



Amélioration des performances énergétiques des capteurs hybrides PVT en circulation forcée

K. Touafek[#], A. Khelifa, H. Haloui, I. Tabet, H. Ben cheikh El Hocine, M. Adoune

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

[#]khaledtouafek@uraer.dz

Résumé— Les capteurs hybrides photovoltaïques thermiques (PVT) convertissent l'énergie solaire reçu en deux types d'énergies : électrique et calorifique. La différence principale pour les différentes configurations de ces capteurs hybrides, réside dans la nature et le design de leurs absorbeurs. Dans cet article, une configuration en cuve du capteur hybride est étudiée. On s'est intéressé à la circulation forcée du fluide caloporteur. Afin de voir ses performances énergétiques, nous les avons comparés avec celles du capteur photovoltaïque classique. Les résultats de l'étude expérimentale ont été exposés.

Mot clés —Hybride, Expérimentale, Cuve, PVT, Rendement

I. INTRODUCTION

Nous avons effectué notre étude pour une circulation forcée du fluide caloporteur (l'eau) en utilisant une pompe.

Le rayonnement global a été mesuré par le pyranomètre. La vitesse du vent est de 1m/s. Le capteur hybride PVT a été branché à un réservoir d'eau contenant 80L, et vu que le volume d'eau qui circule dans l'échangeur de chaleur (13.65L), soit 6 fois celui de réservoir, nous avons considéré que le circuit est ouvert et que l'eau chaude est consommée et renouvelée en permanence.

Notons que les travaux de recherche sur les capteurs solaires hybrides ont débutés dans les années 70 et ont été intensifiés dans les années 80. EN 2005 Zondag [1] propose un état de l'art sur les capteurs hybrides solaires photovoltaïques en se basant sur le rapport du projet européen PV-Catapult [2]. Parmi les premiers études recensées par Zondag[1], certains mettent l'accent sur l'évolution de la configuration de la géométrie des composants et d'autres sur la méthode de modélisation.

Ainsi Wolf [3], en 1976, a proposé une étude d'un capteur photovoltaïque à base de silicium couplé à un système de stockage de chaleur. Kern et Russel en 1978 [4], donnent les principes de base des capteurs solaires employant de l'eau ou de l'air comme fluide caloporteur. Hendrie, en 1982[5] développe un modèle théorique de système photovoltaïque thermique (PVT), Raghuraman [6] présente des méthodes

numériques pour la prévision des performances des capteurs plans PV/T à eau ou à air.

Plusieurs instituts et centres de recherches dans le monde ont étudié des capteurs hybrides utilisant de l'air ont été évalués expérimentalement, analytiquement et économiquement. Sandberg et Moshfegh [7,8] proposent l'étude théorique et expérimentale des phénomènes thermiques et aérodynamiques au sein d'une lame d'air. Ainsi Grag et Addhikari en 1999 [9] donnent un programme de modélisation d'un capteur PV/T à air permettant de prédire les productivités thermiques électriques.

Hegazy présente une étude comparative des quatre prototypes du capteur hybride photovoltaïque thermique PV/T à air [10-12]. L'absorbeur dans chaque prototype (I, II, III, IV) à une position par rapport à l'air.

Les résultats de la simulation montrent que le prototype I a le plus faible rendement global, alors que le prototype III semble donner les meilleures performances pour un fort ensoleillement et peut être aisément assemblé en usine. Les résultats obtenus ont montré de plus que pour faibles débits massiques de ventilation, l'utilisation d'un absorbeur sélectif est inappropriée pour ce type de capteur solaire car elle réduit la production d'énergie électrique.

Notons que le prototype I est refroidi au-dessus de l'absorbeur, et le prototype II en dessous, de part et d'autre (prototype III) de l'absorbeur. Et par double circulation d'air (prototype IV).

Et puis en 2003 Mei et al [13], Cartmell et al [14], présentent dans la même période successivement les modèles des capteurs hybrides PV/T sur les façades et les toitures des bâtiments, ces études s'inscrivent dans le prolongement d'un projet européen précédent [15].

II. LE CAPTEUR HYBRIDE PVT

La figure 1 montre le système étudié dans notre cas. Il s'agit d'une configuration simple. L'absorbeur étant en cuve et son matériau est en acier galvanisé. La circulation du fluide



caloporteur étant forcée. Pour cela on utilise une pompe électrique de débit variable.

