

Simulation et comparaison des trois technologies des modules photovoltaïques raccordés au réseau

L. BOUHAKI*, R. SAADANI, R. AGOUNOUN, K. SBAI, M. RAHMOUNE
 Laboratoire d'Etude des Matériaux Avancés et Applications (LEM2A), Faculté des Sciences,
 Université Moulay Ismail
 BP 11201, Avenue Zitoune, Meknès, Maroc.

*Auteur correspondant : lamiae.bouhaki1@gmail.com

Résumé

Ce travail présente une simulation et comparaison des trois technologies des modules photovoltaïques raccordés au réseau sous l'environnement Matlab Simulink, afin d'estimer les paramètres et le comportement caractéristique et électrique d'une cellule /module en tenant compte de l'évolution des paramètres environnementaux relatifs à l'éclairement et la température. Les équations mathématiques développées pour la modélisation de la performance du générateur PV sont basées sur la caractéristique courant – tension des modules.

Le modèle de simulation a été validé à partir des données expérimentales d'un système raccordé au réseau de 6 kWc installé à l'école supérieure de technologie Meknès. Les résultats de ce modèle ont été comparés aux résultats expérimentaux dans les mêmes conditions de fonctionnement et d'environnement climatique.

Mots clefs : *Simulation - Comparaison – Générateur photovoltaïque -Injection dans le réseau.*

1. Introduction

L'énergie solaire photovoltaïque (PV), qui est la conversion directe de la lumière en électricité grâce à des cellules solaires [1], représente une alternative intéressante et bien adaptée à des besoins limités. Malgré sa facilité de mise en œuvre, son faible impact environnemental et le peu d'entretien qu'il nécessite, un système photovoltaïque n'est plus concurrentiel lorsque la demande augmente. Ainsi une étude assez rigoureuse est nécessaire pour faire le meilleur choix et le plus performant avec le moindre coût possible.

La performance d'un système PV dépend fortement des conditions météorologiques [2], [3], telles que le rayonnement solaire, la température et la vitesse du vent. Pour fournir l'énergie continuellement durant toute l'année, un système PV doit donc être correctement dimensionné. Ce qui exige une étude assez rigoureuse [4] dans le but de faire le meilleur choix, le plus performant et au moindre coût. Mais les informations fournies par les constructeurs d'équipements photovoltaïques ne permettent que de dimensionner approximativement le système PV.

L'objectif principal de cette étude est de simuler les performances d'un générateur PV connecté au réseau.

Dans cet article, une méthode de modélisation de panneaux photovoltaïques est présentée. Les paramètres du modèle PV sont basés sur les valeurs fournies par la fiche technique du fabricant. La simulation est développée à l'aide de l'environnement Matlab-Simulink.

Le modèle de simulation a été validé à partir des données expérimentales d'un système raccordé au réseau de 6 kWc installé à l'école supérieure de technologie Meknès (voir figure 1). Les résultats de ce modèle ont été comparés aux résultats expérimentaux dans les mêmes conditions de fonctionnement et d'environnement climatiques.



Figure 1 : Panneaux PV installés sur le sol de l'ESTM

2. Modélisation du générateur photovoltaïque

Les cellules solaires sont généralement associées en série et en parallèle, puis en encapsulées sous verre pour obtenir un module photovoltaïque [5]. Les modules PV sont habituellement branchés en série-parallèle pour augmenter la tension et l'intensité à la sortie du générateur. La caractéristique I-V du générateur PV est basée sur celle d'une cellule élémentaire modélisée par le circuit de la figure 2.

