



Optimisation des modèles de puissance produite par un module photovoltaïque

H. ZAHLOUL¹, T. TAHR², M. E. CHAIBI, M. BESSEKRI

Département de Génie Mécanique, Faculté de Technologie, Université Hassiba Benbouali-Chlef

¹zahloul@yahoo.fr

²ntahritoufik@yahoo.fr

Résumé — Généralement, beaucoup de modèles mathématiques de puissance simplifiés permettant de déterminer la puissance maximale fournie par un générateur photovoltaïque en fonction de la variation de l'irradiation solaire et la température ambiante existent.

Dans cette étude, quatre modèles sont présentés, dont le premier est celui de Benchmark. Ce dernier permet de calculer la puissance maximale fournie par un module photovoltaïque pour un ensoleillement et une température du module donnés avec quatre paramètres constants à déterminer expérimentalement. Les trois autres sont des modèles mathématiques simplifiés permettant la détermination de la puissance maximale en fonction de la variation des conditions météorologiques (irradiation solaire et température ambiante). Ces modèles sont basés aussi sur les caractéristiques techniques du module. Pour la simulation, le logiciel de programmation Matlab est utilisé. Enfin, on présente les résultats et en déduit le meilleur modèle par comparaison à ceux de la littérature.

Mots clés — module photovoltaïque, puissance, modélisation, simulation, Matlab

I. INTRODUCTION

Beaucoup de recherches ont été effectuées sur les modèles mathématiques de la production des puissances maximales simplifiées d'un module photovoltaïque. Borowy et Salameh [1] ont donné un modèle simplifié, avec lequel la puissance maximale produite peut être calculée pour un certain module photovoltaïque une fois l'irradiation solaire sur le module photovoltaïque et la température sont déterminées. Jones et Underwood [2] ont aussi introduit un modèle simplifié de la puissance maximale produite ayant un rapport réciproque avec la température du module et une relation logarithmique avec l'irradiation solaire absorbée par le module photovoltaïque.

Aussi, Jones et Underwood [2] ont donné le modèle thermique de la température du module photovoltaïque à travers l'évaluation de beaucoup de facteurs.

Généralement, beaucoup de modèles mathématiques de puissance simplifiés permettant de déterminer la puissance maximale fournie par un générateur photovoltaïque en fonction de variation de l'irradiation solaire et la température ambiante.

Dans ce travail, nous présenterons d'abord quatre modèles, dont le premier c'est un Benchmark, ce modèle permet de calculer la puissance maximale fournie par un module photovoltaïque pour un ensoleillement et une température du module donnés avec quatre paramètres constants à déterminer expérimentalement, et les trois autres sont des modèles mathématiques simplifiés permettant de déterminer la puissance maximale en fonction de variation des conditions météorologiques (irradiation solaire et température ambiante), et ils sont basés aussi sur les caractéristiques techniques du module (données du constructeur), et puis nous comparons les résultats des modèles présentés avec ceux de la littérature. Pour la simulation de ces modèles, le logiciel de programmation Matlab est utilisé.

II. MODÈLES MATHÉMATIQUES

A. Modèle 1

Le modèle Benchmark suivant, nous permet de déterminer la puissance maximale fournie par un module PV pour un ensoleillement et une température du module donnés, avec seulement quatre paramètres constants à déterminer, a, b, c et d, plus un système d'équation simple à résoudre résultant un ensemble de points de mesures suffisamment étendu [37].

$$P_m = - (a * G + b) * T_c + c * G + d \quad (1)$$

Où,

P_m est la puissance maximale produite en (W) ; a, b, c, et d sont des constantes positive qui peuvent être obtenues expérimentalement, T_c est la température du module, et G est l'irradiation solaire sur un plan incliné (W/m^2).

Selon les mesures expérimentales de Benchmark sur un module du type UDTS 50, les constants a, b, c et d sont 0.0002, 0.0004, 0.1007 et 0.1018 respectivement.

