

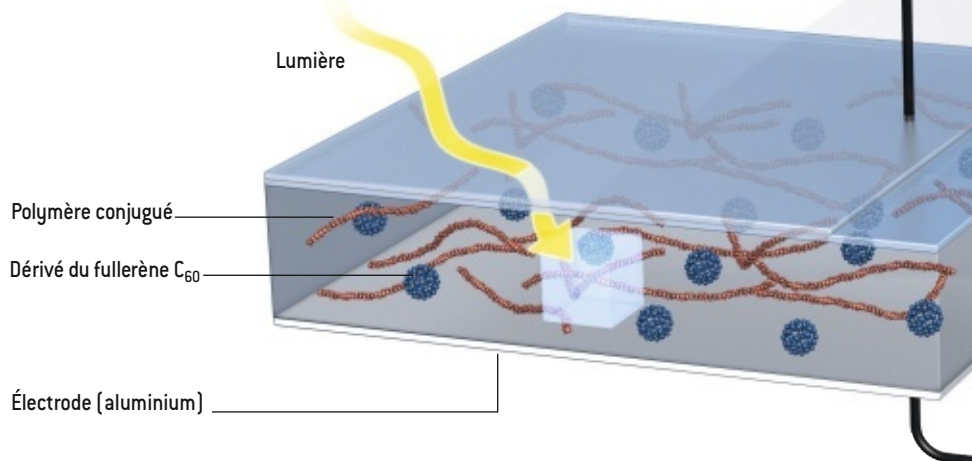
✓ BIBLIOGRAPHIE

F. C. Krebs [éd.], *Polymer Photovoltaics : A Practical Approach*, SPIE Press, 2008.

C. J. Brabec *et al.* (éds.), *Organic Photovoltaics : Materials, Device Physics and Manufacturing Technologies*, Wiley-VCH, 2008.

S.S. Sun et N.S. Sariciftci (éds.), *Organic Photovoltaics : Mechanisms, Materials and Devices*, CRC Press, Taylor & Francis Group, 2005.

La cellule solaire à base de polymères est constituée de deux électrodes et d'une couche active où la lumière est absorbée et forme des excitons. De nombreux matériaux sont testés pour obtenir les meilleurs rendements possibles. Illustrons le fonctionnement de ces cellules avec un cas concret. L'électrode positive est transparente pour laisser entrer la lumière ; elle est constituée d'un mélange d'oxyde d'indium et d'oxyde d'étain. Une couche de polymères conducteurs est intercalée entre la couche active et l'électrode pour améliorer les contacts. L'électrode négative est faite d'aluminium. La couche active contient un polymère conjugué donneur d'électrons (*en orange*) et un dérivé du fullerène C_{60} comme accepteur (*en bleu*). Ceux-ci sont mélangés pour augmenter les interfaces. La lumière pénètre au sein de la cellule et crée un exciton sur un polymère conjugué. Près d'une interface, les forces exercées par le donneur et l'accepteur d'électrons permettent de dissocier les charges de l'exciton. L'électron (e^-) passe d'un fullerène à un autre par sauts successifs jusqu'à l'électrode d'aluminium. Le trou (t^+) se déplace le long du polymère conjugué donneur d'électrons et rejoint l'électrode d'oxydes également par des sauts.



Des alternatives organiques

✓ Les polymères ne sont pas les seules molécules organiques offrant des solutions pour convertir l'énergie solaire en électricité. Des dispositifs à base de petites molécules sont à l'étude. Un concept prometteur est celui des cellules inventées par Michael Grätzel à l'École polytechnique de Lausanne. Il s'agit de l'association de molécules organiques, de dioxyde de titane – qui est un semi-conducteur – et d'un électrolyte. La génération de charges s'effectue à l'interface entre le matériau organique et le dioxyde de titane, puis le transport est assuré par ce dernier et l'électrolyte. De tels dispositifs atteignent des rendements compris entre 11 et 15 pour cent. Ils sont bon marché et plusieurs sociétés commercialisent déjà des cellules de Grätzel.

vitesse fixe. Cette technique permet d'obtenir des films homogènes sur de grandes surfaces. Les paramètres les plus importants sont la vitesse d'évaporation du solvant, les changements de viscosité, le flux radial de la solution, ou bien la séparation de phase des mélanges.

