

Effet d'inclinaison des ailettes sur le refroidissement d'un panneau solaire photovoltaïque

Mohamed Lamine BENLEKKAM^{1,2} Driss NEHARI² Abderrahmane ELMERIAH²

1. Centre universitaire Elwancharissi Tissemsilt, Algérie mohamed_benlekkam@yahoo.fr

2. Laboratoire des structures intelligentes, centre universitaire AinTemouchent, Algérie nehari_dr@yahoo.fr, abderrahmaneelmeriah@yahoo.fr.

Résumé

L'incorporation d'un matériau à changement de phase (MCP) intégrée aux modules PV peut contribuer à leur refroidissement d'une manière passive. Une étude numérique a été effectuée pour évaluer le contrôle thermique d'un panneau PV par un MCP encapsulé dans une enceinte rectangulaire à ailettes interne, en utilisant différents angles d'inclinaisons d'ailettes. Un modèle bidimensionnel de transfert de chaleur a été utilisé pour résoudre les équations de Navier–Stokes et de l'énergie par la méthode des volumes finis. Les résultats ont montré que le changement d'angle d'inclinaison de l'ailette était capable d'améliorer les performances thermique du système par rapport à celles de la configuration d'ailettes droites.

Mots clefs : MCP, Régulation thermique, ailettes.

1. Introduction

L'énergie solaire photovoltaïque PV viennent par la conversion d'une partie des rayons solaire en énergie électrique par les semiconducteur tel que le silicone et le reste dissipent en chaleur[1]. L'élévation de la température des cellules PV diminue leurs efficacité environ de 0,45% par 1°C d'augmentation pour les cellules de silicone cristallin, d'ou un processus de refroidissement sera nécessaire dans ce cas afin de maintenir l'efficacité des panneaux PV dans un taux acceptable. Plusieurs techniques de refroidissement sont proposées, soit par l'amélioration de la convection naturelle ou forcée derrière les panneaux; soit par l'absorption de l'excès de la chaleur des PV. Récemment, les matériaux à changement de phase MCP sont utilisés comme moyen passif pour le refroidissement des panneaux PV. Huang et al[2] ont étudié numériquement et expérimentalement le refroidissement d'une unité photovoltaïque par l'utilisation d'un MCP dans une enceinte rectangulaire derrière le PV. Ils ont réussi à maintenir la température de la surface frontale sous 40°C pendant 80 min, avec un MCP qui a une température de fusion de 32°C, pour des cellules PV caractérisées à 1000 W/m² et une température de 25°C. Tenant compte la faible conductivité thermique du MCP, des ailettes

intérieures ont été utilisées pour une meilleur répartition de la charge thermique dans le fond du MCP, elles augmentent la surface d'échange de chaleur qui permet de réduire l'élévation de la température du PV. De plus, la configuration du dernier auteur a été traitée numériquement par Biwole [3] en utilisant un modèle à éléments finis, une bonne performance a été obtenue.

Hasan et al, [4], ont investigué expérimentalement cinq MCP de températures de fusion différentes pour réguler thermiquement quatre configurations différentes des systèmes PV/MCP, à trois différents flux d'insolation. La température minimale obtenue était de 10°C pendant 5 heures sous un flux de chaleur de 1000W/m². Ils ont trouvé aussi que la régulation de la température dépend de la quantité du MCP et la conductivité thermique des deux composantes du système le MCP et l'enceinte.

Le but de ce travail est d'étudier numériquement l'influence de l'inclinaison d'ailettes du système PV/PCM sur le contrôle de son température. Un modèle bidimensionnel de transfert de chaleur a été développé pour résoudre les équations de Navier-Stokes et de l'énergie pour un régime instationnaire, les résultats obtenus sont concentrés sur les contours isothermes, et la variation temporelle de la température.

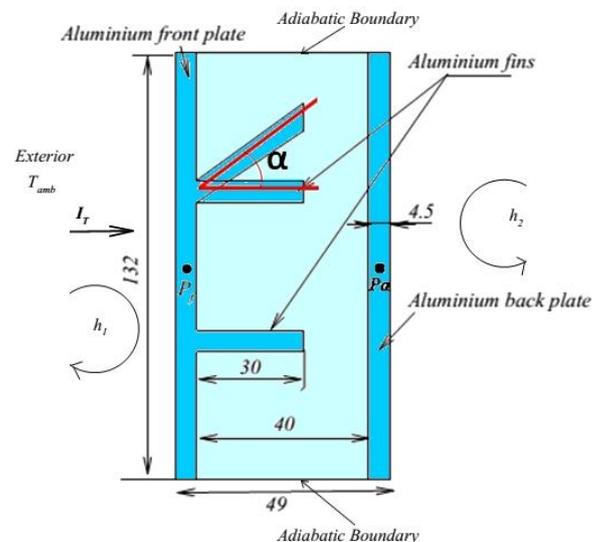


Fig. 1 – Présentation du système PV/MCP, conditions aux limites et la géométrie (dimensions en mm)

2. Modèle numérique

Une configuration bidimensionnelle est montrée dans la Fig 1; le système est composé d'un panneau solaire photovoltaïque attaché à un MCP "RT25" dans une enceinte rectangulaire. Nous avons utilisé la même configuration géométrique et conditions aux limites initiales avec celle de [Huang et al. \[2\]](#), le flux de chaleur I_t est absorbé par le système PV/MCP, puis il dissipe en chaleur. Une convection naturelle a été adoptée sur la paroi frontale et à l'arrière du système PV/MCP. Les propriétés thermodynamiques du MCP "RT25" sont fournies par le fabricant "RUBITHERM" [5].

