

## Vérification expérimentale de la faisabilité de la poursuite solaire discontinue à deux positions pour panneaux PV à Adrar

El Y. Chachoua-Harmim \*, A. Harmim, A. Mammeri et M. Yaïchi

Unité de Recherche en Energies Renouvelables en Milieu Saharien, URERMS  
Centre de Développement des Energies Renouvelables, CDER  
B.P. 478, Route de Reggane, 11000, Adrar, Algérie

(reçu le 01 Août 2012 – accepté le 29 Décembre 2012)

**Résumé** - La vérification, par mesures expérimentales, de la faisabilité de la poursuite solaire discontinue à deux positions autour d'un axe vertical pour des panneaux solaires installés à Adrar fait l'objet de cet article. Les mesures effectuées sur site confirment la faisabilité de cette technique surtout pour les systèmes de pompage de petite et moyenne taille. Les mesures expérimentales ont montré que le gain énergétique est de l'ordre de 14 – 40 % en fonction du mois et de l'état du ciel. Ceci constitue une contribution au bon dimensionnement du système et à la réduction de son coût d'installation.

**Abstract** - The checking, by experimental measurements, of the feasibility of a discrete two-positional tracking system around a vertical axis for solar panels installed in Adrar is presented in this article. The measurements taken on site confirm the feasibility of this technique, especially for small and average size pumping systems. Experimental measurements showed that the energy profit is about 14-40% according to the month and cloud cover. It is a contribution to the good system sizing and the reduction of its installation cost.

**Mots clés:** Générateur PV - Poursuite solaire discontinue - Gain énergétique - vérification expérimentale.

### 1. INTRODUCTION

Pour maximiser l'éclairement solaire incident sur le plan d'ouverture des capteurs solaires, il est nécessaire d'utiliser les systèmes de poursuite solaire. En général il y a deux types de système de poursuite: à un seul axe et à deux axes. Neville [1] a montré théoriquement que pour les régions dont la latitude est proche de 30°, pour les modules PV inclinés d'un angle égal à la latitude du lieu et orientés plein sud, la puissance délivrée peut être améliorée de 41 % moyennant une poursuite à deux axes et de 36 % moyennant une poursuite à un seul axe.

Plusieurs autres travaux publiés par d'autres chercheurs [2-4] montrent que la poursuite solaire reste un moyen très efficace pour améliorer l'output des capteurs solaires. Mais cette technique nécessite des systèmes compliqués et un entretien régulier et minutieux, lorsqu'ils sont installés en milieu saharien caractérisé par des vents de sable fréquents et des écarts de températures importants.

Un compromis est obtenu en optant pour une poursuite discontinue. Cette poursuite assure des positions fixes pendant un certain temps durant la journée. Cette technique fait appel à de simples mécanismes qui ne consomment pas beaucoup d'énergie, car ils

---

\* chachouaelyakout@yahoo.fr

fonctionnent par impulsions. Du point de vue circuits électroniques de commande, cette technique est bien maîtrisée.

La faisabilité d'une poursuite solaire discontinue a été étudiée par Huang [5] dans le cas d'un seul axe avec trois positions. Il a montré que l'utilisation d'une poursuite solaire discontinue avec un seul axe et trois positions améliore l'output des panneaux PV de 24.5 % par rapport aux panneaux orientés plein sud avec une inclinaison inférieure à 50°. Cette technique nécessite une sonde de position solaire qui permet de déterminer le moment pour commuter le panneau à la prochaine position.

Tomson [6] a étudié les performances des collecteurs solaires en poursuite discontinue à deux positions autour de l'axe nord-sud (axe d'inclinaison du panneau) pour les régions nordiques dont la latitude est autour de 60°. Il a montré que le gain énergétique saisonnier est amélioré de 10-20%.

Dans un article précédent [11], nous avons présenté l'étude théorique de la poursuite solaire discontinue à deux positions autour d'un axe vertical pour l'amélioration du gain énergétique des panneaux photovoltaïques installés sur plusieurs sites algériens. Le présent article porte sur une vérification, par mesures expérimentales, du gain énergétique réalisé moyennant cette technique dans la région d'Adrar.

## 2. CONCEPT DE LA POURSUITE SOLAIRE A DEUX POSITIONS AUTOUR D'UN AXE VERTICAL

En figure 1, est présenté le schéma descriptif montrant le concept de la poursuite solaire à deux positions autour d'un axe vertical. Cette technique fait appel à de simples mécanismes qui ne consomment pas beaucoup d'énergie, car ils fonctionnent par impulsions. Du point de vue circuits électroniques de commande, cette technique est bien maîtrisée. Le mécanisme ajuste le capteur solaire à deux positions à angle d'inclinaison  $\beta$  fixe et égal à la latitude du lieu considéré: Position Est durant la matinée et Position Ouest durant l'après-midi.

