

Caractérisation et Validation par Plan d'Expérience d'un Générateur Photovoltaïque

MN.Brahami, B.Soudani, MA.Senoussaoui, M. Brahami

Intelligent Control and Electrical Power Systems Laboratory, ICEPS. Djillali Liabes University
of Sidi Bel Abbes, Algeria, Email: mbrahami@yahoo.com

Résumé : Depuis plus d'une décennie, l'électricité photovoltaïque s'avère intéressante, si le panneau solaire suivait le déplacement du soleil de telle façon à maximiser le rendement.

Objectif :

Dans cet article on présente : une étude d'un système photovoltaïque de production d'électricité, suivi d'une réalisation d'un système autonome photovoltaïque et une optimisation par plan d'expérience.

Mots clés :

Energie renouvelable - système photovoltaïque - panneaux solaires - système de stockage- système de régulation, plan d'expérience.

1. Simulation et Expérimentation du Système

On présente le modèle mathématique d'un module photovoltaïque quelconque. Ensuite, suivra l'interprétation des différents graphes tracés des relevés effectués sur le générateur photovoltaïque 75W.

Cette expérimentation explique mieux les bases de cette importante technologie de production d'énergie électrique à partir des rayons du soleil.

2.1. Modèle Mathématique du Module Photovoltaïque

2.1.2 Cas Réel

L'équation caractéristique d'un module photovoltaïque réel est de la forme [1] [2] :

$$I = I_{ph} - I_0 \left(\frac{e^{qV}}{kT} - 1 \right) - \frac{V + R_s I}{R_p} \quad (1)$$

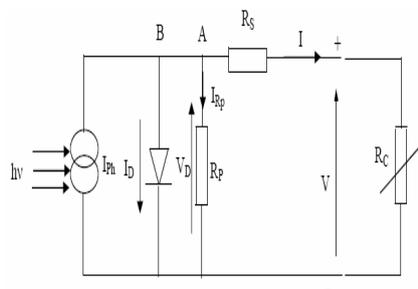


Figure 1 : Circuit équivalent du module photovoltaïque réel

2.2 Caractéristiques I(V) et P(V) simulée :

Le modèle mathématique de la caractéristique I(V) et P(V) simulée par le logiciel Pvsyst 4.3 a permis de tracer les courbes de figures 4 pour différents éclairagements et à la température de 25°C. Les mêmes courbes ont été retracées pour la température de 29°C dans la figure 6.

On constate que l'augmentation de l'éclairement entraîne une importante augmentation du courant de court-circuit mais une légère augmentation de la tension du circuit ouvert. Par ailleurs, la température élevée baisse la tension du circuit ouvert pour un ensoleillement fixe, par conséquent, la puissance maximale baisse.

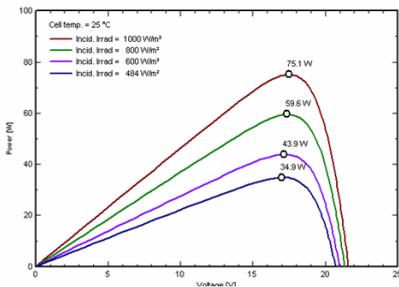


Figure 2 : P(V) du module à différents éclairements et T = 25° C

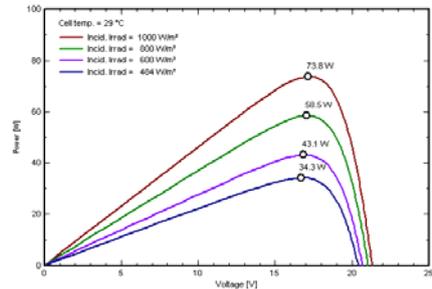


Figure 3 : P(V) du module à différents éclairements et T = 29° C

De même, les deux figures 3 et 4 représente la caractéristique P(V) pour différentes températures et un éclairement de 1000 W/m². La série des courbes pour un éclairement de 484 W/m² à été retracée dans la figure 7.

