

JOURNÉES NATIONALES DU PHOTOVOLTAÏQUE 2025



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 Brito, Noemi Lanciotti, Giacomo Galli, Loïc Queval
gabriel.ceolindepromo@student.cs.fr

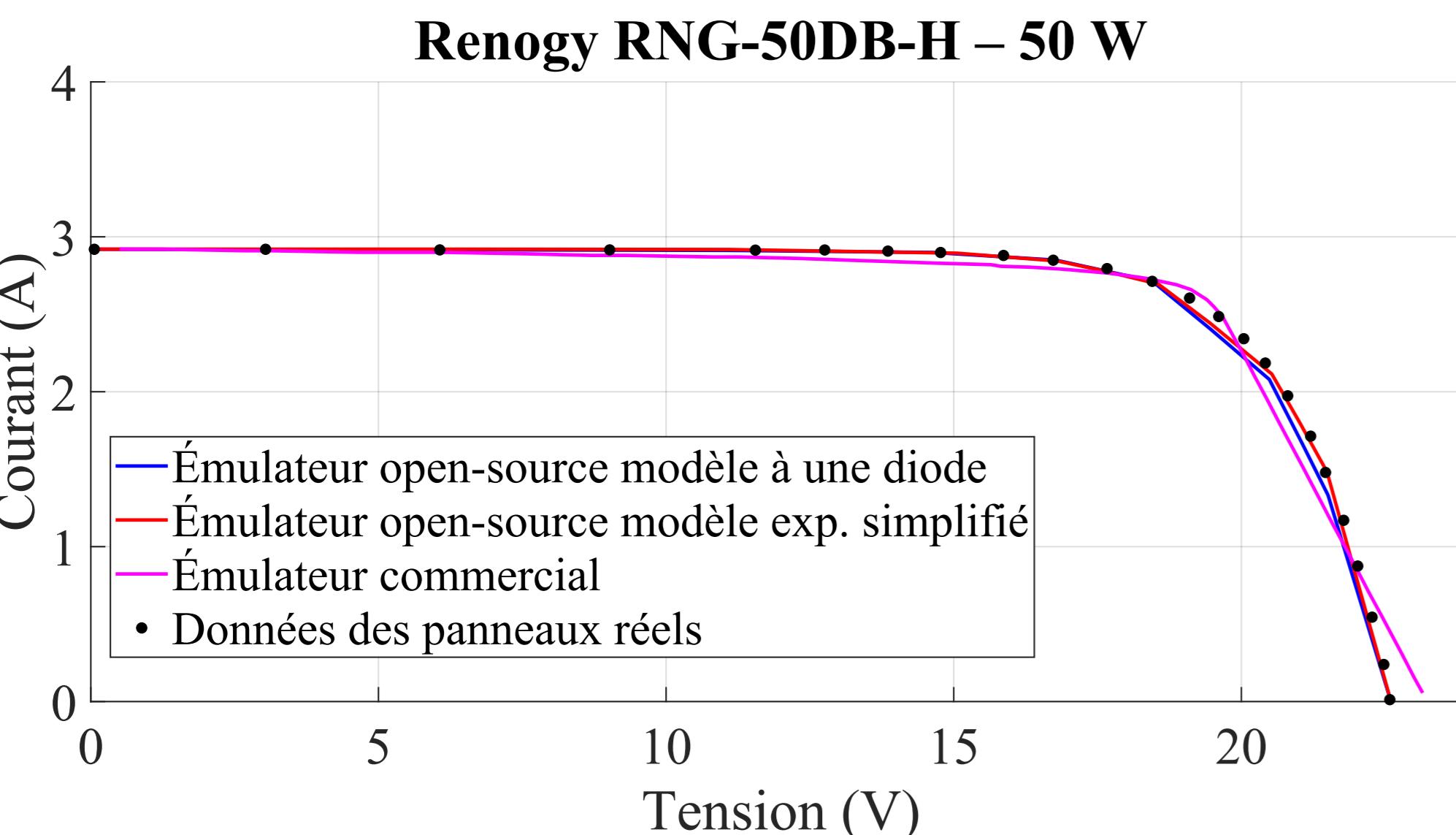
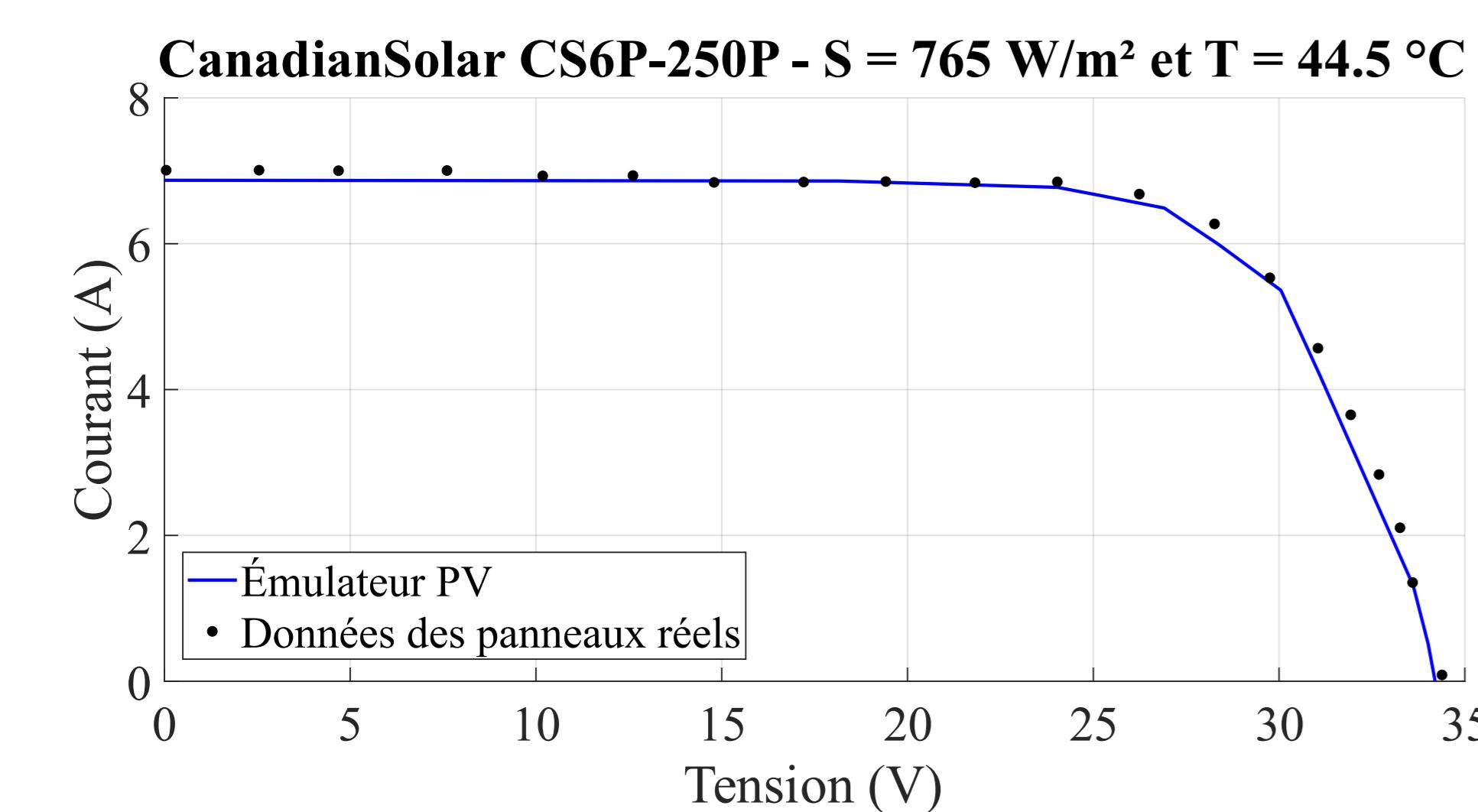
INTRODUCTION

