

ESTIMATION DE LA PUISSANCE PHOTOVOLTAÏQUE A PARTIR DES MESURES DES PARAMETRES EXTERNES

SOUAD BELHOUR ¹, ABDELOUAHAB ZAATRI ²

¹ Département de Physique, Université Constantine 1, Algérie

² Département de Mécanique, Laboratoire (LATA), Université Constantine 1, Algérie

Reçu le 02/04/2011 – Accepté le 14/06/2012

Résumé

On étudie l'influence des paramètres externes de l'environnement (l'éclairement, la température, la vitesse du vent) en vue d'estimer la puissance d'un système photovoltaïque à base de cellules de Silicium monocristallin. Pour une région donnée, les mesures sur l'environnement sont obtenues sur site ou à partir de mesures météorologiques. Le modèle d'estimation de la puissance est celui proposé en [1]. Qui permet de déterminer la puissance maximale en fonction de l'éclairement et de la température. Un programme informatique a été développé sous forme d'interface graphique utilisateur qui permet d'évaluer la puissance photovoltaïque maximale journalière, mensuelle et annuelle à partir des mesures ou d'estimations.

Mots clés : Puissance photovoltaïque, énergie photovoltaïque, éclairement, température.

Abstract

The estimation of the photovoltaic power based on the external environmental parameters

In this paper, we study the influence of external environmental parameters (irradiance, temperature and wind speed) for estimating the power of photovoltaic systems based on mono-crystalline silicon cells. For a given region, the measures of the environment parameters are obtained on-site or from meteorological measurements.

The estimation model of power is the one proposed in [1] which determinates the maximum power depending on the irradiance and temperature. A computer program was developed in a form of a graphical user interface that allows the evaluation the maximum PV power daily, monthly and yearly from measurements or estimates.

Keywords : Photovoltaic power, maximum power, irradiance, temperature, wind speed, mono-crystalline cell.

تقدير قوة النظام الفوطوضوي اعتمادا على العوامل البيئية الخارجية

ملخص

ندرس في هذا المقال تأثير العوامل البيئية الخارجية (الإشعاع، درجة الحرارة، وسرعة الرياح) على تقدير الطاقة الشمسية الضوئية ذات الخلايا أحادية السيليكون، لمنطقة معينة، ويتم الحصول على القياسات المتعلقة بالبيئة من الموقع أو من قياسات الأرصاد الجوية.

ونموذج تقدير الطاقة المقترح هو في المرجع [1]. الذي يسمح بتحديد الحد الأقصى للطاقة بدلالة الإشعاع ودرجة الحرارة. وقد تم تطوير برنامج كمبيوتر بشكل واجهة رسم للمستخدم تسمح بتقييم الطاقة الشمسية الضوئية القصوى (PV) اليومية والشهرية والسوية انطلاقا من القياسات أو التقديرات.

الكلمات المفتاحية: قوة النظام الكهروضوئي، القوة القصوى، الإشعاع، درجة الحرارة، سرعة الرياح، أحادية السيليكون

Introduction :

L'automatisation et l'exploitation optimale du système photovoltaïque doivent tenir compte de nombreux facteurs. En effet, la puissance d'un système photovoltaïque dépend de nombreux paramètres intrinsèques et extrinsèques comme l'éclairement, la température ambiante, la vitesse du vent, la charge utilisatrice, le lieu, l'orientation des panneaux par rapport au soleil, le matériau de fabrication de la cellule solaire, le modèle utilisé simulant la cellule ainsi que de l'instant et le lieu où on veut estimer cette puissance.

En général, il existe plusieurs modèles mathématiques qui tiennent compte des conditions de l'environnement comme l'irradiation solaire et de la température ambiante [1, 2, 3, 4, 5] pour déterminer la puissance fournie par un générateur photovoltaïque. Un exemple de ces modèles est présenté en [6].

Dans un précédent article [7], nous avons déduit les paramètres internes de la cellule photovoltaïque en se basant sur les données du constructeur et en utilisant le modèle à une diode. Dans le présent travail, on étudie l'influence des paramètres externes (l'éclairement, la température, vitesse du vent) en vue d'estimer la puissance d'un système photovoltaïque. Les données sont obtenues à partir des données météorologiques (l'éclairement, la température, vitesse du vent) pour une région type. Le modèle d'estimation est un modèle générique qui s'adapte à tout site où on installe le système photovoltaïque et permet d'obtenir la puissance journalière. Similairement, on pourrait estimer la puissance mensuelle et annuelle en fonction des données disponibles.

