16èmes Journées Internationales de Thermique (JITH 2013)
Marrakech (Maroc), du 13 au 15 Novembre, 2013

# Impact des Paramètres Climatique (Eclairement et Température) sur le Rendement d'un Module Photovoltaïque dans un Milieu Saharien

Hamou. SOUALMI [#1], Zine. SAADI [#2], Abdallah. RAHMANI [#3]

[#]*Unité de Recherche en Energies Renouvelables en Milieu Saharien- Adrar, EPST CDER*

*B.P. 478 Route de Reggane – Adrar - Algérie*

[1] ***soualmi_hamou@yahoo.fr***

**Résumé**

Ce présent travail consiste à tester le module photovoltaïque ISOFOTON I-100/24, sous les conditions opérationnelles réelles, dans la région d'Adrar au sud-ouest de l'Algérie (zone saharienne). Le module a exposé au ciel clair du lever du soleil jusqu'à midi solaire. Les essais ont été effectués à l'extérieur sous les différentes conditions de rayonnement solaire, de température ambiante et de masse d'air. Pendant ce test environ 70 caractéristiques I-V ont été acquises. On utilise ces données expérimentales pour déterminer le rendement de ce module, qu'est en fonction de rayonnement, de température du module et de masse d'air. On Applique le modèle semi-empirique développé par W. Durisch [1] pour déterminer l'impact de chaque paramètres climatiques (le rayonnement global sur le module PV incliné, la température de module et la masse d'air) sur le rendement de ce module PV. Après l'étude qu'on a fait on déduit que le rayonnement solaire influe sur le rendement d'une manière positive c.-à-d. l'augmentation de celui-ci provoque une augmentation de rendement, par contre la température a un effet négatif sur le rendement.

**Mots clés**

Module PV; Caractéristiques I-V; Paramètres climatiques; Rendement.

## 1. Introduction

La performance des modules photovoltaïques habituellement est spécifiée sous les conditions standards (rayonnement 1000W/m$^2$, température ambiante 25 °C, masse d'air 1.5), leurs performance est totalement différente lorsque ils sont exploités dans les conditions réels, cette différence due à la variation perpétuelle de ces conditions.

La performance du module PV est fortement liée au rayonnement solaire absorbé, ainsi à la variation de la position du soleil à chaque jour et à leur mouvement apparent pendant l'année. D'autre part le rayonnement totale reçut par un site particulier diffèrent de temps en temps. En plus de ces facteurs, ils existent d'autres facteurs infectant la performance de module PV telle que la température ambiante, la température des cellules et les conditions climatiques locales. Pour ces raisons il 'est important d'étudier le comportement des modules PV dans les conditions de fonctionnement réel.

L'objectif principal de ce travail est de tester le module PV ISOFOTON I-100/24 à l'extérieur (en dehors du laboratoire) sous conditions climatique variables, afin de calculer son rendement et de déduire l'impact de chaque paramètre climatique sur son comportement.

## 2. Caractérisation à l'extérieur

Le module photovoltaïque tester dans ce travail est ISOFOTON I-100/24, il contient 72 cellules en silicium mono-cristalline, d'une surface de 100mm x100mm. Ces caractéristiques électriques sont données par le constructeur, voir le tableau1.

Pour étudier l'impact du rayonnement solaire, de la température du module et de la masse d'air sur le rendement dans les conditions réelles, on doit fixer le module PV à l'extérieur sous un ciel clair du lever du soleil jusqu'à midi solaire. Pendant cette période l'acquisition des données électriques (la puissance maximale, le courant et la tension du module) se faite par le traceur de courbes I-V MP-160 (EKO instruments), par contre les données météorologiques (le rayonnement global sur la surface inclinée du module et sa température) sont acquis

par l'acquisition des données Hydra séries II (FLUKE). Environ 70 caractéristiques I-V acquises. Les masses d'air relatives au temps de chaque caractéristique I-V sont calculées par le temps et la date de jour d'acquisition et aussi par les coordonnées géographiques du site sélectionné pour le test.

Tableau 1 : Les caractéristiques électrique de module PV ISOFOTON I-100/24 dans les conditions standards [6-7]

| |
|---|
| Puissance maximale 100 W |
| Courant de court-circuit 3.27 A |
| Tension de circuit-ouvert 43.2 V |
| Courant au point de puissance maximale 2.87 A |
| Tension au point de puissance maximale 34.8 V |
| Rendement 11.67% |

## 3. modélisation du rendement

Le rendement mesuré $\eta_m$ est le rapport entre la puissance électrique mesuré au point (mpp) sur le rayonnement solaire et la surface de la cellule PV.

$$\eta_m = \frac{P_{mpp}}{G_i A} \qquad (1)$$

Le modèle développer par W. Durisch [1] pour évaluer le rendement d'un module PV prendre en compte trois variables indépendantes : la température du module PV, le rayonnement solaire, et la masse d'air, $\eta_{mod} = f(G_i, \theta, AM)$. L'équation suivante montre le modèle semi-empirique du rendement proposé par W. Durisch [1].

$$\eta_{mod} = p\left[q\,\frac{G_i}{G_0} + \left(\frac{G_i}{G_0}\right)^m\right]\left[1 + r\,\frac{\theta}{\theta_0} + s\,\frac{AM}{AM_0}\right] \qquad (2)$$

Où

$G_0 = 1000\ W/m^2,\ \theta_0 = 25\,°C, AM_0 = 1.5$ ;

Lorsque les paramètres $(p, q, m, r, s)$ sont déterminés, le modèle nous permis de calculer le rendement quel que soit les conditions opérationnelles. ainsi d'étudier l'impact d'un seul paramètre climatique sur le rendement au moment où les autres paramètres sont fixés.