Compte tenu de l'importance de l'**irradiance** et de la **température** dans l'étude des performances des panneaux photovoltaïques, ce travail a pour objectif d'intégrer la variation de ces deux grandeurs dans un **émulateur photovoltaïque *open-source***, basé sur la technologie **OwnTech** et précédemment développé dans [1]. La principale nouveauté de cette version réside dans l'expression mathématique de la courbe caractéristique I-V, issue d'un modèle électrique à une diode. Cette approche permet à l'émulateur de s'adapter automatiquement au point de fonctionnement correspondant aux conditions choisies, en s'appuyant uniquement sur les données fournies par les fiches techniques (*datasheets*) des modules photovoltaïques.

MODÈLE MATHÉMATIQUE DES PANNEAUX PHOTOVOLTAÏQUES

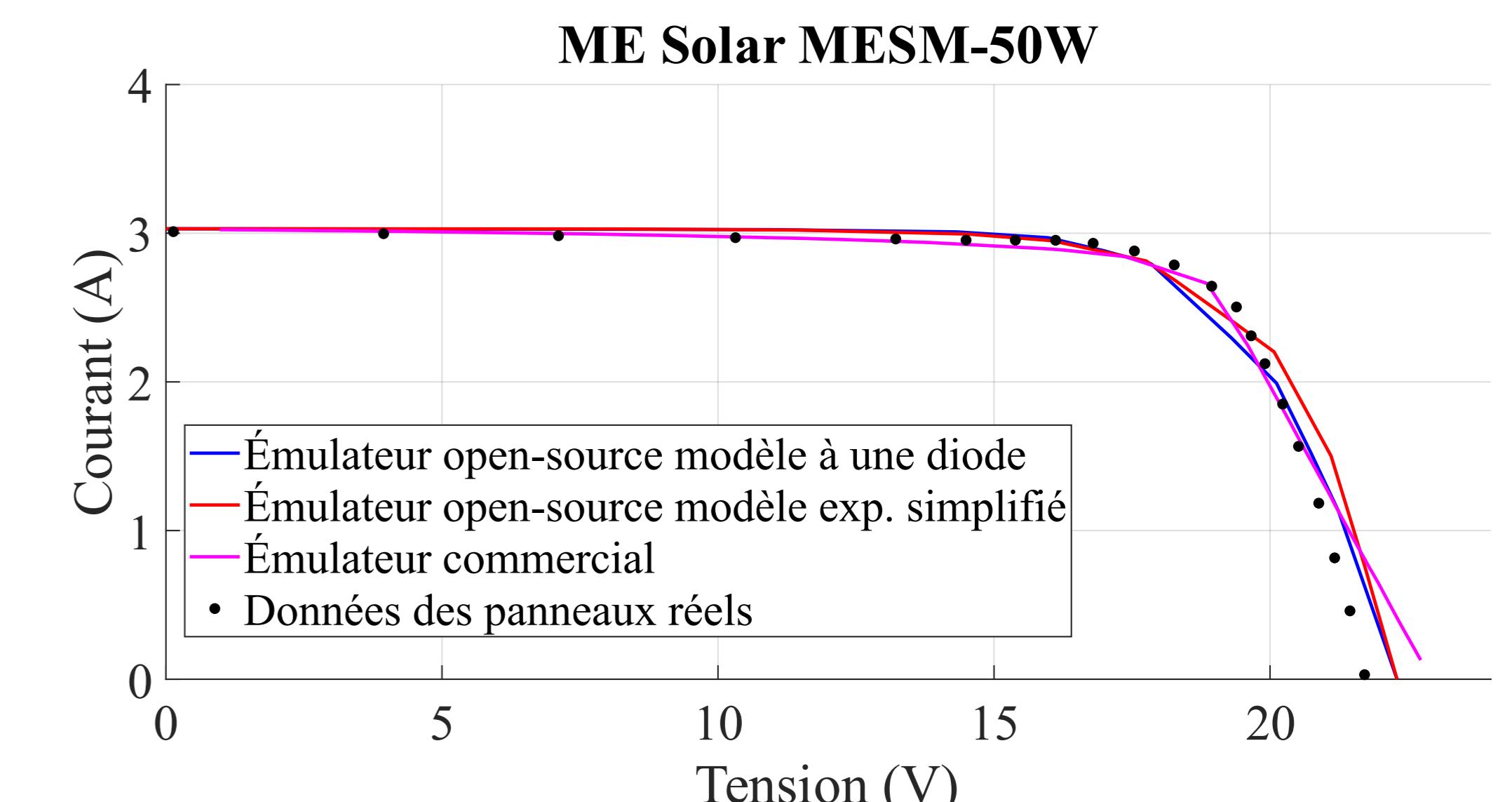
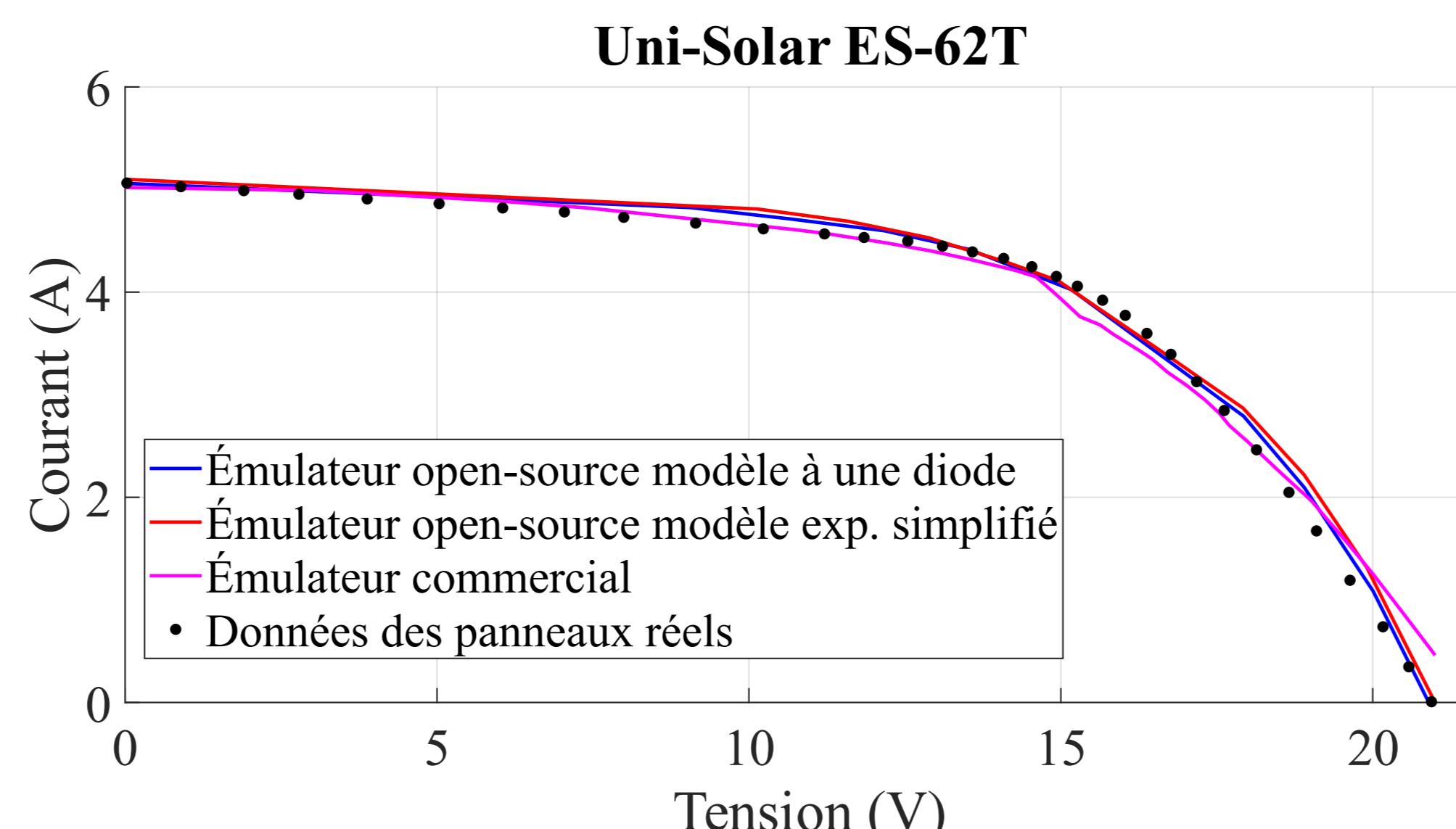