Un modèle bidimensionnel de transfert de chaleur a été développé par la méthode des volumes finis pour la résolution des équations de Navier-Stokes et de l'énergie par le code commercial Fluent 6.3.26 [6]. L'approximation de Boussinesq a été utilisée.

3. Résultats:

La convergence a été estimée à 10^{-6} . Les coefficients de transfert thermique sur la surface frontale et à l'arrière sont respectivement de 12,5 et 7,5 $W.m^{-2}.K^{-1}$ et un flux d'insolation de 750 $W.m^{-2}$.

Le modèle numérique utilisé dans le présent travail a été validé par notre récente contribution [Nehari, Benlekkam et al \[7\]](#).

Une étude paramétrique a été effectuée pour évaluer l'influence d'angle d'inclinaison des ailettes sur le refroidissement d'un panneau solaire PV, cette évaluation se fait par la variation d'angle α pour prendre les valeurs [0°, 5°, 10°, 15°, 20°, 25°, 30°, 35°, 45°] respectivement. Tous les calculs ont été effectués le long de 200 minutes jusqu'à ce que le MCP sera complètement fondu.

En effet l'utilisation des ailettes améliorent le refroidissement des panneaux PV selon [2], car elles augmentent la surface d'échange au coeur du MCP et par conséquent assurant un bon refroidissement des cellules PV, et leurs inclinaison peut aussi jouer le même rôle. Il pourrait être intéressant de trouver l'angle d'inclinaison optimale pour un bon refroidissement des modules PV.

La figure 2 montre les contours isothermes à 50 et 100 minutes des configurations étudiées. On peut voir que la température du PV enregistre un écart important à 100 minutes pour le système dont $\alpha=25^\circ$, il est d'ordre de 1,5°C par comparaison avec les systèmes où $\alpha=0^\circ$ et $\alpha=45^\circ$, puis il augmente jusqu'à 34°C après 175 min, par contre dépasse la valeur de 36,5°C pour le système à ailette droite horizontale, cela est confirmé par la figure 3 qui représente la variation temporelle de la température locale.

Il est clairement visible Fig 2, qu'un abaissement de température commence à partir l'angle d'inclinaison $\alpha=10^\circ$ jusqu'à $\alpha=30^\circ$ car ces derniers assurent une bonne

orientation qui permet de distribuer la chaleur reçue par le PV de façon beaucoup plus uniforme qu'un système dont $\alpha=0^\circ$ où les contraintes thermiques orthogonales par rapport les ailettes droites permet de former une cavité profonde à travers le MCP, , outre la grande quantité du MCP liquide englobe la paroi frontale PV permet d'augmenter sa température par le mouvement des courants convectifs.

La figure 3 montre l'évolution temporelle de la température de la paroi frontale des systèmes étudiés pendant 200 minutes. D'après la figure cette évolution peut se diviser en trois parties :

1. La température des systèmes étudiés augmente de façon rapide et identique où le MCP conserve sa forme solide à cause de la température des systèmes qui est inférieure à celle du changement de phase, dans cette partie le transfert de chaleur est dominé par la conduction.
2. Dans cette partie la température du PV augmente lentement par rapport à la première car le MCP absorbe plus de chaleur et commence à se transformer en phase liquide; cela permet de refroidir le panneau PV par l'absorption d'excès de l'énergie thermique se forme chaleur latente; en outre la quantité du MCP liquide augmente progressivement pour favoriser la domination de la convection.
3. Enfin, la température du PV augmente plus rapide à cause de la domination de la convection par la grande quantité du MCP liquide.

La figure 4 illustre le taux de refroidissement du panneau PV dû aux angles d'inclinaisons utilisés dans le présent travail, le système dont $\alpha=25^\circ$ assure une bonne régulation qui est d'ordre 3°C par rapport un système à ailette droite horizontale.

4. Conclusion:

Les résultats obtenus montre que les angles d'inclinaisons d'ailettes $\alpha=10^\circ$, 15° , 20° , 25° et 30° régulent la répartition des charges thermiques du système PV/MCP qui conduit à un taux de refroidissement important par rapport les autres systèmes ($\alpha=0^\circ$, 5° , 35° et 45°) où la disposition des ailettes permet de distribuer la chaleur provienne du panneau solaire PV de façon concentrée dans des zones du MCP. Sous les conditions aux limites adoptées dans cette étude l'angle d'inclinaison $\alpha=25^\circ$ permet de maintenir la température du système PV/MCP inférieur à 34,5°C pendant 175 minutes par rapport à système dont $\alpha=0^\circ$ qui dépasse 36,7°C; environ de 3°C de régulation thermique. D'après les résultats obtenus, les dispositions d'ailettes correspond aux angles $\alpha=10^\circ$, 15° , 20° , 25° et 30° permettent un bon refroidissement du panneau solaire PV.

