



Application de la Technique PSO pour la Poursuite du PPM d'un Système Photovoltaïque

K. Khezzane^{*1}, F. Khoucha^{*2}

^{*1,2}UER, Electrotechnique, EMP, BP17-16111 Bordj El-Bahri, Alger, Algérie

¹Khaled_dcp@hotmail.fr

¹Fkhoucha04@yahoo.fr

Résumé- Le travail présenté dans cet article une approche intelligente pour l'amélioration et l'optimisation des performances de contrôle d'un système photovoltaïque, par la méthode optimisée de la poursuite du point de puissance maximum (MPPT) par Essaims de Particules (PSO). Pour cela la caractérisation du système photovoltaïque intégrant le MPPT, le convertisseur de puissance (DC-DC) d'adaptation et la charge est réalisée. De même que leurs modèles sont développés sous MATLAB/Simulink. Les résultats obtenus avec la technique PSO sous différentes conditions de fonctionnement montrent une amélioration remarquable des performances du système photovoltaïque.

Mots clés- Photovoltaïque (PV), Poursuite du Point de Maximum De Puissance (MPPT), Optimisation par Essaims de Particules (PSO).

I. INTRODUCTION

L'énergie solaire photovoltaïque est considérée parmi les énergies renouvelables qui possèdent le plus large potentiel de développement surtout en Algérie. Le grand avantage est que cette source est inépuisable, elle offre une grande sécurité d'utilisation et elle est propre.

Cependant, le coût élevé de l'installation et la faible efficacité dans la conversion d'énergie limitent l'utilisation des systèmes PV.

La conversion de l'énergie solaire en énergie électrique ne dépasse pas 20%.

Donc plus de 80% de l'énergie solaire ne sont pas converties en énergie électrique utile mais perdue dans l'environnement.

Des convertisseurs MPPT sont employés pour extraire le maximum de puissance disponible sur le panneau PV afin de maximiser l'efficacité de son utilisation. L'énergie PV est une source non linéaire, elle dépend de la charge, de la température des cellules PV et des irradiances solaires.

Typiquement, un convertisseur DC-DC est inséré entre la charge et le générateur PV comme interface d'adaptation. Le rapport cyclique du convertisseur DC-DC est contrôlé par une commande MPPT en utilisant la technique MLI.

Le but de notre travail est la l'application d'une technique optimisée de pour la poursuite du point de puissance maximum on utilisant le concept d'essaims de particules (PSO). Notre système est composé d'un générateur photovoltaïque, une charge, un convertisseur DC-DC.

II. MODELISATION D'UN MODULE PHOVOLTAÏQUE

Une cellule photovoltaïque peut être décrite de manière simple (**Fig1**) comme une source idéale de courant qui produit un courant I_{ph} proportionnel à la puissance lumineuse incidente, en parallèle avec une diode qui correspond à la surface de transition p-n de la cellule PV. Cette jonction soumise à l'éclairement photovoltaïque connectée à une charge peut être schématisée par un générateur de courant I_{ph} en parallèle avec une diode.

$$I_{pv} = I_{ph} - I_D$$

Avec :

I_{pv} : le courant délivré par le panneau.

I_{ph} : le courant de l'éclairement.

I_D : le courant dans la diode.



Le 3^{ème} Séminaire International sur les Energies Nouvelles et Renouvelables

The 3rd International Seminar on New and Renewable Energies

Unité de Recherche Appliquée en Energies Renouvelables,
Ghardaïa – Algérie 13, 14 Octobre 2014

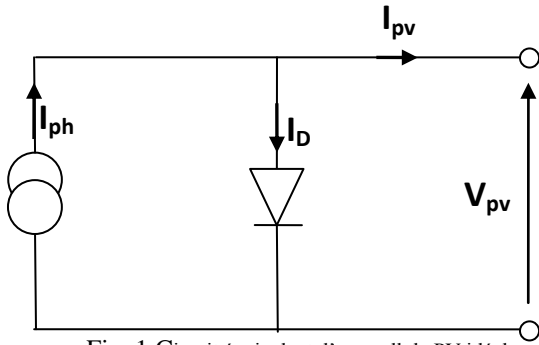


Fig. 1 Circuit équivalent d'une cellule PV idéal.

