



Conception et Etude Expérimentale d'une Configuration du Capteur Hybride PVT à Air Variable

K. Touafek*, I. Tabet, A. Khelifa, M.T.baissi, H. Haloui et H. Ben Cheikh El Hocine

Unité de Recherche Appliquée en Energies Renouvelables, URAER, Centre de Développement des Energies
Renouvelables, CDER, 47133, Ghardaïa, Algeria

*khaledtouafek@uraer.dz

Abstract— Le système hybride photovoltaïque/thermique à air regroupe un module photovoltaïque, qui produit de l'électricité, à un capteur thermique, disposé derrière ce panneau. La chaleur résiduelle qui vient du capteur photovoltaïque, se transfère par conduction et convection à l'intérieur du canal du capteur thermique, si bien, qu'une ventilation du capteur photovoltaïque permet d'améliorer sa productivité électrique.

L'objectif de notre travail est d'étudier l'effet de la variation de l'intervalle de la couche de circulation de l'air à chauffer par les cellules solaires. Pour cela on insère une plaque en aluminium d'épaisseur faible entre le module PV et l'isolation

Mots clés— Capteur solaire, Photovoltaïque, Air, Absorbeur

I. INTRODUCTION

Le grand problème des cellules solaires est la température. En effet, la température de fonctionnement (lors du passage d'un courant électrique) lorsqu'elle dépasse un certain seuil perturbe la conversion photovoltaïque et le rendement électrique se trouve influencé négativement. Le refroidissement des cellules par un fluide (air ou liquide) permet de diminuer cette température et assurer un bon rendement de conversion. Les capteurs hybrides photovoltaïques thermiques (PVT) sont des capteurs combinés qui assurent le fonctionnement à une température proche des conditions standards [1- 6].

En plus du refroidissement des cellules, on obtient une énergie calorifique qui peut être utilisée pour le chauffage de l'eau ou de l'air.

Les capteurs hybrides à air [7,8] peuvent être utilisés dans les façades des immeubles ou sur les terrasses. Ils permettent de produire simultanément de l'électricité continue ainsi que de l'air chauffé.

Plusieurs travaux de recherche sur la modélisation de ces capteurs ont été effectués dans des laboratoires [9,10]. L'objectif est de trouver les meilleures configurations possibles et les meilleurs rendements. L'aspect de fiabilité et de coût est aussi pris en compte dans plusieurs études [11].

II. CONCEPTION ET ETUDE DU CAPTEUR A AIR VARIABLE

Le capteur hybride étudié dans ce travail est constitué essentiellement d'un module photovoltaïque sous lequel est mis un absorbeur en aluminium. De l'air circule au-dessous de l'absorbeur et sort chauffé (Figure 1). La largeur de l'air étant variable, ceci va nous aider à optimiser la largeur de passage de l'air chauffée.

La largeur de l'air est très importante surtout si on envisage d'utiliser ce type de capteur hybride dans les façades des immeubles (pour chauffer de l'air intérieur et assurer de l'énergie électrique en même temps).



Fig.1. Capteur hybride à air variable étudié

Le capteur PVT à air (Fig.2) est composé par deux parties : un module photovoltaïque et un capteur thermique à air. Le capteur thermique est constitué par deux plaques métalliques, ces deux plaques montés sur une boîte métallique, en ajoute un isolant sur la partie bas de la boîte métallique pour minimiser les pertes de chaleur vers l'atmosphère.

On laisse des ouvertures sur les deux côtés de la boîte métallique pour laisser l'air circuler.

On obtient finalement un canal. Dans ce canal d'air en ajoute une plaque en aluminium afin d'augmenter la surface d'échange.



Fig. 2. Photo du prototype capteur hybride PVT à air

Nous avons utilisés pour notre étude plusieurs types des dispositifs de mesure dans le but de mesurer les paramètres du capteur (température, rayonnement globale,...) on va les présentées par la suite.