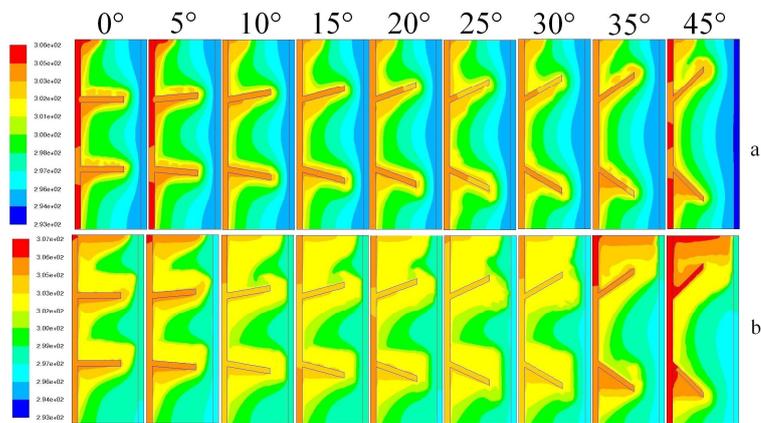


Fig 2. - La distribution de la température (a) et la fraction liquide (b) des systèmes étudiés à 50 minutes.

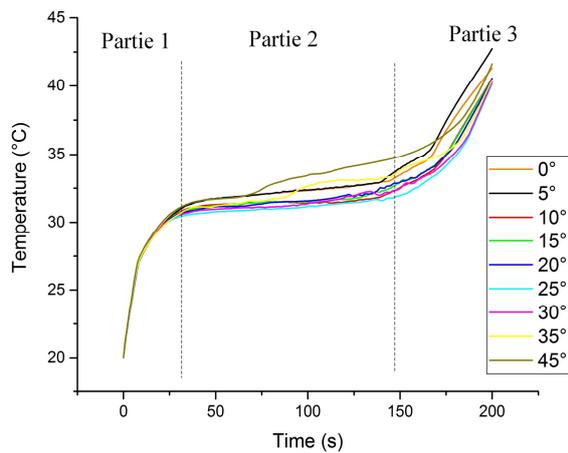


Fig.- 3 L'évolution temporelle de la température du panneau solaire PV des systèmes étudiés.

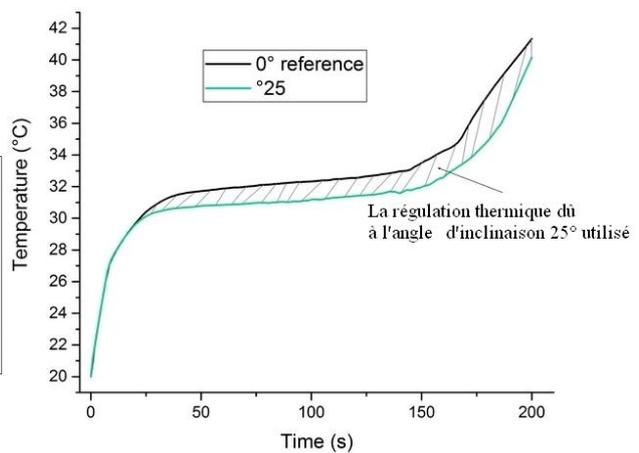


Fig.- 4 Le taux de refroidissement obtenu par notre étude.

Références:

- [1] Emery, K. Burdick, J. Caiyem, Y. Dunlavy, D. Field, H. Kroposki, B. Moriarty, T. Ottoson, L. Rummel, S. Strand, T. Temperature dependence of photovoltaic cells, modules and systems. in Photovoltaic Specialists Conference, 1996., Conference Record of the Twenty Fifth IEEE. 1996. IEEE.
- [2] Huang, M., P. Eames, and B. Norton, Thermal regulation of building-integrated photovoltaics using phase change materials. International Journal of heat and mass transfer, 2004. 47(12): p. 2715-2733.
- [3] Biwole, P.H., P. Eclache, and F. Kuznik, Phase-change materials to improve solar panel's performance. Energy and Buildings, 2013. 62: p. 59-67.
- [4] Hasan, Ahmed. McCormack, SJ. Huang, MJ. Norton, Brianl, Evaluation of phase change materials for thermal regulation enhancement of building integrated photovoltaics. Solar Energy, 2010. 84(9): p. 1601-1612.
- [5] B. Anon, R.d.s., Co. RUBITHERM GmbH. 2000: Hamburg Germany.
- [6] FLUENT 6.3.26, A.F., ANSYS Fluent 2009.
- [7] NEHARI, Taieb. BENLEKKAM, Mohamed. Nehari, Driss. Youcefi, Abdelkader., The Effect of Inclination on the Passive cooling of the solar PV panel by using Phase change Material. International Journal of Renewable Energy Research (IJRER), 2016. 6(1): p. 132-139.