



L'effet de la distance entre deux tubes successifs et du débit massique sur le fonctionnement du capteur solaire hybride PVT

A.khelifa ^{*1}, K. Touafek ^{*2}

** Unité de recherche appliquée en énergies renouvelables*

B.P. 88 Garat Ettaam, Ghardaïa, Algérie

** ¹ khelifa_karim@hotmail.fr*

** ² khaledtouafek@uraer.dz*

Résumé— The Le capteur solaire hybride est un capteur solaire photovoltaïque (PV) couplé à un système thermique (T), qui permet le refroidissement du module PV.

En effet, on sait que le rendement PV diminue avec l'augmentation de la température. De ce fait, la combinaison d'un système thermique permet d'améliorer ses performances.

Dans cette étude, nous avons déterminé la distribution de la température au niveau de chaque couche du capteur hybride photovoltaïque thermique, à travers une simulation numérique. Nous donnons les principaux résultats obtenus utilisant les paramètres météorologiques de l'unité de recherche appliquée en énergies renouvelables de Ghardaïa.

Mots clés: Capteur solaire – Photovoltaïque – Thermique – Hybride – Rendement thermique

I. INTRODUCTION

Plusieurs chercheurs de part le monde a étudié ces systèmes hybrides. Kern et Russell, 1978 [1], donnent les principaux concepts de ces systèmes par l'usage d'eau ou de l'air comme fluide caloporteur. Hendrie, 1979 [2], présente un modèle théorique sur les systèmes PV/T. Bhargava et al, 1991 [3] et Prakash, 1994 [4], présentent les résultats de leurs travaux sur l'effet du débit et de canal d'air. Des travaux sur les performances des capteurs hybrides ont été étudiés par Sopian et al. 1995 et en 1996 [5], Dans les travaux précités, le rendement thermique de ces systèmes PV/T était dans la gamme de 45 à 65 %. Bergene et Lovvik, 1995 [6], ont analysé le transfert de l'énergie entre les différents composants du système hybride PV/T utilisant du liquide comme fluide caloporteur. Une étude paramétrique pour l'habitat a été présentée par Brinkworth et al. 1997 [7], Garg et Adhikari, 1999 [8] ont étudié le système PV/T utilisant de l'air pour le chauffage en simple et en double vitrage. Hauser et Rogash, 2000 [9] ont utilisé ces systèmes dans des immeubles. Le capteur hybride PV/T avec réservoir d'eau chaude a été proposé par Huang et al. 2001 [10] et une

autre conception des systèmes PV/T a été incluse récemment par Zondag et al. 2002 et 2003 [11][12].

Le système étudié se compose de trois éléments essentielles sont : Le panneau photovoltaïque qui a le rôle de transformer le rayonnement solaire en énergie électrique, il se compose de trois couches : la première c'est une couche du verre qui est la face exposée au rayonnement incident, la deuxième couche qui contenant les cellules photovoltaïques et la troisième couche protectrice qui est le Tedlar. Une plaque absorbante de la chaleur a été utilisée à un type de l'Acier galvanisé, un tube ; qui est généralement soudé sur la plaque absorbante pour avoir un bon contact thermique entre les deux composants, le tube une entrée et une sortie où le fluide caloporteur distribué pour évacuer la chaleur emmagasinée par la surface absorbante. Finalement, et pour minimiser les pertes calorifiques du système, il faut isoler ses parois par une ou plusieurs couches d'isolant.

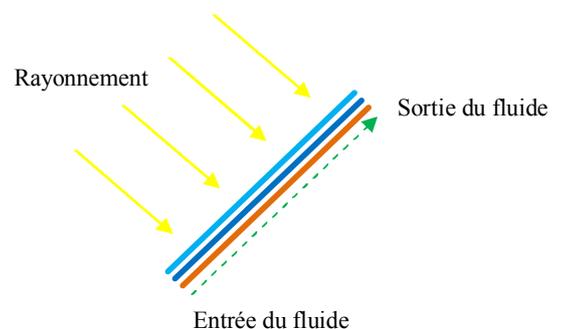


Fig. 1 Vue générale d'un capteur hybride PV

D'après l'équation de la chaleur:

$$\text{div}(\lambda \text{grad} T) + Q = \rho c \frac{\partial T}{\partial t} \dots \dots \dots 1$$



Le 2^{ème} Séminaire International sur les Energies Nouvelles et Renouvelables

The 2nd International Seminar on New and Renewable Energies

Unité de Recherche Appliquée en Energies Renouvelables,
Ghardaïa - Algérie 15, 16 et 17 Octobre 2012