Un programme informatique a été développé sous forme d'interface graphique utilisateur qui permet d'estimer la puissance photovoltaïque à partir des mesures fournies. Il pourrait servir de base pour une estimation et des prévisions automatiques ou semi-automatiques si on dispose d'une centrale de mesures sur le lieu d'installation du système énergétique considéré.

II- Expression de la puissance et facteurs de l'environnement

Il existe plusieurs modèles qui permettent d'estimer la puissance délivrée par un panneau photovoltaïque en fonction des paramètres externes (l'éclairement, la température et la vitesse du vent) [1, 2, 3, 4, 5, 6, 8, 9].

Dans cette section, nous avons choisi un modèle qui met en évidence l'influence des facteurs de l'environnement : la température ambiante et de l'éclairement [3]. Il permet de calculer la puissance maximale fournie par le module, en utilisant la température et l'éclairement solaire incident. Ce modèle a été élaboré et validé expérimentalement [3, 10].

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

P_m : Puissance maximale produite (W) ;

a, b, c et d : sont des constantes positives qui peuvent être connues expérimentalement; sont égales, respectivement à 0.0002, 0.0004, 0.1007 et 0.1018 [2, 11].

T_C : Température de la cellule, qui varie en fonction de l'éclairement et de la température ambiante, selon la relation linéaire suivante [5, 12].

$$T_C = T_a + [(NOCT - 20) / 800] \quad (2)$$

T_a : Température ambiante (K) ;

$NOCT$: Température nominale de fonctionnement de la cellule solaire (Nominal Operating Cell Temperature). Elle est définie comme étant la température de la cellule, si le module est soumis sous certaines conditions comme l'éclairement solaire (800 W/m^2), la distribution spectrale ($AM 1.5$), la température ambiante (20°C) et la vitesse du vent ($> 1 \text{ m/s}$) ;

G : Eclairement solaire incident sur un plan incliné (W/m^2) .

III- Caractéristiques de l'environnement

Ainsi donc, l'estimation de la puissance nécessite d'abord des mesures pour la détermination de la température de la cellule photovoltaïque à partir des mesures de la température T_a , de l'éclairement G et de la vitesse du vent W_s conformément aux expressions précédentes (1-2).

On présentera les mesures journalières concernant l'éclairement, la température ambiante et la vitesse du vent. Ces données sont fournies par le centre météorologique au voisinage de la région où le système énergétique est installé (région du Alger). Compte tenu de la disponibilité des mesures simultanées des paramètres de l'environnement dans le même site, nous avons utilisé des données recueillies auprès de sites en vue de prouver le principe de la méthodologie appliquée.

a- Mesures de l'éclairement journalier

La courbe (Fig1) illustre le profil de l'éclairement pour une journée de l'automne (13-10-2011 à Alger).

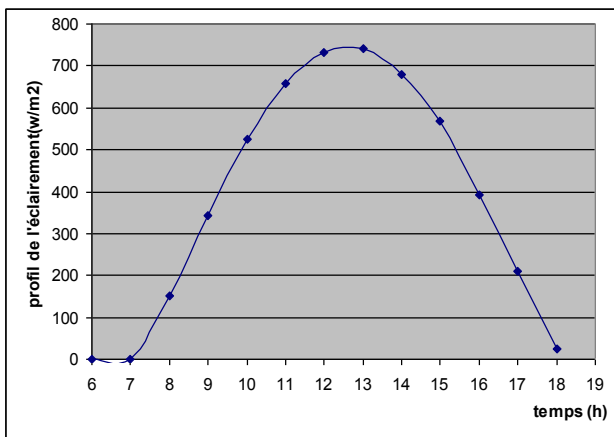


Fig.1: Profil de l'éclairement journalier

D'après cette figure (Fig1), on constate que l'éclairement varie significativement d'une heure à l'autre; par exemple on remarque qu'il est très important et atteint une valeur maximale vers midi. Par contre il est minimal en matinée et en après midi.

b- Mesures de la température journalière

Le profil de la température pour une journée de l'automne (13-10-2011 à Alger) est présenté à la figure ci-dessous (Fig.2).

