui est financé par le 7e programme cadre de recherche de l'UE, réunit, à côté de groupes de recherche de Suède, d'Allemagne, de Finlande, de Grande Bretagne et de Suisse, aussi pour la première fois des partenaires des USA, ce qui pose un problème particulier à ce consortium de recherche. «L'UE n'avait par exemple aucune idée sur la manière de régler les relations juridiques entre les partenaires car les USA ne reconnaissent pas la législation de l'UE», explique Harald Krug.

Afin d'obtenir une vue globale des effets des nanomatériaux synthétiques sur le système immunitaire, les différents groupes du projet étudient chacun certains aspects particuliers du problème. Ce projet réunit des spécialistes des domaines de la science des matériaux, de la biologie cellulaire, de la toxicologie, de l'immunologie mais encore aussi, par exemple, de la statistique. L'Empa, quant à elle, étudie les effets des nanoparticules sur différents types de cellules du système immunitaire pour apporter une réponse à des questions telles que celles-ci: Les différentes cellules



de notre système immunitaire se divisent-elles encore normalement en présence de nanoparticules? Ou sont-elles davantage sujettes à cette sorte de suicide cellulaire qu'est l'apoptose? Les cellules mortes sont-elles éliminées? Ou encore: Que se passe-t-il dans la communication entre les cellules?

Les cellules restent «cool»

«Les premières expériences montrent que les matériaux étudiés jusqu'ici ne provoquent pas d'apoptose», rapporte Harald Krug. «Les cellules immunitaires spécialisées que sont les cellules dendritiques, réagissent plutôt avec sérénité à une exposition à des nanoparticules. Il faut toutefois encore attendre pour savoir si, parmi les grand nombre des matériaux à étudier, il n'y en aura pas effectivement quelques-uns qui déclencheront une réaction des cellules immunitaires.» On sait déjà que les particules d'oxyde de zinc déclenchent de telles réactions. Mais ceci n'a rien d'étonnant car le zinc est un élément particulier pour les cellules immunitaires. C'est en effet d'une part un élément vital dont le corps, et plus spécialement les cellules immunitaires, a besoin pour son métabolisme et assurer ainsi sa survie. D'autre part, un surdosage est aussi critique pour les cellules qui réagissent alors souvent par un suicide cellulaire. D'autres oligo-éléments vitaux, tels que le fer et le cuivre, présentent des effets semblables. Les effets que déclenchent les nanoparticules de zinc n'apparaissent toutefois pas à des doses normales mais uniquement à des doses très élevées tout à fait irréalistes. Pour plus d'informations: www.nanommune.eu //



Une alliance internationale pour la standardisation des méthodes d'essai

Les résultats publiés dans les études sur les effets biologiques des nanoparticules effectuées jusqu'ici sont souvent contradictoires, et par là inutilisables, du fait du manque d'une caractérisation suffisante des nanoparticules auxquelles elles sont consacrées. Lors de 2^e Conférence internationale sur la nanotoxicologie qui a eu lieu en 2008 à Zurich, une alliance, la IANH (International Alliance for Nano Environmental and Health Safety Harmonization), a été fondée afin d'établir des méthodes robustes et des protocoles de recherche standards pour l'évaluation des risques éventuels des nanoparticules. Les instituts renommés d'Europe d'Amérique du Nord et du Japon – dont l'Empa – partenaires de cette alliance effectuent de manière indépendante – autrement dit en les finançant eux-mêmes – des essais interlaboratoires dont les résultats sont diffusés dans des publications mais aussi par différentes organisations internationales telles que l'OCDE ou l'organisation de normalisation ISO. Cela afin d'atteindre un public aussi large que possible et permettre d'éliminer les doutes des entreprises, des consommateurs et des autorités et de contribuer par là à la fiabilité et à la durabilité de la nanotechnologie.

Pour plus de détails: <http://nanoehsalliance.org/>



Photo: iStock

Profil d'exigences pour les nanotransporteurs

Comme beaucoup d'autres domaines, la médecine flirte elle aussi avec la nanotechnologie. Les nanoparticules devraient, par exemple, pouvoir servir de véhicules de transport aux médicaments pour les délivrer exactement aux organes, aux tissus ou aux cellules où ils doivent agir. L'idée de tels «drug delivery systems» est fort séduisante, mais soulève aussi certaines questions: Que deviennent les nanoparticules une fois qu'elles ont livré leur «marchandise»? Sont-elles décomposées par l'organisme? Sont-elle peut-être plus nocives qu'utiles pour l'organisme?

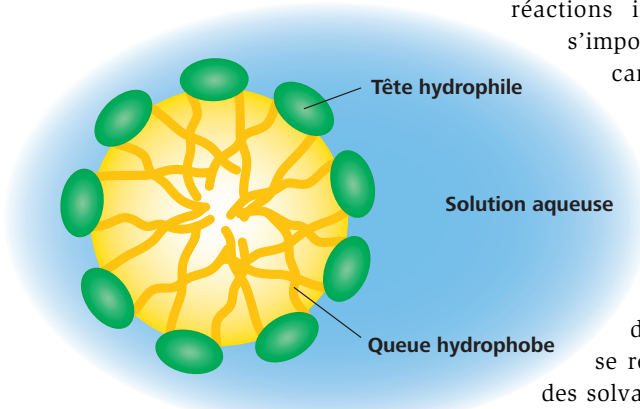
TEXTE: Beatrice Huber, Simon Berginz / ILLUSTRATION: André Niederer

Les nanoparticules ne sont pas qu'une panacée. C'est aussi l'avis du nanotoxicologue de l'Empa St-Gall, Peter Wick: «Seules les particules qui sont résorbables, autrement dit décomposées par l'organisme, et qui ne provoquent pas de réactions indésirables, parviendront à s'imposer comme vecteurs de médicaments.» Pour Wick, les particules favorites sont les micelles qui se dissolvent une fois le médicament délivré aux cellules. Une micelle est un agrégat formé de molécules qui possèdent à la fois des parties hydrophiles et des parties hydrophobes et qui se regroupent spontanément dans des solvants tels que l'eau. Wick place de grands espoirs dans ces «nanoparticules soft». Ou encore dans les (bio)polymères. «On a déjà produit à partir de divers polymères des «nanoconteneurs» que l'on peut

modifier de manière à ce qu'ils reconnaissent exactement le type de cellules qu'ils doivent «soigner» et qui sont aussi dégradables.»

Pour ce nanotoxicologue, le traitement des cancers constitue toutefois une exception dans l'utilisation de particules non dégradables. «La lutte efficace contre un cancer est par principe un objectif plus élevé qu'une élimination totale des nanoparticules de l'organisme.»