La caractéristique I-V d'une diode est une caractéristique non linéaire donnée par la relation :

$$I_D = I_0 \left(\exp\left(\frac{V_D}{V_T}\right) - 1 \right)$$

Avec:

I_0 : courant de saturation inverse de la diode [A].

$V_T = nKT/q$: potentiel thermique.

n : facteur d'idéalité de la jonction.

K : constant de Boltzmann $K=1.38 \text{ e-}23 \text{ [J/K]}$.

q : la charge de l'électron $1.6 \text{ e-}19 \text{ [eV]}$.

T : la température de la jonction [K].

Le module photovoltaïque contient un ensemble de cellules regrouper en série et en parallèle.

A. Influence de l'éclairement de la température sur les caractéristiques du module PV

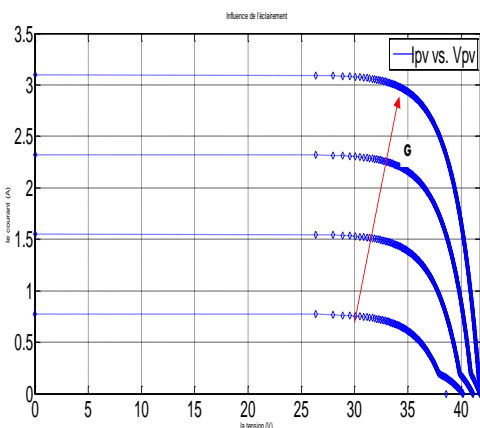


Fig. 2. Caractéristique I-V pour différentes valeur d'éclairages.

Pour vérifier l'influence de la variation de l'éclairement et la température sur les caractéristiques du module PV, les Fig2, 3, 4 et 5 représente les courbes $I_{pv}(V_{pv})$ et $P_{pv}(V_{pv})$ pour différentes éclairment à température constante $T = 25 \text{ C}^\circ$, et pour différentes températures à éclairment constante $G = 1000 \text{ W/m}^2$.

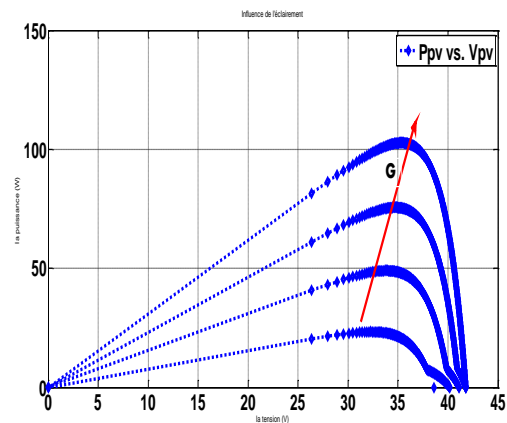


Fig. 3. Caractéristique P-V pour différentes valeur d'éclairages.

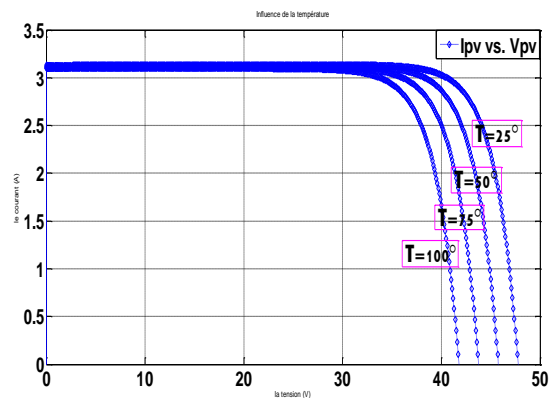


Fig. 4. Caractéristique I-V pour différentes valeur de température.

On remarque dans les deux premiers figures que le courant de court circuit varie proportionnellement à l'éclairement et donc proportionnellement à la puissance.

Et dans l'autre figure la tension à vide décroît avec la température .plus la température est élevée, plus V_{oc} est faible.