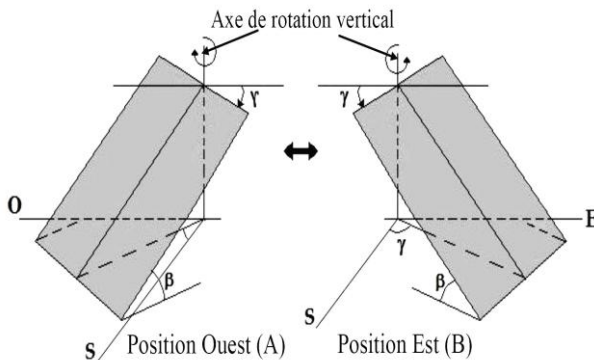


Fig. 1: Concept de la poursuite solaire discontinue à axe vertical avec deux positions

Par rapport à l'orientation plein sud, les deux positions (A) et (B) représentées sur la figure 1 sont obtenues par pivotement autour de l'axe vertical d'un angle azimut  $\gamma$  (négatif vers l'Est et positif vers l'Ouest).

L'angle azimut optimal d'une poursuite discontinue à deux positions autour d'un axe vertical peut être déterminé en calculant l'irradiation solaire globale incidente sur la

surface du capteur en fonction de la latitude du lieu et de la période de fonctionnement (mois, saison) considérées.

### 3. METHODOLOGIE

Afin de comparer expérimentalement l'irradiation journalière collectée sur une surface plane inclinée à la latitude du lieu et orientée plein sud avec celle collectée sur une surface plane inclinée à la latitude du lieu et sujette à une poursuite solaire discontinue à deux positions autour de midi TSV par rapport à un axe normal à l'horizontale, on réalise le banc d'essai expérimental composé des éléments suivants:

- trois (03) pyranomètres de mêmes caractéristiques (CM11);
- une (01) acquisition de données;
- trois (03) supports permettent l'installation des trois pyranomètres et assurant la possibilité de changement d'orientation autour de l'axe normal à l'horizontale.

Le pyranomètre de référence est monté en position fixe ( $\beta = 28 \text{ deg.}$  et  $\gamma = 0$ ). Les deux autres pyranomètres sont installés sur un support d'inclinaison fixe ( $\beta = 28 \text{ deg.}$ ) et permettant la rotation autour d'un axe vertical suivant un angle  $\gamma$  négatif pour celui orienté vers l'Est et positif pour celui orienté vers l'Ouest.

La réalisation des différents supports a été effectuée, conformément aux dessins descriptifs (Fig. 2 et 3) qui sont établis après consultations de plusieurs références relatives à l'installation de l'instrumentation météorologique.

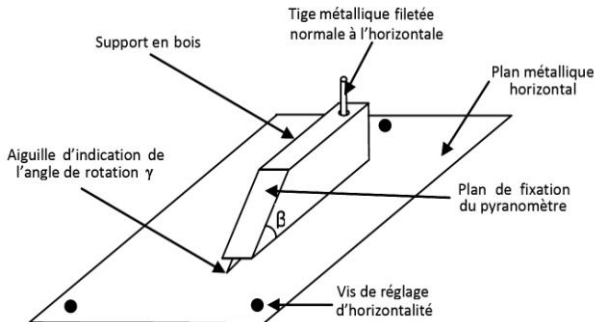


Fig. 2: Schéma global du support d'un pyranomètre prévu pour le banc d'essai expérimental

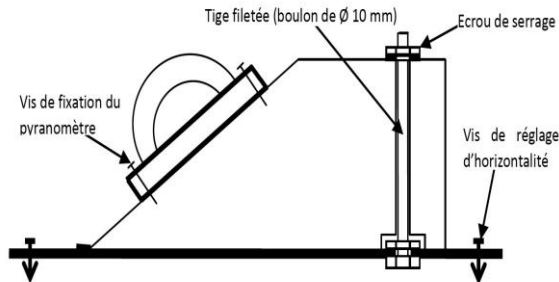


Fig 3: Schématisation des principaux détails de fixation du pyranomètre sur le support orientable

Le banc d'essai est installé sur le toit d'une cabine saharienne bien ensoleillée. Comme montrés sur la photo de la figure 4, les trois supports sont fixés après avoir repéré l'axe Nord-Sud. Les différents pyranomètres sont reliés à une acquisition de données de type Fluke Hydra 2635A dont le pas d'enregistrement a été fixé à 20 secondes.

Le pyranomètre de référence est monté en position fixe ( $\beta = 28$  deg. et  $\gamma = 0$ ). Pour les deux autres, l'angle de pivotement  $\gamma$  (positif pour l'un et négatif pour l'autre) est fixé selon le mois durant lequel le test est effectué.



