

Conclusion générale :

Une grande partie du rayonnement solaire absorbé par les cellules photovoltaïques n'est pas convertie en électricité et provoque une augmentation de leur température et réduit en conséquence leur efficacité électrique. La température des panneaux photovoltaïques peut être abaissée par extraction de la chaleur à l'aide d'une circulation naturelle ou forcée adéquate d'un fluide. Cette chaleur extraite peut aussi être utilisée pour chauffer de l'air..

Le travail présenté dans ce mémoire concerne l'étude théorique et numérique d'un panneau solaire hybride photovoltaïque thermique PVT où nous avons utilisé l'air comme fluide caloporteur . Notre intérêt a étudié théoriquement la distribution de la température dans les différentes couches du panneau hybride et nous avons établi par simulation numérique le comportement thermique du capteur PVT.

Nous avons établi les équations gouvernant le système (panneau solaire hybride PVT), en régime stationnaire une approche numérique basée sur la méthode d'itération générale , est utilisée pour la résolution des équations qui régissent le fonctionnement de ce système.

Les résultats obtenus mettent en évidence l'influence des paramètres externes et internes sur les caractéristiques de fonctionnement du panneau solaire hybride notamment la production d'énergie, l'efficacité thermique et électrique, et l'efficacité globale du panneau.

L'irradiation solaire qui reste le paramètre le plus influant sur ces caractéristiques, et que ces dernières ont la même allure que la variation temporelle de l'irradiation solaire.

Cette thèse nous a permis d'étudier en détail le panneau hybride, en déterminant ses performances thermiques et électriques. Les résultats obtenus permettent de penser que le Le panneau hybride PVT constitue une bonne alternative aux panneaux photovoltaïques et aux panneaux thermiques classiques séparément installés.

Enfin il faudra sans doute comparer les coûts et performances des systèmes classiques avec les systèmes basés sur les panneaux hybrides comme les mini centrales de production d'énergies électriques et thermiques. Compte tenu de nos résultats, il n'est pas impossible que ces derniers soient plus avantageux

Reference bibliographique :

- [1] **HEGAZY A.A.**, Comparative study of the performances of four photovoltaic/thermal solar air collectors, *Energy Conversion and management*, pp. 861-881, 2000.
- [2] **Y.TRIPANAGNOSTOPOULOS**. «Aspects and improvements of hybrid photovoltaic/ thermal solar energy systems ». *Solar Energy* ,2007, Vol 81 n° 9 pp 1117-1131
- [3] **L.MEI. D.INFIELD U.EICKER** « Thermal modeling of a building with an integrated ventilated PV façade ». *Energy and buildings*, 2003, Vol 35 n° 3 pp 605-617.
- [4] **TIWARI A., SODHA M. S., CHANDRA A., et al.**, Performance evaluation of photovoltaic / thermal solar air collector for composite climate of India, *Solar Energy Materials and Solar Cells*, pp. 175-189, 2006.
- [5] **VOKAS G., CHRISTANDONIS N., SKITTIDES F.** Hybrid photovoltaic/thermal systems for domestic heating and cooling-A theoretical approach. *Solar Energy*, vol. 80, n° 5, pp. 607- 615, 2006
- [6] **S.KALOGIROU, Y.TRIPANAGNOSTOPOULOS**. « industrial application of (PV/T) solar energy». *Applied Thermal Engineering*, 2007, Vol 27 n°8-9 pp 1259-1270
- [7] **OTHMAN M.Y.H., RUSLAN H., SOPIAN K., JIN G.L.** Performance study of photovoltaic thermal (PV/T) solar collector with V-grooved absorber plate. *Sains Malaysiana*, vol.38, pp. 537–41, 2009
- [8] **EBRAHIM M., ALFEGI KAMARUZZAMAN Ali, MOHD Y.H.O., BIN YATIM B.**, The Effect of Flow Rates on the Performance of Finned Single Pass, Double Duct Photovoltaic Thermal Solar Air Heaters, *ISSN 1450-216X, Vol.25 N. 2*, pp. 339-344, 2009.
- [9] **JOSHI A.S., TIWARI A., TIWARI G.N., DINCER I., REDDY B.V.**, Performance evaluation of a hybrid photovoltaic thermal (PV/T) (glass-to-glass) system, vol.48, pp. 154–64, 2009.
- [10] **SARHADDI S., FARAHAT S., AJAM H., BEHZADMEHR A., MAHDAVI ADELI M.**, An improved thermal and electrical model for a solar photovoltaic thermal (PV/T) air collector, *Applied Energy* vol. 87, pp. 2328–2339, 2009