Les chercheurs de l'Empa réunis autour de Wick ne développent toutefois pas d'activités dans le domaine des systèmes de délivrance des médicaments proprement dits mais se consacrent davantage à la recherche sur les réactions du système immunitaire humain et des cellules nerveuses aux nanoparticules. Ces connaissances sont importantes pour le développement de nanotransporteurs de médicaments car seules des nanoparticules qui ne présentent pas de risques sont utilisables à cette fin. //



Les micelles pourraient être un candidat pour la délivrance de médicaments. Ces agrégats doivent se dissoudre une fois le médicament délivrés aux cellules cibles.

Epreuve de force réussie

Les chirurgiens utilisent de plus en plus souvent des matériaux artificiels pour réparer les tendons déchirés. Des biologistes, des ingénieurs et des scientifiques des matériaux textiles de l'Empa travaillent actuellement au développement d'un tendon artificiel en fibres bicomposantes biodégradables qui se résorbe dans le corps une fois sa fonction accomplie.

TEXTE: Martina Peter / ILLUSTRATION: André Niederer

Les tendons sont pour les scientifiques des matériaux extrêmement instructifs», déclare Manfred Zinn qui dirige le projet de recherche «PHATendon» de l'Empa, car ils sont capables de performances énormes.» Un tendon d'Achille, par exemple, peut supporter une charge atteignant dix fois le poids du corps. Pour déterminer exactement leurs propriétés, Zinn et ses collègues ont effectué des recherches dans la littérature, interrogé des médecins et soumis des tendons d'Achille de mouton à des essais de traction. «Nous avons pu ainsi déterminer les paramètres mécaniques pour le développement de tendons artificiels d'un type nouveau.»

Grâce à une excellente biocompatibilité et à des propriétés mécaniques optimales, telles que sa résistance et sa capacité de charge dynamique, le tendon Empa fonctionnera comme mainteneur d'espace. De plus, il accélérera la guérison du tendon lésé en servant de récepteur pour les cellules réparatrices produites par le corps. Et finalement le tendon Empa se résorbera une fois la guérison achevée.

Filage de polymères produits par des bactéries

Ce sont des bactéries qui fournissent le matériau approprié. Dans un bioréacteur, Zinn et son équipe du laboratoire «Biomatériaux» cultivent des microorganismes qui produisent des biopolyesters (polyhydroxyalcanoates, PHA). Ces biopolymères possèdent des propriétés très spécifiques suivant le type de bactérie utilisé et le genre d'acide gras que renferme le milieu nutritif. Dans le cas des tendons artificiels, ce matériau doit être biocompatible, à la fois résistant et élastique et pouvoir aussi se façonner de manière appropriée.

Les biopolymères purifiés sont filés dans l'installation de filage à chaud du la-

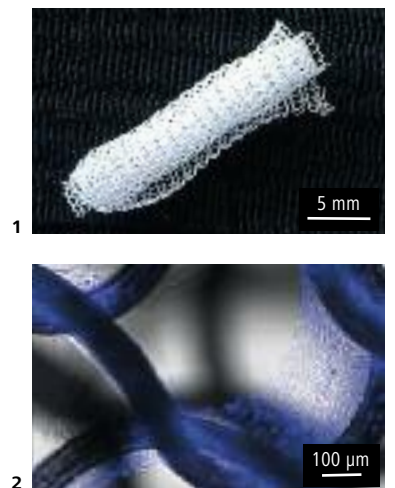
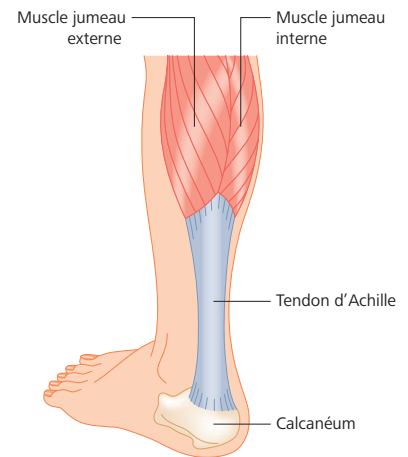
boratoire «Advanced Fibers» de l'Empa. «Notre méthode nous permet de produire des filaments formés de plusieurs composants», explique le spécialiste des fibres Rolf Hufenus. «Nous «marions» ainsi différents biopolyesters possédant des propriétés tout à fait différentes.» Ceci a permis d'obtenir des fibres bicomposantes ayant les propriétés mécaniques nécessaires et qui peuvent de plus être colonisées par les cellules des tissus corporels.

Bons résultats des tests de biocompatibilité et des essais mécaniques

Les tests de biocompatibilité *in vitro* effectués avec des fibroblastes humains par Katharina Maniura du laboratoire «Materials-Biology Interactions» ont démontré que ces fibres bicomposantes n'avaient aucun effet négatif sur ces cellules du tissu conjonctif. Les fibroblastes adhéraient aux fibres pour finir par les envelopper totalement après quelques jours.

Des tissus obtenus par tricotage de ces fibres ont finalement été soumis à des essais mécaniques dans le laboratoire «Mechanical Systems Engineering». Pour des tests d'élasticité, d'extensibilité et de résistance à la rupture, des rubans de ce tissu ont été montés sur la même installation qui avait déjà servi aux essais sur les tendons d'Achille de mouton. Avec succès: leurs performances égalaient celles des tendons naturels.

Dans une prochaine étape, on va passer aux essais *in vivo*. L'institut de recherche AO Davos procédera à l'implantation de tendons en biopolymères sur des rats et les réactions tissulaires seront analysées à l'Université Ludwig-Maximilian à Munich. «Si ces tests sur le rat sont positifs, nous pourrions poursuivre le développement de ces tendons artificiels avec un partenaire industriel intéressé», conclut Manfred Zinn avec optimisme. //



1
Les biopolymères sont filés dans l'installation de filage à chaud pour former des fibres bicomposantes qui sont ensuite tricotées pour obtenir des tissus. (Photo: Empa)

2
Les essais de biocompatibilité *in vitro* montrent que les fibroblastes adhèrent sur les fibres bicomposantes et peuvent s'y multiplier. (Photo: Empa)



Comme on fait son lit ...

Pour lutter contre les escarres, cette nécrose des tissus qui apparaît chez les malades longtemps alités, les chercheurs de la spin-off de l'Empa «compliant concept» ont développé un lit qui simplifie notablement les soins compliqués que demandent ces patients et promet ainsi d'en abaisser les coûts. Les escarres et les ulcères de décubitus sont un thème récurrent dans les hôpitaux et les établissements de soins car ils provoquent des douleurs très importantes et exigent des soins compliqués et coûteux.

