



## Etude et Caractérisation sous Matlab/Simulink d'un Générateur Photovoltaïque

<sup>1</sup>Ouada Mehdi, <sup>1</sup>Tarfaya Anis, <sup>1</sup>Dr M.S. Meridjet, <sup>2</sup>Dr Dib Djalel

<sup>1</sup> Département d'Electromécanique, Université Badji Mokhtar Annaba

ouadamehdi@gmail.com, tarfayaanis@gmail.com, meridsa@yahoo.fr

<sup>2</sup>Département de Génie Electrique, Université de Tebessa, dibdjalel@gmail.com

**Abstract**— We present in this paper, the modeling of a photovoltaic generator using Matlab / simukink, through the characterization of the cell model, panel and system (fields) of photovoltaic panels we show the simulation results by the influence of parameters that come into play in the performance of solar electric power generation such as solar radiation, temperature, serial resistor  $R_s$ , the shunt resistor  $R_{sh}$ , the slope of the panel.

The model presented of the PV generator can be used with other components of command and control (block power electronics system for more ... etc..) to determine the optimal electric output, the PV MPPT (maximum power point tracking) of this system.

**Key words**— Photovoltaic arrays , MPPT, modelling, simulation

**Résumé**— Nous présentons dans ce papier, la modélisation d'un générateur photovoltaïque sous Matlab/simukink, à travers la caractérisation du modèle de la cellule, du panneau et du système (champs) des panneaux photovoltaïques nous montrons par les résultats de simulation l'influence des paramètres qui entrent en jeu dans la performance des systèmes solaires de production d'énergie électrique comme l'irradiation solaire, la température, la résistance série  $R_s$ , la résistance shunt  $R_{sh}$ , l'inclinaison du panneau... Le modèle du générateur photovoltaïque présenté, peut être utilisé avec autres composants de commande et de régulation (bloc électronique de puissance, système de poursuite...etc.) pour déterminer l'optimum de la puissance électrique produite le PV autrement dit le MPPT (maximum power point traking).

**Mots clé**— Générateur photovoltaïque, MPPT, modélisation, simulation .

### I. INTRODUCTION

Actuellement la consommation de l'énergie est en augmentation à cause de la tendance de l'industrialisation rapide et l'évolution démographique, qui conduit a la consommation de stock d' sources d'énergies proviennent des combustibles fossiles (pétrole, gaz naturel etc ....), ce

qui conduit à la recherche et au développement de nouvelles sources énergie renouvelable.

L'énergie solaire est la source la plus importante par ce que les convertisseurs photovoltaïques convertie directement l'énergie des rayonnements solaires en énergie électrique.

Notre objectif de travail est l'étude de l'influence de quelques paramètres sur d'un générateur photovoltaïque a partir la modélisation de ce dernier sous Matlab/simulink .

### II. MODÉLISATION D'UN GÉNÉRATEUR PHOTOVOLTAÏQUE

#### a. Modélisation d'une cellule :

La figure (1) présente le schéma équivalent d'une cellule photovoltaïque:

$$I = I_{ph} - I_d - I_{sh}$$

Avec:

$I$  :le courant délivré par la cellule(A).

$I_{ph}$ : Photo courant(A).

$I_d$  : Courant de diode(A).

$I_{sh}$  : Le courant de la résistance shunt(A).

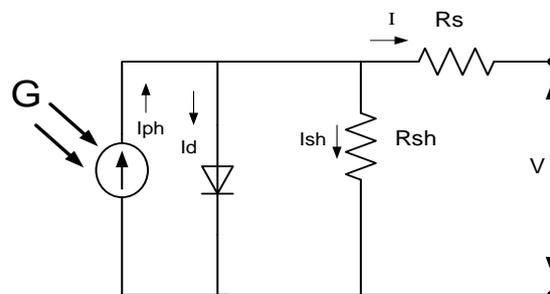


Fig. 1 Modèle d'une cellule photovoltaïque



## Le 2<sup>ème</sup> Séminaire International sur les Energies Nouvelles et Renouvelables

### The 2<sup>nd</sup> International Seminar on New and Renewable Energies

Unité de Recherche Appliquée en Energies Renouvelables,

Ghardaïa - Algérie 15, 16 et 17 Octobre 2012



$$I_{ph} = (I_{pn} + k_i \Delta T) \frac{G}{G_n}$$

$$\Delta T = (T - T_n)$$

$I_{pn}$  : courant photonique généré dans les conditions standard (A).

$G$  et  $G_n$  : ensoleillement et l'ensoleillement de référence ( $1000 \text{ w/m}^2$ ).

