

Etude paramétrique de trois différentes configurations de capteurs solaires

photovoltaïques thermiques (PV/T)

Oussama Rejeb, Mohamed Houcine Dhaou, Abdelmajid Jemni

Laboratoire d'Etudes des Systèmes Thermiques et Energétique, Ecole Nationale d'Ingénieurs de Monastir, Université de Monastir, Rue Ibn Eljazzar, Monastir 5019, Tunisia **Oussama.r009@hotmail.fr**, dhaou_2000tn@yahoo.fr, <u>Abdelmajid.jemni@enim.rnu.tn</u>

Résumé: Le capteur photovoltaïque thermique permet de générer simultanément de l'énergie électrique et thermique. Il s'agit d'un capteur solaire intégrant des cellules PV à un capteur solaire thermique. On se propose dans cette étude de mettre en place d'outils théoriques permettant la compréhension et l'optimisation de transfert de la chaleur dans différentes configurations géométriques de capteur PV/T. Ces outils serviront pour déterminer la meilleure configuration assurant la génération des rendements électrique et thermique optimaux. Pour cela, nous avons mis en équations les transferts de la chaleur dans les différentes configurations étudiées. La méthode des volumes finis a été adoptée pour résoudre numériquement les équations régissant ces transferts. Les résultats obtenus mettent en évidence l'influence de différents paramètres sur les performances du capteur, notamment les paramètres météorologiques et les paramètres de fonctionnement.

1. Introduction

Le capteur solaire hybride photovoltaïque thermique (PV/T) permet une meilleure exploitation de l'énergie solaire et une amélioration de l'énergie récupérée à la sortie par unité de surface de capteur. En effet, l'énergie solaire incidente sur la surface du capteur est convertie simultanément en énergie électrique et en énergie thermique. Plusieurs études ont été menées dans ce cadre [1-4]. Elles visent à améliorer les performances électriques et thermiques du capteur en suggérant des configurations géométriques innovantes. Ces innovations cherchent à améliorer les transferts entre le fluide caloporteur et l'absorbeur. Le but de cette étude est d'étudier différentes configurations en vue de remonter à celle assurant la génération des meilleurs rendements électrique et thermique. Pour cela, nous avons mis en équations les transferts dans un capteur solaire hybride PV/T. Le système d'équations obtenu est résolu numériquement par la méthode des volumes finis. Le code établi a permis d'étudier l'effet des différents paramètres de fonctionnement sur les performances d'un capteur PV/T.

2. Description du système

Les différentes configurations considérées dans cette étude sont schématisées sur la figure 1.



Figure 1 : configurations étudiées des capteurs PV/T

Le capteur de la première configuration se compose d'une vitre, d'un module photovoltaïque, d'une plaque absorbante en cuivre et des tubes en cuivre soudés à la plaque absorbante. Dans ces tubes circulent un fluide caloporteur (eau) qui a pour rôle d'évacuer la chaleur récupérée par la plaque absorbante et refroidir les cellules PV. Une couche de laine de verre est placée à l'arrière du capteur pour minimiser les pertes thermiques arrière de l'absorbeur et des tubes. La deuxième configuration diffère de la première au niveau de l'absorbeur où le fluide caloporteur circule dans des canaux répartis sur toute la surface absorbante. Dans la troisième configuration, la résistance thermique de l'absorbeur a été omise

3. Modèle mathématique

Pour mettre en équations les échanges de la chaleur dans un capteur PV/T, nous avons adopté les hypothèses simplificatrices suivantes :

- Les propriétés thermo physiques du fluide caloporteur et des différentes composantes du capteur sont supposées constantes.
- La température d'entrée de l'eau dans le capteur est considérée constante et que le débit d'eau dans les tubes est uniforme.

En considérant ces hypothèses, les équations régissant les transferts dans les composants du capteur PV/T à eau s'écrivent :

La discrétisation de ces équations a été effectuée par la méthode de volumes finis, qui a l'avantage d'assurer la conservation des flux. Un maillage uniforme est utilisé. Pour résoudre le système d'équations discrétisées, nous avons appliqué la méthode itérative d'élimination de GAUSS.

3. Résultats et interprétations

Pour validé les résultats délivrés par notre code de calcul, nous avons comparé les rendements électrique et thermique rencontrés dans la littérature à ceux fournis par notre code. Un bon accord est observé (figure 2).



Figure 2 Variation du rendement en fonction du coefficient de transfert entre les cellules PV et l'absorbeur a : Rendement électrique, b : Rendement thermique.