TEXTE: Daniel Ochs

Lorsqu'elle dort, une personne en bonne santé change de position plusieurs fois par heure. C'est là un mécanisme de protection inconscient. Par contre, du fait de leur état de santé, les malades longuement alités ne sont en règle générale plus capables de tels mouvements. Si le patient, par son poids, exerce durant une longue période une pression sur une partie de son corps, il se produit ce que l'on appelle des escarres de décubitus. Le sang ne peut plus circuler convenablement dans cette région du corps, les tissus ne sont plus suffisamment approvisionnés en oxygène et finissent alors par se nécroser. Ce que cela a de fatal: les ulcères qui se forment alors sont extrêmement douloureux et très difficiles à soigner. Dans le pire des cas, la plaie devient si profonde qu'elle atteint les os et les organes internes, entraînant par là un risque vital.

Pour prévenir ces escarres, les patients doivent par exemple être changés de position toutes les deux heures. Ces changements sans cesse répétés constituent pour le personnel soignant une charge physique considérable et nombreux sont les infirmières et les infirmiers chez lesquelles elle provoque des douleurs musculaires et des problèmes de dos. Retour-

1
Un déplacement à peine perceptible mais constant: le patient est absolument immobile alors que le sommier sur lequel il repose est en mouvement. (Photo: Empa)

2
Le «lit flexible» de «compliant concept» comporte moins de pièces qu'un lit de soin habituel et est exempt de systèmes mécaniques demandant un entretien coûteux. (Illustration: Empa)





«smart materials» – un grand potentiel

On qualifie de «smart» ou en français d'intelligents les matériaux et les systèmes capables de s'adapter de façon optimale à leur environnement. Soumis à un stimulus extérieur, ils modifient par exemple leurs propriétés physiques, chimiques ou biologiques; dès que le stimulus cesse, ils reprennent alors leur état initial. Les systèmes flexibles (en anglais compliant systems), tels que par exemple le lit de soin décrit dans l'article au-dessous, en font aussi partie de même encore que les polymères électroactifs (PEA) qui transforment directement l'énergie électrique en travail mécanique et auxquels on attribue souvent pour cela le nom de muscles artificiels.

Des muscles artificiels pour des dirigeables «nageants»

Les PEA sont même capables de propulser des dirigeables. L'objet volant développé par le laboratoire «Mechanical Systems Engineering» nage plutôt dans l'air qu'il n'y vole car ses mouvements imitent les coups de nageoires d'une truite. Des actuateurs en PEA intégrés à son enveloppe et à ses nageoires s'allongent lorsqu'on leur applique une tension électrique pour se rétracter ensuite lorsque cette tension est s'interrompue, ce qui provoque des «coups de nageoires». Ce dirigeable se déplace alors sans bruit et en douceur à une vitesse d'un mètre par seconde, soit à la vitesse d'un hom-

me au pas. De tels engins volants pourraient s'utiliser pour l'observation de la faune ou la télédétection.

Les investissements dans les «smart materials» sont prometteurs

Les matériaux et les systèmes intelligents ont de l'avenir - les scientifiques et les politiciens sont d'accord sur ce point. Toutefois, en ces temps de crise, de nombreuses entreprises suisses n'investissent qu'avec réserve dans la recherche et le développement. Pour que cela change, au mois d'août l'Agence pour la promotion de l'innovation CTI avait organisé avec l'Empa un «National Innovation-Briefing» consacré aux matériaux intelligents. L'intérêt rencontré fut considérable: 200 représentants de l'industrie et de la recherche se déplacèrent pour s'informer sur le programme national de recherche «Matériaux intelligents» (PNR 62) dont les projets devraient démarrer en janvier 2010. Ce que le PNR 62, financé par le Fonds national suisse de la recherche scientifique, a de particulier, c'est que si, après leur phase de démarrage, les projets se révèlent aptes à une commercialisation, la CTI recommandera leur poursuite dans un projet subséquent avec des partenaires industriels. Cela afin d'assurer que les résultats de la recherche trouvent aussi effectivement leur voie vers le marché. //

ner un patient de 70 kilogrammes demande en effet une technique particulière et aussi beaucoup de force.

Manque de personnel soignant qualifié

Selon une récente étude de l'Observatoire suisse de la santé Obsan et de la fondation Careum, en 2030 il manquera en Suisse jusqu'à 190'000 professionnels de la santé. Aujourd'hui déjà, le personnel infirmier fait défaut. Ou exprimé différemment: le personnel à disposition doit s'occuper de trop de patients, ce qui peut avoir des conséquences des plus graves pour les malades longuement alités avec, par exemple, l'apparition d'ulcères de décubitus qui peuvent se former après quelques heures déjà.

Il existe certes déjà sur le marché quelques dispositifs médicaux pour la prévention et la thérapie des escarres mais qui présentent toutefois tous des désavantages importants: soit ils demandent quand même des soins importants et/ou influencent négativement la perception corporelle du patient et conduisent à accroître sa désorientation et la réduction de sa mobilité résiduelle.

Prévenir les escarres avec des matériaux «smart»

La spin-off de l'Empa «compliant concept» a maintenant développé un lit de soin qui imite les mouvements de l'homme sain durant son sommeil pour la prévention des escarres chez des patients alités dans les hôpitaux et les institutions de soins. Un système raffiné, formé d'un sommier actif comportant des structures «intelligentes» et d'un matelas spécial, assure que la personne alitée ne reste jamais longtemps dans la même position dans son lit mais est déplacée constamment et de manière presque imperceptible pour changer ses points d'appui. Ceci devrait permettre non seulement d'éviter les escarres au patient mais aussi, le cas échéant, d'entretenir sa mobilité résiduelle. Ce lit développé par les chercheurs de «compliant concept» en collaboration avec la Haute école spécialisée de Rapperswil et des entreprises privées avec le soutien financier de l'Agence pour la promotion de l'innovation CTI devrait réduire notablement les soins nécessaires pour déplacer les patients et laisser ainsi au personnel infirmier davantage de temps pour se consacrer plus intensivement aux soins des patients. //

La spin-off de l'Empa «compliant concept»

La spin-off de l'Empa «compliant concept» travaille au développement d'un nouveau lit de soin avec une équipe interdisciplinaire à laquelle appartient entre autres le professeur émérite de médecine Walter O. Seiler. Les travaux de recherche et de développement sont assumés par les anciens chercheurs de l'Empa alors que la Haute école spécialisée de Rapperswil et les entreprises Composites Busch SA et Festo AG réalisent les prototypes. Le savoir-faire pratique est apporté par le spécialiste de la fabrication de matelas médicaux OBA AG. Sur le plan médical, «compliant concept» est conseillée par le Centre suisse de paraplégiques, l'Hôpital universitaire de Bâle ainsi que par l'EMS «Im Geeren», Seuzach, et sur le plan technique par l'Empa ainsi que par l'ETH de Zurich.

