

# Le refroidissement radiatif des modules solaires par le ciel est-il réalisable avec des approches photoniques ?

Jérémy Dumoulin<sup>(a)</sup>, Emmanuel Drouard<sup>(b)</sup>, Mohamed Amara<sup>(a)</sup>

(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](mailto:mohamed.amara@insa-lyon.fr)

Le refroidissement radiatif du ciel (RSC) présente un avantage théorique important. Des réalisations concrètes commencent à émerger dans le domaine des dispositifs photovoltaïques (PV) en cristallin (c-Si) [1]. Ceux-ci proposent diverses approches photoniques qui visent à modifier le profil d'émissivité thermique, améliorant ainsi le CSR. Dans notre récent article [2], nous avons démontré que l'émissivité thermique idéale des modules solaires au-delà de la bande interdite est donnée dans la figure 1.a. Comme on peut le voir, cela permet un double avantage thermique : i) réflexion de tous les photons dans la gamme de l'absorption solaire parasite (PSA) dans la gamme [1-4  $\mu\text{m}$ ] ; ii) améliorant l'émission thermique dans la gamme de l'infrarouge moyen (MIR), c'est-à-dire pour les longueurs d'onde  $> 4 \mu\text{m}$ . En outre, le maintien d'une bonne absorption dans la plage de conversion photovoltaïque (0,3-1,1  $\mu\text{m}$ ) est essentiel pour garantir que le refroidissement ne se fait pas au détriment des performances photovoltaïques. Bien que ces approches soient très prometteuses, plusieurs verrous scientifiques doivent être levés avant que les technologies qui en résultent puissent être efficaces.

Les objectifs de la présente étude sont doubles. Premièrement, proposer une analyse quantitative claire du RSC qui inclut non seulement l'infrarouge standard (PSA et MIR), mais aussi la partie de conversion PV. Deuxièmement, nous présentons un guide pour évaluer la capacité d'une approche photonique donnée à améliorer les performances thermiques tout en maintenant l'efficacité de la conversion électrique. Sur cette base, nous proposons une conception préliminaire d'une structure photonique et quantifions ses avantages en termes de réduction de la température et d'amélioration de la puissance électrique.

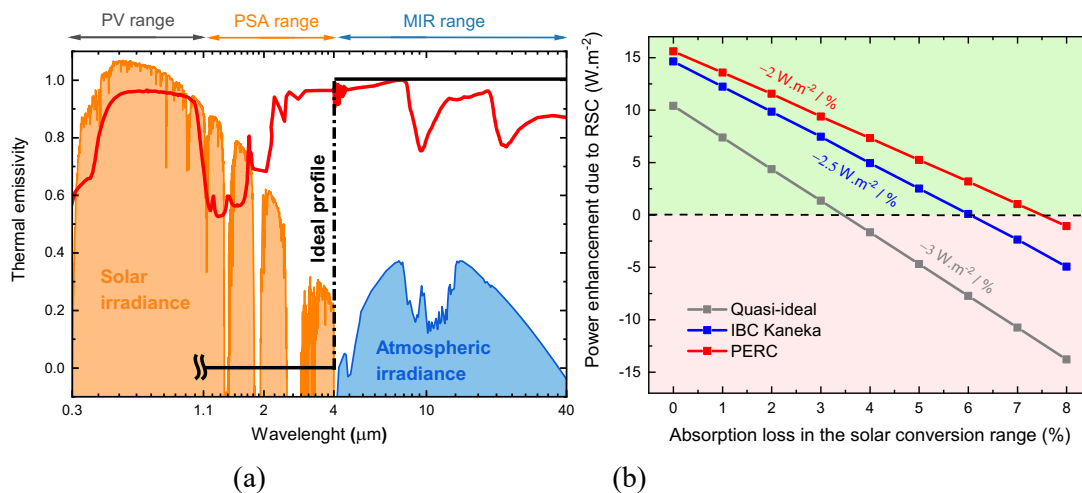


Fig 1 : (a) Irradiance solaire et atmosphérique entrante. La ligne rouge représente le profil d'émissivité thermique réel des modules solaires à base de silicium. La ligne noire du graphique montre l'émissivité idéale pour le RSC. (b) Gain de puissance électrique obtenu grâce à un profil d'émissivité idéal en fonction de la perte d'absorption dans la gamme PV. Des résultats sont donnés pour les dispositifs Quasi-idéal, IBC Kaneka et PERC.

- [1] Z. Li et al., S. Ahmed, and T. Ma, "Investigating the Effect of Radiative Cooling on the Operating Temperature of Photovoltaic Modules," *Sol. RRL*, vol. 5, no. 4, p. 2000735, Apr. 2021,
- [2] J. Dumoulin, E. Drouard, and M. Amara, "Radiative sky cooling of solar cells: fundamental modelling and cooling potential of single-junction devices," *Sustain. Energy Fuels*, p. 2021.

