

# Dépôt de couches CIGS par procédé en deux étapes à partir de précurseurs métalliques évaporés et caractérisations

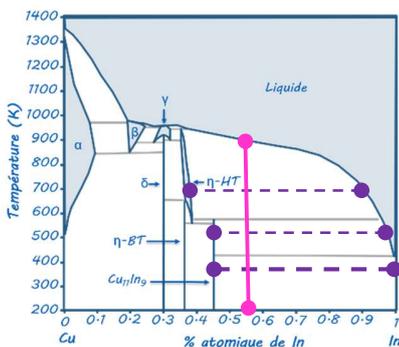
D. Cammilleri<sup>1</sup>, A. Crossay<sup>1</sup>, D. Lincot<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> IPVF, Institut Photovoltaïque d'Ile de France, 30 RD128 91120 Palaiseau, France

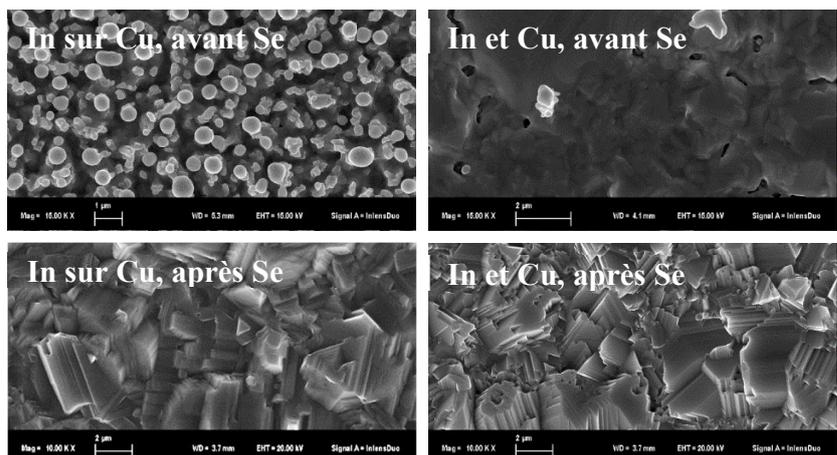
<sup>2</sup> CNRS, IPVF, 30 RD128 91120 Palaiseau, France

Les cellules solaires à base de  $\text{Cu}(\text{In,Ga})(\text{S,Se})_2$  (CIGS) polycristallin sur substrat de verre sodocalcique atteignent aujourd'hui un rendement record de 23.35%. Les couches de CIGS sont obtenues grâce à un procédé en deux étapes [1], qui consiste à séléniser et/ou sulfurer par recuit thermique des couches métalliques  $\text{CuInGa}$  obtenues par pulvérisation cathodique, contrairement au procédé d'élaboration directe en une étape par coévaporation.

Dans cette étude on utilise la coévaporation pour le dépôt des couches métalliques, qui sont ensuite sélénisées in-situ (sous ultraviolette de façon très contrôlée et sans refroidissement préalable) ou sulfurées ex-situ dans un four de recuit traditionnel. L'utilisation de la coévaporation permet un contrôle exceptionnel de la composition et de la microstructure des couches de précurseur, en jouant sur les épaisseurs des couches élémentaires, leur ordre de dépôt et même leur dépôt en mode coévaporation. Cette étude a pour objectif d'explorer les relations entre la structure et la composition des précurseurs métalliques et les caractéristiques finales de la couche CIGS du point de vue morphologique (MEB), chimique (EDS, XRF, GOEDS) et structural (DRX). On montre que les films métalliques précurseurs peuvent être placés dans le diagramme de phase des systèmes métalliques et que les évolutions après recuit en dépendent, vis-à-vis de la densité des couches et des profils de composition. On observe un effet spectaculaire de l'ajout de gallium sur les morphologies observées après recuit, qui conduit à des couches beaucoup plus denses et adhérentes. Les figures ci-dessous donnent un exemple des résultats obtenus. L'étude de cellules complètes est en cours. Le projet vise en particulier à l'obtention de cellules CIGS à grande bande interdite pour les applications tandem. Ce projet a été supporté par le gouvernement français dans le cadre du Programme d'Investissement d'Avenir – ANR-IEED-002-01. Les auteurs remercient Dr Frédérique Donsanti pour son aide au niveau expérimental.



a. Diagramme de phase du système Cuivre/indium [2]. Pour une concentration de In de 55% (at), on a, en fonction de la température du substrat, 3 zones d'intérêt



b. Images MEB de couches métalliques obtenues par évaporation successive et coévaporation de Cu et In avec température de substrat de 150°C, avant et après sélénisation

## Références

[1] Press release, Solar Frontier Achieves World Record Thin-Film Solar Cell Efficiency of 23.35%, January 2019.

[2] Cu-Ga-In Thermodynamics : experimental study, modeling, and implications for photovoltaics Muzzillo et al., J Mater Sci (2016) 51 :3362-3379