Un rideau qui supprime les odeurs

Neutraliser les mauvaises odeurs, telles que la fumée du tabac – simplement avec des tissus d'ameublement, par exemple des rideaux? Peut-être bientôt une réalité. Cela grâce à des nanoparticules de dioxyde de titane incorporées aux fibres textiles et qui - excitées par les rayons ultraviolets – décomposent chimiquement les molécules porteuses d'odeurs. Dans le projet CTI «Nanodor», l'Empa et des partenaires industriels ont développé de telles fibres à action photocatalytique.

TEXTE: Martina Peter / PHOTOS: Empa



2

Les textiles d'ameublement participent pour une grande part à la création d'une ambiance agréable. «Dans nos habitations, nous posons des rideaux aux fenêtres et des tapis sur les sols. Et lorsque nous sommes en route, en voiture, en bus ou en avion, nous nous asseyons volontiers sur des sièges revêtus de tissus», relève le chimiste Felix Reifler du laboratoire «Advanced Fibers» de l'Empa.

Pour ce qui est des odeurs, un agencement intérieur dépourvu de textiles serait préférable car les mauvaises odeurs peuvent se fixer sur eux. Souvent seule une longue aération permet de les éliminer ou des parfums de les masquer. La raison à cela: les textiles fonctionnent comme «puits» qui absorbent les substances volatiles présentes dans leur environnement pour les libérer ensuite à nouveau de manière différée. «Comme dans notre environnement quotidien nous sommes entourés de textiles tels que rideaux, tapis et autres tissus d'ameublement, ces textiles sont pour une grande part responsables de la qualité de l'air des locaux où nous séjournons», explique le spécialiste des fibres qu'est Reifler.

L'astuce se nomme photocatalyse

Dans le projet «Nanodor», les scientifiques de l'Empa ont développé, avec des partenaires industriels de la branche des textiles et des polymères, des fibres de PET qui évitent dès le départ la déposition des odeurs dans les textiles. «Nous détruisons les molécules d'odeurs avant que les textiles ne les réémettent», explique Reifler. Le principe sur lequel repose cette action est la photocatalyse: la décomposition des molécules d'odeur est fortement accélérée par la lumière. Les nanoparticules de dioxyde de titane (TiO_2) incorporées à ces nouvelles fibres PET tirent de la lumière du jour – plus précisément de sa fraction ultraviolette – l'énergie nécessaire pour agir comme catalyseur. Dans une série de réactions chimiques, chaque molécule d'odeur se décompose par étapes de manière tout à fait spécifique; dans le cas idéal jusqu'aux produits finaux qui sont le dioxyde de carbone et l'eau. Le TiO_2 lui-même demeure inchangé.

Les nanoparticules sont incorporées aux fibres lors de leur filage à chaud. Ces fibres présentent des avantages par rapport à celles utilisées dans les textiles «désodorants» que l'on trouve déjà sur le marché car, lorsque le tissu s'use, cela ne fait que libérer la couche suivante des fibres qui renferme elle aussi des particules de TiO_2 . Ainsi les textiles produits avec ces nouvelles fibres PET sont aussi adaptés à des usages de longue durée et impliquant de fortes sollicitations; on peut aussi les laver aussi souvent que l'on veut. Albert Gunkel, CEO de l'entreprise de tissage Keller AG, la dernière usine textile subsistante de l'Oberland zurichois et partenaire industriel du projet «Nanodor», le confirme: «Les rideaux de notre restaurant d'entreprise où l'on fume ont été lavés tous les trois mois au cours de l'année passée. Le résultat est inouï: l'air ne sent absolument pas la fumée, son odeur est neutre.

Accroître l'efficacité des particules de dioxyde de titane

Le TiO_2 présente de nombreux avantages: il est stable, non toxique, résistant à la corrosion et bon marché. Il s'utilise déjà comme matériau photocatalytique pour l'épuration de l'air et des eaux, pour éliminer les bactéries ou encore pour conférer aux vitrages des propriétés auto-nettoyantes.

Son désavantage est que, à l'état pur, il ne réagit qu'avec la lumière ultraviolette. La fraction ultraviolette de la lumière du jour n'atteint toutefois que trois à cinq pour-cent. Cela suffit certes pour les rideaux des fenêtres, mais derrière des vitres fortement filtrantes – par exemple dans les avions, les voitures, les bus ou les trains – les textiles ne reçoivent pratiquement plus de lumière ultraviolette et l'effet photocatalytique ne se produit pas. Alors que précisément les transports publics seraient un domaine d'utilisation potentiel important.

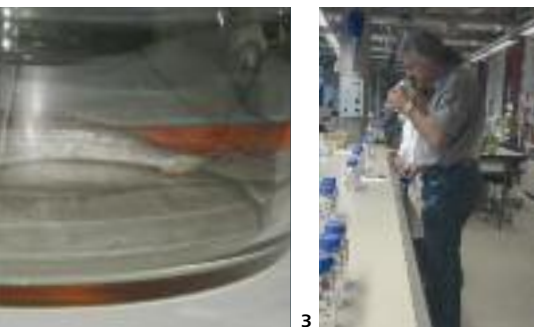
«C'est aussi pourquoi nous désirons accroître l'activité photocatalytique de ces particules et utiliser aussi la lumière visible», explique Giuseppino Fortunato qui dirige le projet subséquent lancé au mois d'août. Avec lui, des scientifiques des laboratoires «Céramiques hautes performances», «Chimie du solide et catalyse» et «Polymères fonctionnels» sont à la recherche de solutions. Une de leurs approches consiste à doper les nanoparticules de dioxyde de titane avec des atomes d'autres éléments, ce qui leur confère une activité catalytique non plus seulement dans le domaine ultraviolet mais aussi déjà dans celui de la lumière visible d'une longueur d'onde supérieure à 400 nanomètres. La teneur en TiO_2 des fibres, les méthodes de dispersion et l'apprêtage des fibres sont aussi l'objet du projet actuel qui sera encore consacré à l'étude du comportement des fibres lors du tissage et en utilisation pratique. Les partenaires industriels de ce projet sont le fabricant de fibres Tersuisse Multifils SA à Emmenbrücke, l'entreprise Christian Eschler AG qui produit des textiles fonctionnels à Bühler dans le canton d'Appenzel Rhodes-externes et à nouveau l'entreprise de tissage Keller AG qui s'est déjà lancée dans la production de textiles Nanodor. //

«Mesurer» les odeurs

Comment mesurer si les textiles Nanodor renfermant du TiO_2 éliminent les odeurs? L'équipe du projet Nanodor a dû là aussi faire preuve d'imagination pour développer diverses méthodes permettant une évaluation quantitative de l'activité photocatalytique non seulement des particules mais aussi des fibres et des textiles tissés ou tricotés.