Pour déterminer les paramètres $(p, q,\ m, r, s)$ du modèle on applique la méthode de moindre carré non-linaire sur l'ensemble des données expérimentales $(\eta_m, G_i, \theta, AM)$ obtenus par toutes les caractéristiques I-V. les valeurs numériques trouvés sont :

$p = 0.2353435,\ q = -0.546272,\ m = 0.4855616,\ r = -0.08368799,\ s = -0.07692572$;

Pour étudier l'influence de chaque paramètre climatique seul (température de module PV $\theta$, rayonnement solaire $G_i$ , la masse d'air $AM$) sur le rendement du module PV $\eta$ on doit transformer le rendement mesuré aux valeurs climatiques standard pour faire apparaitre le modèle en deux dimensions. Les équations générales de la transformation sont bien expliquées dans [2]. Les équations suivantes montrent les relations entre le rendement mesuré $\eta_m$ et le rendement mesuré transformer aux conditions standards $\eta_{m,x0,y0}$.

$$\eta_{m,1000,1.5} = \eta_m - p\left[q\,\frac{G_i}{G_0} + \left(\frac{G_i}{G_0}\right)^m\right]\left[1 + r\,\frac{\theta}{\theta_0} + s\,\frac{AM}{AM_0}\right] + p[q+1]\left|1 + r\,\frac{\theta}{\theta_0} + s\right| \qquad (3)$$

$$\eta_{m,25,1.5} = \eta_m - p\left[q\,\frac{G_i}{G_0} + \left(\frac{G_i}{G_0}\right)^m\right]\left[1 + r\frac{\theta}{\theta_0} + s\,\frac{AM}{AM_0}\right] + p\left[q\frac{G_i}{G_0} + \left(\frac{G_i}{G_0}\right)^m\right][1 + r + s] \qquad (4)$$

$$\eta_{m,1000,25} = \eta_m - p\left[q\,\frac{G_i}{G_0} + \left(\frac{G_i}{G_0}\right)^m\right]\left[1 + r\,\frac{\theta}{\theta_0} + s\,\frac{AM}{AM_0}\right] + p[q+1]\left|1 + r + s\frac{AM}{AM_0}\right| \qquad (5)$$

Pour exprimer le rendement modélisé (modèle 2) en fonction d'un seul paramètre, par exemple en fonction de $\theta$, en remplaçant $G_i = G_0$ , $AM = AM_0$ et en maintenant la température de module variable, on trouve :

$$\eta_{mod,1000,1.5} = p[q+1]\left|1 + r\,\frac{\theta}{\theta_0} + s\right| \qquad (6)$$

De la même façon pour exprimer le rendement modélisé en fonction de $G_i$ ou bien en fonction de $AM$

$$\eta_{mod,25,1.5} = p\left[q\frac{G_i}{G_0} + \left(\frac{G_i}{G_0}\right)^m\right][1 + r + s] \qquad (7)$$

$$\eta_{mod,1000,25} = p[q+1]\left|1 + r + s\frac{AM}{AM_0}\right| \qquad (8)$$

## 4. Résultats

La figure 1 montre le comportement du rendement du module PV mesuré en fonction de deux variables climatiques le rayonnement solaire et la température. Durant le test, le rendement mesuré augmente d'une manière considérable jusqu'à la valeur 0.084 (8.4%), en observant au-delà de cette valeur ou bien à partir de la température de 35°C une légère diminution du rendement malgré le rayonnement solaire et la température continués a augmentés, par conséquence cette diminution due à l'effet de température.

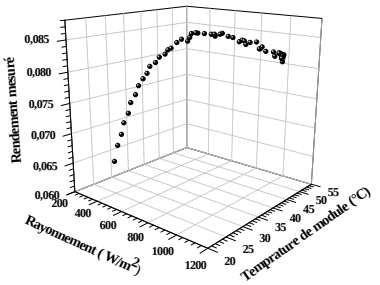


Figure 1 : Rendement mesuré en fonction du rayonnement et la température du module PV.

On observe dans la figure 2 une courbe représentée par des cercles sous forme d'une droite représente les valeurs de rendement modélisé en fonction du rendement mesuré. On remarque que le polynôme d'interpolation d'ordre 1 (une droite) est une meilleure approximation pour ces données, son équation est sous forme $\eta_{mod}$ = 0.9986$\eta_m$ + 0.0003. La tangente de cette droite est presque égale à 1 (0.9986) et le coefficient 0.0003 très proche de zéro donc on peut le négliger, et par conséquence on peut faire l'approximation suivante $\eta_{mod} = \eta_m$ . à partir de l'analyse précédente on peut considérer que les valeurs obtenue par le modèle sont très proche des valeurs du rendement mesuré et par conséquence le modèle est valable.

