

Photovoltaïque organique : le solaire photovoltaïque sur-mesure de 3^e génération – l'exemple de DisaSolar

Stéphane POUGHON
Président de DisaSolar

Destiné à jouer un rôle prépondérant dans la transition énergétique qui s'annonce, le photovoltaïque s'apprête à connaître une nouvelle mutation. À la différence des produits standards qui constituent l'essentiel du marché (panneaux à base de silicium que l'on voit couramment), DisaSolar, en France, a choisi un positionnement nouveau : le photovoltaïque sur-mesure. Cette technologie offre des produits à forte valeur ajoutée et de nombreuses nouvelles applications. La PME implantée à Limoges, qui fabrique et commercialise des panneaux dits de 1^{re} et 2^e générations depuis 2010, s'apprête à industrialiser des modules solaires photovoltaïques de 3^e génération. Leur fabrication repose sur une innovation majeure : l'impression de cellules solaires organiques sur-mesure sur support plastique.

Pour le photovoltaïque à haute valeur ajoutée, l'avenir s'écrit assurément du côté de cette 3^e génération en plein développement. Le photovoltaïque organique constitue autant une innovation importante en termes de développement durable qu'une opportunité de voir se créer des centaines d'emplois verts si une filière pérenne venait à naître.

Les panneaux photovoltaïques organiques offrent une différenciation importante par rapport aux panneaux dits de 1^{re} génération (panneaux à base de silicium sous forme cristallin qui représentent 80 % du marché) et de 2^e génération (panneaux en couches minces, éventuellement flexibles). Couramment désignée par le sigle OPV (*organic photovoltaics*) et directement tirée de l'électronique imprimée, cette 3^e génération est fabriquée à partir de procédés d'impression à température et pression ambiantes : des cellules solaires organiques dérivées du carbone sont directement imprimées sur support plastique. À la différence des panneaux classiques sur substrat verre, cette innovation permet de disposer de modules photovoltaïques producteurs d'énergie « sur-mesure ». Au regard des panneaux

dits de 1^{re} et de 2^e générations, les facteurs différenciants sont considérables et permettent d'adresser de nouveaux marchés.

Caractéristiques actuelles

Ils sont souples, fins, légers, de couleurs et formes variées, ce qui permet d'envisager une multitude d'applications, notamment sur des revêtements de surfaces



Figure 1. Les modules photovoltaïques, dits de 3^e génération, fabriqués à partir de technologies de l'électronique imprimée, sont souples, fins et de couleurs et de formes variées.

complexes (figure 1). De l'énergie renouvelable disponible sur place, n'est-ce pas la meilleure solution apportée à la nécessité de l'harmonie entre besoins énergétiques et contraintes environnementales ? En imprimant des cellules photovoltaïques sur des panneaux souples, sur-mesure, on pourra bientôt permettre à des sites isolés, à des surfaces complexes ainsi qu'aux objets communicants de répondre à leurs propres besoins énergétiques, en toute indépendance.

Ces modules sont aussi non polluants, ne nécessitant en particulier pas de terres rares pour leur fabrication.

Rendement

Pour les modules OPV sur-mesure fabriqués au cours de la première année de fonctionnement de la ligne de production (2016), DisaSolar vise un rendement nominal de 6 % et une durée de vie de 10 ans. La phase d'élaboration étant encore en cours, ces objectifs ne sont pas définitifs et pourront être amenés à évoluer d'ici là.

Le rendement des surfaces OPV demeure actuellement plus faible que celui des panneaux de 1^{re} ou 2^e générations (respectivement situé entre 15 % et 19 %

pour la première et entre 7 % et 12 % pour la deuxième), mais dans les conditions réelles d'exploitation il en est proche, car l'OPV capte beaucoup mieux la lumière diffuse que toutes les autres technologies et résiste mieux aux fortes températures.

Ce sont sur ces points que portent principalement les efforts de recherche en cours. Le faible rendement est un phénomène courant dans toutes les technologies naissantes. Des progrès sont donc assurés et déjà réalisés en laboratoire (12 %). Il est à noter que l'OPV offre un meilleur rendement que les 1^{re} et 2^e générations de photovoltaïque sous faible luminosité.