Pour cela, ces chercheurs ont utilisé des échantillons textiles qui avaient été mis en contact avec des composés organiques simples tels que la nicotine, l'acide caproïque (que renferme la sueur) ou le formaldéhyde. En laboratoire, ces échantillons ont ensuite été exposés durant un temps déterminé à une source de lumière définie. Après quoi on a mesuré soit la quantité de dioxyde de carbone produite durant cette période, soit le pourcentage du composé organique non décomposé par cette exposition. Au contact avec des textiles Nanodor dans une lumière ultraviolette à large bande, la quantité de molécules de formaldéhyde décomposées était deux fois plus élevée qu'avec des tissus correspondants ne renfermant pas de TiO_2 .

Comme le nez humain est plus sensible que n'importe quel appareil de mesure, des tests olfactifs ont aussi été réalisés pour déterminer si les textiles Nanodor étaient effectivement capables d'éliminer les odeurs. Des textiles de diverses provenances – avec et sans particules de dioxyde de titane – ont été entreposés durant 24 heures dans un récipient fermé avec un poisson congelé puis décongelé. D'autres échantillons ont été exposés deux heures à la fumée de cigarettes. Après exposition de ces échantillons à la lumière, les sujets soumis à ces tests étaient dans la grande majorité des cas capables de reconnaître exactement les échantillons de tissu Nanodor.



1 Les échantillons textiles lors de leur exposition à la fumée de cigarette.

2 Un colin congelé puis décongelé transmet sa mauvaise odeur aux textiles.

3 Identifier les textiles Nanodor: une tâche aisée pour les sujets des tests olfactifs.

L'indépendance avec pour bagage un bras transpirant et «SAM»

La spin-off de l'Empa Humanikin développe des mannequins qui imitent de manière très réaliste la thermorégulation et de la transpiration de l'être humain. Et qui aident ainsi au développement de vêtements fonctionnels encore mieux adaptés à la pratique du sport ou pour des travaux dans des conditions extrêmes

TEXTE: Simon Berginz / PHOTO: Empa

Depuis quelques années déjà l'Empa construisait pour son propre usage de tels mannequins qu'elle utilisait par exemple pour l'évaluation de vêtements et d'équipements de protection. Cette production avait débuté avec un modèle de peau, devenu plus tard un bras transpirant, auxquels sont venus s'ajouter avec le temps des mannequins toujours plus grands et plus complets tels qu'un torse transpirant pour l'évaluation des sacs de couchage, ou encore la tête transpirante «Alex», pour celle du climat sous les casques de protection.

Le point culminant atteint jusqu'ici dans ce domaine est la création d'un mannequin de forme anatomique de la taille d'un homme. «SAM», le «Sweating Agile thermal Manikin», est un mannequin transpirant capable de mouvements qui permet de simuler de façon réaliste les déperditions thermiques, la production de sueur et les mouvements de l'homme.

Une évaluation objective enfin possible

Mark Richards, britannique d'origine, a participé depuis le début à tous ces développements. Arrivé à l'Empa dans les années quatre-vingt-dix, il se consacre depuis lors à l'étude de simulateurs humains. Ces mannequins permettent pour la première fois d'évaluer et de comparer les vêtements fonctionnels de manière reproductible en laboratoire. Jusqu'ici, cette évaluation reposait sur les impressions subjectives de cobayes humains, ce qui n'assurait pas une neutralité ni une reproductibilité scientifique.

Ces mannequins, et avant tout SAM, furent un succès: bientôt des entreprises et des instituts scientifiques ne manifestèrent plus seulement de l'intérêt pour les essais et les résultats des tests de l'Empa, mais aussi pour ces simulateurs afin de pouvoir effectuer leurs propres tests sur les vêtements qu'ils développaient.

De l'idée d'entreprise à la création d'une spin-off

Pour l'Empa, en tant qu'institution de recherche, il n'entraînait pas en ligne de compte de se consacrer à une production «en série» de ces mannequins pour des tiers. Mais bien pour Mark Richards. C'est ainsi que l'idée de la création d'une spin-off est née.

Au mois de janvier 2009, Richards quitta l'Empa, loua des locaux dans le «tebo» et se lança dans la création de son entreprise Humanikin GmbH. En l'espace d'une année, il opéra sa mutation de scientifique expérimenté à jeune entrepreneur.

Le mannequin transpirant «SAM»



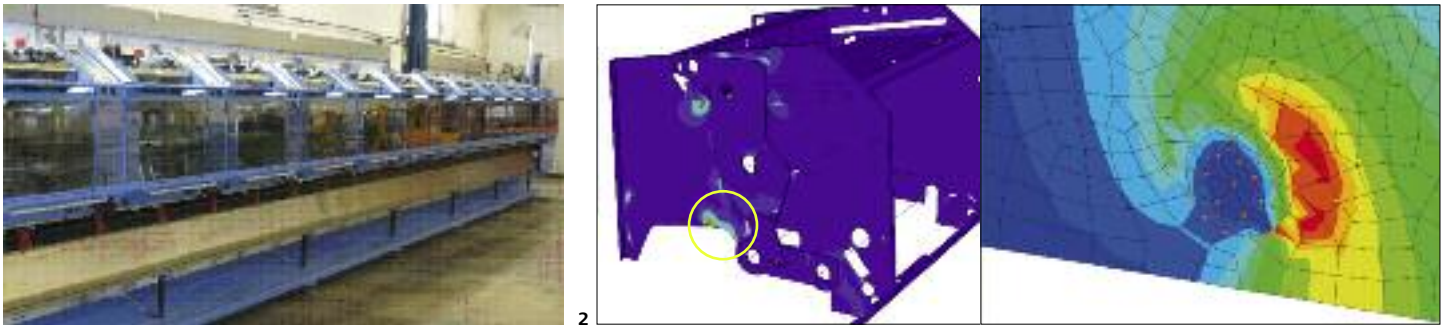
Le mannequin SAM est chauffé à une température de 34 degrés Celsius. Des moteurs électriques le mettent en mouvement et simulent une marche au pas. Sa transpiration est comparable à celle d'un homme – de la légère sueur à l'arrêt jusqu'à une transpiration abondante dans des situations extrêmes telles qu'un immeuble en feu. A côté des câbles d'alimentation électrique et de commande, sa tête comporte aussi une alimentation en eau qui lui fournit le liquide pour sa sueur artificielle.

