

Conception et Expérimentation d'un Capteur Solaire à Air pour un Séchoir Solaire Indirect

H.Essalhi^{#1}, R.Tadili^{*2}, M.N.Bargach^{#3}

[#]Département de physique, Université Mohammed V Agdal

LESE, B.P. 1014, Faculté des Sciences, Rabat, Maroc

¹hajare29ssalhi@gmail.com

³bargach@fsr.ac.ma

^{*}Département de physique, Université Mohammed V Agdal

LESE, B.P. 1014, Faculté des Sciences, Rabat, Maroc

²rtadili@yahoo.fr

Abstract— Cet article présente une nouvelle conception de l'absorbeur d'un capteur solaire à air destiné pour un séchoir solaire. Cet absorbeur est constitué de deux plaques ondulées, en aluminium. Les deux plaques sont superposées en opposition pour former des cylindres parallèles jouant le rôle d'absorbeur et de conduite d'air le long du capteur. Les dimensions du capteur réalisé sur la base de cet absorbeur est de 1.20 m de longueur, 0.90 m de largeur et de 0.16 m d'épaisseur. Pour déterminer les performances thermiques de ce capteur, pour différentes états météorologiques, plusieurs campagnes de mesures sont en cours de réalisation au laboratoire d'Energie Solaire et d'Environnement de la Faculté des Sciences de Rabat.

Keywords— Capteur solaire à air, Séchoir solaire, Absorbeur, Performance, Conception.

I. INTRODUCTION

Le recours à des énergies propres pour assurer la sécurité énergétique et le développement économique et social des populations devient incontournable. Le Maroc est l'un des pays menant une stratégie énergétique, puisqu'il bénéficie des ressources solaires abondantes (un potentiel de 2 600 kWh/m²/an) et une position stratégique [1]. Le Maroc offre ainsi plusieurs opportunités d'investissements dans le secteur de l'énergie solaire thermique et photovoltaïque. De ce fait, il est plus que jamais de s'orienter vers le développement de cette forme d'énergie.

Par le biais de plusieurs dispositifs, l'énergie solaire peut être transformée en une autre forme d'énergie utile pour l'activité humaine, particulièrement en chaleur, en électricité ou en biomasse. Le capteur à air est un des dispositifs utilisés afin d'exploiter l'énergie solaire. Il peut être employé dans divers applications exigeant des températures basses et modérées, à savoir le chauffage des locaux, le séchage des produits agricoles, etc...

Il faut noter que d'une manière générale les capteurs à air ont des performances thermiques relativement faible par rapport aux capteurs solaires à eau. En effet, l'air comme fluide caloporteur a des propriétés physiques beaucoup plus

faibles que celles de l'eau : sa capacité thermique est quatre fois plus faible que celle de l'eau, sa conductivité thermique est vingt fois plus faible que celle de l'eau et sa masse volumique est mille fois plus petite que celle de l'eau. C'est ainsi que l'air est utilisé mieux comme isolant thermique que conducteur de chaleur. De ce fait, on doit apporter un soin particulier pour la conception et la réalisation des capteurs solaires à air [2].

Pour notre étude, nous avons développé et réaliser un capteur solaire de type air approprié pour un séchoir solaire indirect sous ventilation naturelle. Le capteur est muni d'un absorbeur en aluminium, constitué de deux plaques ondulées. Les deux plaques sont superposées en opposition pour former des cylindres parallèles jouant le rôle d'absorbeur et de conduite d'air le long du capteur [3], [4]. Le but de notre travail repose sur la détermination des performances thermiques de ce capteur solaire plan, pour différentes états météorologiques.

II. LES ÉTAPES SUIVIES POUR LA REALISATION DU CAPTEUR SOLAIRE PLAN A AIR

Le capteur solaire plan est constitué de :

-Un boîtier réalisé en fer, de dimensions 110 x 91cm², vitré sur le coté exposé au rayonnement solaire.