Une fois validé, ce code est utilisé pour effectuer une étude paramétrique relative aux trois configurations étudiées. Nous nous sommes intéressés pour cela à étudier l'effet de paramètres de fonctionnement et climatique sur le rendement électrique et thermique du capteur PV/T. Le flux solaire incident, la température ambiante et la température du ciel sont respectivement fixés à 800 W/m², 293 K et 277 K.

La figure 3 montre l'évolution des rendements électriques et thermiques du capteur en fonction de la vitesse du vent. L'augmentation de la vitesse entraine une augmentation du rendement électrique et une diminution de celui thermique. En effet, la vent entraine le refroidissement de la température de la vitre ce qui provoque la diminution de la température du fonctionnement du module photovoltaïque et par conséquence l'augmentation des pertes thermiques du capteur et provoque par conséquent la diminution du rendement thermique. On constate aussi d'après la figure 3 que les performances thermiques et électriques de la troisième configuration sont supérieures à celles des configurations 1 et 2. Il est important de noter qu'une diminution du rendement thermique et électrique.



Figure 3: Variation du rendement en fonction de la vitesse de vent (a) Rendement électrique (b) Rendement thermique

Nous avons également tracé la variation des rendements électrique et thermique en fonction du débit massique pour les différentes configurations (figure 4). L'augmentation de débit conduit à une diminution de la température de fonctionnement du module photovoltaïque et donc augmentation de son rendement électriques. Le rendement thermique est fortement influencé par le débit massique. En effet, l'augmentation de débit conduit à une diminution de la température de l'absorbeur ce qui réduit les pertes du capteur et par conséquent l'augmentation de son efficacité thermique. De même, les performances thermiques et électriques de la troisième configuration est supérieur aux autres. En effet, une diminution de la résistance thermique provoque la diminution de l'écart de la température entre module photovoltaïque et le fluide caloporteur donc l'amélioration des rendements thermique et électrique.



Figure 4 : Variation du rendement en fonction du débit massique (a) Rendement électrique, (b) Rendement thermique

4. Conclusion

Dans le but de déterminer la configuration optimale assurant les meilleurs rendements électrique et thermique, nous avons établi un code simulant le fonctionnement d'un capteur PV/T. Une étude paramétrique a été effectuée sur les trois configurations physiques de capteurs photovoltaïques thermiques. Elle a permis de mettre en évidence l'influence des différents paramètres sur les performances du capteur, notamment le paramètre climatique (vitesse de vent), le paramètre de fonctionnement (débit massique). Les simulations numériques permettent de tirer les conclusions suivantes :

- La diminution de la résistance thermique entre le module photovoltaïque et le fluide caloporteur entraine l'augmentation de performances électrique et thermique.
- Le rendement électrique augmente en fonction de la vitesse du vent, par contre, celui thermique diminue.
- Les rendements électrique et thermique augmentent en fonction du débit massique.

Nomenclature

С	Chaleur spécifique J/(kg.k)	indice			
k	Conductivité thermique				
W/(m.K)		amb	Ambient	ray	radiation
G	Flux solaire (W/m ²)	env	Environment	cond	conduction
m	Débit massique (kg/s)	g	Verre	conv	convection
		pv	module PV		
Greek		pab	Plaque absorbeur		
		t	Tube		
α	Absorption	f	eau		
ρ	masse volumique (kg/m ³)	i	Isolant		
$ au_{ m g}$	Transmission de verre	pabb	Demi haut de l'absorbeur		
δΗ	Epaisseur (m)	pabh	Demi bas de l'absorbeur		

Références

[1] J. H. Kim and J. T. Kim, The experimental performance of an unglazed PVT collector with two different absorber types, International Journal of Photoenergy, vol. 2012, Article ID 312168, 6 pages, 2012.

[2] H. A. Zondag, D. W. de Vries, W. G. J. van Helden, R. J. C. van Zolingen, and A. A. van Steenhoven, The yield of different combined PV-thermal collector designs, Solar Energy, vol.74, no. 3, pp. 253–269, 2003.

[3] T. T. Chow, W. He, and J. Ji, Hybrid photovoltaic-thermo syphon water heating system for residential application, SolarEnergy, vol. 80, no. 3, pp. 298–306, 2006.

[4] A. Ibrahim, M. Y. Othman, M. H. Ruslan et al., Performance of photovoltaic thermal collector (PVT) with different absorbers design, WSEAS Transactions on Environment and Development, vol. 5, no. 3, pp. 321–330, 2009.

[5] De Vries, D. W., 1998, Design of a PV/ thermal combi panel, PhDThesis Eindhoven University of Technology, Eindhoven