

Cap sur les cellules solaires organiques

Professeur A. SAIDANE

ENSET-Oran, B.P 1523 M'Naouer-Oran

E-mail : saidaneak@yahoo.com INTRODUCTION

Ces dernières années, la protection de l'environnement est devenue une préoccupation majeure de nos sociétés. De nombreuses voies de recherches se sont donc orientées vers l'utilisation des énergies renouvelables, dont l'énergie solaire. En une semaine, la planète reçoit sous forme de rayonnement solaire l'équivalent de ses réserves d'énergie. Une couverture de 0,1% de la surface du globe par des capteurs au rendement de 10% suffirait à satisfaire la consommation d'énergie de l'humanité.

L'énergie solaire photovoltaïque est une énergie renouvelable car elle utilise une source d'énergie d'origine naturelle qui est le soleil. Elle constitue donc une alternative aux énergies fossiles à plusieurs titres : elle est inépuisable, elle peut être produite localement et selon les besoins locaux, elle préserve l'environnement car elle n'émet pas de gaz à effet de serre, ne produit pas de déchets et n'entraîne aucun risque majeur et aucune nuisance significative. Cette énergie est produite par un dispositif (cellule photovoltaïque ou photopile) qui transforme l'énergie lumineuse en courant électrique. La première photopile a été développée aux États-Unis en 1954 par les chercheurs des laboratoires Bell, qui ont découvert que la photosensibilité du silicium pouvait être augmentée en ajoutant des "impuretés," une technique appelée le "dopage" qui est utilisée dans tous les semi-conducteurs. Mais en dépit de l'intérêt des scientifiques pendant des années, ce n'est que lors de la course vers l'espace que les cellules solaires trouvèrent leurs premières applications dans l'alimentation électrique des satellites. En effet, les photopiles représentent la solution

la plus simple et la plus sûre pour satisfaire les besoins en électricité à bord des satellites.

Cependant, à l'échelle terrestre, les applications restent limitées à cause de la méthode de production des photopiles qui est laborieuse et difficile, et donc, très cher, car il faut une grande quantité d'énergie pour obtenir du cristal pur. Aujourd'hui, le silicium, sous toutes ses formes (monocristalline, polycristalline ou amorphe) est encore à plus de 80% le matériau de base des photopiles. Mais peut-être pas pour très longtemps. En effet, après s'être imposés dans le domaine de l'optique, les matériaux organiques sont en passe de devenir une technologie clef de la prochaine révolution électronique à faible coût. En une dizaine d'années seulement, les avancées scientifiques et technologiques, récemment couronnées par un prix Nobel de chimie, sont telles que les premiers produits de l'électronique organique sont déjà sur le marché (diode électroluminescente, transistor, laser etc. sont déjà dans les écrans OLED, les imageurs d'empreintes digitales, etc.).

DES CELLULES PHOTOVOLTAÏQUES ORGANIQUES !

Les cellules photovoltaïques organiques présentent de réelles perspectives d'avenir. Le sujet connaît aujourd'hui un regain d'intérêt en Europe, aux États-Unis et au Japon avec un effort de recherche important. Des industriels se positionnent de manière ambitieuse sur le sujet. Cet effort est suscité par la découverte de nouveaux matériaux (polymères semi-conducteurs) et par le développement d'axes de recherches innovants.

En effet, certains chercheurs ont développé un modèle de cellule photovoltaïque à la fois organique et inorganique (cellules hybrides) qui offre de nombreux avantages par rapport aux cellules traditionnelles. Ils ont élaboré une cellule photovoltaïque nanocristalline qui imite la photosynthèse des plantes. Des chromophores, c'est-à-dire des molécules organiques pigmentées (colorant), absorbent la lumière et libèrent ainsi des électrons. Les électrons sont véhiculés vers l'anode par une couche poreuse de dioxyde de titane (TiO₂), un matériau semi-conducteur inorganique mais inoffensif. A l'anode, les électrons sont dirigés vers un circuit externe ou leur passage produit de l'énergie électrique. La molécule organique pigmentée, qui s'est ionisée en libérant l'électron, est immédiatement régénérée par la présence d'un couple redox médiateur dans l'électrolyte dans lequel baigne la couche poreuse de dioxyde de titane à laquelle s'accroche le colorant, Fig.1. Il est à première vue surprenant que l'électron, une fois transféré du colo-

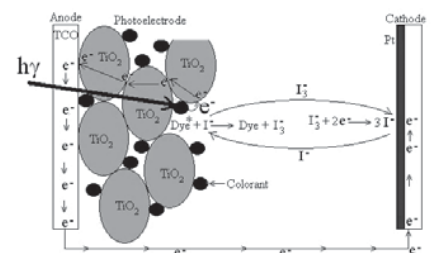


Fig.1 Structure d'une cellule solaire hybride à colorant.

rant dans la bande de conduction du semi-conducteur, diffuse rapidement vers le support conducteur, au travers d'un matériau hétérogène, plutôt que de «retomber» sur le colorant oxydé. Un tel phénomène de recombinaison

Recherche et Développement

annulerait la séparation de charge et empêcherait toute conversion de la lumière en électricité. Mais heureusement il est efficacement concurrencé par l'action du médiateur en solution, capable de réduire rapidement le colorant oxydé. Le choix de ce médiateur est par conséquent crucial parce qu'il doit être capable de céder un électron au colorant avant que ce dernier n'ait eu le temps de récupérer celui qu'il vient d'injecter dans le semi-conducteur. La Fig.2 montre le schéma énergétique d'une telle structure dite de Grätzel.