-La couverture est constituée par une vitre d'épaisseur 6 mm. Elle a été fixée sur les bords supérieurs de la boîte d'assemblage en laissant un espace d'air entre l'absorbeur et la vitre.

-Une plaque de liège isolante placée au fond du boîtier, d'épaisseur 5 cm, qui a pour rôle de limiter les pertes de chaleur vers l'extérieur.

-Deux plaques ondulées en aluminium sont placées au dessus de l'isolant, peintes en peinture noir mat et groupées en opposition afin de former sept cylindres parallèles jouant le rôle d'absorbeur et assurant la circulation de l'air tout au long du capteur.

-Le capteur est doté d'une ouverture circulaire, permettant l'entrée de l'air au capteur sous convection naturelle.



Fig. 1 Capteur solaire à air

III. LES TESTS EXPERIMENTAUX

Le capteur solaire étudié est réalisé au laboratoire d’Energie Solaire et d’Environnement de la Faculté des Sciences de Rabat. Le capteur solaire à air en question est d’une surface égale 1.08 m², d’une longueur 1.20m, d’une largeur 0.90m et d’une épaisseur 0.16m. Il a été placé face au sud, incliné d’un angle de 34° par rapport à l’horizontal correspondant à la latitude de Rabat. L’air ambiant entre par le bas du capteur, il est chauffé grâce à son contact avec l’absorbeur. Cet air monte par convection naturelle jusqu’à atteindre la chambre de séchage.

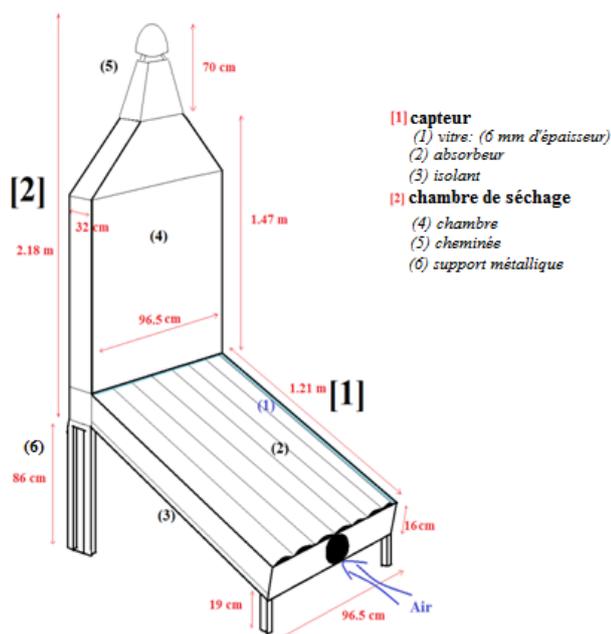


Fig.2 Conception du capteur solaire à air

Dans le but d’étudier l’évolution de la température dans le capteur solaire à air, on a placé des thermocouples type T à différents emplacements du capteur solaire à air (entrée, absorbeur, sortie). Les thermocouples sont reliés à une boîte de jonction qui relie les systèmes solaires avec le système d’acquisition (CR10X) où toutes les mesures sont collectées et

enregistrées [5]. Ce système est connecté avec l’ordinateur qui reçoit les données dans le laboratoire d’énergie solaire et d’environnement (Fig.3).

Par ailleurs, une station de mesure permettant les mesures de vitesse de vent, de l’irradiation solaire globale, de l’irradiation solaire globale inclinée et la température de l’air ambiant est située au toit du laboratoire(Fig.4).

