

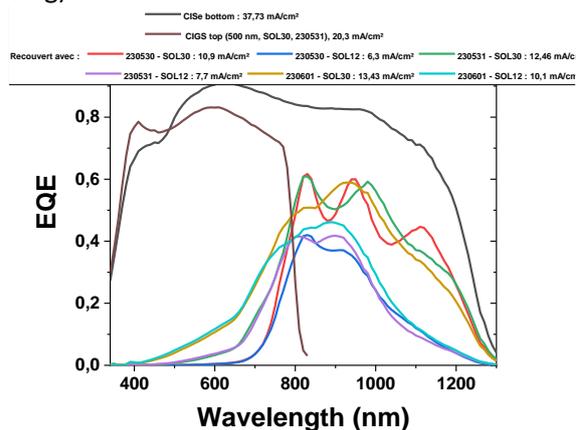
## Cellule tandem avec top et bottom chalcopyrites : on peut y croire ?

N. Barreau, L. Choubrac, F. Pineau, E. Bertin, Th. Lepetit, S. Harel, L. Arzel, L. Assmann

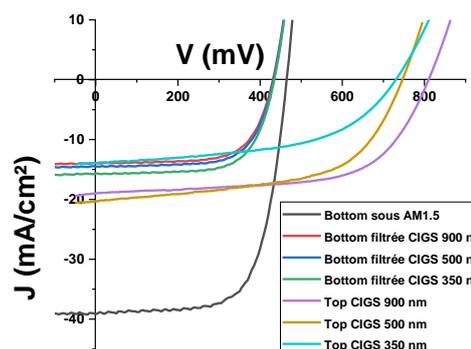
Institut des Matériaux de Nantes Jean Rouxel (IMN, UMR 6502), Nantes Université, CNRS, Nantes, France

Les performances que nous avons pu atteindre<sup>[1]</sup> avec des cellules à base de verre/Mo/Cu(In,Ga)S<sub>2</sub> nous ont amenés à optimiser la croissance de CIGS sur des substrats avec un contact arrière transparent. La finalité principale de ces travaux est d'ainsi disposer d'une cellule top pour des applications en tandem. Cette optimisation a permis d'atteindre des rendements supérieurs à 10% à partir de CIGS (1,6 eV) déposé sur des substrats de verre/ITO, avec des tensions de circuit ouvert supérieures à 800 mV. Forts de ces résultats, nous avons caractérisé des dispositifs de type Verre/Mo/CuInSe<sub>2</sub>/CdS/ZnO/AZO (bottom) recouverts physiquement par les structures verre/ITO/Cu(In,Ga)S<sub>2</sub>/ZnOS/ZnO/AZO (top), ce qui simule optiquement une tandem 4T.

Pour cette première étude, nous avons utilisé des ITO d'épaisseurs différentes et des Cu(In,Ga)S<sub>2</sub> d'épaisseurs différentes aussi. Pour illustrer les résultats obtenus, il est tracé dans la figure 1 les rendements quantiques d'une top (500 nm), d'une bottom seule (noir) et lorsqu'elle recouverte des structures top. Il apparaît ici que l'épaisseur de l'ITO a une influence importante. Les meilleurs courants potentiels de la bottom ainsi filtrée sont de l'ordre de 14 mA/cm<sup>2</sup>, ce qui reste trop faible par rapport aux courants atteints par la cellule top (~ 20 mA/cm<sup>2</sup>). Néanmoins, au regard des rendements quantiques de la bottom filtrée, il existe une grande marge de manœuvre pour augmenter ce courant et d'atteindre l'objectif de 20 mA/cm<sup>2</sup>, notamment par optimisation optique (eg. anti-reflective coating).



**Figure 1 :** Rendements quantiques de la top, de la bottom seule (noir) et lorsqu'elle recouverte des structures tops. Nous illustrons ici l'influence de l'épaisseur de l'ITO et du CIGS sur la transmission de la top.



**Figure 2 :** Courbe JV de la bottom seule (noir), des tops avec différentes épaisseurs d'absorbeurs seules (ITO le plus fin), et de la bottom lorsqu'elle est recouverte de ces mêmes dispositifs top.

La figure 2 montre quant à elle les courbes JV de la bottom seule et optiquement filtrée par les différentes cellules tops avec l'ITO le plus fin, et les JV de ces mêmes tops. Il est intéressant de noter que le facteur de forme de la bottom n'est pas affecté par la présence des tops. Les premières interconnexions séries de ces dispositifs à l'aide de fils d'or sont en cours de réalisation ; leurs performances seront montrées aux JNPV. Au regard de ces résultats, on peut espérer atteindre des tensions supérieures à 1,2 V malgré une bottom en deçà de l'état de l'art. Ce sera à notre connaissance une des premières cellules tandem réalisée avec exclusivement des dispositifs à base de couches minces de chalcopyrite.

[1] N. Barreau et al., EPJ Photovoltaics 13, 17 (2022), <https://doi.org/10.1051/epjpv/2022014>