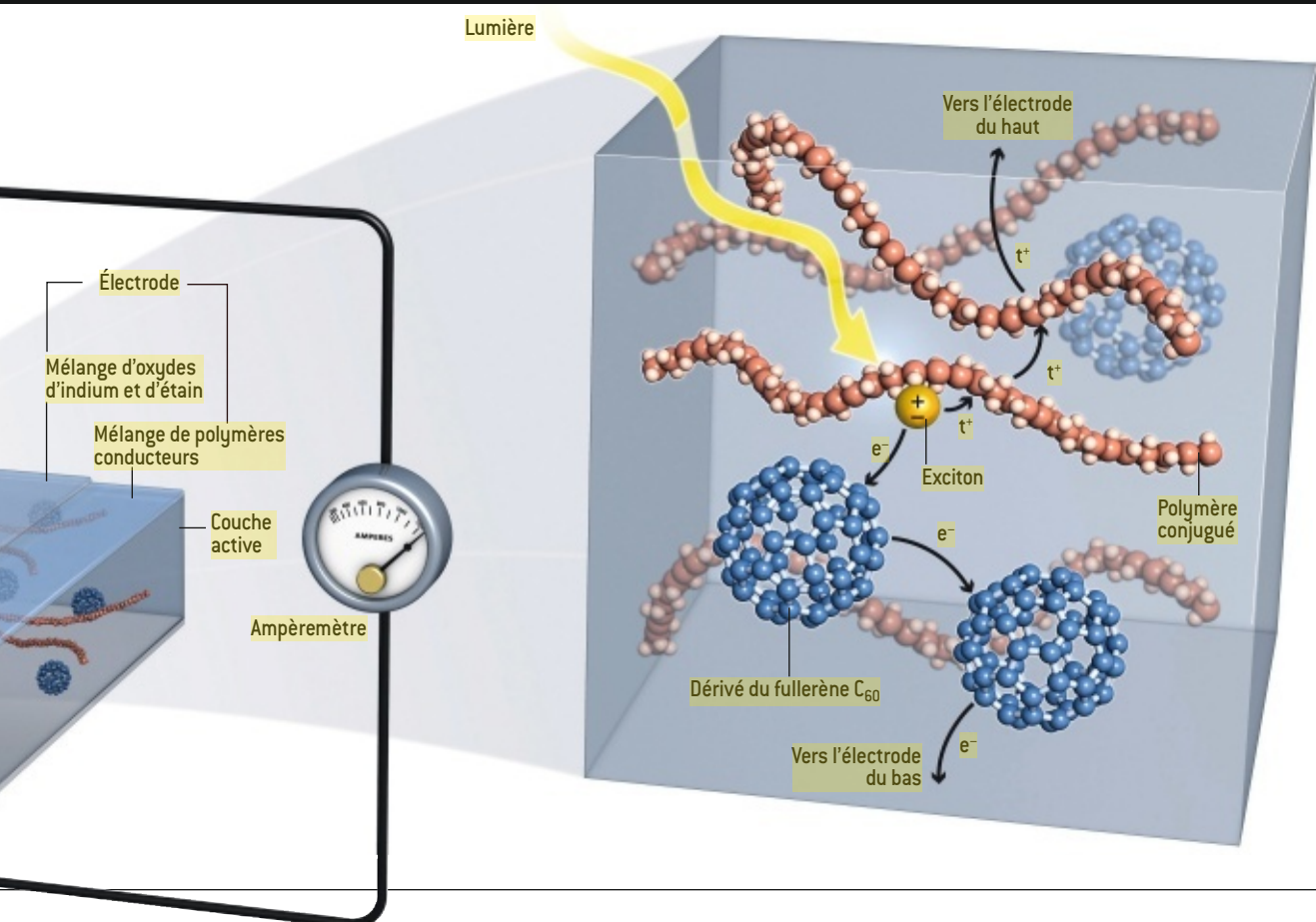
Les polymères utilisés sont souvent des colorants organiques. Ces molécules absorbent efficacement la lumière visible pour créer des excitons. Il est possible d'optimiser le rendement en choisissant les colorants en fonction de leur structure moléculaire afin d'ajuster la bande du spectre de lumière absorbée et l'énergie nécessaire pour engendrer les excitons et les séparer.