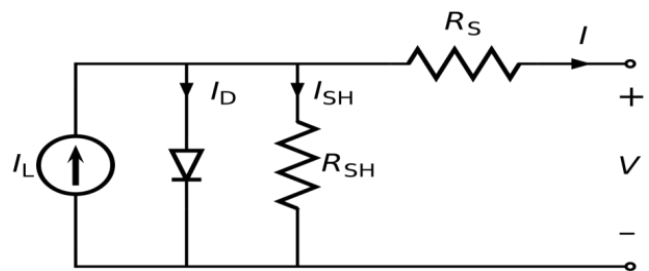


Figure 2 : Circuit équivalent d'une cellule PV

2.1 Modélisation des générateurs photovoltaïques

L'équation reliant le courant délivré par un module PV constitué par la mise en série de N_s cellules et la tension à ses bornes est donnée par :

$$I = (\Delta T \cdot \mu + I_{cc}) \cdot \frac{G}{G_{ref}} - I_0 \left(\exp\left(\frac{I \cdot R_s + V}{N_s \cdot A \cdot n \cdot T \cdot K}\right) - 1 \right) - \frac{V + I \cdot R_s}{R_p}$$

A partir de cette équation, une méthodologie simple a été développée pour la détermination des caractéristiques d'une cellule ou d'un panneau photovoltaïque. On introduit les deux paramètres externes de la cellule (facilement mesurables), tels que le courant de court-circuit I_{cc} et la tension de circuit ouvert V_{co} , pour en déduire l'expression mathématique implicite du courant délivré par une cellule photovoltaïque, ainsi que sa caractéristique $I-V$.

Le schéma synoptique de la fig. 3 est simulé avec Matlab/Simulink pour l'obtention des caractéristiques du module avec différentes irradiances et températures.

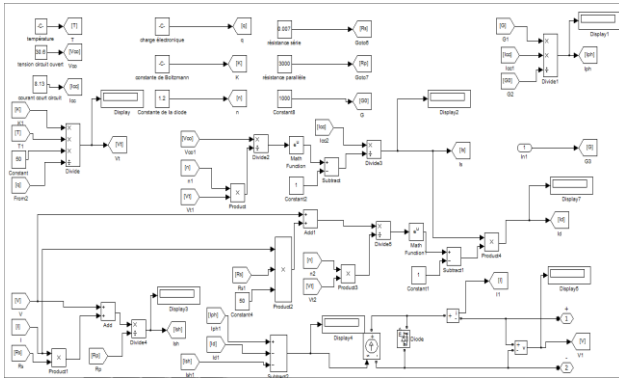


Figure 3 : Simulation d'un panneau photovoltaïque sous Matlab Simulink

Les paramètres des générateurs PV étudiés sont présentés dans le tableau 1 :

Cell type	Mono	Poly	Amorphe
Puissance nominale	255	255	155
Courant de court circuit (A)	8.66	8.88	2.56
Tension de circuit ouvert (V)	37,8	38	85.5
Courant optimal (A)	8.15	8.32	2.38
Tension optimale (V)	31.4	30.9	65.2

Tableau 1 : Caractéristiques des panneaux PV.

2.2 Résultats de la simulation

Dans la section précédente, nous avons présenté les bases de la modélisation mathématique du générateur PV. Ce modèle a été développé sous l'environnement Matlab/simulink dans le quel différents niveaux de langage de programmation ont été utilisés, puis validé par les données expérimentales obtenues sur les générateurs PV du (Solarworld et Nexpower). Ces générateur PV est composé de 28 modules (8 modules Mono, 8 modules Poly et 12 modules Amorphe)

dont les caractéristiques sont présentées dans le tableau 1, connectées en série, avec une puissance crête totale du système de 6 kWc.

La figure 3 représente les caractéristiques $I(V)$ et $P(V)$ des trois technologies photovoltaïques (monocristallin, polycristallin et amorphe), on constate une bonne concordance entre les résultats de simulation sous Matlab/Simulink et ceux données par le fabricant (Tableau 1).