L'augmentation de température augmente très légèrement le courant de court-circuit, par contre elle entraîne la diminution de la tension de circuit ouvert. Les mêmes résultats sont obtenus pour un éclairement de 484 W/m².

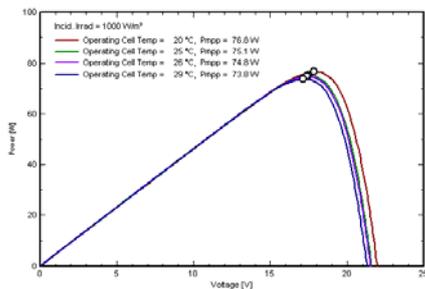


Figure 3 : P(V) à différentes températures E=1000 W/m²

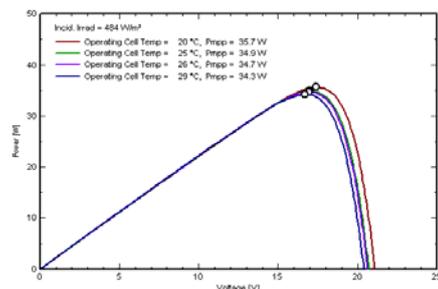


Figure 4 : P(V) à différentes températures E= 484W/m²

3. Expérimental

3.1. Eclairement

Les relevés de l'éclairement du 06 juin 2013 nous ont permis de tracer le graphe de la Figure 8 en forme de cloche qui montre un pic de l'ensoleillement vers midi, ce pic est presque maximal grâce à l'absence du vent.

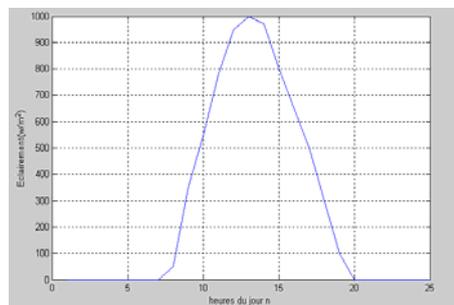


Figure 5 : Allure d'éclairement au cours d'un beau jour

3.2. Relevé de la caractéristique I(V) du GPV (couplage direct)

Pour effectuer le prélèvement I-V d'un module, nous avons utilisé, une charge résistive variable. Le principe consiste à faire varier la résistance R branchée aux bornes du GPV et de prélever les tensions V et les courants I correspondants à différents ensoleillements. Suite à ces mesures effectuées durant différents moments d'une même journée, nous avons tracé les courbes suivantes.

Tableau 1 : Paramètres calculés à partir de I(V)

Eclairement	Température	Puissance	Facteur de forme	Rendement énergétique
$E=1000 \text{ W/m}^2$	$29 \text{ }^\circ\text{C}$	$P_{\text{max}}=73.4 \text{ W}$	$F=84 \%$	$\eta=11.12 \%$
$E=800 \text{ W/m}^2$	$26 \text{ }^\circ\text{C}$	$P_{\text{max}}=59.3 \text{ W}$	$F=75.5 \%$	$\eta=11.23 \%$
$E=600 \text{ W/m}^2$	$25 \text{ }^\circ\text{C}$	$P_{\text{max}}=43.8 \text{ W}$	$F=73.8 \%$	$\eta=11.07 \%$
$E=484 \text{ W/m}^2$	$20 \text{ }^\circ\text{C}$	$P_{\text{max}}=35.6 \text{ W}$	$F=74 \%$	$\eta=11.16 \%$

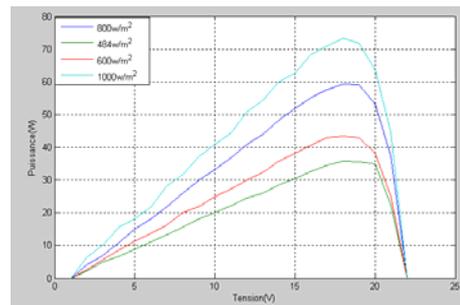


Figure 6 : Caractéristique réelle $P(V)$ du module

3.3. Orientation et l'inclinaison du module photovoltaïque

Nous avons mesuré la puissance suivant l'orientation du panneau photovoltaïque et comparé avec la puissance d'un panneau fixe. La figure 7 représente l'orientation du panneau solaire. On constate que l'augmentation de la puissance d'orientation est toujours supérieure à cette puissance d'un panneau fixe.