Sachant que l'on prend $\lambda = \text{constante}$, on aboutit à
$$\rho c \frac{\partial T}{\partial t} = \lambda \left(\frac{\partial^2 T}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial y^2} \right) + Q$$

Chaque composante du capteur solaire hybride est soumise à l'équation différentielle suivante :

$$\rho_n C_n \frac{\partial T_n}{\partial t} = \lambda_n \left(\frac{\partial^2 T_n}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 T_n}{\partial y^2} \right) + Q_n \dots \dots \dots 2$$

Où : $T(x, y, t)$ La température, fonction de l'espace et du temps.

C : La chaleur spécifique.

ρ : La masse volumique.

Q : La somme de l'énergie soit reçue, soit perdu à l'extérieur de chaque composant et de l'énergie transmise vers la composante voisine.

λ : Le coefficient de conductivité thermique.

t : Le temps.

Après la discrétisation, l'équation précédente prend la forme suivante :

$$T_{i,j}^{n+1} = \frac{\lambda \Delta t}{\rho c \Delta x^2} T_{i+1,j}^n + \frac{\lambda \Delta t}{\rho c \Delta x^2} T_{i-1,j}^n + \frac{\lambda \Delta t}{\rho c \Delta y^2} T_{i,j-1}^n + \frac{\lambda \Delta t}{\rho c \Delta y^2} T_{i,j+1}^n + \dots \dots \dots 3$$

On appliquant cette équation aux nœuds de la grille de calcul et obtenir un système d'équations qu'il faut résoudre par une méthode numérique itérative.

Le PVT reçoit une énergie thermique fournie par le rayonnement solaire qu'elle est donnée par l'équation suivante [13] :

$$Q_{\text{verre}} = A_{\text{verre}} G_{\text{verre}} \alpha_{\text{cel}} \dots \dots \dots (4)$$

A_{verre} : Surface du verre

G : Rayonnement directe totale absorbée par la cellule solaire

τ_{verre} : Transmittivité du verre

α_{cel} : Coefficient d'absorptivité de la cellule solaire

Nous avons exprimé les pertes thermiques par rayonnement et par convection entre la couche du verre du capteur et le milieu extérieur comme suit:

$$Q_{\text{radu-a}} = \sigma \varepsilon_v A_{\text{verre}} (T_v^4 - T_{\text{ciel}}^4) \dots \dots \dots (5)$$

Avec :

$$T_{\text{ciel}} = 0.0552 (T_a)^{1.5} \dots \dots \dots (6)$$

$$Q_{\text{convu-a}} = h_{c-a} A_v (T_v - T_a) \dots \dots \dots (7)$$

Avec :

T_v : Température du verre du capteur hybride (K)

T_a : Température ambiante (K)

h_{c-a} : Coefficient de transfert convectif qui est fonction de la vitesse du vent en (W/m²K), il est donné par l'expression suivante [14] :

$$h_{c-a} = 2.8 + 3.0 V_{\text{vent}} \dots \dots \dots (5)$$

II. PERFORMANCES THERMIQUES DES CAPTEURS HYBRIDES

Pour calculer l'énergie utile fournie par le capteur hybride on va utiliser la même équation pour le cas d'un capteur thermique plan, une modification simple car en fait une partie du rayonnement absorbé est convertie en énergie électrique, l'énergie utile est donc :

$$Q_{\text{util}} = A_c F_R [\tau \alpha^* G - U_{p-a} (T_p - T_a)] \dots \dots \dots (6)$$

Telle que α^* est le facteur d'absorptivité [13] exprimé par :

$$\alpha^* = \alpha - \eta_{PV}$$

Le rendement thermique et électrique du capteur hybride sont déterminés par les deux formules suivantes :

$$\eta_{th} = \frac{Q_u}{A_c G} \dots \dots \dots (7)$$

$$\eta_{ele} = \frac{Q_{ele}}{A_c G} \dots \dots \dots (8)$$

III. RESULTATS

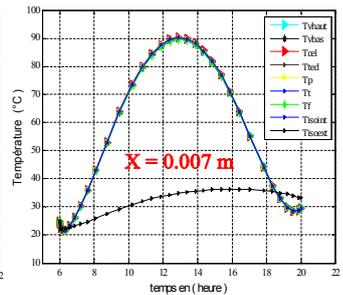
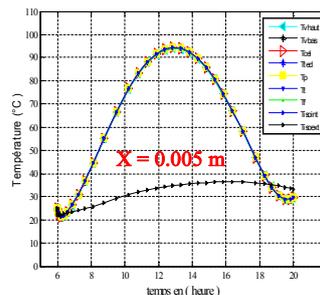
Les résultats sont présentés sous forme de graphes, en tenant compte de la considération suivante:

Les calculs sont effectués à partir d'un instant initial "t₀" pour chaque composant du capteur, à une température initiale et avec un pas de temps égal à une heure.