Fig. 4: Photo montrant l'installation des trois pyranomètres installés sur une cabine saharienne à Adrar

La campagne des tests a débuté en Juin 2011. L'angle de pivotement  $\gamma$  considéré pour les différents mois de tests est donné comme suit, [11]:

Mois	Angle de pivotement $\gamma$ (°)
Juin	90
Juillet	90
Septembre	62
Octobre	46
Novembre	38
Décembre	35

Pendant chaque mois, on fait des mesures sur juste quelques jours, pour la connaissance de l'irradiation solaire lors du tracking. Afin de mener une étude complète, il est souhaitable de faire les mesures quotidiennement, de considérer les journées ensoleillées, ainsi que les journées à ciel couvert avec une composante diffuse importante.

La plupart du temps, nous étions obligés d'utiliser uniquement deux pyranomètres, le troisième étant défectueux. Les résultats de ces tests ne sont pas très précis.

#### 4. RESULTATS ET DISCUSSION

A titre d'exemple, nous montrons en figure 5 les résultats obtenus pour le 22 juin 2011. Cette journée est caractérisée par une matinée sous un ciel légèrement couvert de nuages brumeux avec une composante diffuse assez importante. Ceci se traduit par un

faible écart entre la courbe relative au pyranomètre orienté vers l'Est et celle relative au pyranomètre orienté plein Sud.

Au début de l'après-midi, le ciel est beaucoup plus clair avec un passage nuageux dense à partir de 17h. Les différentes intégrations effectuées sur les courbes de la figure 5 ont données les résultats suivants:

- L'irradiation journalière incidente sur le plan orienté plein sud est de 6744 Wh/m<sup>2</sup>.
- L'irradiation journalière incidente sur le plan pivotant entre la position Est ( $\gamma = -90$  deg.) et Ouest ( $\gamma = 90$  deg.) est de 8545 Wh/m<sup>2</sup>.

Le gain qui résulte en optant pour la configuration exploitant le plan pivotant est de l'ordre de 26.7 %. Le résultat obtenu théoriquement par les calculs, [11] est de 29.4 % pour la journée représentative du même mois.

Si on suppose que le seuil critique pour le démarrage de notre pompe est de l'ordre de 200 W/m<sup>2</sup> pour une certaine hauteur de pompage, alors le gain énergétique réel sera de l'ordre de 25.5 %.

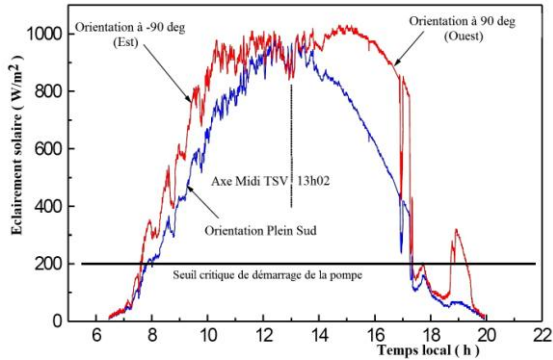


Fig. 5: Evolution de l'éclairement solaire mesuré sur un plan orienté plein sud et incliné à la latitude d'Adrar comparé à celui mesuré sur un plan incliné à la latitude d'Adrar et pivotant entre deux positions fixes ( $\gamma = -90$  deg. et  $\gamma = 90$  deg.), (22/06/11)

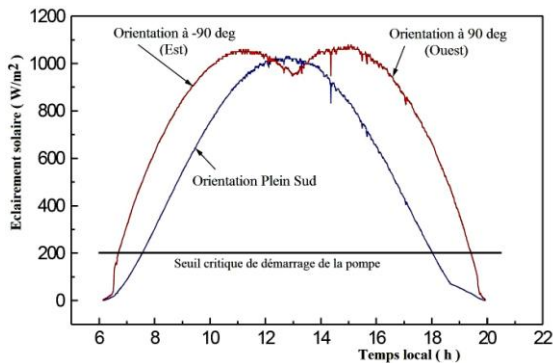


Fig. 6: Evolution de l'éclairement solaire mesuré sur un plan orienté plein sud et incliné à la latitude d'Adrar comparé à celui mesuré sur un plan incliné à la latitude d'Adrar et pivotant entre deux positions fixes ( $\gamma = -90$  deg. et  $\gamma = 90$  deg.), (29/06/11)

Pour une journée à ciel complètement dégagé (aucun passage nuageux), les résultats sont présentés à la figure 6. Au cours de cette journée, la composante directe du rayonnement solaire est plus importante. Le gain énergétique sera alors plus élevé.