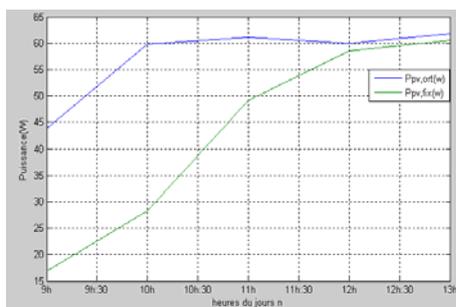


Figure 7 : Orientation du panneau solaire

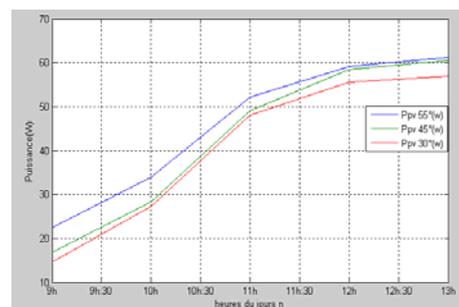


Figure 8 : Inclinaison panneau solaire photovoltaïque

3.4. Réalisation d'un système autonome photovoltaïque

Le système à étudier est un système autonome. Son élément essentiel est la batterie qui sert à stocker l'énergie électrique. Ce système contient :

- Un module photovoltaïque 75W
- Une batterie solaire
- Un régulateur Isofoton 10A
- Une barrette de LEDS (charge)

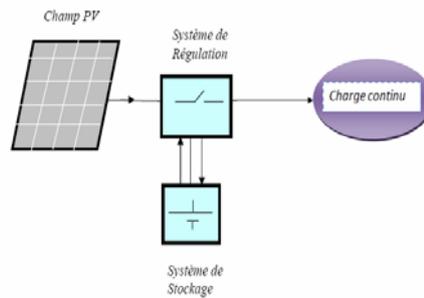


Figure 9 : Système autonome photovoltaïque [5]

Les figures 10 et 11 montrent la production d'électricité en deux journées pour des charges différentes. On constate, au début de la journée que la batterie consomme plus que la charge, et la consommation de la batterie diminue suivant l'état de charge de la batterie.

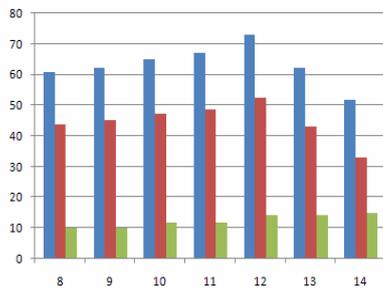


Figure 10 : Production et consommation système Photovoltaïque charge 10 W

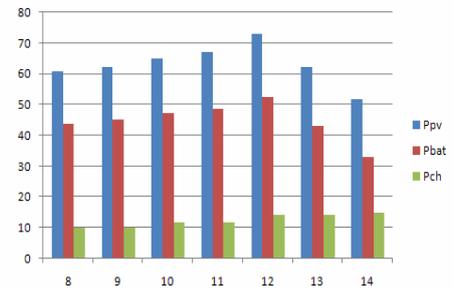


Figure 11 : Production et consommation système photovoltaïque charge 20 W

4. Validation par plan d'expérience

4.1. Obtention et mesure des réponses

Il est nécessaire de rappeler que modéliser un phénomène quelconque en utilisant la méthode des plans d'expériences dans notre cas, on doit d'abord avoir des réponses réelles obtenues par un test expérimental réalisé. Le test expérimental sur le panneau solaire photovoltaïque, a été réalisé avec des données d'essais bien définies dont les valeurs sont données par le tableau 2.