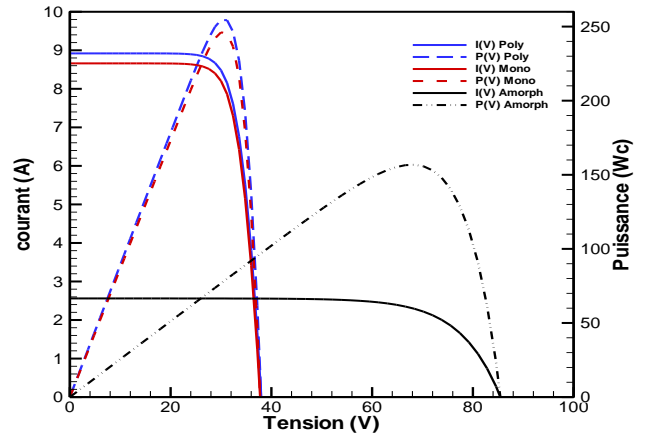


Figure 4 : Caractéristiques $I(V)$ et $P(V)$ des trois technologies PV en STC

Les figures (5 et 6) montrent l'influence de l'éclairement sur la caractéristique $I=f(V)$. A une température constante, on constate que le courant subit une variation importante, par contre la tension varie légèrement. Car le courant de court circuit est une fonction linéaire de l'éclairement alors que la tension de circuit ouvert est une fonction logarithmique.

Il est essentiel de comprendre l'effet de changement de la température d'une cellule solaire sur la caractéristique $I=f(V)$. Le courant dépend de la température puisque le courant augmente légèrement à mesure que la température augmente, mais la température influe négativement sur la tension de circuit ouvert. Quand la température augmente la tension de circuit ouvert diminue. Par conséquent la puissance maximale du générateur subit une diminution.

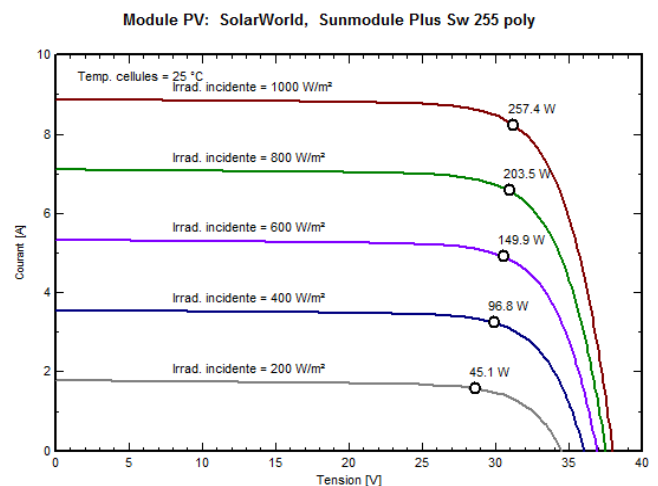


Figure 5 : Caractéristiques $I(V)$ pour différents éclairement solaires (Poly)

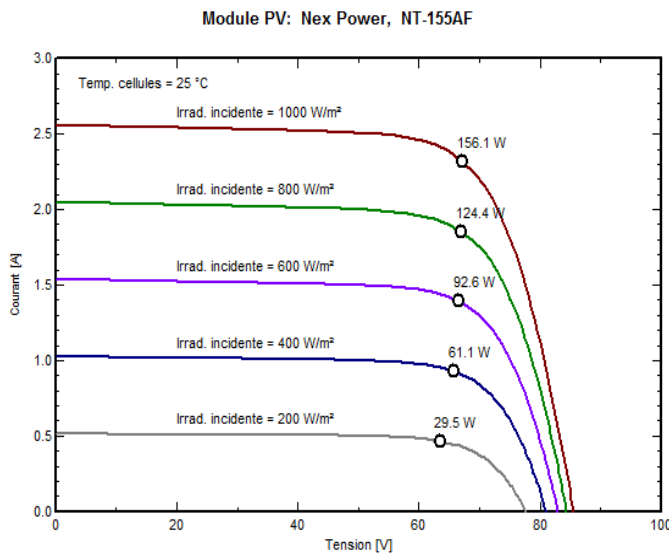


Figure 6 : Caractéristiques I(V) pour différents éclaircements solaires (Amorphe)