$K_i$  : coefficient de température court circuit

$T$  : température de référence  $298(^{\circ}\text{K})$ .

$T_n$  : température de la cellule ( $^{\circ}\text{K}$ ).

$$I_d = I_0 \left[ \exp\left(q \left( \frac{V + R_s I}{V_t} \right) - 1 \right) \right]$$

$I_0$  = courant de saturation de la diode qui égale [2]:

$$I_0 = (I_{sc} + K_i \Delta T) / \exp\left(\frac{V_{co} + k_i \Delta T}{AV_t}\right) - 1$$

Bien que :  $V_t = K \cdot T / q$

$K = 1.38 \times 10^{-23} \text{ J/K}$ . (constante de Boltzmann).

$q = 1.6 \times 10^{-19} \text{ }^{\circ}\text{C}$ .

$V_{co}$  = tension du circuit ouvert (v).

$I_{sc}$  : courant de court circuit (A).

$R_s$  : la résistance série ( $\Omega$ ).

$V$  : la tension au borne de la cellule

Le courant de la résistance shunt égale:

$$I_{sh} = \frac{(V + R_s I)}{R_{sh}}$$

$R_{sh}$  : la résistance shunt (A).

#### b. Modélisation d'un module

Une cellule élémentaire ne génère pas suffisamment de tension : entre 0.5 et 1.5 selon technologie [1]. Il faut presque toujours plusieurs cellules en série pour générer une tension utilisable.

La tension de module est donc :  $V_m = N_s \times V$

$V_m$  : la tension du module.

$N_s$  : nombre de cellule en série par module.

#### c. Modèle d'une chaîne photovoltaïque

Pour des module montée en série et en parallèle on peut écrire [2].

$$I_{chaîne} = I \times N_p$$

$$V_{chaîne} = V_m \times N_s_{module}$$

$I_{chaîne}$  : le courant délivré par une chaîne des module photovoltaïque (A).

$N_p$  : nombre de module en parallèle.

$N_s_{module}$  : nombre de module en série.

$V_{chaîne}$  : la tension au borne de la chaîne (V).

### III. ANALYSE DES RÉSULTATS

Pour une cellule comme montre la figure (Fig 2) la caractéristique  $I=f(V)$  qui a une nature non linéaire.

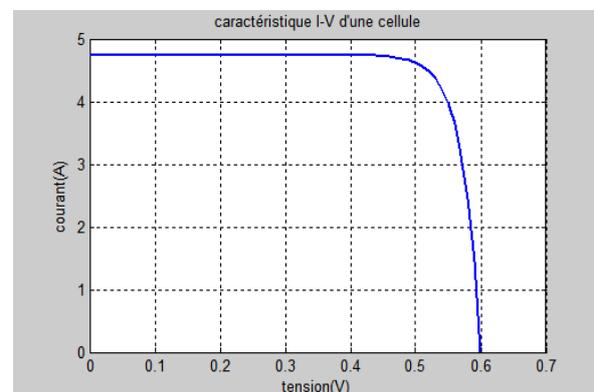


Fig 2. Caractéristique électrique d'une cellule solaire

La figure 3 représente la caractéristique I-V d'un module traduisant l'influence de différents ensoleillements à température fixe, le courant du module est proportionnel à l'ensoleillement, tandis que la tension de circuit-ouvert change légèrement avec l'ensoleillement, l'optimum de puissance est aussi proportionnel à l'ensoleillement.

La température est un paramètre très important dans le fonctionnement des cellules [5] photovoltaïques parce que les propriétés électriques d'un semi conducteur sont très sensibles à la température.

La figure (4) représente la caractéristique courant-tension et puissance-tension d'un module (PV) solaire en fonction de la température, à un éclairement et constante.



# Le 2<sup>ème</sup> Séminaire International sur les Energies Nouvelles et Renouvelables

## The 2<sup>nd</sup> International Seminar on New and Renewable Energies

Unité de Recherche Appliquée en Energies Renouvelables,

Ghardaïa - Algérie 15, 16 et 17 Octobre 2012



On remarque que L'augmentation de la température entraîne une diminution de la tension de circuit ouvert, ainsi qu'une diminution de la puissance maximale.

