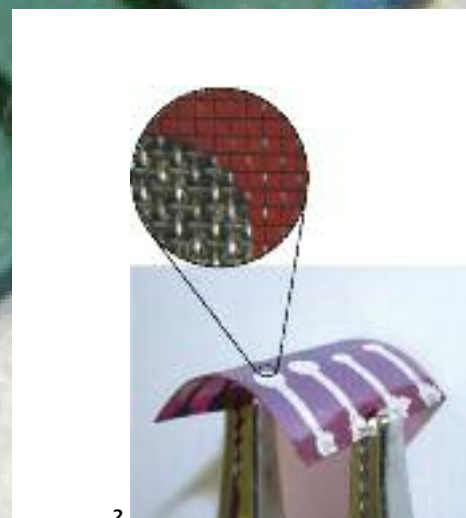


# Sur la voie de la pile solaire transparente



1



2

Des piles solaires qui captent le rayonnement solaire à l'aide de substances organiques et le transforment en électricité auraient le gros avantage d'être bien moins chères que les piles solaires au silicium conventionnelles. Un long chemin reste toutefois à parcourir jusqu'à leur maturité commerciale; un défi pour la recherche fondamentale. Par exemple pour rendre ces piles solaires plus durables, ce que tentent de faire les chercheurs de l'Empa.

TEXTE: Beatrice Huber / PHOTOS: Empa

1

Une pile solaire organique issue des laboratoires de l'Empa.

2

Un tissu flexible et transparent qui pourrait remplacer l'ITO coûteux comme électrode sur les piles solaires. Ce tissu peut être produit en grande quantité et à bon marché. La photo montre un substrat de tissu revêtu de polymère (au total quatre cellules de laboratoire); la vue de détail montre le fin tissu ainsi que la contre-électrode supérieure en aluminium.

3

Le schéma d'une pile solaire organique idéalisée: les deux matériaux organiques actifs sont «engrenés» l'un dans l'autre afin de créer une interface aussi grande que possible, ce qui favorise une production efficace des charges.

4

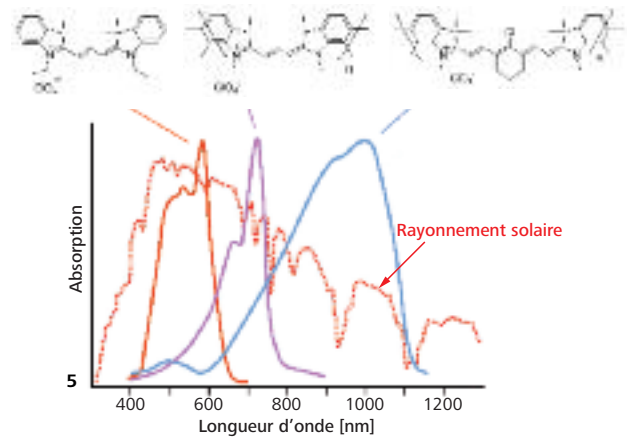
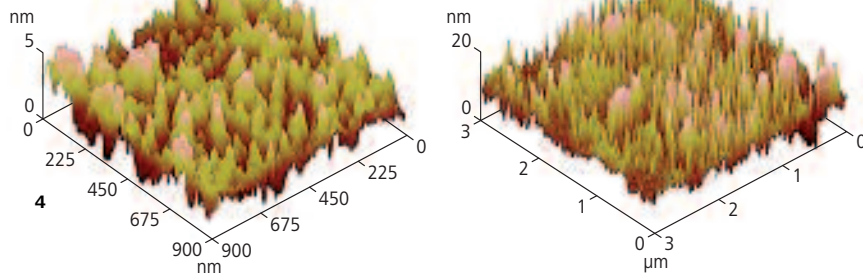
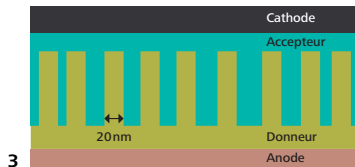
Une micrographie électronique montrant les minuscules sommets et vallées qui augmentent de plusieurs fois la surface.

5

Les colorants utilisés en photographie présentent une forte absorption lumineuse qui les rend intéressants pour la photovoltaïque. Lorsqu'on couple chimiquement entre eux ces colorants, l'absorption se déplace dans le domaine infrarouge (longueur d'onde supérieure à 780 nm). La combinaison de plusieurs colorants permet de couvrir la totalité du spectre du rayonnement solaire.

La photovoltaïque possède un potentiel énorme ainsi que le montre la part sans cesse croissante de cette technologie dans la production d'énergie renouvelable. Cependant on ne sait pas encore quelle sera la pile solaire «idéale» qui parviendra à s'imposer. A côté de la technologie classique des semi-conducteurs (voir articles pages 12 et 15), les piles solaires organiques et à colorant se développent comme une alternative possible. L'Empa participe à la recherche et au développement des matériaux organiques et des procédés nécessaires à cela.