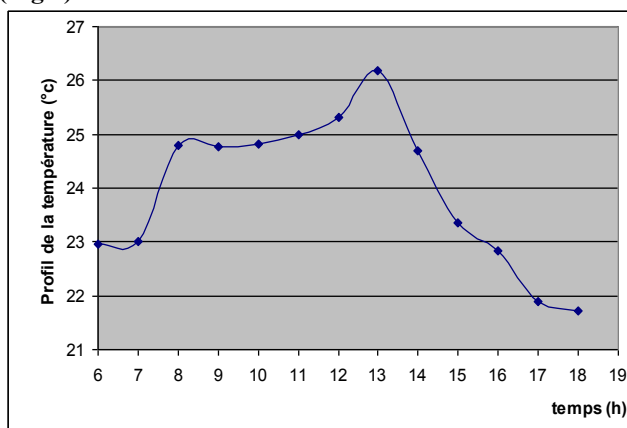


Fig.2: Profil de la température journalière

On constate que le profil de l'éclairement (Fig.1) est fortement corrélé avec le profil de la température.

c- Mesures de la vitesse du vent journalière

La courbe (Fig.3) illustre le profil de la vitesse moyenne du vent pour une journée de l'automne (13-10-2011 à Alger)

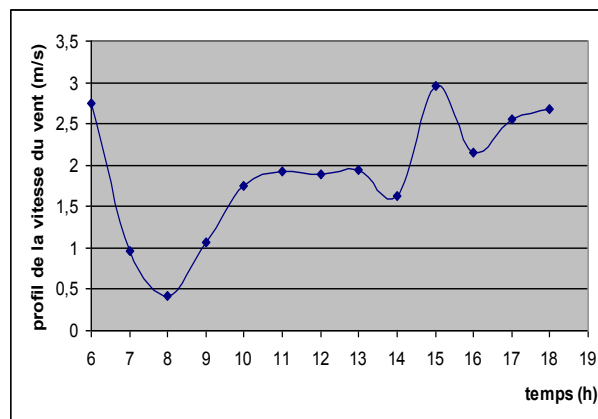


Fig.3: profil de la vitesse du vent journalière

VI- L'estimation de la puissance maximale

Les données recueillies seront utilisées pour déterminer l'estimation de la puissance du système photovoltaïque considéré. D'après la (Fig4), on constate que la puissance varie significativement pour une journée en fonction de l'éclairement et de la température ambiante conformément à la relation (1).

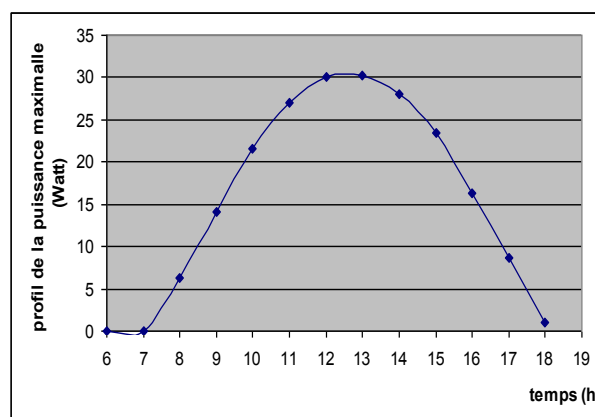


Fig.4: profil de la puissance maximale journalière

V- Interface Graphique

Une interface graphique permettant d'estimer la puissance du système photovoltaïque a été implémentée. L'estimation de la puissance à l'instant désiré s'effectue conformément à l'expression (1) et au schéma de la (Fig.5) qui montre les différents paramètres influençant la puissance du système photovoltaïque : il s'agit des paramètres externes (T_a , G , W_s), des paramètres internes (R_s , I_0 , I_L , V_T) et des caractéristiques du lieu (Latitude, longitude, altitude).