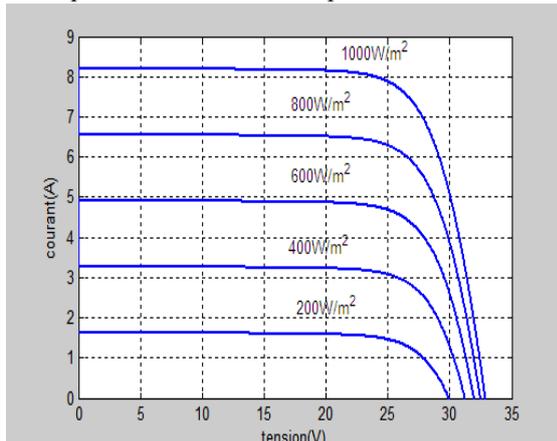


Fig 3 -a- Influence de l'ensoleillement caractéristique P-V du module.

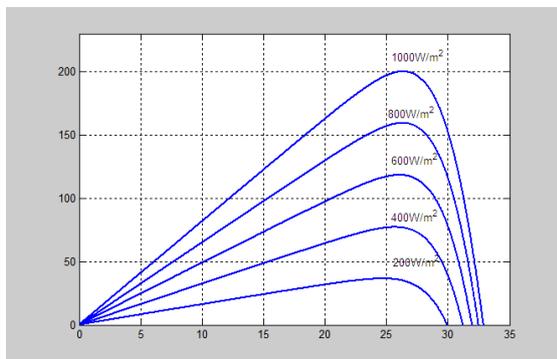


Fig 3 -b- I influence de l'ensoleillement sur caractéristique P-V du module

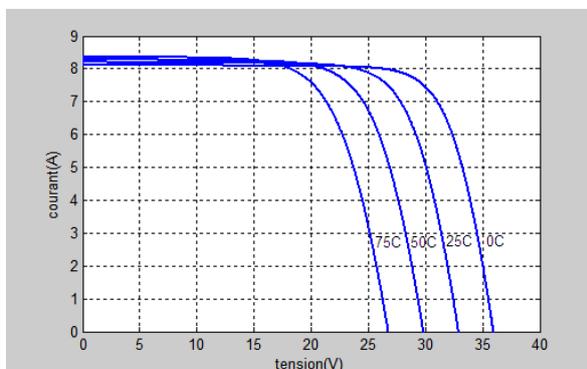


Fig 4- a- influence de température caractéristique I-V du module.

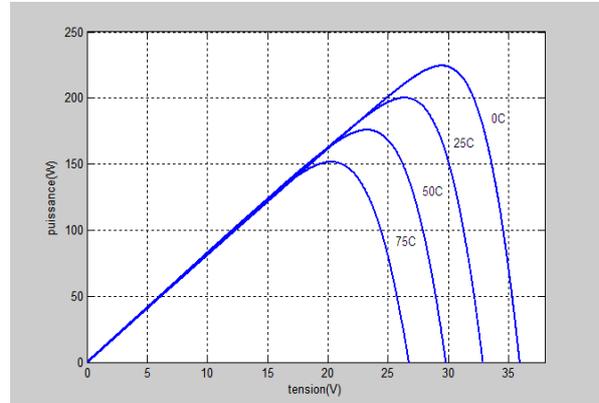


Fig 4 -b- Influence de température sur caractéristique P-V du module.

La résistance du semi-conducteur utilisé, de la résistance de contact des grilles collectrices et de la résistivité de ces grilles [3].

La résistance série agit sur la pente de la caractéristique dans la zone de la photodiode se comporte comme un générateur de tension et lorsqu'elle est élevée, elle diminue la valeur de courant de court circuit.

La résistance shunt est une résistance qui prend en compte les fuites inévitables du courant qui intervient entre les bornes opposées positives d'une photopile. [4]

En générale, la résistance shunt est très élevée, son effet se fait sentir surtout dans la partie génération du courant [8].

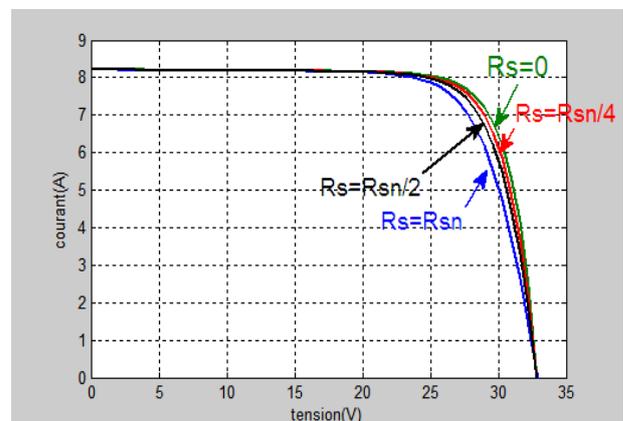


Fig 4 Influence de la résistance série sur caractéristique P-V du module.