A. Effet de la distance entre les tubes (x)

Pour voir l'influence de la distance entre deux tubes successifs sur les températures du capteur solaire PVT, nous avons donné plusieurs valeurs à ces deux paramètres. Les figures suivantes représentent l'évolution des températures pour chaque composant du capteur solaire hybride.

- Pour plusieurs valeurs de distance entre les tubes : débit = 0.025 kg/s et V_{vent} = 5 m.





**Le 2^{ème} Séminaire International sur les Energies Nouvelles et
Renouvelables**
**The 2nd International Seminar on New and Renewable
Energies**

**Unité de Recherche Appliquée en Energies Renouvelables,
Ghardaïa – Algérie 15, 16 et 17 Octobre 2012**



REFERENCES

- [1] Kern JR. E.C. and Russell M. C., "Combined photovoltaic and thermal hybrid collector systems". In Proc. 13th IEEE Photovoltaic Specialists, Washington DC, USA, 1153 -1157 (1978).
- [2] Hendrie S.D., "Evaluation of combined photovoltaic /thermal collectors". In Proc. ISES Int. Congress, Atlanta, USA, Vol. 3, 1865-1869 (1979).
- [3] BHARGAVA A. K., GARG H. P. and AGARWAL R. K., "Study of a hybrid solar system-solar air heater combined with solar cells". Energy Convers.Mgmt 31, 471-479 (1991).
- [4] PRAKASH J., "Transient analysis of a photovoltaic / thermal solar collector for co-generation of electricity and hot air / water". Energy Convers.Mgmt 35, 967 – 972 (1994).
- [5] SOPIAN K., LIU H. T., YIGIT K. S., KAKAC S. and VEZIROGLU T. N. "An investigation into the performance of a double pass photovoltaic thermal solar collector". In Proc. ASME Int. Mechanical Engineering Congress and Exhibition, San Francisco, USA, AES Vol. 35, 89-94 (1995).
- [6] BERGENE T. and LOVVIK O.M., "Model calculations on a flat-plate solar heat collector with integrated solar cells". Solar Energy, Vol. 55, 453-462 (1995).
- [7] BRINKWORTH B. J, CROSS B. M., MARSHALL R. H. and HONGXING YANG,"Thermal regulation of photovoltaic cladding". Solar Energy 61, 169-178 (1997).
- [8] GARG H. P. and ADHIKARI R. S, "Performance analysis of a hybrid photovoltaic/thermal (PV/T) collector with integrated CPC troughs". Int. J. Energy Res.23, 1295-1304 (1999).
- [9] HAUSER T., ROGASH H, "Latent heat storage on photovoltaics". In Proc. 16th European PV Solar Energy Conf. Glasgow, U.K. Vol III, 2265-2267 (2000).
- [10] HUANG B.J, LIN T.H., HUNG W.C. and SUN F.S. "Performance evaluation of solar photovoltaic / thermal systems". Solar Energy, 70, 443 – 448 (2001).
- [11] ZONDAG H. A., DE VRIES D.W., VAN HELDEN W.G.J., VAN ZOLINGEN R.J.C., VAN STEENHOVEN A.A, "The thermal and electrical yield of a PV-Thermal collector". Solar Energy Vol. 72, N°2, 113-128, (2002).
- [12] ZONDAG H. A., dE VRIES D.W., VAN HELDEN W.G.J., VAN ZOLINGEN R.J.C., VAN STEENHOVEN A.A, "The yield of different combined PV-thermal collector designs". SolarEnergy, 74, 235-269 (2003).
- [13] K.TOUAFEK, 'Etude d'un Capteur Solaire Hybride Photovoltaïque Thermique', Mémoire de Magister, Ecole Nationale Polytechnique, Alger, 2005.
- [14] **T.N. Anderson, M. Duke, G.L. Morrison, J.K. Carson,** 'performance of a building integrated photovoltaic/thermal (BIPVT) solar collector', solar energy, Volume 83, Issue 4, April 2009, Pages 445–455., April 2009, Pages 4.