# Optimisation de la synthèse de $Cu(In,Ga)Se_2$ pour l'obtention de cellules solaires ultra-minces à partir d'un procédé hybride de co-pulvérisation/évaporation

**J. Posada[1,*], M. Jubault[2], N. Naghavi[1]**

[1]CNRS, Institut de R&D sur l'Energie Photovoltaïque (IRDEP) - 6 Quai Watier, 78401 Chatou, France

[2]EDF - R&D, Institut de R&D sur l'Energie Photovoltaïque (IRDEP) - 6 Quai Watier, 78401 Chatou, France

*E-mail : jorge-externe.posada@edf.fr

Les cellules solaires en couches minces de type $Cu(In,Ga)Se_2$ (CIGS) représentent une technologie d'avenir à haut rendement de conversion d'énergie. Plusieurs techniques sont utilisées pour synthétiser des absorbeurs de CIGS avec une épaisseur inférieure à 500 nm et ainsi réduire la quantité de matière utilisée et le coût de production. La pulvérisation cathodique réactive est une technique de dépôt adaptée aux grandes surfaces offrant la possibilité d'effectuer un scale-up industriel. L'objectif de ce travail est de développer et d'optimiser un procédé alternatif hybride de co-pulvérisation/évaporation pour la synthèse des couches ultra-minces de CIGS. Dans ce procédé, les espèces métalliques de cuivre, indium et gallium sont co-pulvérisées et le sélénium est évaporé à partir d'une cellule d'effusion. Pour répondre à cet objectif et comprendre la faisabilité du procédé, plusieurs dépôts ont été réalisés. Les couches ultra-minces de CIGS ont été déposées sur un substrat de Mo/Verre avec différentes puissances de pulvérisation des cibles, afin de faire varier les compositions des absorbeurs. La température de la cellule d'effusion de sélénium et celle du porte-substrat ont été fixées à 190 °C et à 590 °C respectivement. Le temps de dépôt a été aussi fixé (20 minutes). Pour connaitre les phases formées, la diffraction de rayons-X et la spectroscopie Raman ont été utilisées. La morphologie et la composition ont été analysées grâce à la microscopie électronique à balayage (MEB), à l'analyse dispersive en énergie et à la spectroscopie d'émission optique par décharge luminescente ou GD-OES (glow discharge optical emission spectrscopy). Une analyse des propriétés optoélectroniques de chaque échantillon a été aussi réalisée par *J(V)* sous éclairement et à l'obscurité, et par réponse spectrale. Une cellule de CIGS avec un rendement de conversion maximum de 6,6 % a été fabriquée à partir d'un absorbeur de 470 nm d'épaisseur. La figure 1a et 1b présentent respectivement une image d'une coupe transverse au MEB de l'absorbeur des meilleures performances et les caractéristiques *J(V)* de la cellule solaire obtenue à partir de celui-ci.

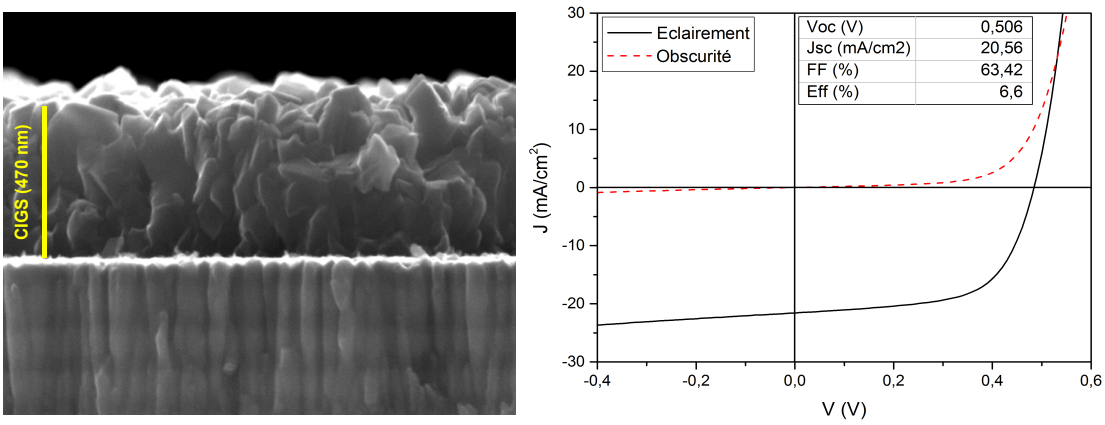


Figure 1. (a) Image d'une coupe transverse au MEB d'un absorbeur de CIGS ultra-mince et (b) caractéristiques *J(V)* sons éclairement et à l'obscurité de la meilleure cellule obtenue.