Nous avons utilisé une acquisition de données de type Agilent 34970 DATA, RS232 pour déterminer les valeurs de température

Le thermocouple (figure 3- b) est un capteur utilisé pour mesurer la température. Les thermocouples sont constitués de deux pattes métalliques à partir de métaux différents. Les fils pattes sont soudés ensemble à une extrémité, ce qui crée une jonction. Cette jonction est l'endroit où la température est mesurée. Lorsque la jonction subit une variation de température, une tension est créée. La tension peut alors être interprétée à l'aide des tables de référence pour thermocouples (lien) pour calculer la température.

Le thermocouple de type « k » est requis pour mesurer des températures de 200 à 2000 °c ou il joue le rôle de thermomètre très précis

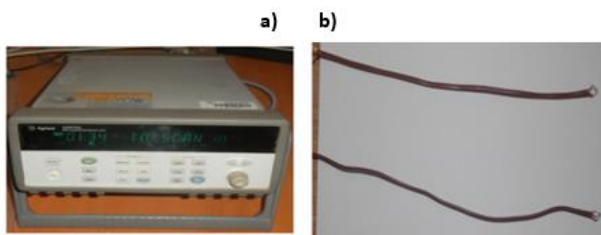


Fig. 3. Instrument de mesure utilisé dans l'étude expérimental

a)- acquisition des données, b) thermocouple type K

Les essais que nous avons faits sur le prototype étaient en plusieurs étapes.

- Mesure de la température de chaque élément du capteur PVT et du module photovoltaïque.
- Mesure de la température de l'air dans le capteur PVT et la température de l'air à l'entrée et à la sortie du capteur.

III. RÉSULTATS OBTENUS

Les figures 4 jusqu'à 12 présentent les résultats expérimentaux des tests sur le capteur hybride photovoltaïque thermique à air dans les jours 21, 25, 29 avril 2016. La variation horaire de l'éclairement solaire direct normal, diffuse horizontal et global horizontal, la température ambiante et la vitesse du vent sont représentés sur les figures 4- 6.

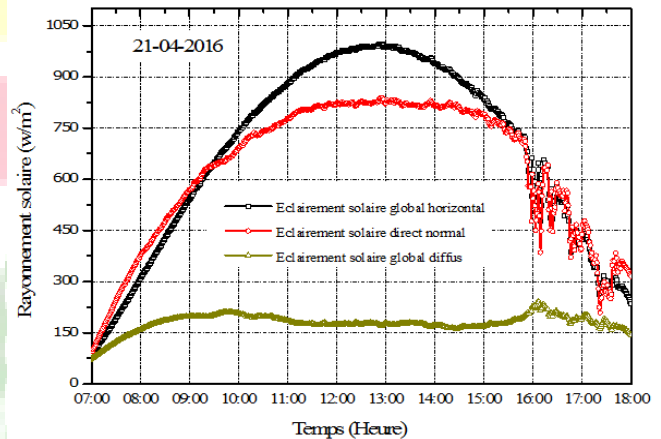


Fig. 4. Evolution de l'éclairement solaire globale pendant le jour 21/04/2016

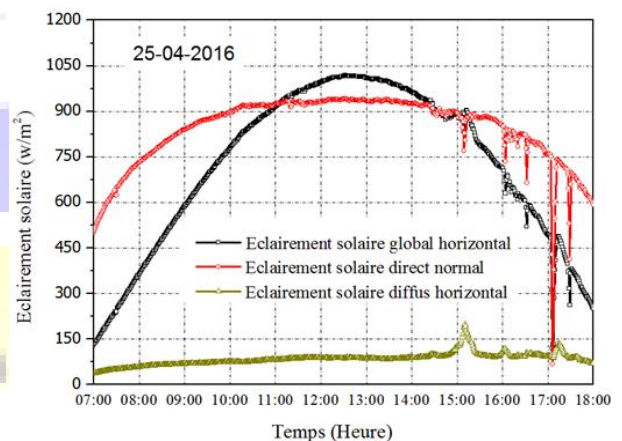


Fig. 5. Evolution de l'éclairement solaire globale pendant le jour 25/04/2016



Le 4^{ème} Séminaire International sur les Energies Nouvelles et Renouvelables

The 4th International Seminar on New and Renewable Energies

Unité de Recherche Appliquée en Energies Renouvelables,
Ghardaïa – Algeria 24 - 25 Octobre 2016