- [11] **TEO H.G., LEE P.S., HAWLADER M.N.A.**, An active cooling system for photovoltaic modules, *Applied Energy*, vol. 90, pp. 309–315, 2012
- [12] **MORTEZAPOUR H., GHOBADIAN B., KHOSHTAGHAZA M. H. and MINAEI S.**, Performance Analysis of a Two-way Hybrid Photovoltaic/Thermal Solar Collector, *J. Agr. Sci. Tech.* Vol. 14, pp. 767-780, 2012.
- [13] **TOUAFEK K., HADDADI M., MALEK A., BENDAIKHA-TOUAFEK W.**, Étude expérimentale du capteur hybride photovoltaïque thermique. SBEIDCO – 1st International Conference on Sustainable Built Environment Infrastructures in Developing Countries ENSET Oran (Algeria) - October 12-14, 2009
- [14] **TOUAFEK K., HADDADI M., MALEK A., BENDAIKHA-TOUAFEK W.**, étude thermique d'un capteur hybride photovoltaïque thermique (PV/T) à air recouvert destiné au chauffage d'habitation. *Revue des Energies Renouvelables*, Vol. 11 N°1, pp. 153 – 165, 20
- [15] **TOUAFEK K., HADDADI M., MALEK A.** “Design and modeling of a photovoltaic thermal collector for domestic air heating and electricity production”, *Energy and Buildings*, vol 59, pp 21–28, 2013
- [16] **BENSELLAMA Elhadi**, Modélisation d'un capteur solaire hybride photovoltaïque thermique, mémoire de fin d'étude, université de Blida, 2006-2007
- [17] **B. Mourad**. “Contribution à l'étude, la simulation et l'analyse des pompes à chaleur assistées par l'énergie solaire”. Thèse de magister (2008) 05-24.
- [18] **K. Salima**. “Etude théorique et numérique des systèmes couples : distillateur plan-capteur et distillateur hot box-capteur”. Thèse de magister (2009) 03-15.
- [19] *A.Ricaud*, « *photopile solaire* », *presse polytechnique et universitaire romandes*, 1997.
- [20] **S. Souad**. “Effet des paramètres opérationnels sur les performances d'un capteur solaire plan”. Thèse de magister (2010) 05-19.
- [21] <http://www.solaire-guide.fr/panneaux-solaires-hybrides/>
- [22] http://www.ecosources.info/dossiers/Panneau_solaire_hybride_mixte

- [23] J.F. Sacadura, Initiation aux transferts thermiques, Technique et Documentation Paris 1982.
- [24]. R. Giblin, Transmission de la chaleur par convection naturelle, Saint-germain Paris 1974.
- [25] : A. Gouffe, Transmission de la chaleur par rayonnement, Saint-germain Paris (1978)
- [26] : R. Marchal, Transmission de la chaleur par convection dans les tubes, Saint-germain Paris (1974)
- [27] : Y. Jannot, Thermique solaire, cours libre (2003)
- [28] : BENSELLAMA Elhadi, Modélisation d'un capteur solaire hybride photovoltaïque thermique, mémoire de fin d'étude, université de Blida, 2006-2007
- [29] : Ramadan Bassiouny , Nader S.A. Korah. Effect of solar chimney inclination angle on space flow pattern and ventilation rate. Energy and Buildings 41 (2009) pp 190–1
- [30] : G. Gan , S.B. Riffat. A numerical study of solar chimney for natural ventilation of buildings with heat recovery. Applied Thermal Engineering 18 (1998) pp 1171-1187
- [31] : Jyotirmay Mathur , Sanjay Mathur, Anupma. Summer-performance of inclined roof solar chimney for natural ventilation. Energy and Buildings 38 (2006) pp 1156–1163
- [32] : Ramadan Bassiouny , Nader S.A. Koura. An analytical and numerical study of solar chimney use for room natural ventilation. Energy and Buildings 40 (2008) pp 865–873.
- [33] : KHELIFA Abdelkrim, Etude numérique et modélisation d'un capteur solaire hybride PV/T, mémoire de fin d'étude, UNIVERSITE EL-HADJ LAKHDAR-BATNA, 2011