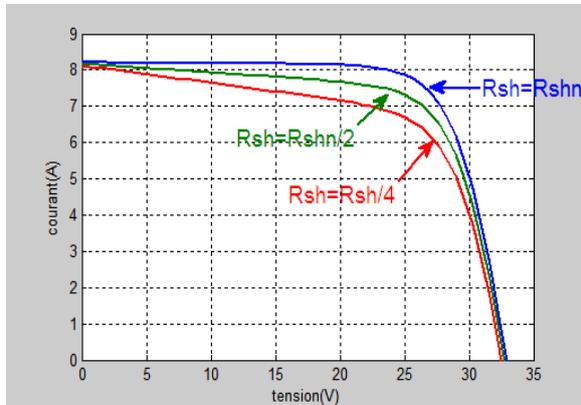


Fig 5 Influence de la résistance shunt sur caractéristique I-V du module.

Un panneau photovoltaïque se compose d'un certain nombre de modules qui sont constitués par l'association de cellules en série. La mise en série et en parallèle des panneaux permet d'obtenir la tension et le courant exigés dont les performances dépendent de l'association des cellules et de la matière qui les compose [3].

L'association en parallèle des modules délivre un courant égal à la somme des courants individuelles et une tension égale à celui d'une seule module.

La caractéristique d'un groupement de  $N_p$  modules solaires en parallèle est représentée par la figure(6).

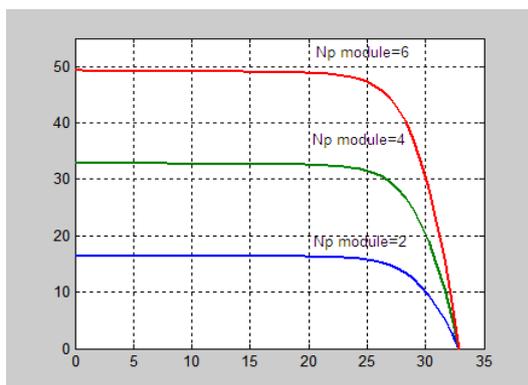


Fig 6 Influence du nombre de module parallèle sur la caractéristique I-V.

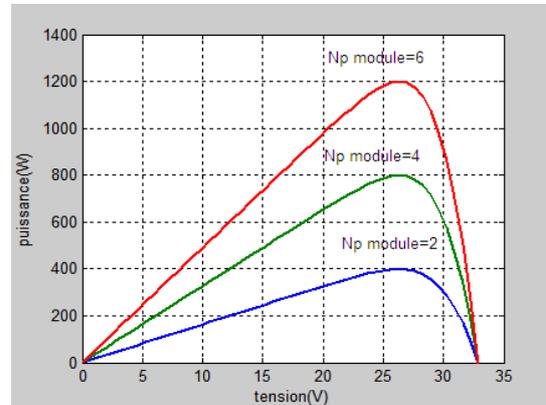


Fig 6 -b- Influence de la nombre de module parallèle caractéristique P -V

L'association en série des photopiles délivre une tension égale à la somme des tensions individuelles et un courant égal à celui d'un seul module. La caractéristique d'un groupement de  $n_s$  modules solaires en série est représentée par la figure(7).

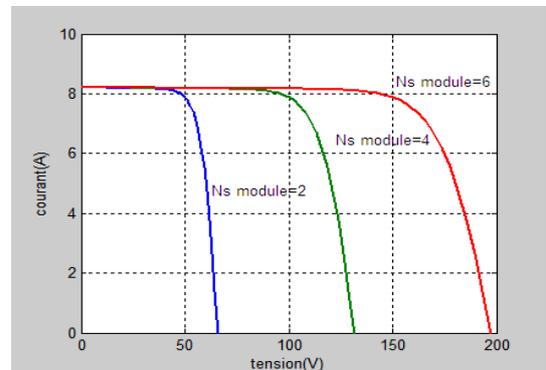


Fig 7 -a- Influence de la nombre de module série sur caractéristique I-V.

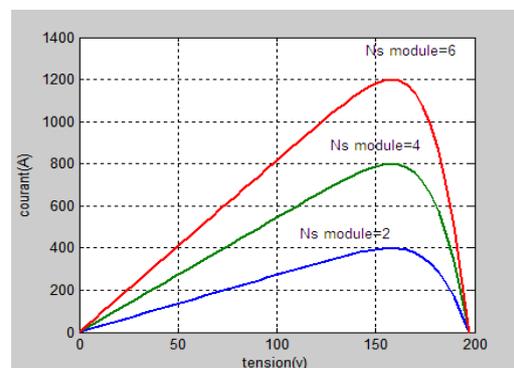


Fig 7 -b- Influence de la nombre de module série sur caractéristique P-V.