Le 3^{ème} Séminaire International sur les Energies Nouvelles et
Renouvelables
The 3rd International Seminar on New and Renewable
Energies

Unité de Recherche Appliquée en Energies Renouvelables,
Ghardaïa – Algérie 13, 14 Octobre 2014

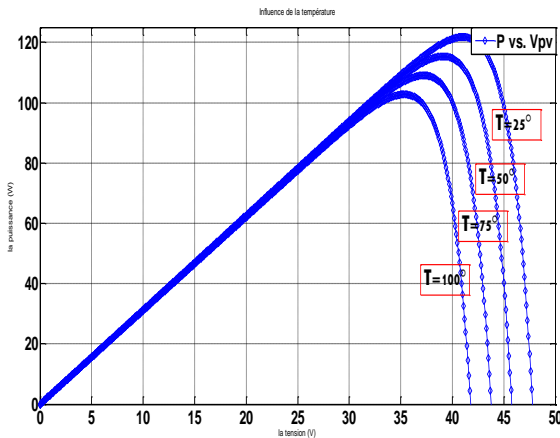


Fig. 5 Caractéristique P-V pour différentes valeur de température.

B. Algorithme de recherche de puissance maximale

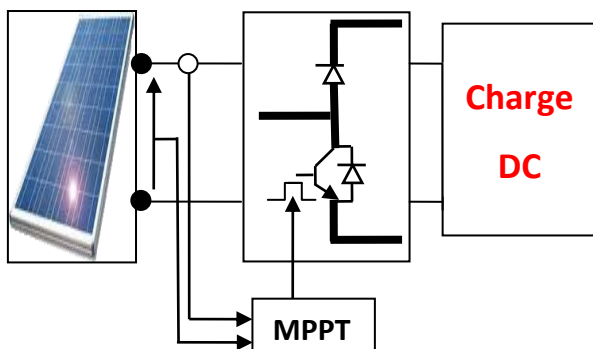


Fig. 6 Système photovoltaïque contrôlé par une commande MPPT.

Le circuit de puissance de base permettant l'illustration des techniques d'optimisation de la chaîne de conversion photovoltaïque, essentiellement à travers l'implémentation d'un algorithme de recherche et poursuite du point de puissance maximale (Maximum Power Point Tracking ou MPPT), est celui représenté ci-dessous **Fig6**.

La commande MPPT fait varier le rapport cyclique du convertisseur statique (I_{pv}, V_{pv}), de telle sorte que la puissance extraite du PV soit la plus importante possible

que permettent les conditions de fonctionnement (intensité de la radiation solaire, température et ombrage) et ce pour l'impédance de charge. Les techniques permettant d'automatiser et d'optimiser la procédure en question sont différentes:

- La méthode Look-up table.
- La méthode de la tension de circuit ouvert du générateur.
- La commande Perturb & Observ. [5]
- La commande « Incrément de conductance » [4].
- Les commandes basées sur le principe de la logique floue, à base de réseaux de neurones artificiels et à base des algorithmes génétique.

III. METHODE PROPOSEE

L'optimisation par essaim particuliaire est une méthode née en 1995 aux Etats Unis sous le nom de Particle Swarm Optimization (PSO), en anglais. Initialement, ses deux concepteurs, Russel Eberhart et James Kennedy, cherchaient à modéliser des interactions sociales entre des «particules» devant atteindre un objectif donné dans un espace de recherche commun, chaque particule ayant une certaine capacité de mémorisation et de traitement de l'information. La règle de base était qu'il ne devait y avoir aucun chef d'orchestre, ni même aucune connaissance par les particules de l'ensemble des informations, mais seulement des connaissances locales.

La métaphore la plus pertinente est probablement celle de l'essaim d'abeilles, particulièrement du fait qu'une abeille ayant trouvé un site prometteur sait en informer certaines de ses consœurs et que celles-ci vont tenir compte de cette information pour leur prochain déplacement. Finalement, le modèle s'est révélé être trop simple pour vraiment simuler un comportement social, mais par contre très efficace en tant qu'outil d'optimisation.

Les particules sont les individus et elles se déplacent dans l'espace de recherche à travers l'espace de travail est supposés de se déplacer à une vitesse initiale. Chaque particule représente une solution potentielle dans l'espace de recherche.