Durée de vie

La durée de vie encore modérée (10 ans) résulte principalement de la grande sensibilité des cellules à la vapeur d'eau et à l'oxygène, une sensibilité qui s'accommode mal de contextes d'utilisation parfois extrêmes, inhérents à la fonction, par exemple pour couvrir un véhicule. Pour

les protéger, les travaux des chercheurs portent sur une « encapsulation » plus efficace ; de nombreuses équipes sont attelées à cette tâche dans plusieurs pays.

Applications

Ultérieurement, avec les progrès attendus en rendement et durée de vie, on peut imaginer des revêtements muraux, des rideaux, des vitrages, équipés en OPV et générateurs d'électricité. Les qualités esthétiques du produit, sa facilité de pose et son coût abordable lui assureront un marché significatif en complément de celui dévolu aux panneaux de 1^{re} et 2^e générations ou aux micro-éoliennes individuelles.

À court terme, l'OPV sera utilisé comme source électrique d'appoint pour les voitures, les autocars, les camping-cars, les trains ou encore les véhicules de sécurité, tout particulièrement pour fournir une partie de l'énergie nécessaire à la climatisation (dont on se sert surtout quand le soleil brille !). Maintenir en service le



Figure 2. Les panneaux photovoltaïques organiques devraient, à court terme, être utilisés comme source électrique d'appoint pour les moyens de transports, individuels ou collectifs.

rafraîchissement (ou le préchauffage) du véhicule lorsqu'il est à l'arrêt, sans consommer de carburant, représenterait certainement une option appréciée (figure 2).

HORIBA
Scientific

Caractérisation multimodale pour les panneaux photovoltaïques

De nombreux matériaux sont mis en œuvre dans l'élaboration des panneaux solaires. L'efficacité des cellules des panneaux est étroitement liée au choix des matériaux et à leur architecture. Des techniques de mesures multiples et complémentaires sont nécessaires pour obtenir des performances maximales.

- Identification chimique structurale (empreinte moléculaire) => spectroscopie Raman
- Morphologie et analyse de phase => spectroscopie Raman
- Changement Structural => spectroscopie Raman
- Mesure des épaisseurs : de la couche atomique à plusieurs μm => Ellipsométrie spectroscopique
- Profils de composition élémentaire des empilements => spectroscopie optique à décharge lumineuse
- Constantes optiques des couches minces => Ellipsométrie spectroscopique
- Profils de composition élémentaires et isotopiques, mesure de dopants à faible concentration dans les couches => Spectrométrie de Masse (PP TOFMS TM).

HORIBA Scientific propose de nombreux équipements d'analyse utilisés par les concepteurs et les développeurs de cellules PV.

• Labram HR Evolution : Micro spectromètre Raman

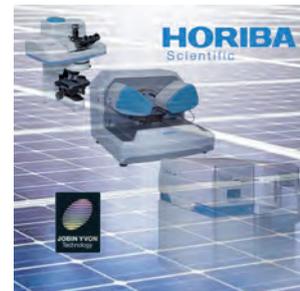
La spectrométrie Raman est une technique de spectrométrie vibrationnelle permettant l'identification qualitative et quantitative des liaisons spécifiques au milieu étudié. Elle permet d'accéder à la composition du matériau.

• GD Profiler 2 : Spectromètre à décharge lumineuse radiofréquence pulsée (RF GD-OES)

La GD-OES érode de manière très rapide une zone représentative d'une cellule multicouche (2 minutes pour un empilement complet). La version Plasma Profiling TOFMS (PP TOFMSTM) permet, grâce à la détection TOFMS, une sensibilité accrue (pour la mesure d'impuretés ou de dopants dans les couches) et la possibilité de réaliser des mesures isotopiques.

• UVISEL 2 : Ellipsomètre spectroscopique

L'UVISEL 2 mesure des propriétés optiques des couches minces et détecte leurs irrégularités. L'ellipsométrie est rapide, simple de mise en œuvre et non destructive.



Contact

HORIBA Scientific
Info-sci.fr@horiba.com

PUBLIERÉ D'ACTIONNEL • PHOTONIQUES 66

Photoniques 66

Afin de franchir l'intervalle qui nous sépare de cette période, le photovoltaïque organique peut se développer en répondant aux besoins en autonomie électrique manifestés par divers types de clients :

- Les professionnels. Certains seront soucieux de disposer d'une alimentation complémentaire pour renforcer la sécurité de fonctionnement de leur matériel électronique. Ils apprécieront de prolonger la durée de vie de leurs batteries en réduisant la fréquence des cycles de charge et décharge. D'autres seront désireux d'installer rapidement des sources de courant faciles à transporter et adaptées à des configurations variées. On pourra ainsi satisfaire les attentes des forces armées, des responsables chargés de la signalisation des chantiers ou des événements temporaires ainsi que celles des fournisseurs de structures urbaines qui ne justifient pas un raccordement au réseau (abribus, totem signalétique et autres).

