

# Etude du comportement d'une cellule solaire pérovskite en condition de fonctionnement par XPS *operando*

Mathieu Frégnaux<sup>1</sup>, Pilar López-Varo<sup>2</sup>, Javid Hajhemati<sup>2</sup>,  
Damien Aureau<sup>1</sup>, Philip Schulz<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Institut Lavoisier de Versailles, UMR 8180, CNRS, UVSQ - Université Paris-Saclay, Versailles, France

<sup>2</sup> Institut Photovoltaïque d'Île-de-France (IPVF), Palaiseau, France

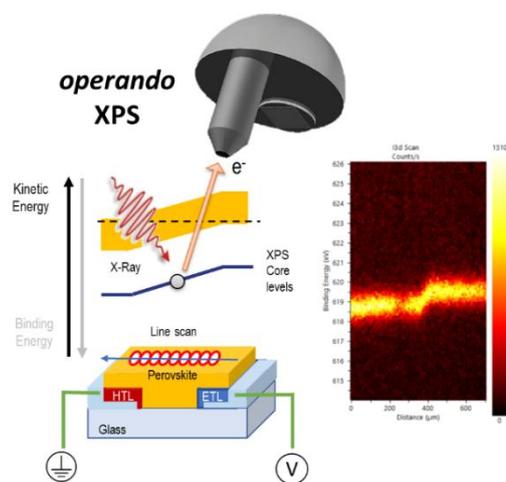
<sup>3</sup> CNRS, Institut Photovoltaïque d'Île-de-France (IPVF), UMR 9006, Palaiseau, France

[mathieu.fregnaud@uvsq.fr](mailto:mathieu.fregnaud@uvsq.fr)

Réaliser des dispositifs photovoltaïques qui exploitent tout le potentiel des matériaux actifs requiert une connaissance approfondie des mécanismes mis en jeu lors de leur fonctionnement. Pour extraire les charges créées par l'absorption de la lumière dans les couches actives, l'ajout de couches fonctionnelles organiques ou inorganiques (ETL, HTL, TCO, etc.) est nécessaire. Les interfaces entre ces matériaux aux propriétés très différentes sont des sources potentielles de dégradation des performances de la cellule solaire qu'il convient de maîtriser.

La spectroscopie de photoélectrons X (XPS) s'est révélée être une technique polyvalente pour caractériser les propriétés électroniques et chimiques de la surface des absorbeurs de type pérovskites halogénées ainsi que des interfaces avec les couches adjacentes. Dans les microstructures pérovskites, la photoémission permet de déterminer la concentration des dopants dans le semi-conducteur et l'alignement des bandes [1]. Cette capacité est un véritable atout pour appréhender le mécanisme de migration ionique qui joue un rôle significatif sur les propriétés finales de la cellule. Différents modèles ont été proposés afin d'interpréter les performances en configurations expérimentales. La compréhension du déplacement des ions dans la couche absorbante et des positions résultantes des bandes de conduction et de valence au cours du fonctionnement de la cellule devient cruciale.

Pour de nombreuses techniques de caractérisation, un défi majeur actuel réside dans la capacité à réaliser des mesures *operando* par la mise en place de dispositifs expérimentaux permettant l'étude des matériaux sous stimulus (électrique, optique...) dans l'objectif de les examiner en fonctionnement. Dans ce contexte, nous avons récemment pu appliquer une tension de polarisation sur une cellule solaire pérovskite directement dans la chambre ultravide où est réalisée l'analyse XPS. La géométrie retenue était une hétérojonction latérale (Figure ci-contre), où deux couches de transport de charges différentes en configuration de contact coplanaire sont séparées par un canal de pérovskite, formant une structure p-i-n (cellule solaire pérovskite en géométrie de contact arrière interdigitée). Nous avons donc appliqué des polarités inverses et directes dans des conditions de fonctionnement typiques pour analyser les performances du dispositif, en nous concentrant notamment sur l'évolution de la courbure des bandes. Enfin, nous avons examiné l'impact de l'intensité lumineuse : les porteurs photogénérés modifient l'accumulation de charges aux interfaces, entraînant des changements dans les zones de charge d'espace.



Cette étude d'XPS *operando* apporte des atouts primordiaux pour mettre en évidence la migration des ions connue pour détériorer les performances et la stabilité des cellules solaires pérovskites

1] S.P. Dunfield, M. Frégnaux, D. Regalado, J-B. Puel, G. Teeter, JP Kleider, J. J. Berry, and P. Schulz. *Cell Reports Physical Science*. vol. 2, 100520, 2021.