

# OPTIMISATION DE LA DUREE DE VIE DES CELLULES PHOTOVOLTAÏQUES PEROVSKITES. ETUDE DES MATERIAUX, ARCHITECTURES ET PROCEDES D'ENCAPSULATION

**Type d'offre :** Offre de thèse

**Financement :** Public : Allocation APS (Assemblée des Pays de Savoie)

**Etablissement d'accueil :** LEPMI LMOPS UMR 5279 CNRS/CEA LITEN LMPO

**Lieu de travail :** Le Bourget du Lac - France

**Spécialité :** Chimie - **Chimie des matériaux** - Physique

La thèse se déroulera dans les locaux du Laboratoire des Modules PhotoVoltaïques Organiques (LMPO), basé à l'INES (Institut National de l'Energie Solaire), et au sein du LEPMI (Laboratoire d'Electrochimie et de Physicochimie des Matériaux et des Interfaces, UMR n°5279).

Les équipes du LEPMI et du LMPO sont localisées dans un même bâtiment de l'INES, ce qui facilitera les interactions sur une base quotidienne.

Le LMPO regroupe les moyens de réalisation et de caractérisation des cellules et modules à base de matériaux organiques qui seront étudiés pour cette thèse. Le LMPO est équipé de toutes les techniques avancées de fabrication de cellules solaires organiques (tournettes en boîte à gants, évaporateurs,...). Sa plateforme de caractérisation physico-chimique (microscopes électronique à balayage et à force atomique, spectrophotomètres UV-visible et infra-rouge, profilomètre) et électrique et électronique (éclairage solaire normalisé, tracés de courbes I(V) et de spectre d'action, sonde de Kelvin, spectrométrie d'impédance, SCLC, ...) est très complète.

Le LEPMI est équipé de moyens de caractérisation mécanique (plusieurs bancs de traction, flexion) et de diverses techniques de caractérisation physicochimique (spectroscopies IR et Raman, notamment, DSC, ATG).

De façon complémentaire, d'autres moyens présents sur les plateformes technologiques de l'INES et également du CEA Grenoble pourront être mis à contribution.

## Description du sujet de thèse

Parmi toutes les technologies accessibles pour le développement du mix énergétique, la conversion photovoltaïque (PV) semble une filière clé. Pour rester compétitive, les coûts de production de cette filière doivent maintenant être diminués et les performances et les durées de vie augmentées. Récemment, de nombreux programmes de recherche concernant l'hybridation photovoltaïque organique/inorganique émergent et le récent concept des cellules solaires perovskites a suscité beaucoup d'intérêt dans la communauté scientifique. Ces dernières connaissent un véritable essor, car elles ont le potentiel de dépasser les limites de performance des technologies actuelles, tout en présentant un faible coût et une grande polyvalence. Plusieurs travaux récents ont montré qu'un semi-conducteur de la famille des perovskites organométalliques halogénées ( $ABX_3$ ,  $CH_3NH_3Pb(I,Cl)_3$ ) pouvait conduire à des rendements photovoltaïques de 15 voire 20%. Celles-ci sont cependant connues pour être très sensibles aux facteurs environnementaux. Le projet proposé a pour intention de fournir une contribution significative dans le développement de ces cellules de 3<sup>ème</sup> génération. Plus précisément, il est envisagé de répondre aux contraintes du marché en termes de durée de vie et de performance. Actuellement, la majorité des travaux dans ce domaine se focalisent sur l'obtention de rendements records, mais très peu de travaux portent sur l'étude de la durée de vie des cellules perovskites et sur leur encapsulation. Les rendements cités ci-dessus sont obtenus sur substrat verre, avec des perovskites à base de plomb, et à l'échelle de la cellule (4-9 mm<sup>2</sup>). Certaines études commencent à porter spécifiquement sur la durée de vie de ces dispositifs en conditions accélérées (illumination, température), mais très peu concernent la stabilité extrinsèque (vieillessement de

dispositifs encapsulés). Ainsi, certains ont montré qu'il est possible d'atteindre moins de 10% de pertes de rendement pour des cellules perovskites encapsulées et vieilles pendant 1000 h sous illumination, ou en chaleur humid. Cependant, l'encapsulation proprement dite n'est que brièvement décrite et aucune étude n'a été menée sur sa conception et son optimisation.

Les objectifs de la thèse se décomposent comme suit :

- Définir une architecture intrinsèquement stable (i.e. sous illumination et en température)
- Définir les exigences réelles d'encapsulation
- Etudier l'impact de l'encapsulation sur le rendement
- Optimiser l'encapsulation pour maximiser la durée de vie des cellules perovskites.

Le sujet de thèse proposé sera mené en parallèle d'une thèse en cours au LMPO, dont le principal objectif est la synthèse de perovskites organométalliques halogénées de type ABX<sub>3</sub> avec des procédés compatibles grande surface, sur substrat plastique, et par voie solvant. L'originalité du projet proposé est d'étudier la stabilité de ces nouveaux dispositifs photovoltaïques perovskites encapsulés en utilisant une double approche :

- o Mise au point d'une encapsulation adaptée

Dans cette partie, les meilleurs matériaux d'encapsulation, en termes de propriétés de perméation, de transmittance optique, d'adhésion et de photostabilité seront sélectionnés. Ensuite le développement de procédés d'encapsulation sera abordé et plus particulièrement l'impact de l'encapsulation sur les performances photovoltaïques.

- o Etude de la stabilité des dispositifs encapsulés

Cette partie sera consacrée à l'évaluation de la stabilité des cellules encapsulées dans des conditions de vieillissement accéléré (illumination, température, et humidité notamment). La caractérisation des propriétés optoélectroniques et mécaniques sera effectuée sur les dispositifs tout au long des campagnes de vieillissement. En outre, la dégradation physico-chimique du dispositif sera évaluée in situ.

Le but ultime du projet est l'élaboration et la conception de cellules solaires perovskites en visant deux applications : les applications nomades souples grâce aux cellules solaires sur substrat flexible, et les applications haut rendement grâce à des cellules tandem silicium sur substrat verre. Les performances recherchées sont proches de 20% avec une durée de vie de 10 ans sur substrat flexible (challenge 20-10) et de 20 ans sur verre (challenge 20-20).

#### **Profil des candidats :**

Profil matériaux, physicochimiste, mécanicien.

Pour candidater, contacter par email :

Emilie PLANES : [emilie.planes@univ-savoie.fr](mailto:emilie.planes@univ-savoie.fr)

Muriel MATHERON : [Muriel.MATHERON@cea.fr](mailto:Muriel.MATHERON@cea.fr), [matthieu.manceau@cea.fr](mailto:matthieu.manceau@cea.fr)