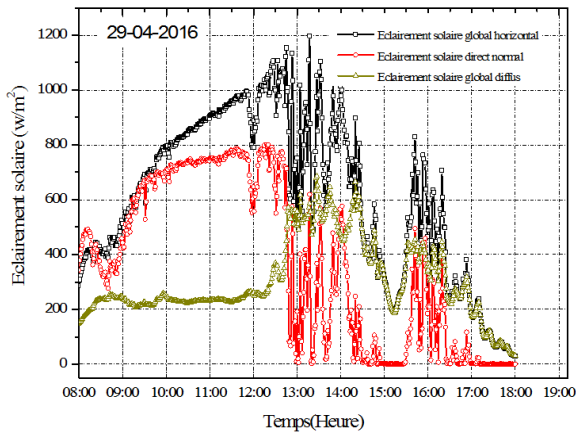


Fig. 6. évolution de l'éclairement solaire globale pendant le jour 29/04/2016

Ces données et les différentes conditions climatiques (humidité, pression atmosphérique, soleil, etc.) ont été obtenues par la station météorologique et radiométrique située dans l'unité de recherche appliquée dans les énergies renouvelables (Ghardaïa).

On remarque que les journées de tests idéales pour notre étude sont celles du 21, 25, 29 avril 2016. En effet, pour ces trois journées, on a un éclairement global qui dépasse 1000 W/m² avec une petite perturbation à cause des nuages.

Les figures 7- 9 illustrent l'évolution de la température ambiante pendant les jours 21, 25, 29 avril 2016, la température ambiante atteint des valeurs maximales entre 10 heures et 13 heures.

