

Diagnostic de défauts photovoltaïques par analyse des caractéristiques I-V complètes et utilisation de techniques d'apprentissage automatique

Baojie Li^{a,b}, Claude Delpha^b, Anne Migon-Dubois^a et Demba Diallo^a

^a GeePs, CNRS, CentraleSupélec, Univ. Paris-Saclay, Sorbonne Université, 3-11 rue Joliot-Curie, 91192 Gif-sur-Yvette Cedex

^b L2S, CNRS, CentraleSupélec, Univ. Paris-Saclay, 3 rue Joliot-Curie, 91192 Gif-sur-Yvette Cedex

Avec le développement rapide de l'industrie PV et l'augmentation de la capacité installée, des stratégies d'exploitation et de maintenance efficaces sont de plus en plus nécessaires [1]. En fait, les conditions environnementales, la fabrication, le transport, l'installation ou de mauvaises conditions de fonctionnement peuvent provoquer des défaillances au niveau des cellules, des modules ou des strings PV [2]. Dans le cas d'un système PV qui est composé de plusieurs modules connectés électriquement, tout défaut dans une cellule ou un module affecte les performances de l'ensemble du système. Par conséquent, pour assurer la fiabilité, la disponibilité et la sécurité des installations photovoltaïques, leur état de santé doit être surveillé régulièrement.

Dans cette étude, une méthodologie de détection et de diagnostic qui s'appuie sur l'utilisation des courbes I-V complètes et des classifieurs basés sur des techniques d'apprentissage automatique (MLT) est proposée.

Elle est évaluée sur une installation constituée de six modules sc-Si organisés en deux strings (figure 1). Le même système est simulé sous Matlab Simulink®. Au total, huit cas sont étudiés: le cas sain, deux types d'ombrage partiel, une déconnexion de string, deux types de court-circuit, et la dégradation des résistances série et shunt. Du bruit environnemental et une erreur aléatoire de mesure sont ajoutés aux échantillons simulés pour générer des courbes I-V les plus proches possibles de celles mesurées.

La méthode proposée se décompose en quatre étapes : après l'étape de **modélisation** décrite ci-dessus, la phase de **prétraitement** consiste à corriger les courbes I-V vers les conditions STC, puis à les ré-échantillonner. Quatre méthodes sont étudiées pour l'**extraction des caractéristiques** du défaut (paramètres spécifiques aux I-V, I-V complète, *Recurrence Plot (RP)* [3] et *Gramian Angular Difference Field (GADF)* [4]. Pour réduire la dimension des caractéristiques extraites et améliorer l'efficacité du processus d'analyse, une analyse en composantes principales [5] est appliquée. Six classifieurs basés sur des MLT sont utilisés dans l'étape **l'analyse des caractéristiques** des défauts, l'apprentissage s'appuyant sur les courbes I-V simulées. Les résultats de la classification ont montré que l'utilisation des caractéristiques basées sur la courbe I-V complète surpasse celles qui n'utilisent que partiellement les informations de la courbe I-V. La précision atteint 100 % en utilisant la transformation GADF et un réseau de neurones comme classifieur, aussi bien pour les données issues de la simulation que pour celles mesurées. La transformation GADF présente une meilleure robustesse aux perturbations.



Figure 1 : Système étudié [6]

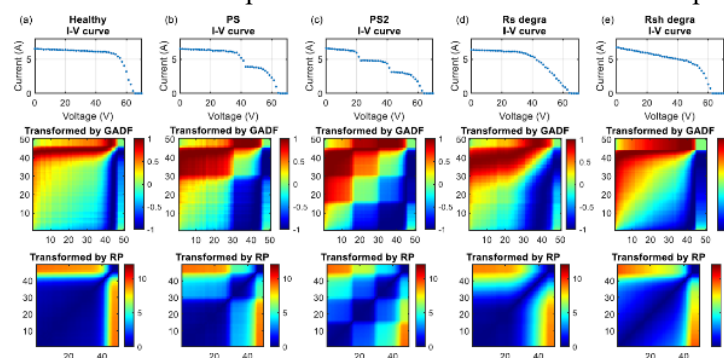


Figure 2 : Exemples de caractéristiques I-V complètes et transformés par GADF et RP

- [1] G. Di Lorenzo, R. Araneo, M. Mitolo, A. Niccolai, and F. Grimaccia, "Review of O&M Practices in PV Plants: Failures, Solutions, Remote Control, and Monitoring Tools," *IEEE Journal of Photovoltaics*, vol. 10, no. 4, pp. 914–926, Jul. 2020.
- [2] M. K. Alam, F. Khan, J. Johnson, and J. Flicker, "A Comprehensive Review of Catastrophic Faults in PV Arrays: Types, Detection, and Mitigation Techniques," *IEEE Journal of Photovoltaics*, vol. 5, no. 3, pp. 982–997, May 2015.
- [3] N. Marwan, M. Carmen Romano, M. Thiel, and J. Kurths, "Recurrence plots for the analysis of complex systems," *Physics Reports*, vol. 438, no. 5–6, pp. 237–329, Jan. 2007.
- [4] Z. Wang and T. Oates, "Imaging Time-Series to Improve Classification and Imputation," in *IJCAI International Joint Conference on Artificial Intelligence*, Buenos Aires, Argentina, 25-31 July 2015, pp. 3939–3945.
- [5] H. Abdi and L. J. Williams, "Principal component analysis," *Wiley Interdisciplinary Reviews: Computational Statistics*, vol. 2, no. 4, pp. 433–459, Jul. 2010.
- [6] B. Li, C. Delpha, A. Migon Dubois, Demba Diallo, "Fault Diagnosis of Photovoltaic Panels Using Full I-V Characteristics and Machine Learning Techniques," Elsevier, *Energy Conversion and Management*, under revision.