

Prise en compte de la variation de température et de l'irradiance dans un émulateur *open-source* basé sur la suite technologique OwnTech

Gabriel Ceolin de Brito¹, Noemi Lanciotti¹, Giacomo Galli¹, Loïc Queval¹

¹Université Paris-Saclay, CentraleSupélec, CNRS, Laboratoire de Génie Électrique et Électronique de Paris, 91192, Gif-sur-Yvette, France.

gabriel.ceolindebrito@centralesupelec.fr

Pour faire avancer les technologies associées aux panneaux photovoltaïques (PV), il est crucial de mener des recherches expérimentales en laboratoire afin de percer les mystères de leur fonctionnement et de leurs propriétés fondamentales. Cependant, un obstacle majeur se présente : les systèmes PV sont très sensibles aux variations météorologiques, ce qui complique grandement la tâche de reproduire les résultats des expériences. Dans ce contexte, un émulateur photovoltaïque entièrement *open-source* a été développé et validé dans [1], permettant de reproduire avec précision le comportement électrique réel d'un panneau PV, sans dépendance aux conditions extérieures. Il repose sur une carte électronique conçue par l'entreprise toulousaine OwnTech [2]. Cet article a pour objectif de présenter un émulateur photovoltaïque basé sur un modèle mathématique, décrit dans [3] et appelé "modèle à une diode", visant à approximer la courbe caractéristique I-V. Par rapport au modèle utilisé auparavant (le modèle exponentiel simplifié), ce nouveau modèle présente l'avantage majeur de prendre en compte les effets de la température et de l'irradiance sur la courbe I-V de manière autonome. Autrement dit, l'utilisateur doit simplement fournir les informations disponibles dans les *datasheets* du module qu'il souhaite émuler, et le système sera capable de s'adapter automatiquement au point de fonctionnement souhaité. Cela permet d'émuler un panneau PV à n'importe quel point de fonctionnement, ce qui n'était pas possible avec la version précédente, puisqu'elle n'était pas adaptable à des points de fonctionnement autres que ceux indiqués dans les *datasheets* (généralement limités aux conditions STC — Standard Test Conditions — et NOCT — Normal Operating Cell Temperature). Dans un premier temps, une présentation mathématique détaillée du modèle à une diode sera proposée, suivie d'une description précise de son implémentation dans l'émulateur (nouvelle version développée est disponible sur [4]). Ensuite, la validation sera réalisée par comparaison en émulant la courbe I-V d'un panneau par la nouvelle version de l'émulateur, par sa version précédente, ainsi que par un émulateur commercial. Ces caractéristiques seront ensuite présentées avec les données expérimentales du constructeur sous conditions standard STC (voir Figure 1). La validation inclura également la réponse du modèle pour des valeurs de températures et irradiance différentes des valeurs standard (Figure 2). Enfin, l'analyse du comportement de cette nouvelle version de l'émulateur, connecté à une charge résistive-inductive, sera également présentée.

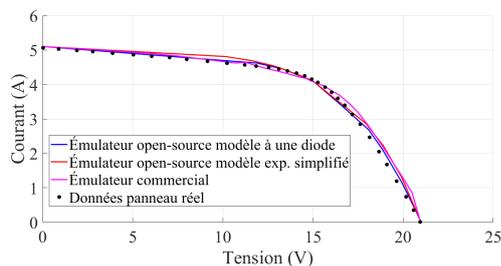


Figure 1: Comparaison entre les émulateurs *open-source* (modèle à une diode et modèle exp. simplifié), un émulateur commercial et le panneau Uni-Solar ES-62T sous conditions STC.

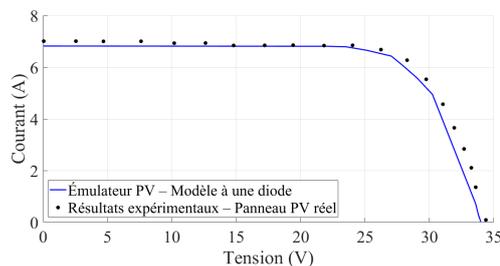


Figure 2: Comparaison entre l'émulateur et les données réelles du panneau Canadian Solar CS6P-250P, sous une irradiance de 765 W/m^2 et une température de $44,5 \text{ }^\circ\text{C}$.

References

- [1] Gabriel Ceolin de Brito et al. "Développement d'un émulateur photovoltaïque *open-source* à l'aide de la suite technologique OwnTech". In: *Symposium de Génie Électrique* (2025).
- [2] *Owntech Foundation*. URL: <https://www.owntech.org/>.
- [3] Vinícius Fiamoncini de Souza. "Emulador de um arranjo fotovoltaico baseado no conversor Buck". In: *UFSC* (2017).
- [4] *PV Emulator GitHub*. URL: <https://github.com/GCBrito/PV-emulator/tree/main/Single%20diode%20model>.