

Refroidissement radiatif des cellules solaires : modélisation opto-électro-thermique détaillée et influence de la structuration de surface

Jérémy Dumoulin^(a), Emmanuel Drouard^(b), Mohamed Amara^(a)

(a) INL UMR5270, Univ. Lyon, INSA-Lyon, CNRS, Villeurbanne France

(b) INL UMR5270, Univ. Lyon, Ecole Centrale de Lyon, Ecully France

Contact : mohamed.amara@insa-lyon.fr

Les cellules et modules photovoltaïques (PV) s'échauffent considérablement en conditions réelles de fonctionnement, ce qui est néfaste pour leur rendement de conversion et leur durée de vie. Parmi les stratégies de refroidissement actuellement à l'étude¹, la technique dite de « refroidissement radiatif » est très prometteuse (réduction théorique de près de 10 °C de la température des cellules en silicium²). Cette approche consiste à optimiser le rayonnement thermique des cellules - avec l'aide de structures micro ou nanophotoniques - en profitant de la fenêtre de transparence qu'offre l'atmosphère dans la gamme 8-13 μm^3 .

Les modèles physiques actuels sont toutefois insuffisants pour quantifier précisément l'effet du refroidissement radiatif sur le comportement électrique et thermique des cellules. De plus, ces derniers utilisent en général des lois de comportement empiriques ce qui limite leur portée à certaines technologies de cellules PV.

En utilisant *COMSOL Multiphysics*, nous développons actuellement un modèle multiphysique détaillé permettant de prédire le comportement électro-thermique en conditions réelles (en fonction des principaux paramètres environnementaux : ensoleillement, température ambiante, vitesse du vent, ...) de cellules en silicium directement à partir des propriétés optiques, électriques, et thermiques des matériaux qui les constituent. Notre travail nous a déjà permis de montrer l'importance de coupler l'ensemble de ces propriétés pour prédire avec précision la température et la courant électrique (Fig.1). En une seule simulation, il est également possible de quantifier l'influence de différentes structurations photoniques utilisées pour améliorer le refroidissement radiatif. Des campagnes expérimentales sont actuellement en cours pour valider et améliorer notre modèle.

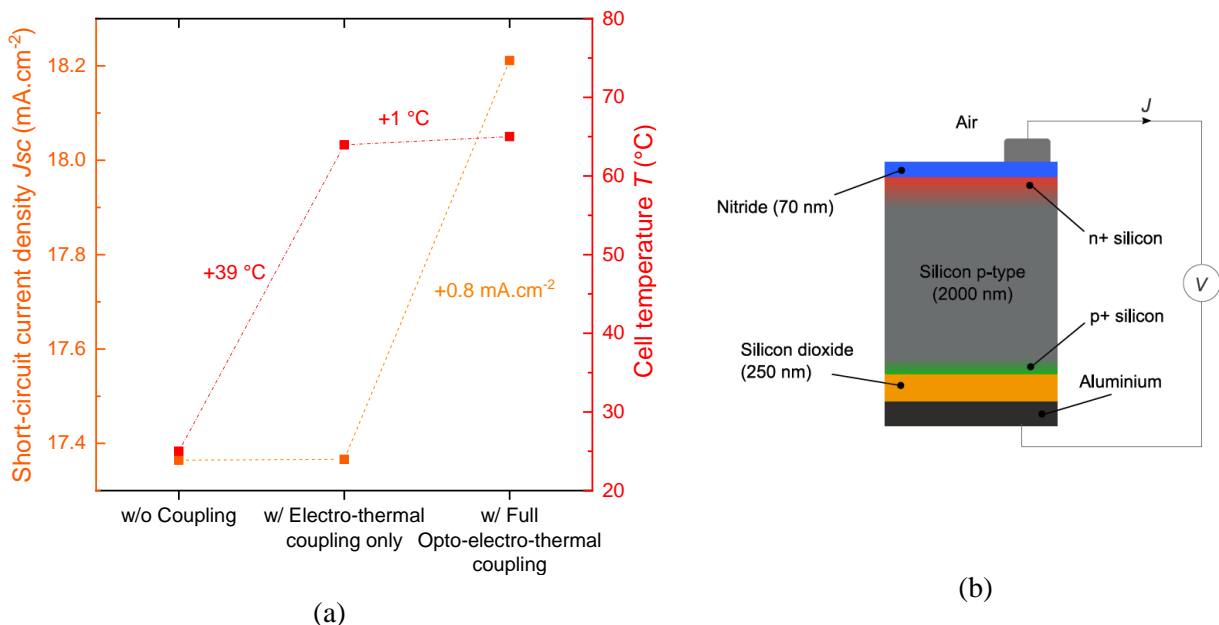


Fig 1 : (a) Courant de court-circuit (orange) et température de la cellule (orange) en fonction de différents scénarios de couplage (b) Structure schématique de la cellule mince en silicium utilisée pour la simulation

¹ Siecker, J. et al. "A review of solar photovoltaic systems cooling technologies". 2017.

² J. Dumoulin, E. Drouard, and M. Amara, "Radiative sky cooling of solar cells: fundamental modelling and cooling potential of single-junction devices," 2021.

³ Catalanotti, S. et al. "The radiative cooling of selective surfaces". 1975.