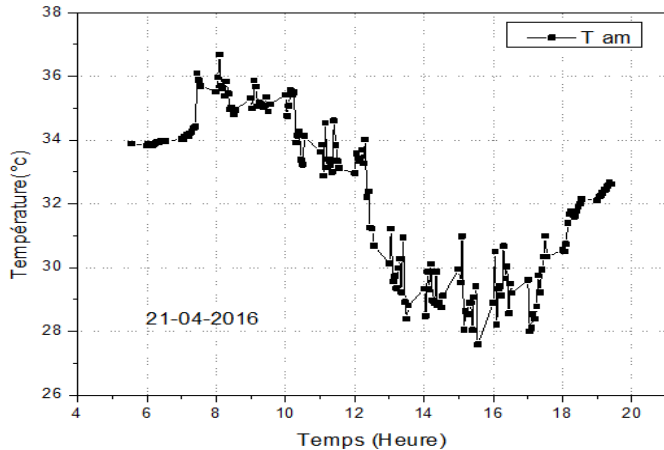


Fig. 7. Evolution de la température pendant le jour 21/04/2016

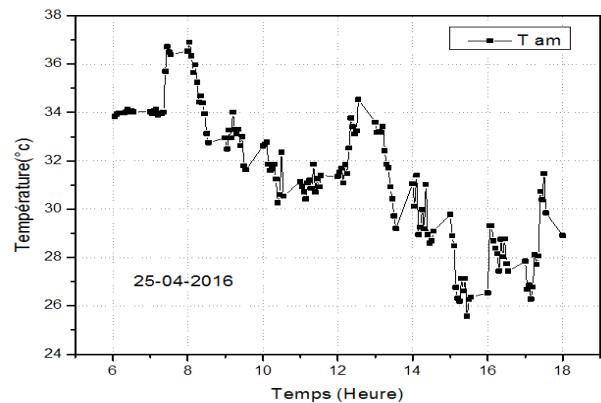


Fig. 8. évolution de la température pendant le jour 25/04/2016

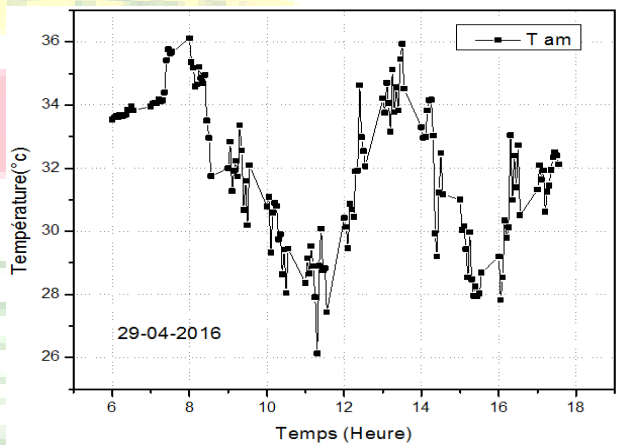


Fig. 9. évolution de la température pendant le jour 29/04/2016

Les figures 10-12 montrent l'évolution de la température d'air à l'entrée et à la sortie du capteur PVT, le fluide s'écoule dans le capteur avec un débit massique égal à 1.17 kg/s. La plaque absorbante en aluminium est placée en deux positions dans le canal.

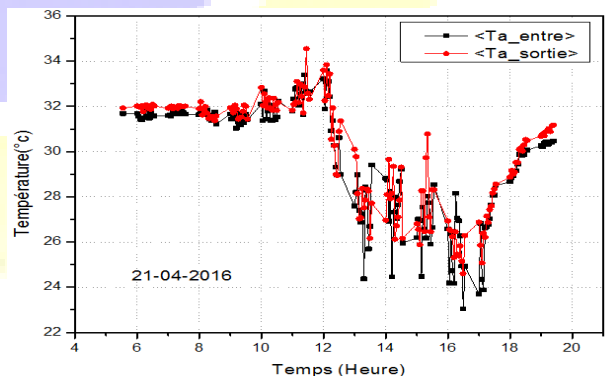


Fig. 10. Variation de la température l'air à l'entrée et la sortie du capteur (la plaque en haut du canal d'air)



Le 4^{ème} Séminaire International sur les Energies Nouvelles et Renouvelables

The 4th International Seminar on New and Renewable Energies

Unité de Recherche Appliquée en Energies Renouvelables,
Ghardaïa – Algérie 24 - 25 Octobre 2016



La température du fluide à la sortie du capteur atteint 35°C et 33 dans les 21,25 avril 2016. Et 41 en 29 avril 2016, la température de l'air coïncide avec les valeurs maximales de l'éclairement solaire incident sur la surface du capteur.

G : L'éclairement solaire global incident sur la surface du capteur PVT (w/m^2).

S : surface du capteur PVT en m^2

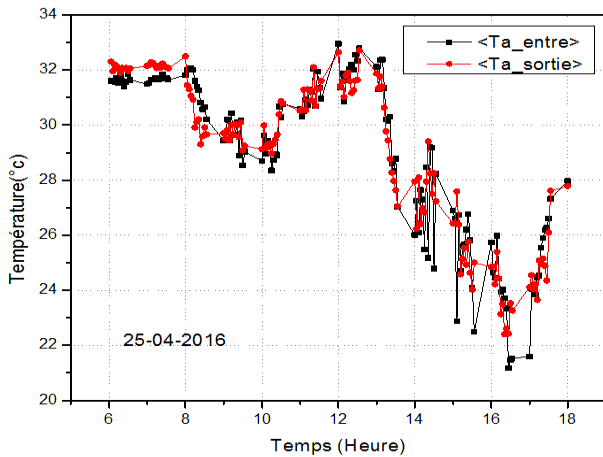


Fig. 11. variation de la température l'air à l'entrée et la sortie du capteur PVT (la plaque au milieu du canal d'air)