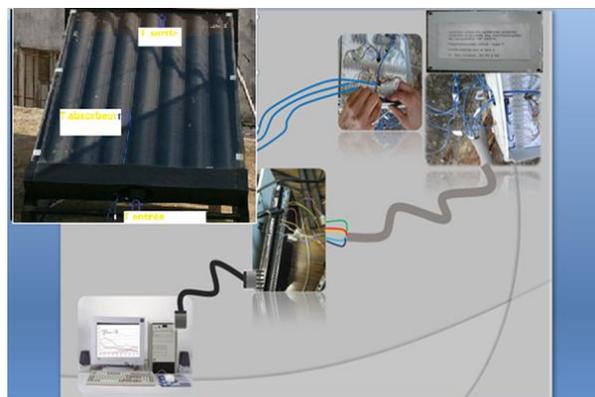


Fig.3 Schéma de l’emplacement des thermocouples dans le capteur solaire à air

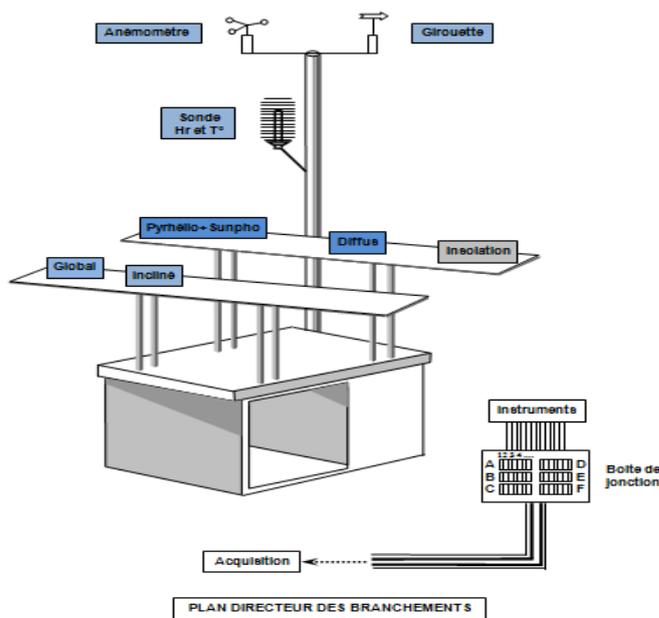


Fig.4 Schéma de la station de mesure située au laboratoire d’énergie solaire

IV. LES RESULTATS DES PERFORMANCES THERMIQUES

Afin d’évaluer les performances du capteur, une campagne de mesure a été réalisée pendant les mois de mai, juin et juillet 2015. Les figures (5,6) donnent un exemple de variation des températures le long du capteur, pour deux journées d’états météorologiques différents.

1) *Variation de la température du capteur solaire à air pour différentes journées:*

-Nous remarquons dans les figures (5, 6) que la température de l'absorbeur est bien supérieure aux autres températures de l'air à différents endroits du capteur (entrée, sortie). En milieu de la journée elle dépasse 60 °C pour la journée ensoleillée du 21 juin 2015, ce qui montre que les deux plaques ondulées en aluminium constituant cet absorbeur ont été bien préparées et jouent bien le rôle qu'on leur a assigné.

-Nous constatons que l'écart de température entre l'entrée et la sortie du capteur est à peu près 40 °C pour la première journée au environ de 14h et de 27 °C pour la deuxième journée au environ de 15h qui correspond à la valeur maximale de l'éclairement. Ceci montre que le flux de chaleur influe sur la température de sortie de l'air. On déduit aussi que l'absorbeur a été bien conçu afin d'avoir une bonne circulation d'air.