La nouvelle position d'une particule est déterminée en fonction de sa propre valeur et de celle de ses voisines.

Avec le temps, la vitesse de chaque particule est ajustée afin qu'il se déplace stochastique vers sa propre meilleure



**Le 3^{ème} Séminaire International sur les Energies Nouvelles et
Renouvelables**
**The 3rd International Seminar on New and Renewable
Energies**

Unité de Recherche Appliquée en Energies Renouvelables,
Ghardaïa – Algérie 13, 14 Octobre 2014



place et la meilleure place a trouvé par une autre particule dans son voisinage.

Un essaim de particule est caractérisé par :

- Le nombre de particules de l'essaim (nb).
- La vitesse maximale d'une particule (vmax).
- La topologie et la taille du voisinage d'une particule qui définissent son réseau social.
- Les coefficients de confiance $p1$ et $p2$, qui pondèrent le comportement conservateur (la tendance à retourner vers la meilleure solution visitée) et le panurgisme (la tendance à suivre le voisinage).

Une particule est caractérisée, à l'instant t par :

- Sa position dans l'espace de recherche.
- Sa vitesse.
- La position de la meilleure solution par la quelle elle est passéee P_{best} .
- La valeur de fitness de sa meilleure solution.
- La position de la meilleure solution de toutes les particules G_{best} .

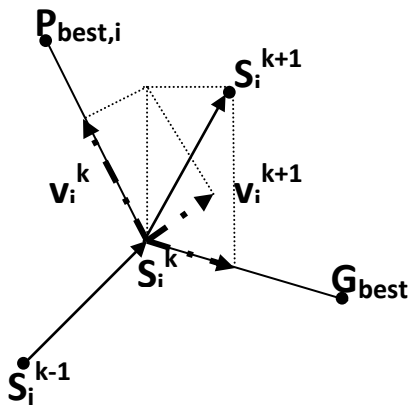


Fig. 7 Mouvement des particules.

L'algorithme de PSO est basé dessus la coopération des agents multiples qui échangent l'information obtenu en leur processus respectif de recherche [1], [2].

Le mouvement des agents est régi avec le suivant équations:

$$v_i^{k+1} = w * v_i^k + c1 * r1 * P_{best_i} + c2 * r2 * G_{best}.$$

$$s_i^{k+1} = s_i^k + v_i^{k+1}.$$

Dans ce travail les particules représente matrice (n X 2) contiens le courant et la tension : [1], [2]

$$s^k = [V_{ref}^1, \dots, V_{ref}^n; I_{ref}^1, \dots, I_{ref}^n]$$

Là où n représente la taille de l'essaim (le nombre de agents).

La fonction objective utilisée dans ce travail est mesure de puissance fournie par la rangée PV :

$$f(s^k) = P^k$$

IV. RESULTATS ET DISCUSSIONS

Afin de simuler le système et examiner la validité de l'approche proposée sur MATLAB-Simulink et implémenté l'algorithme de MPPT-PSO sur M-file en obtenue les résultats suivant dans plusieurs cas :

1)- Eclairage égale à 1kw/m2 et température T=298K :

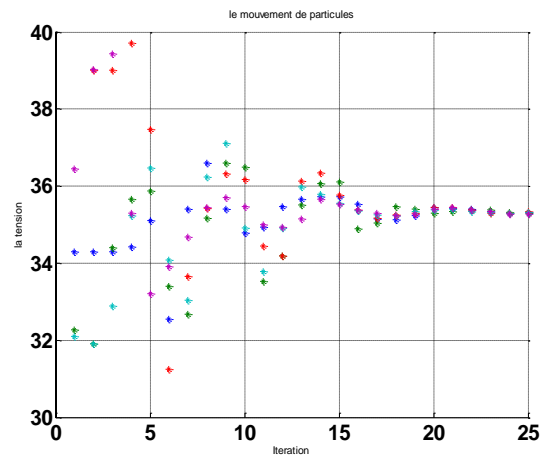


Fig. 8 Mouvement des particules tension



**Le 3^{ème} Séminaire International sur les Energies Nouvelles et
Renouvelables**
**The 3rd International Seminar on New and Renewable
Energies**
 Unité de Recherche Appliquée en Energies Renouvelables,
 Ghardaïa – Algérie 13, 14 Octobre 2014



$$F(Gbest) = P_{pv}^{max}$$

Qui aller a la position maximal correspond a la objective proposé.