Richards a encore de nombreuses idées pour le développement de commandes thermiques, dont quelques-unes ont déjà fait l'objet de dépôts de brevets. Par exemple, SAM va être doté d'une peau améliorée permettant une meilleure mesure de la chaleur émise. Richards travaille encore au développement de systèmes qui imitent mieux la dynamique locale de la transpiration et la température cutanée. SAM va aussi être doté d'un visage, de mains et de pieds de forme anatomique qui le rendront encore plus «humain»!

Les acheteurs potentiels de «SAM v2.0» sont, à côté de l'Empa, aussi d'autres institutions de recherche et entreprises du domaine textile. Humanikin GmbH ne va toutefois pas produire elle-même ses mannequins mais se consacrer développement d'idées innovatrices et engager des collaboration avec des partenaires industriels qui produiront et assureront la commercialisation de ces mannequins ou de leurs composants.

Il n'existe pas seulement une demande pour des mannequins complets. Les tests et l'évaluation des casques de protection ne nécessitent, par exemple, qu'un modèle de tête. Il est aussi prévu de développer un mini-tomographe pour suivre avec précision au moyen des rayons X les processus physiques au sein des matériaux d'habillement et savoir ainsi ce que deviennent dans les vêtements la chaleur et la transpiration.

Richards pense aussi que sa proposition pour le projet de recherche de l'UE «Prospie» (Protective Responsive Outer Shell for People in Industrial Environments) a de bonnes chances de succès. Ce projet propose de développer des vêtements de travail comportant un système d'alarme thermique pour lequel Humanikin assumera le développement des capteurs et de l'électronique nécessaires. Dans ce projet de recherche, l'entreprise de Richards collabore avec un consortium de 16 partenaires de toute l'Europe – y compris l'Empa. //



Une simulation sur ordinateur évite bien des essais

«Mission achevée!» s'écrièrent, et cela encore plus tôt que prévu, les ingénieurs qui devaient examiner la résistance du boîtier de l'alimentation feuille à feuille de l'assembleuse agrafeuse d'un client industriel. Grâce à la simulation sur ordinateur et à l'analyse par éléments finis, ils y sont même parvenus sans devoir procéder à des essais mécaniques sur l'objet réel.

TEXTE: Simon Berginz

1
Elle fonctionne à la perfection: la ligne d'assemblage de la nouvelle assembleuse agrafeuse de Müller Martini.
(Photo: Müller Martini)

2
L'endroit mécaniquement le plus sollicité du boîtier de l'alimentation feuille à feuille (marqué d'un cercle). Les contraintes exercées à cet endroit ont été calculées avec précision à l'aide de la méthode des éléments finis.
(Illustration: Empa)

La sollicitation exercée sur les cordons de soudure était si faible qu'il n'a pas été nécessaire de procéder à des examens complémentaires», commente le chef de projet Roland Koller qui a vérifié la résistance des soudures du nouvel appareil de la firme Müller Martini Druckverarbeitungssysteme AG. Cette entreprise de Zofingue fait partie des entreprises de pointe au niveau mondial dans le domaine des systèmes du post-traitement et de finition des imprimés. Avec, par exemple, une nouvelle assembleuse agrafeuse dont les alimentations feuille à feuille renferment des piles de page et qui les envoient unes à une à la prochaine alimentation et ainsi de suite jusqu'à ce que brochure soit complète et finalement agrafée et coupée.

Même ce qui est bon peut être encore amélioré

Si bon que soit un produit, il est important de continuer à le développer et à l'optimiser. Lors des essais de cette nouvelle assembleuse, des vibrations sont apparues et le fabricant désirait savoir s'il pouvait se

produire avec le temps des fissures de fatigue sur les soudures des boîtiers des alimentations feuilles à feuille.

C'est ainsi qu'avant de lancer sa production en série, ce nouvel appareil a été examiné sous toutes ses coutures par Roland Koller et ses collègues Gabor Piskoty et Luc Wullschleger. Cette équipe a déterminé sur ordinateur les forces engendrées par les axes et les galets tendeurs. Avec ces données, ils ont calculé les sollicitations agissant sur le boîtier à l'aide de la méthode des éléments finis, une méthode de simulation moderne largement répandue en ingénierie.

Time is money

L'analyse des résultats de cette simulation a démontré que les sollicitations exercées sur le boîtier de ces alimentations feuille à feuille étaient si faibles qu'elles rendaient superflues les mesures réelles des vibrations et les essais mécaniques des soudures déjà prévus. Un résultat particulièrement réjouissant pour le client: cette résolution plus simple et plus rapide que prévue a permis d'économiser des coûts – et Müller Martini a pu lancer sa production en série dans les délais prévus. //



1



2

Appel en faveur d'un nouveau système économique

Les 15 et 16 septembre, des experts renommés du monde entier se sont réunis pour le premier «World Resources Forum», qui se tenait simultanément à Davos et à Nagoya au Japon, pour trouver les moyens d'échapper à la surexploitation des ressources naturelles. Actuellement l'humanité prélève chaque année à la Terre quelques 60 milliards de tonnes de matières premières, soit 50 pour-cent de plus qu'il y a 30 ans. Les participants au WRF voient dans la surexploitation des ressources la cause principale du dérèglement et de la déstabilisation de l'écosystème qui se reflètent entre autres dans le changement climatique.

Lors de la séance clôturée du WRF, ses participants ont adopté une déclaration émettant des propositions pour une gestion durable des ressources naturelles. Son point central: l'exigence de la conclusion d'accords internationaux fixant une exploitation et une consommation plafonds des ressources par habitant et par année, cela afin de découpler totalement la croissance économique de la consommation des ressources. De plus, la consommation des ressources devrait être réduite massivement, ou autrement dit leur productivité accrue drastiquement, par la prise de mesures politiques, telles que des taxes plus élevées. Par ailleurs cette déclaration exige une réorientation de l'économie qui tienne compte de la pénurie des ressources.



World Resources Forum 2009

September 16, 2009 • Davos Switzerland

Le WRF – coorganisé par l'Empa

L'Empa a participé en tant que coorganisatrice au WRF. Afin de limiter autant que possible le nombre des vols intercontinentaux – principale nuisance écologique des congrès internationaux – cette manifestation avait été organisée parallèlement en Europe et au Japon. Grâce à la technologie vidéo, les deux sites étaient reliés en direct et les participants pouvaient ainsi discuter entre eux à travers sept fuseaux horaires. Une étude d'écobilan va être réalisée pour déterminer ce que ce mode d'organisation a effectivement épargné à l'environnement.