La fabrication industrielle à grande échelle des piles solaires au silicium a certes réduit leurs coûts de production mais le prix du silicium ultra pur demeure fort élevé. C'est ce qui rend intéressantes les technologies sans silicium à base de substances organiques qui, grâce à des matières premières pratiquement inépuisables et à des procédés de fabrication plus simples, présentent des coûts de production encore plus bas. Comme l'épaisseur de leur couche productrice d'électricité n'est que de quelques nanomètres, quelques grammes seulement de ces



substances suffisent pour revêtir une grande surface. Et finalement encore, les piles solaires organiques peuvent être appliquées sur de supports flexibles ce qui en élargit le domaine d'application.

Le développement très rapide dans le domaine des piles solaires organiques a permis d'atteindre en laboratoire des taux de rendement supérieurs à sept pour-cent, soit l'équivalent de celui des piles solaires à silicium amorphe. Des questions fondamentales restent encore à éclaircir pour que les piles solaires organiques puissent effectuer leur percée. Frank Nüesch, qui dirige le laboratoire «Polymères fonctionnels» de l'Empa explique: «Par rapport aux piles solaires inorganiques, la photovoltaïque organique se trouve encore à un stade de développement très précoce.» Avec ses collaborateurs Roland Hany et Thomas Geiger, Frank Nüesch dirige des travaux de recherche portant sur de nouveaux matériaux et concepts de piles.

#### Le principe des interfaces

La couche active d'une pile solaire organique se compose en général de deux matériaux dont l'un fonctionne comme donneur d'électrons et l'autre comme accepteur d'électrons. Le rayonnement solaire est absorbé dans cette couche active où il produit des états excités, appelés excitons. Si ces excitons migrent vers l'interface entre le donneur et l'accepteur, il se produit un transfert d'électrons et il se crée alors des charges libres qui sont acheminées vers les électrodes. Les excitons ont toutefois une durée de vie extrêmement courte et la survie d'un exciton et la production de charge qu'il entraîne n'est assurée que si le chemin vers l'interface est très court. La couche active devrait être très mince mais elle n'absorberait alors qu'insuffisamment de rayonnement. Les couches mixtes avec une large interface offrent une solution à ce dilemme. Dans sa recherche de la structure de couche idéale, l'équipe réunie autour de

Roland Hany a développé un procédé en deux étapes qui permet de mieux contrôler la structure superficielle. La première étape utilise un mélange du matériau actif et d'un «polymère hôte» pour réaliser une couche bicomposante possédant une surface extrêmement «crevassée». Après quoi le polymère hôte est éliminé sélectivement et remplacé par le deuxième composant actif.

#### Des colorants pour les piles solaires

Comme alternative aux polymères établis, les chercheurs de l'Empa utilisent aussi des colorants, tels que ceux que connaît la photographie. «L'absorption phénoménale de ces colorants est exactement ce que nous cherchons pour la photovoltaïque organique à couches minces», explique Nüesch. Son équipe a découvert que l'on peut utiliser des couches de colorant d'une minceur telle que l'on peut renoncer à la structuration de leur interface. Des rendements de trois pour-cent ont déjà été obtenus par Nüesch et son équipe. «Cela semble peu, mais c'est là un record pour les matériaux de ce type», commente cet expert en photovoltaïque.

Par ailleurs, des chimistes de l'Empa sous la direction de Thomas Geiger ont aussi synthétisé des substances qui n'absorbent le rayonnement solaire que dans l'infrarouge proche (IRP). Comme l'infrarouge proche est invisible pour l'œil humain, ces substances et les piles solaires qui les utilisent sont transparentes. «On peut donc aussi les appliquer sur des vitrages» relève Geiger. Entre temps certaines variantes de ces colorants IRP ont démontré en laboratoire leurs possibilités avec des rendements atteignant une valeur record de cinq pour cent.

#### Electrodes tissées transparentes

Pour que le courant puisse aussi circuler – et devenir ainsi utilisable – il faut munir la couche active d'électrodes. En plus d'une bonne conductibilité électrique, l'électrode

faisant face au rayonnement solaire doit présenter encore une autre propriété importante qu'est sa transparence. Actuellement on utilise le plus souvent des électrodes en oxyde d'indium-étain (Indium Tin Oxide, ITO). Le prix élevé de l'ITO – l'indium est un métal rare – rend ce matériau peu approprié pour des piles solaires bon marché. Comme alternative, l'équipe de Frank Nüesch étudie un tissu flexible transparent, productible en grandes quantités et à faible coût, auquel sont incorporés des fils métalliques qui assurent la conductibilité électrique. Ce tissu s'est révélé convaincant lors des essais et il présente même des propriétés électriques et optiques meilleures que l'ITO. //

### Piles solaires en couche mince: la Suisse en pointe

Même si la Suisse n'est pas détentrice des records mondiaux d'ensoleillement, elle fait partie des pays de pointe pour ce qui est de la recherche et du développement dans le domaine de la photovoltaïque des couches minces. Et avec elle, aussi des laboratoires de l'Empa. Depuis 2006, ces laboratoires sont de plus réunis avec des groupes de recherche de l'EPFL à Neuchâtel et à Lausanne au sein de «ThinPV», un groupe national pour la photovoltaïque en couche mince. Le coordinateur du groupe, le chercheur de l'Empa Frank Nüesch, en décrit ainsi les buts: «Nous désirons créer à l'échelon suisse une plateforme pour la recherche en photovoltaïque, encourager les étudiants et assurer la relève scientifique dans ce domaine.»

Informations: <http://thinpv.empa.ch>