2)- Eclairage égale à 1kw/m2 et température T=323K :

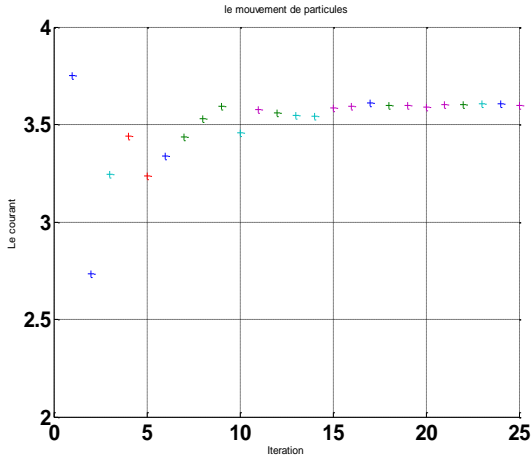


Fig. 9 Mouvement des particules courant

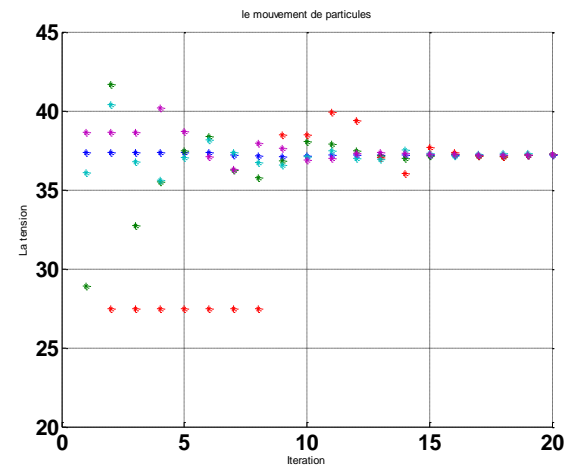


Fig.11 Mouvement des particules tension

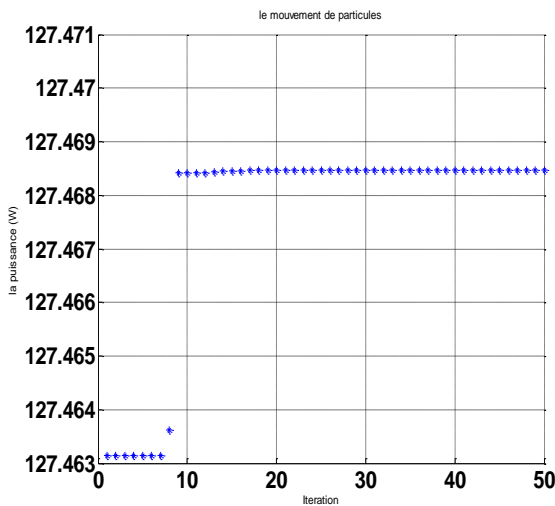


Fig. 10 Fonction objective des particules

La **Fig8** représente la position aléatoire des particules tension et leurs capacités pour atteindre à la tension désirée qui correspond la tension optimale pour la fonction objective que la puissance soit maximale.

La **Fig9** illustre les particules de courant qui tend vers le courant optimal qui correspond aussi à la puissance maximale désirée.

Et la troisième figure donne la puissance ou fbest qui égale :