Le texte intégral de cette déclaration (en anglais) peut être téléchargé sous www.worldresourcesforum.org

1

La technologie vidéo réduit le nombre des vols intercontinentaux: le WRF s'est déroulé parallèlement à Davos et à Nagoya (Japon). (Photo: Empa)

2

Une première réussie: Dennis Meadows (à droite), co-auteur de l'étude du Club de Rome «Les limites de la croissance», remercie Xaver Edelmann, président du WRF et membre de la direction de l'Empa, et son équipe de collaborateurs. (Photo: Empa)

Apéro scientifique: Le pétrole épuisé – et ensuite?

Pour la 41^e fois déjà l'Empa a lancé à la fin du mois d'août une invitation à un Apéro scientifique sur un thème actuel, cette fois: «L'après-pétrole». Quelque 140 personnes avaient répondu à cette invitation et ont participé à une discussion animée. Daniele Ganser, historien à l'Université de Bâle, a montré de manière impressionnante l'importance de notre dépendance actuelle du pétrole. A elle seule, la Suisse en consomme chaque jour 38 millions de litres. Par ailleurs plus de la moitié des pays producteurs de pétrole ont déjà dépassé leur «peak oil», c'est-à-dire leur point de production maximale. Seuls les pays du Proche-Orient sont encore en mesure d'accroître leur production. «Le risque d'affrontements guerriers pour le contrôle des ces champs pétroliers pourrait bien augmenter dans un futur prévisible si nous ne parvenons pas à surmonter notre dépendance du pétrole», estime Ganser.

Surmonter cette dépendance est l'un des objectifs que poursuit le chercheur de Empa Andreas Züttel qui est convaincu que le support énergétique qu'est l'hydrogène nous donnera la possibilité de dépasser dans un avenir proche notre dépendance du pétrole, du gaz naturel et du charbon. Aujourd'hui déjà, il est techniquement possible de faire fonctionner des véhicules à l'hydrogène, mais il reste encore quelques obstacles à franchir jusqu'à leur production en série. Par exemple le problème du stockage de l'hydrogène, à la résolution duquel ce chercheur et son équipe travaillent intensément. (cf. EmpaNews No 26).

Le ministre de l'environnement péruvien à l'Empa

Visite d'une délégation russe

Au mois de juillet, l'Empa a reçu la visite d'une délégation de la Fédération de Russie. De hauts représentants des gouvernements de plusieurs républiques et régions – et même de la Sibérie – séjournaient pour une semaine en Suisse pour étudier les possibilités d'une coopération économique. C'est ainsi que cette délégation s'est aussi déplacée à l'Empa pour s'informer de ses activités dans le domaine du transfert de savoir et de technologie. Ces visiteurs furent particulièrement intéressés par les deux parcs technologiques de l'Empa, le tebo à St-Gall et le glaTEC à Dübendorf. Ils ont aussi pu se faire une idée directe des activités de recherche et de développement à l'Empa avec la présentation de la technologie Tensairity. Certaines républiques et régions de la Fédération de Russie sont relativement indépendantes et elles entretiennent des contacts directs avec l'étranger. L'Office de la promotion économique du Canton de Zurich, qui avait organisé cette visite, travaille par exemple depuis quelques années déjà au développement de coopérations économiques avec plusieurs d'entre elles.



Les hôtes russes se sont vu présenter les principe et des avantages de la technologie Tensairity. (Photo: Beat Geyer)

Le 21 août, le ministre péruvien de l'environnement Antonio Brack a visité l'Empa où il s'est informé des projets de recherche et de développement les plus récents sur l'utilisation efficace des ressources et les écobilans. Le même jour, Antonio Brack et la conseillère fédérale Doris Leuthard ont signé un accord de coopération entre le Pérou et la Suisse portant sur l'élimination des déchets électriques et électroniques éco-compatible et ménageant les ressources au Pérou. Ce projet vise entre autres à introduire des méthodes de recyclage qui réduisent les émissions de substances toxiques qu'impliquent les procédés de traitement inapproprié des batteries, des matériaux d'isolation ou des écrans de télévision ou d'ordinateurs et améliorer ainsi la protection des travailleurs et de l'environnement. De plus, ce recyclage des e-déchets ouvrira de nouvelles possibilités commerciales et créera des emplois.



1

Vaste savoir-faire en matière de recyclage des e-déchets

La Suisse finance depuis 2003 déjà des partenariats scientifiques avec la Chine, l'Inde et l'Afrique du Sud, pays auxquels vient maintenant s'ajouter le Pérou. Grâce à différents projets de recherche et au contrôle technique des exploitations de recyclage des e-déchets qu'elle assume en Suisse, l'Empa dispose d'une expérience de nombreuses années en matière de recyclage éco-compatible et c'est à elle qu'a été confiée la direction suisse de ces projets. «La pénurie et la finitude de nombreuses matières premières est mise en évidence précisément par l'électronique qui en consomme actuellement une grande part et qui est ainsi aussi contrainte de se préoccuper de ses déchets», explique Heinz Böni qui dirige le groupe «sustec – sustainable technology cooperation» de l'Empa.

Antonio Brack est le premier ministre de l'environnement nommé au Pérou. Ce biologiste de formation, qui possède des racines allemandes et autrichiennes, est l'auteur de nombreux livres et publications sur la biodiversité et le développement durable et il a aussi présenté une série d'émissions sur ce sujet à la télévision péruvienne. Le Pérou est le troisième pays le plus important de l'Amérique du Sud par sa surface et par sa population. Sa géographie est marquée par les Andes et les forêts tropicales humides du bassin amazonien.

1

Un visiteur très intéressé: le ministre de l'environnement péruvien Antonio Brack s'est informé des projets les plus récents de l'Empa dans le domaine de l'efficacité des ressources et des écobilans. (Photo: Ruedi Keller)

2

Le recyclage éco-compatible des e-déchets ménage non seulement les ressources mais ouvre de nouvelles possibilités commerciales et crée des emplois. (Photo: Empa)



2

NanoConvention 2009 – 3ème édition



Que ce soit en médecine, pour l'approvisionnement en énergie ou en matière de protection de l'environnement, la maîtrise des défis du futur ne pourra pas se passer de la nanotechnologie. Parallèlement à cela, il s'agit aussi de passer sous la loupe ses risques potentiels – par exemple les risques potentiels des nanoparticules libres; ce sont là les conclusions de la NanoConvention 2009.