Tableau 2 : Données expérimentales

Essais	Eclairement (W/m ²)	Température °C	Puissance (W)
1	484	20	35.67
2	1000	20	76.6
3	484	29	34.3
4	1000	29	73.4
5	742	25	54

4.2 Modélisation Mathématique

Après avoir estimé les coefficients du modèle, on peut maintenant établir le modèle mathématique, c'est un polynôme factoriel, qui relie la réponse aux facteurs. Le modèle prend la forme suivante [3],[4] :

$$y=54,5671+20,0075x_1-1,1425x_2-0,457503x_1x_2 \quad (2)$$

Avec : x_1 : l'éclairement

x_2 : la température

4.3 Analyse graphique des résultats

4.3.1 Influence de l'éclaircement

Le graphe obtenu illustre l'éclaircement seul sur la réponse, sans que la température ne soit prise en compte. Donc reprenons le modèle mathématique global qui tient compte de tous les paramètres, et éliminons le paramètre non concerné, à savoir la température représentée par x_2 , on obtient alors :

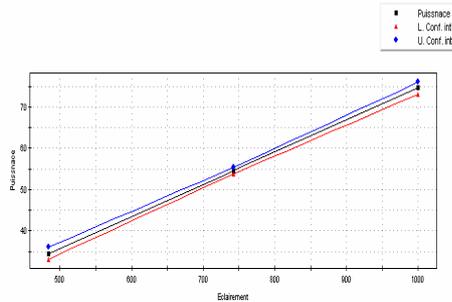


Figure 12 : Variation de la puissance en fonction de l'éclaircement

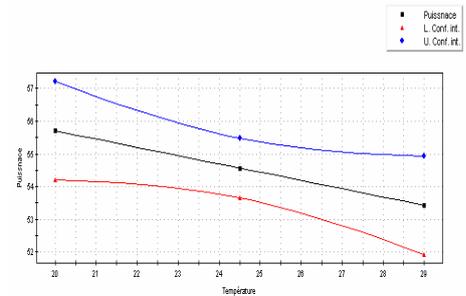


Figure 13 : Variation de la puissance en fonction de la température

4.3.2 Influence de l'éclaircement et de la température

Les courbes ci-dessous représentent la variation de la puissance en fonction de l'éclaircement, température et l'interaction entre ces deux facteurs. On a constaté que la variation de l'éclaircement présente une influence très importante sur la puissance par rapport à la température et l'interaction entre deux facteurs avec une variation très faible.

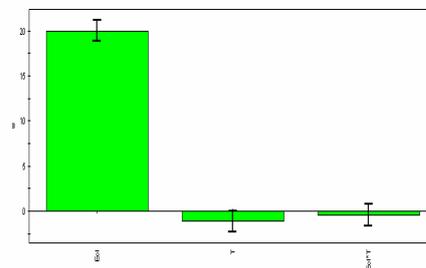


Figure 14 : Influence de l'éclaircement et de la température

Conclusion

La production de l'énergie à partir de l'énergie solaire, prenant comme point départ, le rayon solaire est à l'origine de cette énergie gratuite. Il a été ensuite abordé le problème de positions du soleil et du champ photovoltaïque qui influent énormément sur le rendement du générateur.

Pour la ville de Sidi bel Abbès : lieu de mesures, il s'avère que l'optimum est donné pour une inclinaison Nord-Sud de 45° et un ensoleillement de 1000W/m².

Il a été constaté aussi qu'un générateur suiveur du soleil donnait un meilleur rendement qu'un générateur fixe.

Références

- 1] Bernard EQUER «Energie solaire photovoltaïque Ellipses Editions Marketing 1993.
- 2] M.Orgeret «Les piles solaire: le composant et ses application'' 1985.
- 3] GOUPY. Jacques « Les Plans d'expériences», Revue MODULAD, (2006).
- 4] GOUPY. Jacques« Plan d'expérience», Technique de l'ingénieur.
- 5] Uni. Kassel, «Photovoltaic Systems Technology» Kassel, Germany, 2003, www.uni-Kassel.de/re (dernière visite le 21/04/2007).