

Quel niveau de granularité est le mieux adapté pour modéliser un panneau solaire photovoltaïque ?

Vorachack KONGPHET^{1,2}, Anne MIGAN DUBOIS¹, Claude DELPHA², Demba DIALLO¹,

¹GeePs UMR 8507 CNRS, CentraleSupélec, Univ. Paris-Sud, Univ. Paris-Saclay, Sorbonne Université,
3 & 11 Rue Joliot-Curie, 91192 Gif-sur-Yvette, France

²L2S UMR 8506 CNRS, CentraleSupélec, Univ. Paris-Sud, Univ. Paris-Saclay,
3 Rue Joliot-Curie, 91192 Gif-sur-Yvette, France

Le marché mondial annuel de l'énergie solaire photovoltaïque (PV) a augmenté d'environ 100 GW en 2018, soit 25%, pour atteindre presque 505 GW. Cette capacité totale n'était que de 15 GW il y a dix ans [1]. Cependant, les modules PV sont installés en extérieur, soumis à des conditions environnementales difficiles (rayonnement solaire, précipitations, salissures, etc.). Ceci peut fortement diminuer leurs performances. Le suivi d'une installation PV réalisée dans [2] a montré que les pertes de puissance annuelles engendrées par divers défauts peuvent être de 18,9%. Selon le rapport annuel de BP [3], la production mondiale d'électricité PV aurait pu atteindre 443 TWh alors que seulement 372 TWh ont été produits en 2016, à cause de défauts.

Une solution pour réduire ces pertes peut être la mise en place systématique d'outils de suivi de l'état de santé des installations. Ces derniers sont constitués d'un système de monitoring qui mesure les grandeurs physiques utiles permettant ensuite à un système de diagnostic d'estimer la santé de l'installation. Les méthodes de diagnostic s'appuient sur une comparaison entre ce que devrait produire une installation et ce qu'elle produit réellement. La prédiction de production peut être réalisée soit en s'appuyant sur des données historiques de fonctionnement, soit sur une modélisation fine de l'installation. Dans ce dernier cas, le modèle doit reproduire le fonctionnement de l'installation en conditions réelles, le plus précisément possible.

C'est dans ce contexte d'étude que nous avons décidé de nous intéresser à l'importance du niveau de granularité de la modélisation d'un module PV sur les performances obtenues. Quatre niveaux de granularité sont étudiés (cf. Figure 1).

Un module photovoltaïque est composé de 36, 54 ou 72 cellules. 18 de ces cellules sont montées en série et connectées en antiparallèle avec une diode bypass pour constituer un string. Plusieurs strings (typiquement 2, 3 ou 4) sont assemblés en série pour constituer un module PV [4].

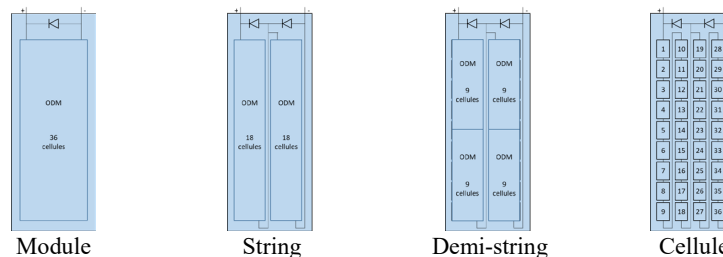


Figure 1 – Niveaux de granularité considérés pour modéliser le module PV (2 strings de 18 cellules)

Un modèle bien établi de l'effet photo-électrique est le modèle à une diode (ODM) auquel la variation des paramètres avec l'éclairement et la température est ajoutée [5]. Ce modèle peut aussi bien représenter une cellule, qu'une association de cellules.

Les simulations effectuées avec MATLAB/Simulink, en conditions standard ne montrent aucune différence, comme on peut le voir sur la Figure 2 (a). Par contre, en condition d'ombrage partiel (3 cellules reçoivent 40% d'éclairement en moins), les modélisations des différents niveaux de granularité ne donnent pas les mêmes résultats (Figure 2 (b)).

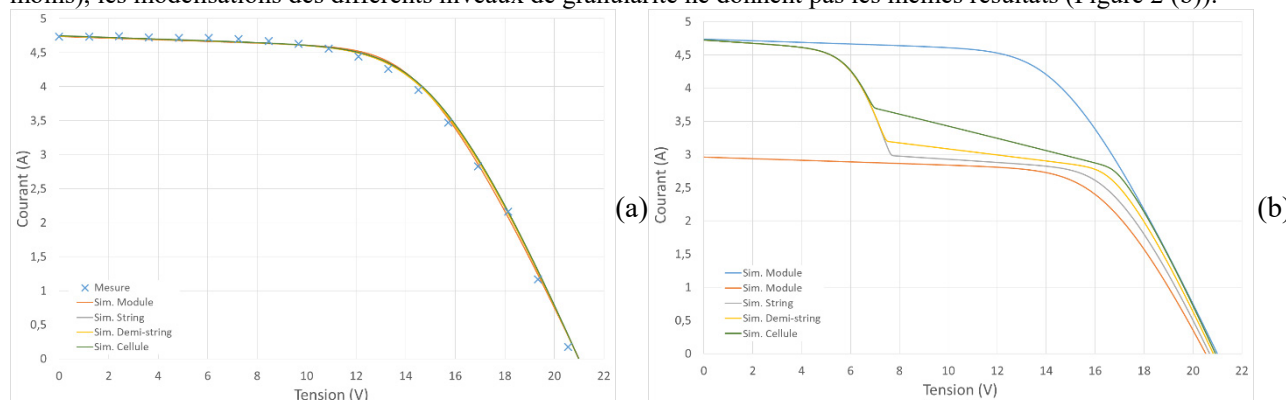


Figure 2 – Résultats de simulation en conditions standard (a) et en cas d'ombrage partiel (b)

Ceci peut s'expliquer par le fait que lorsqu'une cellule reçoit un éclairement plus faible, le courant qu'elle produit est plus faible alors les autres cellules vont augmenter leur tension de fonctionnement pour diminuer leur courant, jusqu'au moment où la diode bypass s'activera. Cet effet est fortement dépendant de la valeur de la résistance parallèle. Une étude de sensibilité à d'autres paramètres comme la surface ombragée ou la température sera également présentée. En fonction de l'utilité qui sera faite du modèle, un niveau de granularité différent pourra être utilisé, tout en connaissant bien-sûr les limites et approximations (par exemple, il est difficilement envisageable de modéliser une centrale de 100 000 panneaux au niveau de granularité de la cellule).

[1] REN21, "Renewables Global Status Report 2019", ISBN 978-3-9818911-7-1 (2019)

[2] Firth S. K., Lomas K. J. and Rees S. J., "A simple model of PV system performance and its use in fault detection", Solar Energy, 84 (2010).

[3] "BP Statistical Review of World Energy", (2017)

[4] Guide UTE C 15-712-1 adossé à la norme NF C 15-100 (2013)

[5] Duffie J. A. and Beckman W. A., "Solar Engineering of Thermal Processes", Wiley Editions (1991)