Annexe :

Présentation de Matlab :

1. Introduction – Historique :

MATLAB est une abréviation de Matrix LABORatory. Écrit à l'origine, en Fortran, par C. Moler, MATLAB était destiné à faciliter l'accès au logiciel matriciel développé dans les projets LINPACK et EISPACK. La version actuelle, écrite en C par the MathWorks Inc., existe en version professionnelle et en version étudiant. Sa disponibilité est assurée sur plusieurs plateformes : Sun, Bull, HP, IBM, compatibles PC (DOS, Unix ou Windows), Macintosh, iMac et plusieurs machines parallèles.

MATLAB est un environnement puissant, complet et facile à utiliser destiné au calcul scientifique. Il apporte aux ingénieurs, chercheurs et à tout scientifique un système interactif intégrant calcul numérique et visualisation. C'est un environnement performant, ouvert et programmable qui permet de remarquables gains de productivité et de créativité.

MATLAB est un environnement complet, ouvert et extensible pour le calcul et la visualisation. Il dispose de plusieurs centaines (voire milliers, selon les versions et les modules optionnels autour du noyau Matlab) de fonctions mathématiques, scientifiques et techniques. L'approche matricielle de MATLAB permet de traiter les données sans aucune limitation de taille et de réaliser des calculs numériques et symboliques de façon fiable et rapide. Grâce aux fonctions graphiques de MATLAB, il devient très facile de modifier interactivement les différents paramètres des graphiques pour les adapter selon nos souhaits.

L'approche ouverte de MATLAB permet de construire un outil sur mesure. On peut inspecter le code source et les algorithmes des bibliothèques de fonctions (Toolboxes), modifier des fonctions existantes et ajouter d'autres.

MATLAB possède son propre langage, intuitif et naturel qui permet des gains de temps de CPU spectaculaires par rapport à des langages comme le C, le TurboPascal et le Fortran. Avec MATLAB, on peut faire des liaisons de façon dynamique, à des programmes C ou Fortran, échanger des données avec d'autres applications (via la DDE : MATLAB serveur ou client) ou utiliser MATLAB comme moteur d'analyse et de visualisation.

MATLAB comprend aussi un ensemble d'outils spécifiques à des domaines, appelés Toolboxes (ou Boîtes à Outils). Indispensables à la plupart des utilisateurs, les Boîtes à Outils

sont des collections de fonctions qui étendent l'environnement MATLAB pour résoudre des catégories spécifiques de problèmes. Les domaines couverts sont très variés et comprennent notamment le traitement du signal, l'automatique, l'identification de systèmes, les réseaux de neurones, la logique floue, le calcul de structure, les statistiques, etc.

MATLAB fait également partie d'un ensemble d'outils intégrés dédiés au Traitement du Signal. En complément du noyau de calcul MATLAB, l'environnement comprend des modules optionnels qui sont parfaitement intégrés à l'ensemble :

- 1) une vaste gamme de bibliothèques de fonctions spécialisées (**Toolboxes**)
- 2) **Simulink**, un environnement puissant de modélisation basée sur les **schémas-blocs** et de simulation de systèmes dynamiques linéaires et non linéaires
- 3) Des bibliothèques de blocs **Simulink** spécialisés (**Blocksets**)
- 4) D'autres modules dont un **Compilateur**, un **générateur de code C**, un **accélérateur**,...
- 5) Un ensemble d'outils intégrés dédiés au Traitement du Signal : le **DSP Workshop**.

Quelles sont les particularités de MATLAB ?

MATLAB permet le travail interactif soit en mode commande, soit en mode programmation ; tout en ayant toujours la possibilité de faire des visualisations graphiques. Considéré comme un des meilleurs langages de programmations (C ou Fortran), MATLAB possède les particularités suivantes par rapport à ces langages :

- la programmation facile,
- la continuité parmi les valeurs entières, réelles et complexes,
- la gamme étendue des nombres et leurs précisions,
- la bibliothèque mathématique très compréhensive,
- l'outil graphique qui inclus les fonctions d'interface graphique et les utilitaires,
- la possibilité de liaison avec les autres langages classiques de programmations (C ou Fortran).