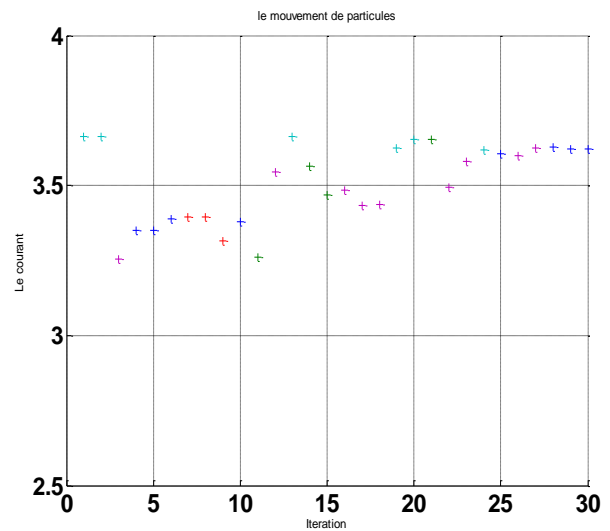


Fig. 12 Mouvement des particules courant



Le 3^{ème} Séminaire International sur les Energies Nouvelles et
Renouvelables
The 3rd International Seminar on New and Renewable
Energies

Unité de Recherche Appliquée en Energies Renouvelables,
Ghardaïa – Algérie 13, 14 Octobre 2014

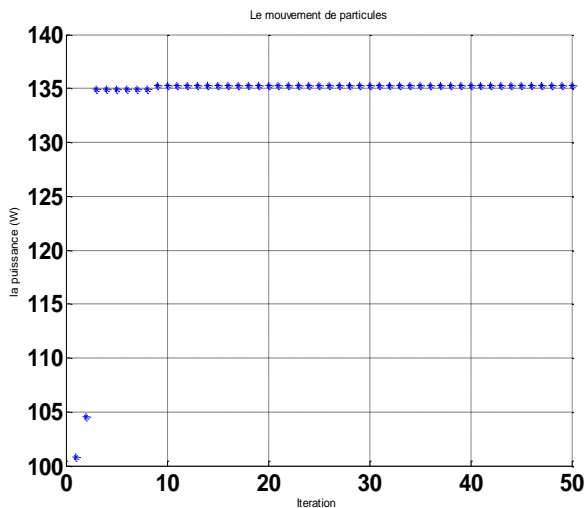


Fig. 13 Fonction objective des particules

De la même façon comme précédent les particules tension et courant placées aléatoirement en premier temps et après chaque itération changent de valeur pour atteindre la meilleure position qui correspond à la solution optimale de la fonction objective comme présentés dans les figures Fig11, 12,13.

Et en général en donne un tableau contient plusieurs cas avec variation d'éclairage et température constant, éclairage constant et variation de la température :

CONCLUSION :

Dans cette étude nous avons proposé une méthode basée sur un algorithme méta-heuristique par utilisation de la méthode par essaims de particules pour trouver le point optimal du courant et de la tension correspond à la puissance maximale dans un système PV.

Les résultats de simulation montrent l'efficacité de la stratégie de commande de MPPT dans plusieurs cas (variation de température et d'éclairage).

ANNEXE :

Paramètre du module photovoltaïque :

$$I_{CS}=3.56 \text{ A}; V_{CO}=42.1 \text{ V}; N_S=72; a=1.3977; K_i=0.065 \\ \%/^{\circ}\text{C}; K_v=0.08 \text{ V}/^{\circ}\text{C};$$

Paramètre du PSO:

$$w=0.5; C1=1.2; C2=1.6; \text{Itérationmax}=50; \\ N^{\text{bre}} \text{ particule}=5;$$

REFERENCES:

- [1] M.Miyatake,M.Veerachary,F.Torium,N.Fuji,H.Ko: maximum power point tracking of multiple photovoltaic arrays: A particle swarm optimization approach, IEEE Transaction on aerospace and electronic systems 2011.
- [2] K. Ishaque, Z.Salam,M.Amjad,S.Mekhilef: An improved particle swarm optimization (PSO) based MPPT for PV with reduced steady state oscillation, IEEE Transaction on power electronics vol 27, no8, august 2012.
- [3] T. Kamejima,V. Phimmason,Y.Kondo: The optimization of control parameters of based MPPT for PV, IEEE PEDS 2011 Singapore, 5-8 December 2011.
- [4] M. Lokanadham, K.Vijaya: incremental conductance based maximum power point tracking (MPPT) for PV system, International journal of engineering research and application (IJERA), ISSN: 2248-9622.
- [5] S. Alsadi,B.Alsayid MPPT simulation for PV system using P&O algorithm, International journal of engineering innovative technologies (IJEIT),ISSN:2277-3754.