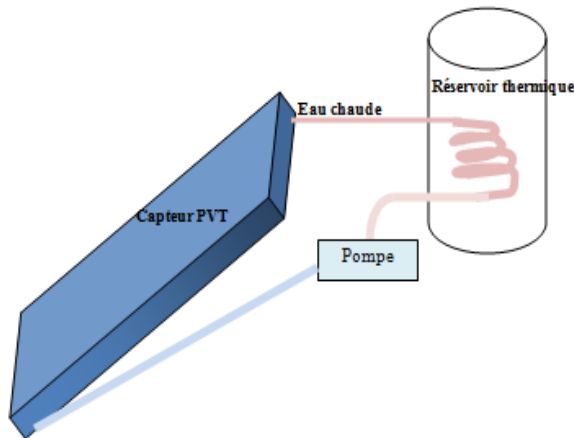


Fig. 1. Système étudié

Le capteur hybride PVT est composé du module photovoltaïque (avec ses trois couches : verre, cellules et tedlar), de l'absorbeur en cuve et de l'isolation latérale et arrière (figure 2).

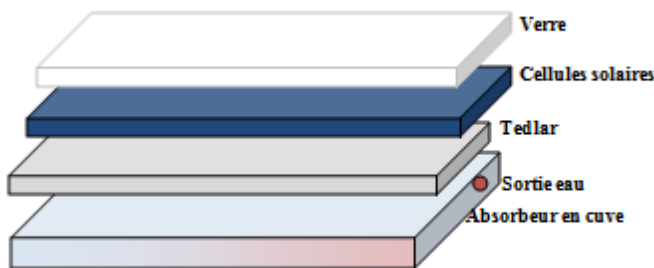


Fig. 2. Couches du capteur hybride PVT

Nous avons étudié expérimentalement le capteur hybride PVT en circulation forcée. Le graphe de la figure 3 ci-dessous représente l'éclairement G (W/m^2) durant la journée des essais.

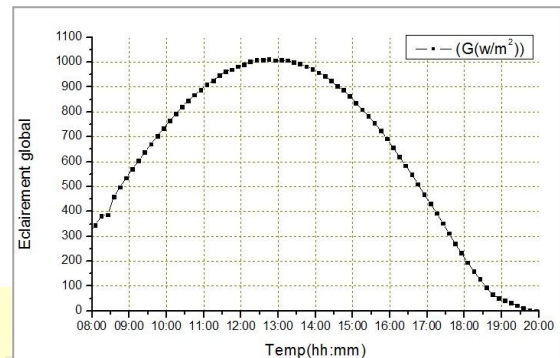


Fig. 3. L'éclairement global pour la région de Ghardaïa pour la région de test

Les paramètres des capteurs photovoltaïques utilisés durant les essais sont donnés dans le tableau suivant.

Tableau 1 : Paramètres électrique des deux capteurs (hybride et PV libre).

Paramètres	valeurs	
	Le capteur PV libre	Le capteur hybride PVT
Eclairement : G (W/m^2)	939	940
Facteur de forme : ff (%)	0.607	0.583
Courant de court-circuit : I_{cc} (A)	2.58	2.67
Tension de circuit ouvert : V_{co} (V)	18.6	18.2
Courant maximum : I_{pmax} (A)	2.63	2.25
Tension maximum : U_{pmax} (V)	13.0	12.6
Puissance maximum : P_{max} (W)	29.0	28.4
Nombre de cellules	36	36
Surface (m^2)	0.42	0.42



III. PERFORMANCES THERMIQUES DU CAPTEUR HYBRIDE EN CIRCULATION FORCEE

La différence de température entre l'entrée et la sortie du fluide caloporteur représente le gain en énergie thermique obtenu.

La figure 4 représente les températures d'entrée et de sortie du fluide caloporteur (l'eau).