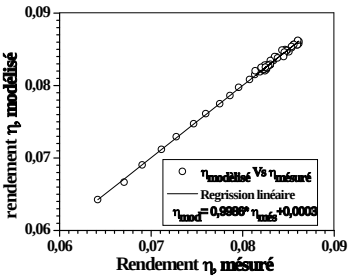


Figure 2 : Rendement modélisé en fonction de rendement mesuré.

De la figure 3 on déduit qu'à la température de 25 °C et a la masse d'air 1.5 le rendement augmente avec l'augmentation de rayonnement solaire jusqu'à une valeur de 9%, puis il reste constant malgré l'augmentation de rayonnement solaire. On remarque que lorsque le rayonnement solaire atteint la valeur 1000W/m$^2$ le rendement ne dépasse pas 9% par contre la valeur donner par le constructeur dans les mêmes conditions est de 11.67%, on explique cette anomalie par la dégradation du module.

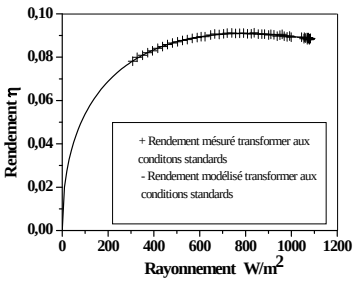


Figure 3 : Rendement en fonction de rayonnement solaire a la température 25°C et la masse d'air 1.5.

La figure 4 nous indique le comportement du rendement de module PV ISOFOTON I-100/24 en fonction de la température pour un rayonnement solaire de 1000W/m$^2$ et une masse d'air de 1.5. On obsérve que le rendement déminu d'une façon consédérable lorsqe la température de ce module augmente, donc la variation de rendement est inversement proportionnal a la variation de la température.

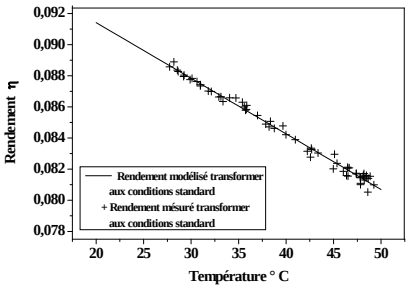


Figure 4 : Rendement en fonction de la température
avec le rayonnement solaire 1000W/m$^2$ et la masse d'air 1.5.

## 5. Conclusion

Dans ce travail on a étudié l'impact des paramètres climatique (rayonnement solaire, température) sur le comportement du rendement d'un module PV ISOFOTON I-100/24, dans les conditions de fonctionnement réelles dans un milieu saharien. De cette étude on conclue que :

- L'augmentation de la température au-delà de 35 °c provoque une diminution de rendement de ce module, donc le module est sensible à la température;
- L'influence du rayonnement solaire sur le rendement est positive par ce que l'augmentation de rayonnement provoque une augmentation du rendement;
- Quel que soit l'augmentation de rayonnement solaire le rendement maximum de ce module est 9% donc le module est en état de dégradation.

**Nomenclature**

| | |
|---|---|
| A | surface, $m^2$ |
| AM | masse d'air |
| G | rayonnement solaire, $W/m^2$ |
| P | puissance, $W$ |

Symboles grecs

| | |
|---|---|
| η | Rendement |
| $\theta$ | Température, °$c$ |

Exposant, Indices

| | |
|---|---|
| m | mesuré |
| mod | modélisé |
| mpp | maximum power point |
| i | incline |
| 0 | conditions standards |

**Références**

[1] W. Durisch, B. Bitnar, j. Mayor, H. Kiess, K. Lam et J. Close, Efficiency model for photovoltaic modules and demonstration of its application to energy yield estimation, *Solar Energy Materials and Solar Cells*, volume 91, Pages 79-84, 2007.
[2] W. Durisch, O. Struss et K. Robert, Efficiency of selected photovoltaic modules under varying climatic conditions, *Renewable Energy*, Volume 1, Pages 779-788, 2000.
[3] J. Kurnik, M. Jankovec, K. Brecl et M. Topic, Outdoor testing of PV module temperature and performance under different mounting and operational conditions, *Solar Energy Materials and Solar Cells*, volume 95, Pages 373-376, 2011.
[4] Y. Su, L. Cheong Chan, L. Shu et K. Leung Tsui, Real-time prediction models for output power and efficiency of grid-connected solar photovoltaic systems, *Applied Energy*, article in press,2011.
[5] A. Carr, et T. Pryor, A comparison of the performance of different PV module types in temperate climates, *Solar Energy*, Volume 76, Pages 285-294, 2004.
[6] Site web: www.surtec.fr/catalog/download/Panneaux_solaires
[7] Site web: www.posharp.com/photovoltaic/database