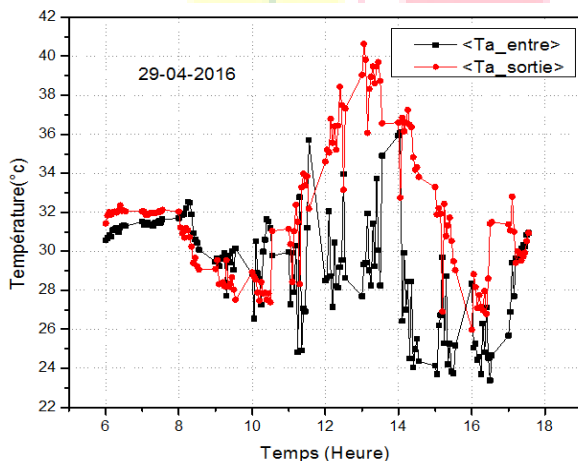


Fig. 12. variation de la température l'air à l'entrée et la sortie du capteur PVT (la plaque au milieu du canal)

Le rendement thermique instantané du capteur hybride PVT à air est égale le rapport de la puissance utile sur la puissance capté par le capteur.

$$\eta_{th} = \frac{\dot{m}c_p(T_{fs} - T_{fe})}{S \cdot G}$$

Avec

\dot{m} : est le débit massique du l'air, dans notre essais nous avons choisi la valeur du débit massique est égale 1.17 Kg/s.

T_{fs} : Température du l'air à la sortie de l'air (°C).

T_{fe} : Température de l'air à l'entrée de l'air (°C).

Les figures 13 et 14 montrent la variation au cours de la journée 21 et 25 avril 2016 du rendement thermique instantané de notre capteur hybride PV/T à air. Il atteint le maximum dans l'intervalle du temps entre 13h et 15h.

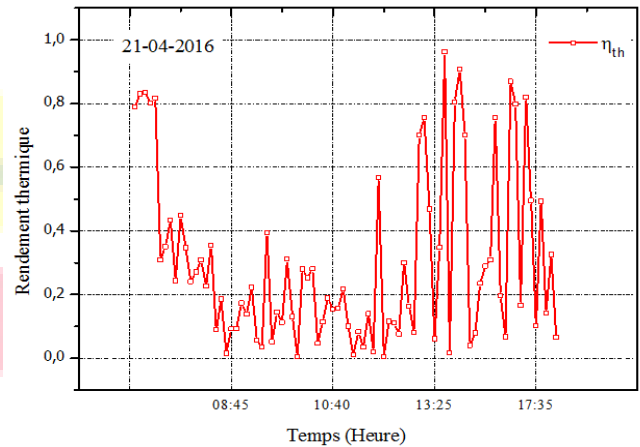


Fig. 13. Le Rendement thermique du capteur hybride PVT à air (21/04/2016)

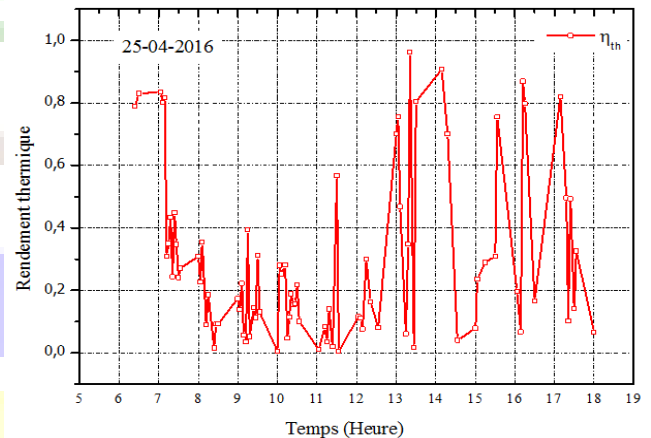


Fig. 14. Le Rendement thermique du capteur hybride PVT (25/04/2016)