Le NOCT du module Du type UDTS 50 [38] est 47 ± 2 °C

B. Modèle 2

L'énergie produite par un générateur photovoltaïque est estimée à partir des données de l'irradiation globale sur un



Le 2^{ème} Séminaire International sur les Energies Nouvelles et Renouvelables

The 2nd International Seminar on New and Renewable Energies

Unité de Recherche Appliquée en Energies Renouvelables,
Ghardaïa – Algérie 15, 16 et 17 Octobre 2012



plan incliné, de la température ambiante et des données du constructeur pour le module photovoltaïque utilisé. La puissance produite du générateur photovoltaïque peut être calculé d'après l'équation suivante:

$$P_m = \eta \cdot S \cdot N \cdot G \quad (2)$$

Avec,

η : rendement instantané ;

S : surface de module photovoltaïque (m²) ;

G : irradiation solaire sur un plan incliné (W/m²) ;

N : nombre des modules constituant le champ photovoltaïque.

C. Modèle 3

Le modèle suivant a été développé par Borowy et Salameh .. Ce modèle fait usage des spécifications des modules PV offerts par les fabricants, donc il offre une façon très simple d'accomplir la puissance produite par les modules photovoltaïques [32].

$$I_m = I_{cc} * \left\{ 1 - \left[C_1 + \exp \left(\frac{V_m}{C_2 * V_{c0}} \right) - 1 \right] \right\} - \Delta I \quad (3)$$

I_{cc} : courant de court circuit du module (A) ;

V_{c0} : tension de circuit ouvert du module (V) ;

C_1 et C_2 : paramètres

ΔI : est déterminé par la différence de température et l'irradiation solaire.

D. Modèle 4

Jones et Underwood ont développé le modèle pratique suivant pour la production de la puissance optimale de sortie d'un module photovoltaïque.

$$P_m = FF * \left(I_{cc} * \frac{G}{G_0} \right) * \left(V_{c0} * \frac{\ln(K * G)}{\ln(K * G_0)} * \frac{T_0}{T_c} \right) \quad (4)$$

Où K est un coefficient constant

I_{cc} : courant de court circuit (A) ;

V_{c0} : tension de circuit ouvert (V) ;

FF : facteur de forme.

III. CARACTERISTIQUES ELECTRIQUES DU MODULE PHOTOVOLTAÏQUE

Dans cette étude, le module photovoltaïque du type UDTs 50 est choisi. Les caractéristiques électriques du module photovoltaïque utilisé sont données dans le tableau suivant :

Eclairement standard (W/m ²)	1000
Température standard (°C)	25
I_{cc} [A]	3.43A
V_{c0} [V]	21.28
V_{mp} [V]	16.65
I_{pm} [A]	3.16A
FF [%]	72
η_r [%]	11
R_s [Ω]	0.9
S [m ²]	0.351
N_s	36

Tableau I : Caractéristiques électriques du module UDTs 50

IV. RÉSULTATS ET DISCUSSION

Quand l'irradiation solaire prend les valeurs 300, 500, 900 et 1000W/m², le rapport entre la température du module et la puissance maximale est utilisé et comparé selon les modèles précités, les résultats de la modélisation sont montrés est comparés dans les figures 1, 2, 3 et 4.

A. Puissance maximale pour les quatre modèles à $G=300W/m^2$

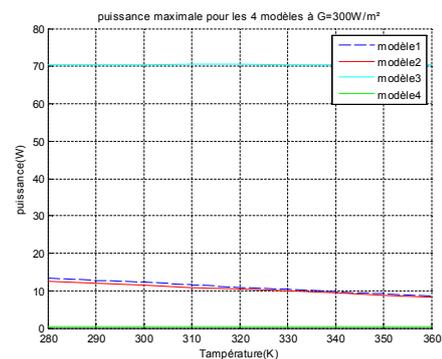


Fig. 1 : Puissance maximale pour les quatre modèles à $G = 300 W/m^2$

On remarque que pour les modèles 1 et 2 que plus la température augmente, plus la puissance crête du module diminue et que cette dernière est faible lorsque l'irradiation est faible (300 W/m²). Pour le modèle 3, on remarque que la puissance crête est plus stable malgré la variation de la