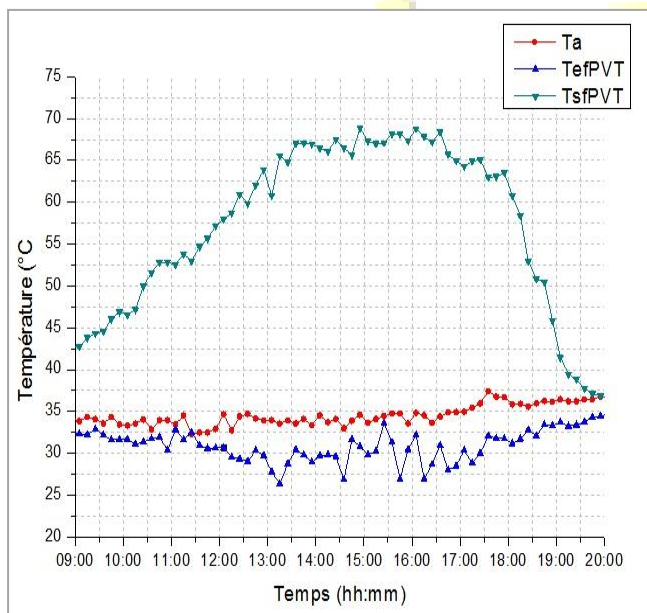


Fig. 4. Allure des températures d'entée et de sortie du fluide caloporteur.

On remarque que la température de sortie augmente jusqu'à ce qu'elle atteigne les 60°C et se stabilise (entre 12h25 et 18h30) pour des valeurs d'entrée variant entre 27°C et 33°C, en suite elle décroît jusqu'à sa valeur minimale 36°C avec une température d'entrée de 34°C vers (20h00).

L'absorption de la chaleur par le fluide caloporteur (l'eau) traversant l'échangeur de chaleur cause l'augmentation de la température de sortie.

L'écart de la température entre l'entrée et la sortie de fluide caloporteur est plus élevé dans ce cas que la circulation naturelle, ceci est dû au fait que la circulation forcée du fluide caloporteur favorise l'échange thermique par convection

(augmentation du coefficient d'échange de chaleur par convection).

L'allure du rendement thermique du capteur hybride est représentée sur la figure 5, nous avons choisi la période entre 10heure jusqu'à 14 heure.

On remarque que la majorité des valeurs de la température réduite ($T^* = (T_{ef} - T_a)/G$) sont négatives, ceci s'explique par le fait que la température d'entrée du fluide durant les tests était inférieure à la température ambiante.

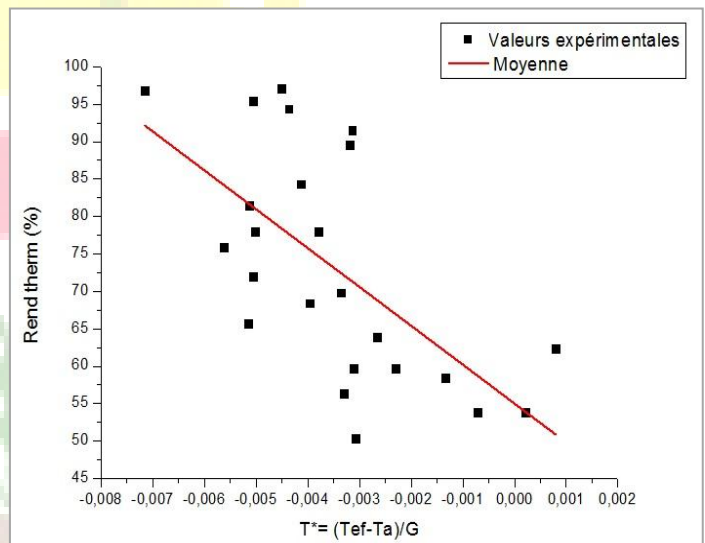


Fig. 5. Rendement thermique du capteur hybride.

Le rendement thermique varie linéairement avec la température réduite $(T_{in} - T_a)/G$. Nous constatons qu'il est très important en le comparant au rendement obtenu par la circulation naturelle.

IV. COMPARAISON AVEC LE CAPTEUR PV TEMOIN

Afin de bien étudier l'influence de la circulation forcée sur les performances énergétiques du capteur hybrides, nous avons mis sur une même structure, le capteur hybride en circulation forcée avec un capteur photovoltaïque classique de même dimension.

La figure 6 montre la distribution de la température des faces avant des deux capteurs.

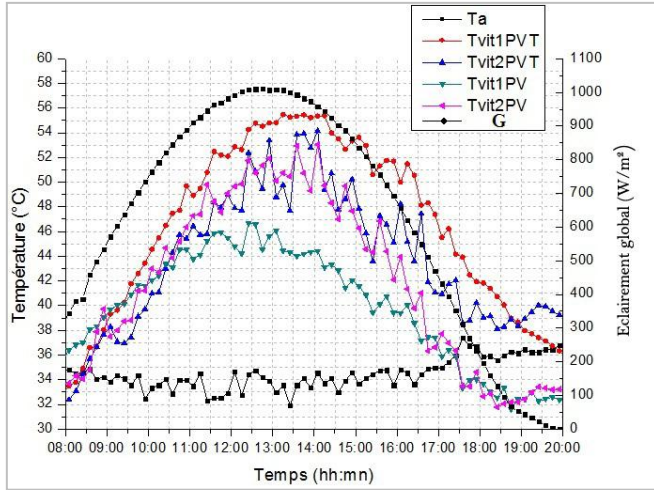


Fig.6. La distribution de la température de la face avant deux capteurs.