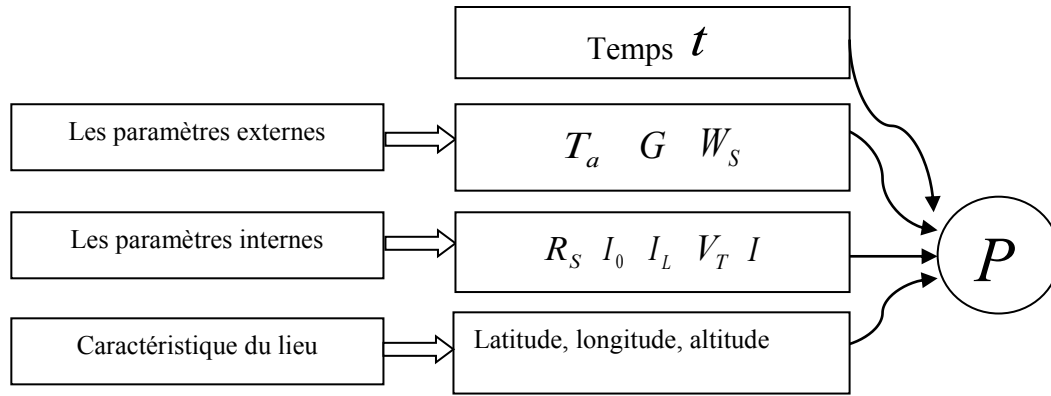


Fig.5 : Schéma pour l'estimation de la puissance du système photovoltaïque

La procédure d'estimation est conduite en trois étapes. En premier lieu, on effectue les opérations d'acquisition des mesures des paramètres externes (température ambiante, éclairement, vitesse du vent). En second lieu Les paramètres du panneau (R_s , I_0 , I_L et V_T) sont indirectement représenté dans le modèle exploité dans les coefficients (a, b, c, d).

En dernier lieu, on estime la puissance maximale délivrée par le système photovoltaïque pour une journée conformément à l'expression (1).

La (Fig.6) montre une fenêtre graphique qui permet d'estimer automatiquement la puissance délivrée par le système photovoltaïque.

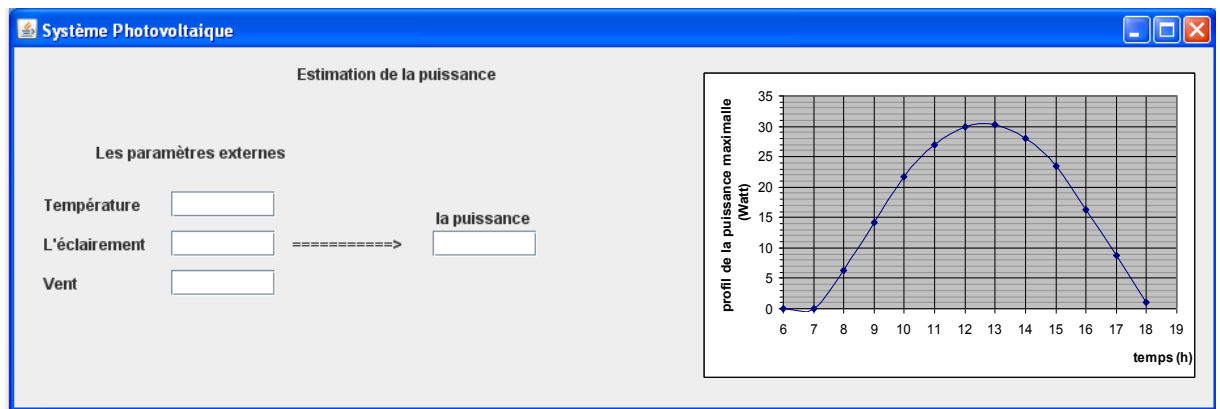


Fig.6 : Fenêtre graphique

IV- Conclusion

Ce travail a permis d'étudier l'influence des paramètres externes (l'éclairement, la température) sur la puissance d'un système photovoltaïque à base de cellules de Silicium monocristallin. Pour cela, nous avons adopté le modèle de [3]. Les données sont obtenues à partir des données météorologiques. Le modèle d'estimation est un modèle générique qui s'adapte à tout site où on installe le système photovoltaïque.

Une interface graphique utilisateur a été développée qui permet d'estimer la puissance photovoltaïque.