- Les possesseurs d'appareils électroniques nomades. Une étude de marché a montré que les consommateurs occidentaux sont prêts à payer pour garder leurs outils numériques chargés en permanence et qu'ils préféreront les systèmes légers, agréables d'aspect et respectueux de l'environnement. De nombreux objets individuels pourront bientôt comporter une surface OPV pour alimenter ou recharger un éclairage ou un petit appareil électrique : vêtement, sac à dos, étuis, toile de tente, parasol... (figure 3).

Perspectives

Le solaire de 3^e génération représente un véritable enjeu pour l'économie de notre pays. Des programmes de recherche partenariale ont déjà été lancés par des entreprises pour le développement de cette technologie à grande échelle. En France, c'est DisaSolar, PME implantée à Limoges, qui a pris le leadership sur le secteur et qui travaille pour la création et le développement d'une filière du photovoltaïque organique.

DisaSolar travaille actuellement à la mise en place d'une ligne pilote de



Figure 3. Le marché des appareils nomades constitue un marché prometteur pour les modules photovoltaïques organiques, capables de présenter une très large palette de formes et de couleurs.

production de panneaux photovoltaïques souples organiques. Ce projet aboutira, à l'horizon 2016, à la création d'une usine de 150 personnes à Limoges.

Recherche partenariale réussie

Pour y parvenir, DisaSolar a choisi de réaliser la majorité de sa R&D en partenariat avec des laboratoires publics de recherche implantés en France (CEA/INES et le CNRS/XLIM), aux Pays-Bas (Holst Centre – Eindhoven), en Belgique (Université de Louvain – Imec) et au Canada (Université du Queens). En coordonnant et en agrégeant les travaux de ces différentes équipes au sein de son propre laboratoire à Limoges, DisaSolar s'est placée au centre d'un écosystème d'innovation qu'elle a elle-même organisé, dans lequel les transferts de technologies sont facilités. Cette approche originale de R&D en réseau apparaît comme un modèle remarquable en matière de recherche partenariale publique-privée et de coopération internationale dans le domaine de l'innovation. En complément aux travaux de recherche

en laboratoire, DisaSolar, développe ses propres applicatifs d'impression par jet d'encre, en partenariat avec l'entreprise Ceradrop, également installée à Limoges.

Une chance pour l'industrie française

Les panneaux photovoltaïques OPV ouvrent un champ de développement et d'innovation considérable. L'objectif est, qu'à terme, de nombreux objets de la vie quotidienne – véhicules, moyens de transport et de sécurité, appareils nomades, équipements électroniques, équipements de loisirs, équipements de domotique, etc. – soient dotés de modules solaires organiques et donc capables de produire eux-mêmes de l'énergie, créant à la fois une valeur ajoutée pour le produit et son utilisateur final mais aussi un bénéfice global en termes de développement durable. Le déploiement de cette technologie sera générateur de croissance économique et d'emplois.

Portée par des acteurs comme DisaSolar, la France a un rôle à jouer dans la révolution du photovoltaïque organique qui s'annonce. Les entreprises françaises du secteur disposent ainsi de leur propre savoir-faire et de leurs propres brevets pour commercialiser et industrialiser leurs produits partout dans le monde.

Avis aux adeptes de la croissance verte !

Pour faire du solaire de 3^e génération – et de l'électronique imprimée – un moteur de la croissance et du développement économique ainsi qu'une source de nombreuses créations d'emplois, encore faut-il que les entreprises innovantes de notre pays disposent des moyens financiers nécessaires à leur développement industriel.

C'est à cette condition que la France pourra réellement se prévaloir d'une véritable ambition politique en faveur du développement de la croissance verte et de la présence dans ses territoires d'entreprises innovantes.

Pour cette formidable innovation qu'est le solaire de 3^e génération, la France a tous les atouts pour s'inscrire durablement et avec succès dans la compétition mondiale.