On voit que les températures sont presque les mêmes pour les différents points de chaque capteur. la température du capteur hybride est supérieure à celle du capteur PV témoin, et elle atteint sa valeur maximale 55°C tandis qu'elle est de 46°C pour le capteur PV libre, ce résultat est logique car ce dernier est soumis à une aération naturelle.

La distribution de la température de la face arrière deux capteurs est montrée sur la figure 7.

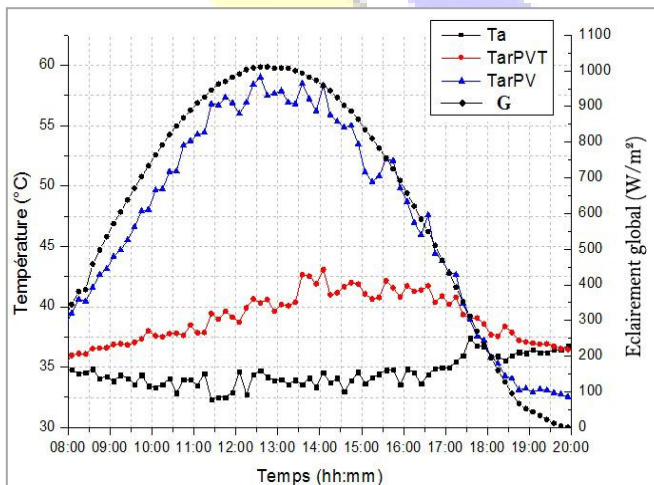


Fig. 7. Température de la face arrière deux capteurs

Nous remarquons que la température de la face arrière du capteur PV libre est supérieure à celle du capteur hybride PVT, et ça est dû à l'isolation thermique de ce dernier (rappelons que le capteur hybride est isolé en face arrière par la Leine de verre).

Les caractéristiques I(V) du capteur hybride PVT et du capteur PV laissé libre sont montées sur les figures 8 et 9 respectivement.

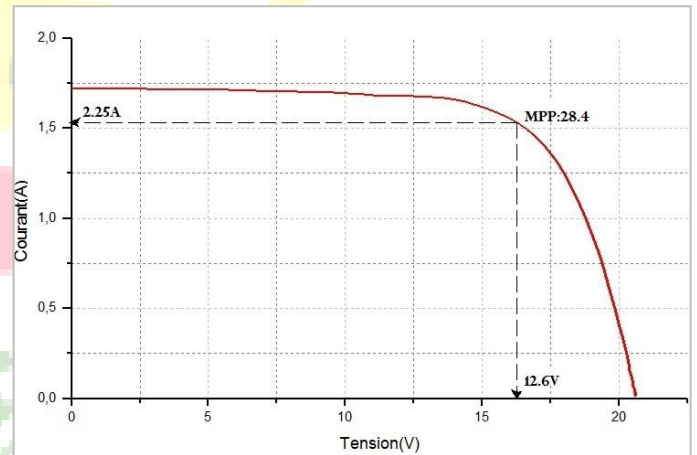


Fig. 8. Caractéristique électrique du capteur hybride PVT

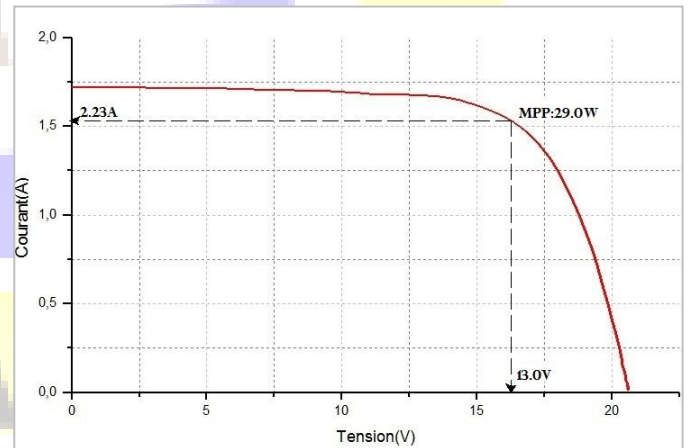


Fig. 9. Caractéristique électrique du capteur PV

Nous remarquons qu'à partir de ces deux figures, le courant maximum du capteur hybride ($I_{Max} = 2.25A$) est supérieur à celui du capteur photovoltaïque témoin



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 et 14 Octobre 2014



($I_{Max}=2.23A$) et que le rendement électrique a augmenté de 2.07%.