Le 2^{ème} Séminaire International sur les Energies Nouvelles et Renouvelables

The 2nd International Seminar on New and Renewable Energies

Unité de Recherche Appliquée en Energies Renouvelables,
Ghardaïa – Algérie 15, 16 et 17 Octobre 2012



température du module, et que cette dernière est importante malgré que l'irradiation est faible. Enfin pour le modèle 4 on remarque que la puissance est presque nulle lorsque l'irradiation est faible.

B. Puissance maximale pour les quatre modèles à

$$G = 500 \text{ W/m}^2$$

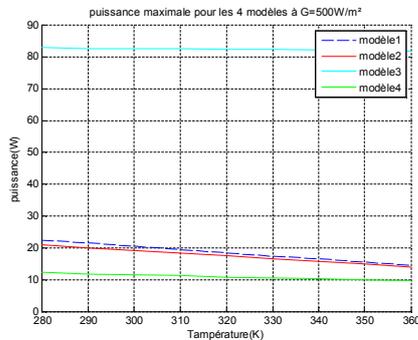


Fig. 2 Puissance maximale pour les quatre modèles à $G = 500 \text{ W/m}^2$

Pour les modèles 1 et 2, on remarque que plus la température augmente plus la puissance diminue mais pour une diminution est remarquable, et que la puissance maximale (crête) augmente lorsque l'irradiation est élevée.

Concernant le modèle 3, nous remarquons que la puissance maximale P_m reste stable lorsque l'irradiation augmente. Dans ce cas, la puissance est élevée et devient importante. Enfin, pour le modèle 4, on remarque cette fois ci, que la puissance maximale atteint une certaine valeur, mais reste faible malgré l'augmentation de l'irradiation ; d'autre part, plus la température s'élève, plus la puissance maximale diminue.

C. Puissance maximale pour quatre modèles à $G = 900 \text{ W/m}^2$

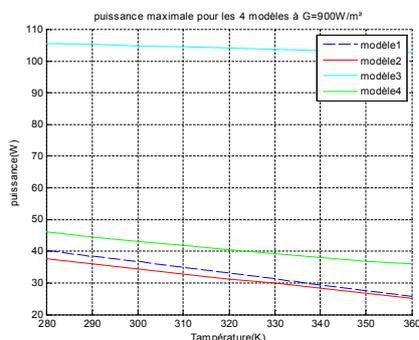


Fig. 3 Puissance maximale pour les quatre modèles à $G = 900 \text{ W/m}^2$

On remarque que pour les deux premiers modèles 1 et 2 que malgré que l'irradiation devient grande, l'augmentation de la puissance n'est pas importante et que sa diminution est grand on fonction de la température.

Pour le modèle 3, quand la température augmente, la puissance diminue mais avec un décroissement faible. Par ailleurs, avec une irradiation de 900 W/m^2 , la puissance crête augmente. Enfin pour le modèle 4, nous remarquons ; que pour une irradiation grande, la puissance crête est élevée mais avec un décroissement plus ou moins grand sous l'effet de la variation de température.

D. Puissance maximale pour les quatre modèles à

$$G = 1000 \text{ W/m}^2$$

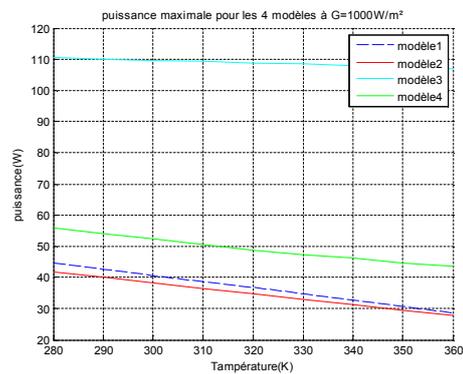


Fig. 4 Puissance maximale pour les quatre modèles à $G = 1000 \text{ W/m}^2$

On remarque que pour les modèles 1 et 2, la puissance maximale augmente quand l'irradiation augmente et elle diminue lorsque la température augmente.