Dans MATLAB, aucune déclaration n'est à effectuer sur les nombres. En effet, il n'existe pas de distinction entre les nombres entiers, les nombres réels, les nombres complexes et la simple ou double précision. Cette caractéristique rend le mode de programmation très facile et très rapide. En Fortran par exemple, une sous-routine est presque nécessaire pour chaque

variable simple ou double précision, entière, réelle ou complexe. Dans MATLAB, aucune nécessité n'est demandée pour la séparation de ces variables.

La bibliothèque des fonctions mathématiques dans MATLAB donne des analyses mathématiques très simples. En effet, l'utilisateur peut exécuter dans le mode commande n'importe quelle fonction mathématique se trouvant dans la bibliothèque sans avoir à recourir à la programmation.

Pour l'interface graphique, des représentations scientifiques et même artistiques des objets peuvent être créées sur l'écran en utilisant les expressions mathématiques. Les graphiques sur MATLAB sont simples et attirent l'attention des utilisateurs, vu les possibilités importantes offertes par ce logiciel.

MATLAB peut-il s'en passer de la nécessité de Fortran ou du C ?

La réponse est non. En effet, le Fortran ou le C sont des langages importants pour les calculs de haute performance qui nécessitent une grande mémoire et un temps de calcul très long. Sans **compilateur**, les calculs sur MATLAB sont relativement lents par rapport au Fortran ou au C si les programmes comportent des boucles. Il est donc conseillé d'éviter les boucles, surtout si celles-ci est grande.

2. Démarrage de MATLAB :

Pour lancer l'exécution de MATLAB :

- sous Windows, il faut cliquer sur Démarrage, ensuite Programme, ensuite MATLAB,
- sous d'autres systèmes, se référer au manuel d'installation.

L'invite '>>' de MATLAB doit alors apparaître, à la suite duquel on entrera les commandes.

La fonction "**quit**" permet de quitter MATLAB :

```
>>quit
```

La commande "**help**" permet de donner l'aide sur un problème donné.

Autres commandes :

- **what** : liste les fichiers *.m et *.mat dans le directory utilisé
- **who** : liste les variables utilisées dans l'espace courant
- **ans** : réponse retournée après exécution d'une commande

RESUME :

Résumé :

Durant la conversion photovoltaïque du capteur solaire, une chaleur est générée ce qui augmentera la température de la cellule photovoltaïque et causera une chute de son rendement. Ce phénomène est dû à la partie du rayonnement solaire non absorbée par les cellules et qui sera à l'origine de son échauffement.

Cet échauffement a été considéré comme néfaste pour le rendement des capteurs solaires photovoltaïques, et plusieurs efforts ont été consentis pour évacuer cette chaleur. Il y'a eu aussi l'aide d'exploiter ce phénomène par la combinaison des systèmes photovoltaïques avec un système thermique pour former le capteur hybride PVT, qui va générer en même temps de l'électricité et de la chaleur.

L'objectif de ce travail est d'étudier théoriquement, et de modéliser le capteur hybride à travers la détermination des niveaux des températures de ses différentes couches et d'étudier son rendement thermique et enfin comparer ses performances avec d'autres configurations.

Mots clés : Capteur solaire, Photovoltaïque, Thermique, hybride, Rendement thermique

Abstract:

During the photovoltaic conversion of the solar collector a heat is generated what will increase the temperature of the photovoltaic cell and will cause a fall of its efficiency. This phenomenon is due to the part of the solar radiation not absorptive by the cells and which will cause its heating.

This heating was regarded as harmful for the output of the photovoltaic solar collectors.

Several efforts were performed to evacuate this heat. A nother way to exploit this phenomenon is by the combination of the photovoltaic system with a thermal one to form the hybrid collector (PVT) which will generate at the same time electricity and heat.

The objective of this work is to study theoretically and to model the hybrid collector through the determination of the levels of the temperatures of its various layers and to study its thermal efficiency, and finally to compare its performances with other configurations.

Key words : Solar collector, Photovoltaic, Thermal, hybrid, Thermal efficiency.