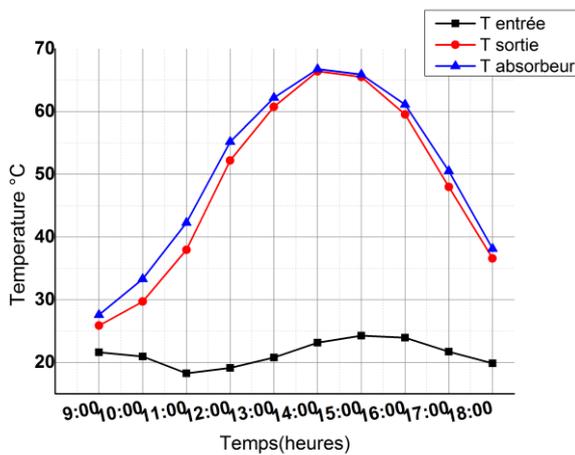


Fig.5 Evolution des températures en fonction du temps de la journée du 21 juin 2015

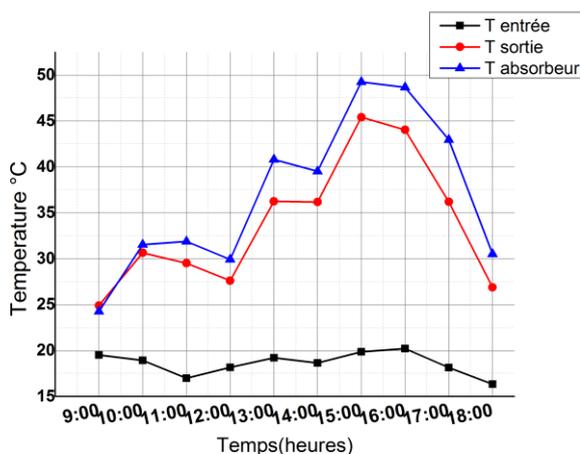


Fig.6 Evolution des températures en fonction du temps de la journée du 15 juillet 2015

2) *Variation du rendement du capteur solaire à air pour différentes journées:*

La valeur du rendement est donnée par le rapport de la chaleur récupérée par l'air à la sortie du capteur et de l'énergie solaire reçue sur le capteur, Il est donné par l'équation (1):

$$\eta = Q_U / Q_R \quad (1)$$

Où : $Q_U = m \text{ cp } (T_S - T_E)$, $Q_R = A_C I$

La capacité thermique de l'air : $\text{cp} = 1004 \text{ (J/kg/K)}$.

A_C est la surface du capteur solaire à air (m^2).

I est l'irradiation solaire mesurée sur le plan du capteur (Wh/m^2).

m est le débit massique (kg/s), donné par l'équation (2) :

$$m = \rho V S_e \quad (2)$$

V est la vitesse de l'air à la sortie du capteur (m/s) et ρ est la masse volumique de l'air en (kg/m^3).

S_e est la section d'entrée d'air en (m^2).

T_S est la température à la sortie du capteur et T_E est la température à l'entrée du capteur.

La variation du rendement thermique pour les deux journées est représentée sur les figures (7,8).

-D'après la figure (Fig.7), le rendement augmente jusqu'à une valeur maximale de 65% à 15h et 17h puis diminue vers le soir. Ce rendement a été obtenu pour un débit de masse d'air de 0,014 kg/s.

-On remarque sur la figure (Fig.8) que la courbe de l'irradiation globale présente des fluctuations à cause des passages nuageux. Le rendement thermique atteint une valeur maximale de 46% à 16h avec un débit massique de 0,016kg/s.

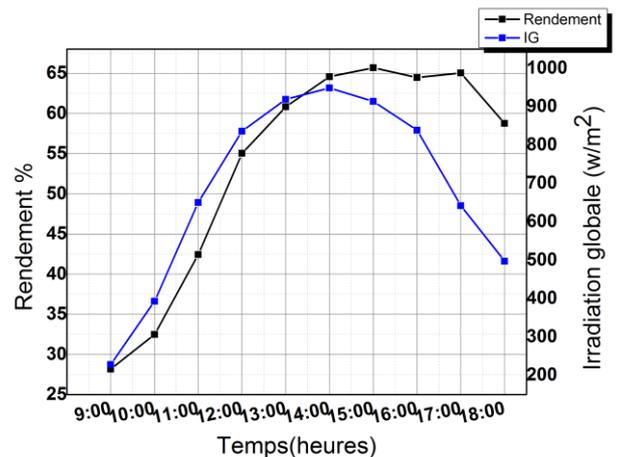


Fig.7 Variation du rendement en fonction de l'irradiation globale de la journée du 21 juin 2015

