

De 1% à 19%, histoire des principales avancées du photovoltaïque organique et futures directions

Sylvain Chambon

Laboratoire IMS, UMR 5218, Univ. Bordeaux, CNRS, Bordeaux INP, Talence, France

Le photovoltaïque organique (OPV) fait partie de la 3^{ème} génération de cellules photovoltaïques, tout comme les cellules à colorant (DSSC), perovskite halogénées (PSC) ou à quantum dots colloïdaux (CQD). Cette technologie a été marquée par plusieurs développements clefs qui ont permis de franchir des paliers importants sur leur rendement et leur stabilité. De la première cellule OPV approchant les 1% de rendement de conversion photovoltaïque (Tang et al. en 1986)¹ au développement de matériaux accepteurs d'électron non-fullerène ou NFA (Lin et al. en 2015)², en passant par le concept d'hétérojonction volumique (BHJ) développé en 1995³ et le développement de semiconducteurs de type donneur d'électrons à faible gap, tous ces développements ont permis de franchir le cap des 15%⁴ de rendement de conversion photovoltaïque avec un record à 19%⁵ en cellule et de 8,7%⁶ en module. Parallèlement à l'amélioration des performances, un axe fort de recherche concerne l'amélioration de la durée de vie des dispositifs et en 2006, une nouvelle architecture de cellules photovoltaïques organiques, dite inverse, plus stable en stockage est développée.⁷ Ces différents développements font du photovoltaïque organique une technologie prometteuse pour l'avenir.

L'intérêt principal de cette technologie vient de l'abondance des matériaux, leur disponibilité ainsi que des procédés de mise en œuvre qui ne nécessitent pas des températures élevées. L'OPV permet de pouvoir imprimer toutes les couches du composant électronique. De ce fait, les modules OPV peuvent être fabriqués par enduction « rouleau à rouleau » (roll-to-roll), sur substrats flexibles et avec des procédés basse température (< 180°C). En conséquence, leur fabrication est peu couteuse énergétiquement parlant. Le temps de retour sur investissement énergétique a été estimé pour l'OPV, et même dans le cas de modules de faible efficacité de l'ordre de 3%, celui-ci n'est que de 1,35 année.⁸ Cette technologie permet aussi de fabriquer des modules légers. En effet, chaque couche composant la cellule (électrodes, couche de transport, couche active) ne fait que quelques dizaines à quelques centaines de nanomètres et l'empilement complet fait généralement moins d'un micron. Les substrats et encapsulations flexibles sont le plus souvent à base de plastique. Dans l'optique d'un large déploiement de ces modules, cet avantage devrait permettre de réduire l'empreinte carbone dans le cadre du transport pour l'installation des modules.

Dans cette communication, nous proposons de présenter l'historique et l'état de l'art du photovoltaïque organique. Nous évoquerons aussi les nouveaux axes de recherches de l'OPV, et plus particulièrement le développement de procédés à faible impact environnemental. Notamment, les solvants utilisés pour mettre en solution les semi-conducteurs organiques sont le plus souvent halogéno-aromatiques, et donc toxiques pour l'environnement et les opérateurs. Un axe de recherche récent consiste au développement des dispersions colloïdales en base aqueuse pour remplacer les solvants halogénés et/ou aromatiques. Dans ce domaine, Xie *et al.* ont établi un record en 2018 et réussi à fabriquer des dispositifs à base d'encres aqueuses à 7.5% de PCE.⁹ Nous évoquerons les stratégies et dernières réalisations pour continuer à améliorer les performances de cellules OPV fabriquées en base aqueuse.



Figure 1: Encres colloïdales aqueuses de semiconducteurs organiques et cellule OPV fabriquée à partir d'une encre aqueuse

Références

1. Tang, C. W. *Appl. Phys. Lett.* **48**, 183–185 (1986).
2. Lin, Y. *et al. Adv. Mater.* **27**, 1170–1174 (2015).
3. Yu, G., Gao, J., Hummelen, J. C., Wudl, F. & Heeger, a. J. *Science (80-.)*. **270**, 1789–1791 (1995).
4. Yuan, J. *et al. Joule* **3**, 1140–1151 (2019).
5. Cui, Y. *et al. Adv. Mater.* **2102420**, 2102420 (2021).
6. Green, M. A. *et al. Prog. Photovoltaics Res. Appl.* **30**, 3–12 (2022).
7. Waldauf, C. *et al. Appl. Phys. Lett.* **89**, 233517 (2006).
8. Espinosa, N., García-Valverde, R., Urbina, A. & Krebs, F. C. *Sol. Energy Mater. Sol. Cells* **95**, 1293–1302 (2011).
9. Xie, C. *et al. Nat. Commun.* **9**, 5335 (2018).