IV. CONCLUSIONS

Nous avons présenté dans ce travail une étude expérimentale d'un capteur hybride PVT avec une nouvelle configuration de refroidissement de l'air, ce capteur a été réalisé au sein de l'unité de recherche appliqué en énergie renouvelable de



Le 4^{ème} Séminaire International sur les Energies Nouvelles et Renouvelables

The 4th International Seminar on New and Renewable Energies

Unité de Recherche Appliquée en Energies Renouvelables,
Ghardaïa – Algeria 24 - 25 Octobre 2016



Ghardaïa. Il nous a permis de voir d'influence de l'espace de passage de l'air à chauffé sur les performances thermiques du capteur. Pour les mesures, nous avons relevé les performances thermiques pour chaque espace étudié (en variant la plaque absorbante).

La variation de l'espace de passage de l'aire n'influe pas grandement sur le rendement du capteur.

La présence de la plaque d'aluminium au milieu de l'espace de passage de l'aire favorise l'absorption et donc diminue le chauffage de l'aire. C'est pourquoi, il est préférable de mettre cette plaque au voisinage de la couche inférieur du module (collée à la couche de tedlar) afin d'augmenter l'échange de chaleur vers le fluide (air) et avoir par conséquent un bon rendement thermique et un bon refroidissement des cellules solaires.

REFERENCES

- [1] Christian Cristofari et al (2009). "Thermal behavior of a copolymer PV/Th solar system in low flow rate conditions", Solar Energy 83 (2009) 1123–1138
- [2] M. Arif Hasan, K. Sumathy. "Photovoltaic thermal module concepts and their performance analysis: A review", Renewable and Sustainable Energy Reviews 14 (2010) 1845–1859
- [3] Ibrahim, A., M. Y. Othman, et al. (2011). "Recent advances in flat plate photovoltaic/thermal (PV/T) solar collectors." Renewable and Sustainable Energy Reviews 15(1): 352-365.
- [4] Aste, N., Del Pero, C., & Leonforte, F. (2014). Water flat plate PV–thermal collectors: A review. Solar Energy, 102, 98-115 [3] Tyagi, V. V., S. C. Kaushik, et al. (2012). "Advancement in solar photovoltaic/thermal (PV/T) hybrid collector technology." Renewable and Sustainable Energy Reviews 16(3): 1383-1398.
- [5] Zhang, X., Zhao, X., Smith, S., Xu, J., & Yu, X. (2012). Review of R&D progress and practical application of the solar photovoltaic/thermal (PV/T) technologies. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 16(1), 599-617.
- [6] Rajoria, C. S., Agrawal, S., Tiwari, G. N., & Chaurasia, G. S. (2015). Exergetic and enviroeconomic analysis of semitransparent PVT array based on optimum air flow configuration and its comparative study. Solar Energy, 122, 1138-1145.
- [7] Touafek, K., Haddadi, M., & Malek, A. (2013). Design and modeling of a photovoltaic thermal collector for domestic air heating and electricity production. Energy and Buildings, 59, 21-28.
- [8] Pei Gang et al. "A numerical and experimental study on a heat pipe PV/T system", Solar Energy 85 (2011) 911–921
- [9] Rajoria, C. S., Agrawal, S., & Tiwari, G. N. (2012). Overall thermal energy and exergy analysis of hybrid photovoltaic thermal array. Solar Energy, 86(5), 1531-1538.
- [10] Amrizal, N., D. Chemisana, and J. I. Rosell. "Hybrid photovoltaic–thermal solar collectors dynamic modeling", Applied Energy 101 (2013): 797-807.
- [11] Rajoria, C. S., Agrawal, S., Dash, A. K., Tiwari, G. N., & Sodha, M. S. (2016). A newer approach on cash flow diagram to investigate the effect of energy payback time and earned carbon credits on life cycle cost of different photovoltaic thermal array systems. Solar Energy, 124, 254-267.