V. CONCLUSIONS

Nous avons étudié une nouvelle configuration d'un capteur hybride photovoltaïque thermique avec un nouveau absorbeur en acier galvanisé par une circulation forcée du fluide caloporteur. L'utilisation de l'acier galvanisé est justifiée par la diminution du coût de réalisation du système (en le comparant avec le cuivre qui est généralement utilisé dans la fabrication des capteurs thermiques). La circulation forcée augmente les performances énergétiques des capteurs hybrides en les comparant à celle du capteur photovoltaïque classique.

REFERENCES

- [1] H.A. ZONDAG, « Flat-plate PV-The thermal collector and systems ; A review renewable and energie reviews 2005B.J. Huang, T.H. Lin, W.C. Hung, F.S. Sun, Performance evaluation of solar photovoltaic/thermal systems, Solar Energy Vol. 70, No. 5, pp. 443-448, 2001
- [2] H.A. ZONDAG, M. BAKKER , W.G.J. WHELDEN , Eds ,PV/T roadmap-6 european guide for the development and maket of PV/T thermal technology . Rapport EU- projet PV-Catapult.2005, 87 P.
- [3] M. WOLF, «Performance analyses of combined heating and photovoltaic power systems for residences. Energie conversion, 1976, Vol. n° 1-2 . PP.79-90.
- [4] KERN Jr.E.C and RUSSELL M.M, « Combined photovoltaic/thermal collector systems », In Proc. 13 th IEEE Photovoltaic Specialists, Washington DC, USA, pl 153-1157. (1978).
- [5] HENDRIE S.D, « Photovoltaic / thermal collector development program ». Rapport final, Etat-Unis, Massachusetts Institute of technology , 1982.
- [6] RAGHURAMANP, « Analytical predictions of liquid and air photovoltaic/thermal,Flat platz collector performance », Journal Solar energie Engineering, 1981, Vol .103,n°2 .PP.291-298.
- [7] SANDBERG M, MOSHFEGH B, « Ventilated solar roof air flow and heat tranfet investigation ». Renewable Energie. 1998. Vol.15, n°1-4 .PP.287-292.
- [8] MOSHFEGH B, SANDBERG M, « Flow and heat transfer in the air gap behind photovoltaic panets », Renewable and Sustainable Energy Review, 1998, Vol. 2, n°3, PP.287-301.
- [9] GRAG H.P, ADHIKARI R.S, «System performance studies on a photovoltaic/thermal (PV/T) Air heating collector, Renewable Energy,1999, Vol. 16,n°1-4. PP7256730.
- [10] HEGAZY A.A, « Comparative study of the performances of four photovoltaic / thermal Solar air collectors , Energy Conversion and management » 2000,Vol.41,n°8,PP.861-881.
- [11] HEGAZY A.A. Technical note, « Optimizing the thermohydraulic performance of flate-plate solar air heaters operating with fixed/variable pumping power », Renewable Energy. 1999, Vol. 18 n°2, PP. 283-304.
- [12] HEGAZY A.A, « Performance of flat solar air heaters with optimum chanel geometry for constant/variable flow operation », Energy Conversion and Management, 2000, Vol.41, n°4,PP.401-417.
- [13] MEI L,INFIELD D,E KKER U et al, « Thermal modelling of a building with an integrated ventilated PV facade », Energy and building , 2003,Vol.35,PP. 605-617.
- [14] CARTMELL B.P, SHANKLAND N.J , FIALA D et al. « A multi-operational ventilated photovoltaic and solar air collector », Application, Simulation and initial monitoring feed back. Solar Energie, 2004,Vol.76,PP.45-53.
- [15] LLORET A, « Lessons learned In The Electrical System Design, Installation and Operation of the Mataro Public library », In : Proccedings of the 14th European PV solar Energy conference, 1997,Barcelone,Espagne,PP. 1659-664.