Pour supprimer le danger de fuite et augmenter la fiabilité du dispositif,

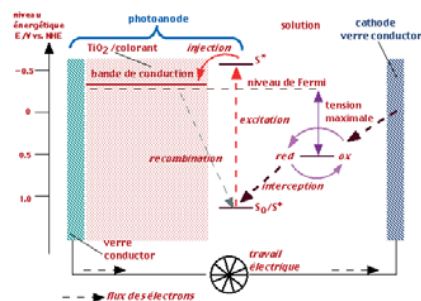


Fig.2. Schéma énergétique de la cellule solaire à colorant selon Grätzel.

l'électrolyte liquide est remplacé soit par un électrolyte en gel ou par un matériau organique (polymère) capable de véhiculer les "trous". Ce polymère remplit les pores de la couche du dioxyde de titane et fait office de tampon avec la cathode du dispositif.

Cette cellule solaire hybride à colorant possède de nombreux avantages par rapport à celle au silicium. Son coût est réduit, elle est assez simple à produire et elle offre une grande flexibilité dans le choix de la couleur du pigment. Ce qui permet de l'adapter au spectre solaire en entier. De plus, ces cellules photovoltaïques peuvent être transparentes, peuvent être fabriquées sur support flexible et donnent donc la possibilité de produire des piles solaires invisibles et plastiques à large échelle. Des études ont même montrés que ces cellules solaires ont une excellente stabilité dans le temps (20 ans au minimum) et un coût du module d'environ 0,60 dollar par watt de puissance crête (Wp). A titre de

comparaison, les cellules au silicium coûtent actuellement plus de 1 dollars/Wp.

La deuxième approche que les chercheurs développent également est 100% organique. La cellule photovoltaïque est un composé de matériaux organiques accepteurs et donneurs d'électrons monté en sandwich entre deux électrodes. La Fig.3 montre une telle structure ou la région active est

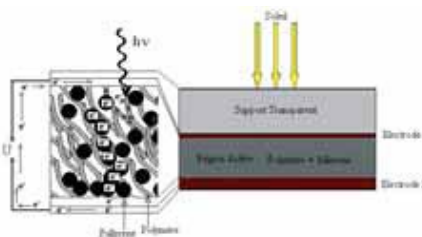


Fig.3. Structure d'une cellule solaire tout organique.

un mélange d'un polymère semi-conducteur de type P et de molécule géante de carbone (les fullerènes) qui non seulement sont de très bon accepteurs d'électrons mais aussi permettent leur acheminement vers l'anode. La nanostructure de ce mélange est essentielle pour la performance de la cellule, car les matériaux donneurs et accepteurs d'électrons doivent être en contact intime à des distances inférieures à 10 nm.

Le rendement de ces cellules solaires est encore <3% à cause justement de la nature du mélange et des problèmes de recombinaisons électroniques. L'oxydation de la cellule est un autre problème auquel il faut faire attention. Mais l'avantage de ces cellules réside dans la facilité avec laquelle on peut les étaler sur de grandes surfaces et

leur flexibilité quasi naturelle comme le montre la Fig.4. Le coût de ces cellules est inférieur à celui des cellules à colorants et elles peuvent même être biodégradable. Du chemin reste à faire en ce qui concerne ces cellules photovoltaïques, mais la recherche progresse assez rapidement.

CONCLUSION

Dans le domaine des nouvelles technologies pour l'énergie, le solaire photovoltaïque organique est en train de devenir un axe de développement industriellement fort maintenant qu'il existe une volonté de réduction de la consommation d'énergie fossile et des émissions de gaz à effet de serre. Dans ce contexte, une recherche de base est indispensable pour valider et démontrer l'intérêt d'une filière plastique par un abaissement décisif des coûts (en terme de matériaux et procédés industriels) et pour lever les différents verrous technologiques identifiés à ce jour. Les objectifs à court terme sont des rendements > 10% pour les cellules hybrides à colorants et >5% pour les cellules tout organique, une durée de vie > 10 années et à terme un coût < 0.1\$/Watt. A court terme, le marché visé est celui du jetable et du plastique ou tissus souples (imaginez utiliser votre manteau pour alimenter votre téléphone ou PC portable !). Conscient de l'intérêt croissant dont bénéficieront les énergies renouvelables dans les dix prochaines années, il est impératif pour notre pays de prendre toutes les dispositions et mettre tous les moyens pour rattraper son retard dans ce domaine.



Fig.4. Photo d'une cellule solaire tout organique.