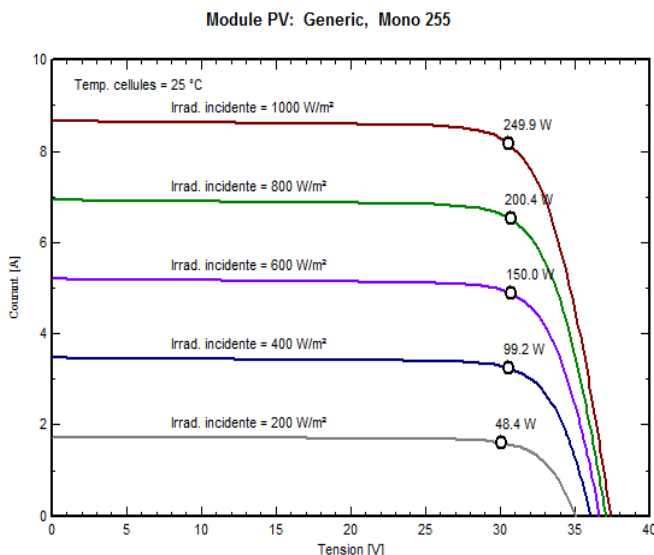


Figure 7 : Caractéristiques I(V) pour différents éclaircements solaires (Mono)

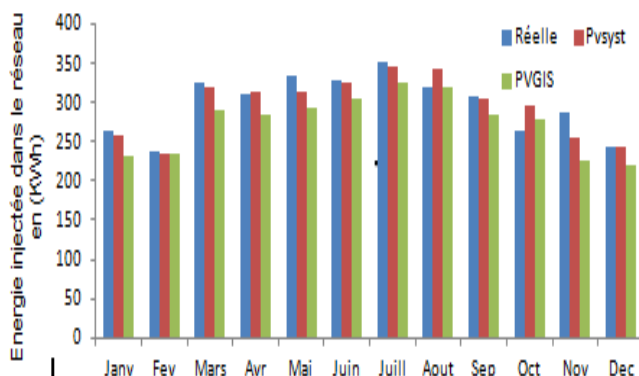


Figure 8 : Énergie annuelle injectée dans le réseau

La figure 8 présente une comparaison entre la production réelle de notre installation et celle simulée par les logiciels PVsyst et PVGIS. On constate un écart allant jusqu'à 4% pour PVsyst et 10% pour PVGIS par rapport à la production réelle, on peut conclure que les résultats données par PVsyst est en bonne accord avec les valeurs mesurées sur le site.

3. Conclusion

Notre étude a porté dans un premier temps sur la modélisation des trois générateurs photovoltaïque dans l'environnement « Matlab Simulink » afin d'évaluer les performances de notre système pour un meilleur rendement, cette modélisation nous a permis de déterminer le point de la puissance maximale, point d'intérêt de notre étude. Ensuite on a présenté une étude comparative entre la production réelle de notre installation et celle simulée par les logiciels PVsyst et PVGIS. A travers cette étude nous avons pu constater qu'il est possible de faire une prévision fiable avec PVsyst pour notre installation PV.

4. Remerciements :

Nous tenons à remercier l'IRESSEN pour l'appui et le soutien financier qu'il a apporté à ce projet, ainsi que toute l'équipe de PROPRE.MA

Références :

- [1] M.F. Yaden, M. El Ouariachi, T. Mrabti, Ka. Kassmi, B. Tidhaf, E. Chadli et K. Kassmi, *Conception et réalisation d'un système photovoltaïque muni d'une commande MPPT numérique*, Revue des Energies Renouvelables Vol. 14 N°1, 171 – 186, 2011.
- [2] M. Jamil Ahmed, G.N. TiwarI, *Estimation of Hourly Global Solar Radiation for Composite Climate*, Open Environmental Sciences, Vol 2, 34-38, 2008.
- [3] M. El-yadri, R. Saadani, Li. Zorkani and M.Rahmoune, *“Propre.Ma” project: Modeling and simulation of Grid connected photovoltaic system for Meknes Climate*, 2nd International Renewable and Sustainable Energy Conference IRSEC14, Ouarzazate, Morocco – October 17-19, 2014.
- [4] A. Allouhi R. Saadani T. Kousksou R. Saidur A. Jamil M. Rahmoune, *Grid-connected PV system installed on institutional buildings: Technology comparison, energy analysis and economic performance*, Energy and Buildings Volume: 130 Pages: 188-201.
- [5] P. Savitha, M. Shashikala, *Modeling of 250WP photovoltaic module and its performance analysis using Matlab/Simulink*, Proceedings of IRF International Conference, Bangalore 23rd March-2014, ISBN: 978-93-82702-68-9.