En effet, du lever au coucher du soleil, le gain est de l'ordre de 39.4 %. Si on tient compte du seuil critique du démarrage de notre pompe, le gain énergétique sera alors de 42.8 %.

En dehors de la période estivale, le gain énergétique sera moins important. En effet comme montré sur la figure 7 relative à la journée du 26 octobre 2011, le gain énergétique est de l'ordre de 14.65 %.

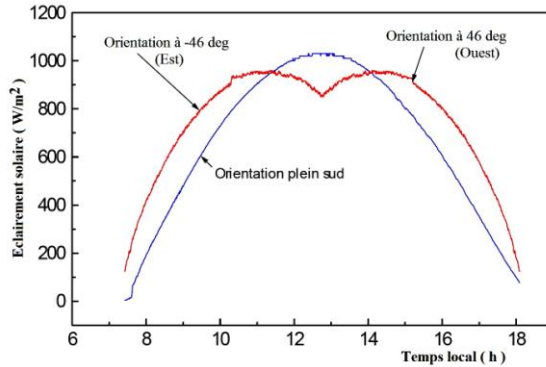


Fig. 7: Evolution de l'éclairement solaire mesuré sur un plan orienté plein sud et incliné à la latitude d'Adrar comparé à celui mesuré sur un plan incliné à la latitude d'Adrar et pivotant entre deux positions fixes ( $\gamma = -46$  deg. et  $\gamma = 46$  deg.), (26/10/11)

## 5. CONCLUSION

L'analyse des résultats de mesures démontre que la poursuite discontinue à deux positions autour d'un axe vertical améliore nettement l'irradiation solaire incidente sur le panneau solaire installé dans la région d'Adrar. Le gain énergétique est de l'ordre de 14 – 40 % en fonction du mois considéré ainsi que de l'état du ciel.

La mise en place de cette technique constitue une contribution au bon dimensionnement du générateur photovoltaïque d'un système de pompage et à la réduction de son coût d'installation. Cette technique est sans aucun doute efficace dans les zones caractérisées par une importante composante directe du rayonnement solaire.

Un travail de cartographie est envisagé pour délimiter les zones où l'on peut se contenter d'une configuration unifiée en matière d'angle d'inclinaison et d'angle azimut mensuels à appliquer au générateur photovoltaïque à installé dans ces zones.

## REFERENCES

- [1] R.C. Neville, 'Solar Energy Collector Orientation and Tracking Mode', Solar Energy, Vol. 20, N°1, pp. 7 – 11, 1978.
- [2] Z. Li, X. Liu and R. Tang, 'Optical Performance of Vertical Single-Axis Tracked Solar Panels', Renewable Energy, Vol. 36, N°1, pp. 64 – 68, 2011.

- [3] M. Kacira, M. Simsek, Y. Babur and S. Demirkol, '*Determining Optimum Tilt Angles and Orientations of Photovoltaic Panels in Sanliurfa, Turkey*', Renewable Energy, Vol. 29, N°8, pp. 1265 – 1275, 2004.
- [4] A. Al-Mohamad, '*Efficiency Improvements of Photo-Voltaic Panels Using a Sun Tracking System*', Applied Energy, Vol. 79, N°3, pp. 345 – 354, 2004.
- [5] B.J. Huang and F.S. Sun, '*Feasibility Study of One Axis Three Positions Tracking Solar PV with Low Concentration Ratio Reflector*', Energy Conversion and Management, Vol. 48, N°4, pp. 1273 – 1280, 2007.
- [6] T. Tomson, '*Discrete Two-Positional Tracking of Solar Collectors*', Renewable Energy, Vol. 33, N°1, pp. 400 - 405, 2008.
- [7] B.Y.H. Liu and R.C. Jordan, '*The Long-Term Average Performance of Flat-Plate Solar Energy Collectors: With Design Data for the US, Its Outlying Possessions and Canada*', Solar Energy, Vol. 7, N°2, pp. 53 – 74, 1963.
- [8] J.A. Duffie and W.A. Beckman, '*Solar Engineering of Thermal Processes*', Wiley Interscience, New York, 1980.
- [9] A. Rabl, '*Active Solar Collectors and Their Applications*', Oxford University Press, Oxford, 1981.
- [10] M. Capderou, '*Atlas Solaire de l'Algérie*', Tome 2, Office des Publications Universitaires, Alger, 1985.
- [11] El.Y. Chachoua-Harmim, A. Harmim and A. Mammeri, '*Estimation du Gain Energétique d'un Panneau PV avec Poursuite Discontinue à Deux Positions en Plusieurs Sites Algériens*', Congrès National de la Physique et de ses Applications, CNPA'2010, Ouargla, 24 - 26 Octobre 2010.