Les systèmes qui suscitent le plus d'intérêt sont ceux constitués, d'une part, d'un polymère donneur et, d'autre part, d'un fullerène jouant le rôle d'accepteur. Le fullerène le plus connu, C_{60} , contient 60 atomes de carbone disposés selon une structure sphérique semblable à un ballon de football. Les fullerènes absorbent peu la lumière visible et ont une bonne conductivité électronique. En 2005, A. Heeger et

ses collègues ont mis au point une cellule avec un dérivé de polythiophène comme donneur d'électrons et une molécule dérivée du fullerène C_{60} comme accepteur d'électrons. Ils ont obtenu un rendement dépassant cinq pour cent.

Une cellule solaire constituée de polymères est reliée par des électrodes à un circuit électrique. Les électrodes sont placées au-dessus et au-dessous de la couche de polymères, ce qui limite le parcours des charges et rend maximale la surface absorbant la lumière.

Les matériaux utilisés pour les électrodes ont également une influence sur le rendement global de la cellule. Les électrodes doivent être de bons conducteurs électriques et l'électrode positive, placée sur le dessus de la cellule, doit être transparente à la lumière visible. Elle est souvent fabriquée à partir d'un mélange d'oxydes d'indium et d'étain. La cellule fonctionne mieux lorsqu'elle est recouverte d'un mélange de polymères (un dérivé de polythiophène et un dérivé de polystyrène contenant un atome de soufre). Le mélange



Bruno Bourgeois

de polymères est un conducteur, il réduit la rugosité de la surface de l'oxyde et assure un meilleur contact entre l'électrode et la couche contenant les polymères conjugués.

L'inconvénient de l'électrode d'oxydes est son prix, car l'indium est un métal rare. Des alternatives sont développées à partir d'autres oxydes. Pour gagner en flexibilité, l'électrode d'oxydes est remplacée par des nanofils de cuivre ou des polymères conducteurs. L'électrode négative est constituée d'une couche relativement épaisse de métal, comme de l'aluminium. Cette électrode est réfléchissante de façon à renvoyer la lumière qui lui parviendrait vers la couche de polymères.

En ajoutant un support flexible, tel qu'un film plastique au-dessus de l'électrode transparente, la cellule a une épaisseur inférieure au millimètre. Le film plastique a un rôle protecteur, il empêche l'infiltration d'eau et du dioxygène de l'air au sein du dispositif. L'oxygène agit comme un accepteur d'électrons efficace qui bloque le processus de migration des électrons du courant électrique. Il participe égale-

ment à la dégradation des polymères. Ces effets tendent à réduire l'efficacité de la cellule solaire. Les questions de dégradation des polymères et donc des processus de vieillissement de ces systèmes commencent seulement à être étudiés.

Un rendement en augmentation

Le développement de nouveaux matériaux et de méthodes de préparation plus performantes, ainsi qu'une meilleure caractérisation de la morphologie des matériaux au sein des cellules solaires à polymères, ont permis d'améliorer les rendements de 0,8 pour cent par an depuis 2005. La Société américaine *Konarka* atteint déjà 8,3 pour cent. Mais de nouvelles innovations pourraient accélérer ces progrès, par exemple les cellules solaires « tandem » dotées d'une structure complexe à plusieurs couches rassemblant des polymères conjugués. Chaque couche absorbe les photons dans différentes bandes du spectre. La Société

allemande *Heliatek* a atteint une efficacité de 9,8 pour cent pour des cellules solaires tandem. Et en février de cette année, la Société japonaise *Sumimoto Chemical* a établi un record à 10,6 pour cent.

