

# Optimisation de cellules solaires tandem à trois terminaux à base de pérovskites

Koffi Ahanogbe<sup>1</sup>, James Connolly<sup>1</sup>, Cyril Léon<sup>1</sup>, Sylvain Le Gall<sup>1</sup>, Marie-Estelle Gueunier-Farret<sup>1</sup>, Daniel Sapori<sup>2</sup>, Solenn Berson<sup>2</sup>, Anne-Sophie Ozanne<sup>2</sup>, Zakaria Djebbour<sup>1,3</sup>, Jean-Paul Kleider<sup>1</sup>.

<sup>1</sup> GeePs, CNRS, CentraleSupélec, Univ. Paris-Sud, Université Paris-Saclay, Sorbonne Université, 11 rue Joliot-Curie, 91192 Gif-sur-Yvette CEDEX, France.

<sup>2</sup> CEA, LITEN, INES, Department of Solar Technologies, F-73375 Le Bourget du Lac, France

<sup>3</sup> Département des Sciences Physiques, UVSQ, Université Paris-Saclay, 45 Av. des États-Unis, 78035 Versailles CEDEX, France.

Aujourd'hui, la technologie du silicium à simple jonction domine le marché photovoltaïque (PV), avec plus de 80% de part de marché. Cependant, le rendement de conversion PV record des cellules solaires au silicium (26,7%) est maintenant proche de la limite théorique (29%) pour ce matériau. Pour aller au-delà des 30% tout en conservant comme base le silicium qui est abondant et bon marché, une solution consiste à le coupler à un autre semi-conducteur ayant une bande interdite plus grande dans une configuration de cellules en tandem à 2 ou 4 terminaux. Un nouveau concept très prometteur de cellules tandem à 3 terminaux (3T) à barrière sélective d'offset de bandes [1, 2] a été développé au GeePs et présente de nombreux avantages par rapport aux cellules à 2 et à 4 terminaux.

Le projet ANR THESIS a pour but de réaliser des démonstrateurs de cellule tandem 3T dont un schéma est présenté sur la figure 1. Une piste envisageable est l'utilisation d'une cellule à base de pérovskite, matériau à large bande interdite, pour la réalisation de la cellule top, absorbant et convertissant la partie supérieure du spectre du rayonnement solaire, sans trop de pertes par thermalisation. La cellule bottom de silicium cristallin (c-Si), qui est une cellule à contacts interdigités en face arrière (IBC), permet quant à elle d'absorber la partie inférieure du spectre du rayonnement solaire. La puissance délivrée par la cellule est donc une somme des puissances des deux sous-cellules.

Dans ce travail, nous présentons les résultats de modélisations (réalisées avec le logiciel ATLAS de Silvaco) pour déterminer des paramètres importants pour la réalisation d'un démonstrateur 3T. Dans un premier temps, nous avons modélisé et simulé la cellule pérovskite dans une configuration 2T et la cellule silicium type N à contacts interdigités en face arrière. Les paramètres PV ( $J_{sc}$ ,  $V_{oc}$ , FF et rendement) obtenus pour ces 2 cellules sont très proches de ceux de structures réalisées expérimentalement [3, 4]. Ensuite, la structure 3T complète a été modélisée. L'influence de différents paramètres sur les performances de la cellule 3T a été étudiée : épaisseur des cellules c-Si et pérovskite, densité de défauts aux interfaces. Par exemple, la figure 2 montre l'évolution du rendement des sous-cellules top (courbe rouge) et bottom (courbe bleue) et de la cellule 3T (courbe verte) en fonction de l'épaisseur de la cellule pérovskite pour une épaisseur c-Si de 300 $\mu\text{m}$ . Nous voyons qu'un optimum est obtenu pour une épaisseur de pérovskite de 500 nm pour la cellule 3T.

Finalement nos premières études ont permis d'obtenir un rendement de 29,6% pour une cellule 3T avec certains paramètres optimisés.

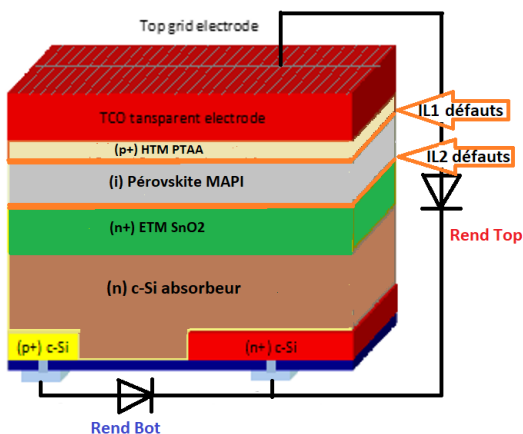


Figure 1: Tandem 3T de c-Si (IBC)/Pérovskite

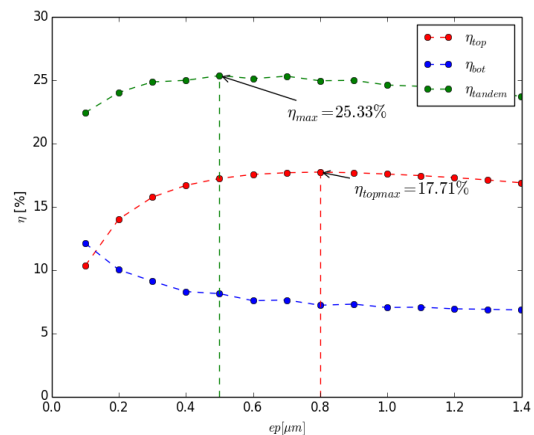


Figure 2: Rendements en fonction de l'épaisseur de la cellule pérovskite

[1] Djebbour Z, El-Huni W, Migan Dubois A, Kleider J-P, "Bandgap engineered smart three-terminal solar cell: New perspectives towards very high efficiencies in the silicon world", Prog Photovolt Res Appl 27, 306-315 (2019)

[2] Djebbour Z., El- Huni W., Kleider J.P., Migan-Dubois A., "Photovoltaic Cell", Patent of International publication number: WO 2017/093695 A1, Date of international publication: 08.06.2017

[3] Liu D, Kelly TL, "Perovskite solar cells with a planar heterojunction structure prepared using room-temperature solution processing techniques", Nat Photonics 8, 133-138 (2014)

[4] Franklin E, Fong K, McIntosh K, et al. Design, fabrication and characterization of a 24.4% efficient interdigitated back contact solar cell. Prog Photovolt Res Appl. 24, 411-427 (2014)