TEXTE: Beatrice Huber / PHOTOS: Ruedi Keller

Cette année, l'Empa avait lancé une fois encore, une invitation à participer à sa Nanoconvention, presque une «bonne vieille tradition» puisque c'était là sa troisième édition. 170 «nano-intéressés» de la recherche, de l'industrie, des autorités et du secteur financier avaient répondu à cette invitation

à se réunir le 6 juillet à Zurich. Le but de la NanoConvention est d'établir une nanotechnologie sûre et durable comme moteur d'innovation pour l'économie et la société suisse. «Par ailleurs, le passé nous apprend que si les nou-

veaux développements technologiques veulent s'établir, ils doivent quitter la tour d'ivoire de la science pour aller au contact de la rue – des hommes», explique Hans Hug, directeur du programme de recherche «Nanotechnologie» de l'Empa, qui souligne encore qu'il est indispensable d'engager un dialogue précoce, ouvert et aussi large que possible sur les chances et les risques des nouvelles technologies.

Ce dialogue, Wolfgang Heckl, Directeur du Deutsches Museum de Munich, le pratique depuis longtemps déjà. «D'un côté les gens sont fascinés par le côté «secret» de la recherche», déclare Heckl qui poursuit: «Ceci s'applique tout particulièrement aussi à la nanotechnologie où tout se déroule dans l'invisiblement petit. D'un autre côté, nombreux sont ceux qu'inquiètent les «bribes d'information» lâchées dans les médias sur ce que pourrait soi-disant provoquer la nanotechnologie.» Pour conférer davantage de transparence aux nanosciences, le Deutsches Museum, le plus grand musée des sciences et de la technique du monde qui reçoit chaque année 1,5 millions de visiteurs, construit actuellement un «nano-laboratoire vitrine». A partir du mois de novembre, dans ce laboratoire du «Zentrum Neue Technologien», des physiciens, des chimistes, des biologistes et des ingénieurs en matériaux travailleront dans des conditions réelles et rendront ainsi la nanotechnologie plus accessible aux visiteurs du musée. Heckl est convaincu que la crédibilité et la confiance ne peuvent s'établir que si «les gens peuvent comprendre, au sens étymologique du terme, non seulement la nanorecherche mais aussi ses chercheurs.»

«D'un côté les gens sont fascinés par le côté «secret» de la recherche.»

Wolfgang Heckl, Deutsches Museum, Munich

ion d'une plateforme de dialogue



nanoconvention

6. Juli 2009 Swissôtel Zürich-Oerlikon



«Si la nanotechnologie n'est pas LA solution à nos grands problèmes de l'avenir, elle en sera certainement l'une d'entre elles.»

Péter Krüger, Bayer MaterialScience AG

Le nano, déjà présent dans de nombreux domaines

Les différents exposés ont montré que la nanotechnologie a aujourd'hui déjà fait son entrée dans de nombreux domaines tels que l'électronique, la médecine ou les technologies énergétiques ou environnementales. Des représentants de la science et de l'industrie ont présenté des méthodes nanotechnologiques pour le diagnostic et le traitement des cancers du côlon et des tumeurs cérébrales. Des nanorevêtements promettent d'améliorer l'efficacité des cellules photovoltaïques et des membranes nanoporeuses permettent de produire de l'eau potable à partir d'eau salée ou même d'eaux résiduaires.

La manière dont la société réagit aux nouvelles technologies et quelles sont, par exemple, les conséquences éthiques et sociétales de la nanotechnologie, c'est ce dont s'occupe Alfred Nordmann qui dirige le «nanobüro» de l'Université technique de Darmstadt. Ce philosophe met en garde contre une éthique par trop prospective, trop futuriste ou spéculative, tenant compte de toutes les applications futures possibles (et impossibles). «Plutôt que de soupeser toutes les applications imaginables et leurs effets éventuels, nous devrions davantage nous occuper des questions qui aujourd'hui déjà exercent une influence sur la recherche en nanotechnologie», relève Nordmann.

Un manque de tests standardisés

Ces vues optimistes ne devraient toutefois pas faire oublier les risques potentiels liés aux applications nanotechnologiques. On manquait toutefois jusqu'ici de méthodes standardisées pour mener une recherche fondée en matière de risques nanotechnologiques, comme le relève Harald Krug qui dirige le laboratoire «Materials-Biology Interactions» de l'Empa: «Jusqu'ici chacun testait ce qu'il voulait et comme il le voulait, ce qui explique des résultats en partie totalement contradictoires». Mais des progrès sont en cours. Harald Krug dirige en effet le projet NanoCare qui, à côté d'études sur les risques pour la santé des nanoparticules les plus courantes, a aussi élaboré des méthodes d'essai standards unifiées.

Les nano-chercheurs ne sont ainsi pas prêts de manquer de travail. Et tous étaient unanimes à la NanoConvention pour estimer que ces efforts en valent la peine. Car, comme l'a déclaré en conclusion Peter Krüger de Bayer MaterialScience AG: «Si la nanotechnologie n'est pas LA solution à nos grands problèmes de l'avenir, elle en sera certainement l'une d'entre elles.»

Informations sur les différentes contributions présentées et sur la NanoConvention en général sur Internet: www.empa.ch/nanoconvention //

Leur opinion

Ernst Ulrich von Weizsäcker



Prof. Dr. Ernst Ulrich von Weizsäcker
UNEP International Panel for Sustainable
Resource Management

“

L'Empa possède le format
qui a en fait rendu possible
l'organisation de cette
manifestation si importante
pour notre futur qu'est le
«World Resources Forum».

”

Manifestations

3 et 4 novembre 2009

Séminaire sur les applications du titane
Pour les techniciens, les métallurgistes et
les ingénieurs intéressés.
Empa, Dübendorf

9 novembre 2009

Le potentiel des énergies renouvelables en Suisse
Briefing technologique dans le cadre des Journées
de la technique 2009 qui se déroulent
du 5 au 15 novembre
Empa, Dübendorf

18 novembre 2009

Nouvelles normes suisses pour les étanchéités
Pour les maîtres d'ouvrage, les projeteurs
et les fabricants de matériaux
Empa, Dübendorf

24 novembre 2009

Colloque Empa: How scientific is science?
Prof. Dr. Ernst Peter Fischer, Université de Constance (DE)
Empa, Dübendorf

1 décembre 2009

Les biomatériaux – aujourd'hui et demain
Pour l'industrie des polymères
Empa, Dübendorf

Détails et calendrier de toutes les manifestations
sous: www.empa-akademie.ch

Votre accès à l'Empa:



portal@empa.ch
Tél. +41 44 823 44 44
www.empa.ch/portal