Cette interface pourrait servir de base pour un système automatique global d'estimation et de prévision si on dispose d'une centrale de mesures sur le lieu d'installation du système énergétique considéré.

NOMENCLATURE

- E : L'éclairement (W/m^2)
- E_{ref} : L'éclairement dans les conditions standards (W/m^2), $E_{ref} = 1000 W/m^2$
- I : Courant du module PV (A)
- I_0 : Courant de saturation inverse de la diode (A), $I_0 = 1,6 \cdot 10^{-10} A$
- I_L : Le Photo courant (A)
- $I_{SC,REF}$: Le courant de court circuit dans les conditions standards (A), $I_{SC,REF} = 2.18 A$
- K : Constante de Boltzmann (j/k), $k = 1,38 \cdot 10^{-23} j/k$
- K_1 : Le coefficient de température en court circuits $K_1 = 0.00065 A/^\circ C$
- $NOCT$: La température nominale de fonctionnement de la cellule solaire (Nominal operating cell temperature), $NOCT = 45^\circ C$
- q : La charge de l'électron (j/k), $q = 1,6 \cdot 10^{-19} j/k$
- T : Température de jonction (k)
- T_a : Température ambiante (k)
- T_{ref} : La température de la cellule dans les conditions standards $T_{ref} = 25^\circ C$
- V : La tension appliquée à la charge (V)
- V_T : Tension thermique, (V)
- W_S : La vitesse du vent m/s
- R_S : Résistance série (Ω), $R_S = 1.2 \Omega$

RÉFÉRENCES

- [1] Lin Lu, « *Investigation on Characteristics and Application of Hybrid Solar/Wind Power Generation Systems* », Ph.D Thesis, the Hong Kong Polytechnic University, 2004.
- [2] R.P. Mukund, « *Wind and solar Power Systems* », Ph.D, P.e U.S merchant Marine Academy, Kings Point, New York, CRC Press LLC 1999.
- [3] Jones, C.P Underwood.2002 « *A modeling method for building-integrated PV systems*. *Solar Energy* », 70 (4):349-359.
- [4] Markvard, T., 2000. *Solar Electricity*, second ed. Wiley, USA.
- [5] S. Diaf, D. Diaf, M. Belhamel, M. Haddadi, A. Louche, « *A Methodology for Optimal Sizing of Autonomous Hybrid PV/Wind System* », *Energy Policy*, Vol. 35, N°11, pp. 5708 – 5718, 2007.
- [6] The Bogdan, S.B., Salameh, Z.M., 1996. « *Methodology for optimally sizing the combination of a battery bank and PV array in a wind/PV hybrid system* ». *IEEE Transactions on Energy Conversion* 11 (2), 367–375.
- [7] A. Zaatri et S. Belhour, « *Reconstitution de la caractéristique I – V et détermination de la puissance d'un système photovoltaïque* », *Revue des Energies Renouvelables* Vol. 12 N°4 (2009) 563 – 574, (reçu le 31 Août 2009 – accepté le 25 Décembre 2009).
- [8] D.L. King, J.A. Kratochvil, W.E. Boyson and W.I. Bower, 'Field Experience with a New Performance Characterization Procedure for Photovoltaic Arrays', Sandia National Laboratories, Albuquerque, New Mexico, USA.
- [9] A.D. Jones and C.P Underwood, 'A Modelling Method for Building-integrated Photovoltaic Power Supply', *Building Services Engineering Research and Technology*, Vol. 23, N°3, pp. 167 - 177, 2002
- [10] Lin Lu and H.X. Yang, « *A Study on Simulation of the Power Output and Practical Models for Building Integrated Photovoltaic Systems* », *ASME Journal of Solar Energy Engineering*, Vol. 126, N°3, pp. 1-7, 2004.
- [11] M. Belhadj, T. Benouaz... « *Estimation de la puissance maximale produite par un générateur photovoltaïque* », *Revue des Energies renouvelables* Vol. 13 N°2 (2010) 257 – 264 (reçu le 10 Janvier 2010 – accepté le 28 Juin 2010)
- [12] T. Markvart, « *Solar Electricity* », John Wiley & Sons, Chichester, 1994.