## Le 2<sup>ème</sup> Séminaire International sur les Energies Nouvelles et Renouvelables

### The 2<sup>nd</sup> International Seminar on New and Renewable Energies

Unité de Recherche Appliquée en Energies Renouvelables,

Ghardaïa – Algérie 15, 16 et 17 Octobre 2012



La figure (8) contient comparaison entre notre simulation et simulation dans la littérature[3],[10].

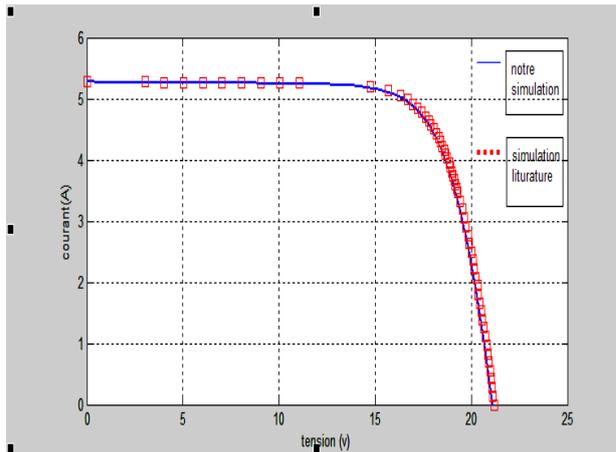


Fig 8 comparaison de simulation

## VI. Conclusion

La modélisation analogique et mathématique d'un générateur photovoltaïque de type one diode avec deux résistances série et shunt était l'essentiel de la première partie de notre travail dans ce papier ce qui nous a permis d'entamer la partie de simulation sous Matlab /simulink avec une méthodologie plus objective.

Les résultats de simulation montrent l'influence des paramètres qui entrent en jeu dans la performance des systèmes solaires de production d'énergie électrique comme l'irradiation solaire, la température, la résistance série  $R_s$ , la résistance shunt  $R_{sh}$ , l'inclinaison du panneau...)

L'extraction de la puissance maximale produite du PV ou le MPPT (maximum power point tracking) le modèle du générateur photovoltaïque présenté est renforcé par autres composants de commande et de régulation (bloc électronique de puissance, système de poursuite...etc.).

## REFERENCES

- [1] Michel villoz , Anne Labouret "énergie solaire photovoltaïque ' 2<sup>ème</sup> édition 2005.
- [2] Roberto F. Coelho, Filipe Cancer, Denizar C. Martins, A Proposed Photovoltaic Module and Array Mathematical Modeling Destined to Simulation, IEEE International Symposium on Industrial Electronics (ISIE 2009) Seoul Olympic Parktel , Seoul, Korea July 5-8, 2009
- [3] BOUDEN ABDELMALEK, nalyse optimisée de système de pompage photovoltaïque, Thèse Magistère , Université Mentouri de Constantine, 2008.
- [4] Marcelo Gradella Villalva, Jonas Rafael Gazoli., MODELING AND CIRCUIT-BASED SIMULATION OF PHOTOVOLTAIC ARRAYS, 2009 IEEE
- [5] Huan-Liang Tsai, Insolation-oriented model of photovoltaic module using Matlab/Simulink. Solar Energy 84 (2010) 1318–1326
- [6] Abouzahr, I. and Ramkumar, R. (1990) 'Loss of power supply probability of stand-alone electric conversion system: a closed form solution approach', IEEE Transaction on Energy Conversion, Vol. 5, No. 3, pp.445–452.
- [7] Ali, B., Yang, H., Shen, H. and Liao, X. (2003) 'Computer aided design of PV/wind hybrid system', Renewable Energy, Vol. 28.
- [8] Barley, C.D. (1995) 'Optimal control of remote hybrid power system, part-I [simplified model]', in Proceedings of Wind Power, Washington DC.
- [9] Beyer, H.G. and Langer, C. (1996) 'A method for identification of configurations of PV/wind hybrid systems for the reliable supply of small loads', Solar Energy, Vol. 57, No. 5, pp.381–391.
- [10] Borowy, B.S. and Salameh, Z.M. (1994) 'Optimum photovoltaic array size for a hybrid wind/PVsystem', IEEE Transaction on Energy Conversion, Vol. 9, No. 3, pp.482–488.
- [11] Burke, W.J., Schweppe, F.C., Lovell, B.E., McCoy, M.F. and Monohan, S.A. (1988) 'Trade of methods in system planning', IEEE Transaction on Energy Conversion, Vol. 3, No. 3, pp.1284–1290.