$$I_{pv} = I_{ph}^{ref} \left(\frac{S}{S^{ref}} \right) [1 + \alpha(T - T^{ref})] - I_{s0}^{ref} \left(\frac{T}{T^{ref}} \right)^3 \left(e^{\frac{q(R_s I_{pv} + V_{pv})}{AkT}} - 1 \right) e^{\frac{q(E_{Go} - \frac{k_1 T^2}{t+k_2})(\frac{1}{T^{ref}} - \frac{1}{T})}{AkT}} - \frac{R_s I_{pv} - V_{pv}}{R_p} \quad [2]$$
$$\left\{ \begin{array}{l} I_{ph}^{ref} - I_{s0}^{ref} \left(\frac{q R_s I_{sc}^{ref}}{e^{AkT^{ref}}} - 1 \right) - \frac{R_s I_{sc}^{ref}}{R_p} = I_{sc}^{ref} \\ I_{ph}^{ref} - I_{s0}^{ref} \left(\frac{q V_{oc}^{ref}}{e^{AkT^{ref}}} - 1 \right) - \frac{V_{oc}^{ref}}{R_p} = 0 \\ I_{ph}^{ref} - I_{s0}^{ref} \left(\frac{q (R_s I_{mp}^{ref} + V_{mp}^{ref})}{AkT^{ref}} - 1 \right) - \frac{R_s I_{mp}^{ref} + V_{mp}^{ref}}{R_p} = I_{mp}^{ref} \\ R_s + \frac{q I_{s0}^{ref} R_p (R_s - R_p)}{AkT^{ref}} e^{\frac{q I_{sc}^{ref}}{AkT^{ref}}} = 0 \\ I_{ph}^{ref} - \frac{2V_{mp}^{ref}}{R_p} - I_{s0}^{ref} \left(\left[1 + \frac{q (V_{mp}^{ref} - R_s I_{mp}^{ref})}{AkT^{ref}} \right] e^{\frac{q (R_s I_{mp}^{ref} + V_{mp}^{ref})}{AkT^{ref}}} - 1 \right) = 0 \end{array} \right.$$