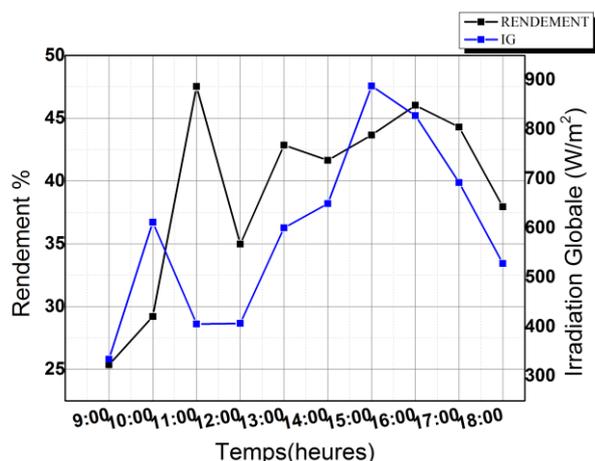


Fig.8 Variation du rendement en fonction de l'irradiation globale de la journée du 15 juillet 2015

REFERENCES

- [1] MedAcademy. (2011) comment promouvoir des investissements durable en méditerranée ? [En ligne]. Disponible à l'adresse : <http://www.voxmed.fr/Seminaire-MED-Academy-comment.html>
- [2] H. Essalhi, "Conception, réalisation et évaluation des performances thermiques d'un capteur solaire à air," La thèse de master, université Mohammed V Agdal Faculté des Sciences, Rabat, Morocco, Nov. 2014.
- [3] F. Mokhtari et D. Semmar, " L'Influence de la Configuration de l'Absorbeur sur les Performances Thermiques d'un Capteur Solaire à Air," Algérie. *Rev. Energ. Ren, Journées de Thermique.*, 2001, p. 159-162.
- [4] S.Youcef-Ali and al, "Study and optimization of the thermal performances of the offset rectangular plate fin absorber plates, with various glazing", *Renewable Energy*, vol. 30, pp. 271-280, 2005.
- [5] CR10X Measurement and control, Module, Instruction Manual, Campbell Scientific Ltd, 1998.

V. CONCLUSIONS

L'étude expérimentale que nous avons menée sur plusieurs configurations d'absorbeurs nous a conduits à l'élaboration d'un capteur solaire muni d'un absorbeur en aluminium, constitué par deux plaques ondulées. Les deux plaques sont superposées en opposition pour former des cylindres parallèles jouant le rôle d'absorbeur et de conduite d'air le long du capteur. Les performances thermiques obtenues montrent, qu'on peut atteindre des rendements de 60 à 65% pour une journée ensoleillée.

Pour un capteur à air ce résultat est satisfaisant vu que l'air a des propriétés physiques et thermiques limitées si on les compare à celles de l'eau par exemple.

En plus de son coût abordable, de sa technologie de préparation relativement simple, cet absorbeur réalisé par une tôle ondulé à base d'aluminium présente l'avantage d'avoir un air chaud ne présentant pas de danger de toxicité au niveau des aliments à sécher.

RECONNAISSANCES

Mes vifs reconnaissances vont à l'endroit de mon encadrant pour son dynamisme et son dévouement. Sur le même pied d'égalité je remercie l'Institut de Recherche en Energie Solaire et Energies Nouvelles pour son financement, son accompagnement, ainsi que pour la confiance qu'il avait réservée à mon projet. Aussi, est-il judicieux que je présente mon gré au Laboratoire d'Energie Solaire et d'Environnement de la Faculté des Sciences de Rabat, précisément les préparateurs, en coopération continue afin d'aboutir à la finalisation de ce projet.