D'autre part, pour le modèle 3, on note la continuité de l'augmentation de la puissance crête lorsque l'irradiation s'élève jusqu'à la valeur nominale. On note aussi que malgré la variation de la température, le décroissement n'est pas assez grand relativement aux autres modèles.

Enfin, dans le modèle 4, la puissance maximale devient plus ou moins importante pour une telle irradiation, mais le décroissement est grand en fonction de la température.



V. COMPARAISON ENTRE LES QUATRE MODELES

D'après les résultats de simulation et les observations précédentes, et pour choisir le meilleur modèle, nous remarquons que le modèle 3 est le plus proche des résultats obtenus de la littérature [3]. Il nous donne une puissance importante malgré la faiblesse de l'irradiation.

Ainsi, l'augmentation de la puissance maximale de ce modèle est plus importante que les autres pour une augmentation de l'irradiation; et on note aussi que le modèle 3 est plus stable par rapport aux modèles 1, 2 et 4 malgré l'augmentation de la température et l'élévation de l'irradiation G. Par conséquent, le modèle 3 est le meilleur modèle mathématique entre les quatre modèles étudiés pour obtenir une meilleure puissance crête.

REFERENCES

- [1] S. B ; Borowy and Z.M. Salameh, methodology fo optimally sizing the combination of a battery bank and PV array in a wind/PV hybrid system , IEEE transactions of energy conversion , 11 (2) 367-375, 1996
- [2] Jones and C.P Underwood, A modelling method for builing integrated PV systems, solar energy 70 (4) 349-359 , 2002
- [3] K. Agroui, Etude du comportement thermique de modules photovoltaïques de technologie moverre et biverre au silicium cristallin » Rev. Ener. Ren : Valorisation 7-11, 1999

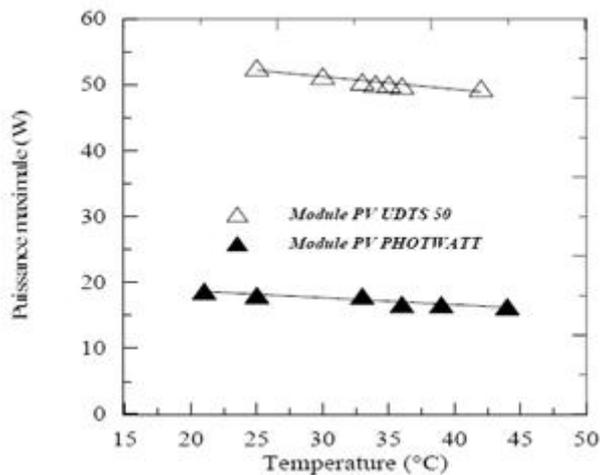


Fig. 3. 5 Influence de la température pour la puissance maximale des modules PV UDTS 50 et photowatt [3]

VI. CONCLUSIONS

Nous avons présenté dans ce chapitre quatre modèles mathématiques permettant de calculer la puissance maximale à la sortie du module photovoltaïque en fonction de conditions météorologiques (irradiation solaire et la température du module), dont le premier à été mesuré expérimentalement, et puis on a comparé la simulation grâce un logiciel de programmation (Matlab) pour les quatre modèles.

D'après l'étude qu'on a faite, nous avons trouvé que, la puissance maximale diminue sous l'effet de la température, donc pour la stabiliser il faut que la température soit maintenue dans un intervalle de 27 à 50 °C; et dans le but de faire une étude de dimensionnement et de production de l'énergie par le système de captage photovoltaïque le modèle 3 est recommandé.