ÉMULATEUR PHOTOVOLTAÏQUE



Kyocera KC85TS - Charge R					
V _s * (V)	I _s * (A)	R* (Ω)	R (Ω)	Erreurs (%)	
12,118	5,333	2,272	2,274	0,10	
14,292	5,317	2,688	2,785	3,47	
15,697	5,272	2,977	3,110	4,27	
16,649	5,131	3,245	3,346	3,04	
17,420	5,007	3,479	3,609	3,60	
17,944	4,654	3,855	3,982	3,18	
18,910	4,005	4,721	4,965	4,92	
19,494	3,613	5,396	5,649	4,47	
20,139	2,734	7,366	8,127	9,37	
20,592	2,091	9,849	11,115	11,39	
21,185	0,979	21,637	33,871	36,12	

Kyocera KC85TS - Charge R+L					
V _s * (V)	I _s * (A)	R* (Ω)	R (Ω)	Erreurs (%)	
10,992	5,337	2,060	2,112	2,46	
13,190	5,330	2,475	2,521	1,82	
15,651	5,277	2,966	2,990	0,82	
16,573	5,143	3,223	3,314	2,74	
17,421	5,006	3,480	3,611	3,64	
18,000	4,617	3,899	3,870	0,74	
18,449	4,315	4,275	4,431	3,52	
18,968	3,967	4,782	5,054	5,39	
19,472	3,627	5,368	5,616	4,42	
19,864	3,124	6,360	6,741	5,66	
20,225	2,612	7,745	8,453	8,38	
20,598	2,083	9,888	11,060	10,59	
21,223	0,907	23,405	38,291	38,88	



CONCLUSION ET PERSPECTIVES

L'émulateur photovoltaïque *open-source* développé s'est montré capable d'émuler efficacement des panneaux solaires à toute température et irradiance. Les résultats obtenus, comparables à ceux d'un émulateur commercial et aux données réelles, confirment sa fiabilité. Des travaux futurs viseront à étudier son comportement avec des charges électromécaniques dynamiques et, surtout, à concevoir un algorithme embarqué capable d'effectuer l'émulation entièrement sur la carte SPIN.

RÉFÉRENCES

- [1] G. C. de Brito *et al.*, “Développement d'un émulateur photovoltaïque *open-source* à l'aide de la suite technologique OwnTech”, *Symposium de Génie Électrique (SGE 2025)*, Toulouse, France, Jul. 1–3, 2025.
- [2] M. M. da Silva, “Introducing INEP PVSim: A Free Offline Application to Assess the Effects of Parameter Variations on the I-V Curves of Photovoltaic Modules”, *Eletrotécnica de Potência*, vol. 30, p. e202549, Aug. 2025.