Le domaine des cellules solaires à polymères progresse de façon régulière en parallèle des avancées dans le domaine des matériaux. Au-delà du rendement qui reste plus faible que le silicium, deux questions se posent : quelle est la durée de vie de ces composants et peut-on passer à une phase d'industrialisation ? Aujourd'hui, les dispositifs ont une durée de vie de l'ordre de trois à quatre ans. Christoph Brabec, de l'Université d'Erlangen et Nuremberg, considère qu'une efficacité de sept pour cent et une durée de vie de sept ans seraient le seuil à franchir pour une exploitation industrielle de ces dispositifs beaucoup moins onéreux que les cellules à silicium. L'enjeu majeur est donc l'accroissement de la longévité de ces cellules à base de polymères pour s'imposer dans le domaine de la production d'électricité à partir du Soleil. ■

La sélection de livres

■ POUR LA SCIENCE

Au programme des lectures de mai proposées par *Pour la Science*, découvrez des ouvrages de réflexion sur notre ère façonnée par les nouvelles technologies, les étonnants progrès de la logique scientifique, la recherche contre le cancer...

En partenariat
avec les éditeurs

Belin:
ÉDITEUR INDÉPENDANT
DEPUIS 1777



Tous ces livres sont
également disponibles
en librairie.

Petite Poucette

Michel Serres

De l'essor des nouvelles technologies, un nouvel humain est né : « Petite Poucette » – clin d'œil à la maestria avec laquelle les messages fusent de ses pouces. « Petite Poucette » va devoir réinventer une manière de vivre ensemble, des institutions, une manière d'être et de connaître...

Éditions Le Pommier 2012

84 pages – 9,50 euros – ISBN 978-2-7465-0605-3



Nouveauté

Réf. 090605*

Nouveau regard sur le cancer Pour une révolution des traitements

Jean-Pascal Capp

Contestant une vision purement génétique de l'origine du cancer, l'auteur souligne le rôle essentiel de l'environnement des cellules. Sa théorie débouche sur des propositions concrètes pour la recherche thérapeutique, ouvrant la voie à une révolution des traitements.

Éditions Belin/Pour la Science 2012

288 pages – 20,30 euros – ISBN 978-2-7011-5614-9



Nouveauté

Réf. 005614

La logique, un aiguillon pour la pensée

Jean-Paul Delahaye

La logique – prise dans un sens large – a connu d'incroyables progrès depuis deux siècles : l'infinie variété des infinis, les étranges hyperensembles, l'indécidabilité de Turing, les déconcertants paradoxes probabilistes... Un ouvrage sur la logique moderne des sciences qui intéressera autant mathématiciens, philosophes que curieux, intrigués par le monde abstrait des raisonnements !

Éditions Belin/Pour la Science 2012

224 pages – 27 euros – ISBN 978-2-8424-5115-8



Nouveauté

Réf. 075115

Un éléphant dans ma salle d'attente

Florence Ollivet-Courtois et Sylvie Overnoy

Aider un éléphant à se relever, éduquer un chimpanzé diabétique à sa prise d'insuline... Tel est le quotidien du docteur Florence Ollivet-Courtois, vétérinaire spécialisée dans la faune sauvage, exotique, et souvent « non coopérative ». Une plongée passionnante dans les rapports entre l'humain et le sauvage.

Éditions Belin 2012

248 pages – 18 euros – ISBN 978-2-7011-6046-7



Nouveauté

Réf. 006046

Le Tamagochi de madame Yen et autres histoires

Hugues Bersini

Ces neuf nouvelles intrigantes, se déroulant entre Paris, Tokyo, Sao Paulo et Bruxelles, questionnent le lecteur sur des problèmes éthiques troublants : les greffes neuronales seront-elles possibles un jour ? affecteront-elles notre vécu subjectif ? Et vous, laisseriez-vous à un logiciel superpuissant le soin de déclencher un conflit nucléaire ?

Éditions Le Pommier 2012

320 pages – 17 euros – ISBN 978-2-7465-0599-5



Nouveauté

Réf. 090599*