

Etude Théorique et Expérimentale d'un Capteur Solaire Plan selon la Norme EN 12975-2

K.Kaci, N.Kasbadji.Merzouk, S.Kherrou

Abstract—Le but de ce travail est d'étudier le rendement instantané d'un capteur solaire plan, il s'agit principalement d'étudier Les effets qui influent sur les performances.

Pour cela, un banc d'essai en boucle fermée a été monté conformément à la norme EN 12975-2. Les tests expérimentaux effectués, portent sur la constante de temps, le rendement du capteur.

Les résultats ont permis le tracé de la courbe de rendement du capteur et la détermination du rendement optique et les pertes thermiques globales vers l'extérieur.

Index Terms—Capteur solaire, normes d'expérimentations, rendement instantané, constante de temps et surface du capteur.

I INTRODUCTION

LE but du présent travail est la détermination du rendement instantané du capteur solaire plan à une incidence normale. Pour cela, un modèle théorique sur le capteur solaire plan vitré a été développé pour exprimer le rendement instantané rapporté à la température moyenne du fluide au premier lieu et un banc d'essai en boucle fermée a été mis en place à l'Unité de Recherche Appliquée en Energies Renouvelables de Ghardaïa et ce conformément à la norme internationale EN 12975-2 au deuxième lieu.

K.Kaci, Unité de Recherche Appliquée en Energies Renouvelables, BP 88 Gare Taam Ghardaia, Algérie.

(kaci_karim@uraer.dz)

N.Kasbadji.Merzouk, Centre de Développement des Energies Renouvelables, Bouzareah, Alger, Algérie

(nkmerzouk@gmail.com)

S.Kherrou, Unité de Recherche Appliquée en Energies Renouvelables, BP 88 Gare Taam Ghardaia, Algérie

(s_kherrou@yahoo.fr)

Les résultats obtenus montrent la variation du rendement instantané en fonction de la température réduite à une incidence normale ainsi que le calcul d'erreurs commises lors des tests.

II MODELISATION DU CAPTEUR SOLAIRE

La modélisation d'un capteur plan solaire passe par l'établissement d'un bilan thermique, pour l'évaluation des gains et des pertes thermiques de la structure.

Le bilan thermique d'un capteur plan s'obtient simplement en écrivant que :

$$Q_a = Q_u + Q_p \quad (1)$$

Q_a : Energie absorbé par l'absorbeur ; (W)

Q_u : Energie extraite du capteur par le fluide caloporteur ; (W)

Q_p : Energie perdue par le capteur dans l'environnement (W).

L'expression finale du flux utile selon la norme EN 12975-2 s'écrit sous la forme suivante [1]:

$$Q_u = A_c F' [S(\theta) - U_c (T_f - T_a)] \quad (2)$$

Avec

$$F' = \frac{\frac{1}{U_c}}{\ell \left[\frac{1}{[(\ell - D_e)F + D_e]U_c} \right] + \frac{1}{h_i \pi D_i} + \frac{e_t}{k \pi D_i}}$$

Les pertes thermiques du capteur sont dues à la différence de température entre la plaque absorbante et le milieu ambiant. Ces pertes sont :

Les pertes vers l'avant, peuvent être déterminées à l'aide d'une formule empirique établi par Klein pour des températures inférieures à 20° avec une erreur < 0.3 (W/m²C) [2]

Cette formule s'écrit :

III RESULTATS ET DISCUSSION

$$U_{avl} = \left[\frac{N}{\frac{c}{T_p} \left(\frac{T_p - T_a}{N_v + f} \right)^a} + \frac{1}{h_{cva}} \right]^{-1} + \left[\frac{\sigma_s (T_p + T_a) (T_p^2 + T_a^2)}{I} \right] \frac{1}{(\varepsilon_c + 0,00591 N h_{cva} + S - N)} \quad (3)$$

$$C = \begin{cases} 520(1-0.000051\beta^2) & 0^\circ \leq \beta \leq 70^\circ \\ 390 & \beta \geq 90^\circ \end{cases}$$

$$f = (1 + 0,089 h_{cva} - 0,1166 h_{cva} \varepsilon_c) (1 + 0,07866 N)$$

$$h_{cva} = 5,7 + 3,8 V_v \quad [3].$$

$$S = \left(\frac{2N + f + 0,133 \varepsilon_c - 1}{\varepsilon_v} \right)$$

ε_c : Emissivité de l'absorbeur ;
N : Nombre de vitres ;

h_{cva} : Coefficient de transfert dû au vent ;
(W/m²°C)

T_p : Température moyenne de la plaque ; (K)

V : Vitesse du vent ; (m/s)

c : Facteur tenant compte de l'influence de l'inclinaison du capteur sur les coefficients de convection.

Les pertes arrières s'écrivent [4] :

$$U_{ar} = \frac{1}{R_3} = \frac{k_{is}}{e_{ar}} \quad (4)$$

k_{is} : Conductivité thermique de l'isolant (W/m°C) ;

e_{ar} : Epaisseur de l'isolant arrière du capteur (m) .

Le coefficient de pertes thermique par unité de surface du capteur est donc [5] :

$$U_{lat} = \frac{k_{is} A_{lat}}{e_{iso} A_c} \quad (5)$$

$$A_{lat} = 2 (L_c + l_c) e_c$$

A. Constante de temps

On porte les points relatifs de ΔT en fonction du temps Δt . L'ajustement des points affiche une forme exponentielle de type

$\Delta T = A (1 - e^{-Kt})$. Elle permet ainsi de définir également la valeur asymptotique A et la constante de temps $1/k$ [6].

En figure 1 est représentée l'évolution de ΔT en fonction du temps.

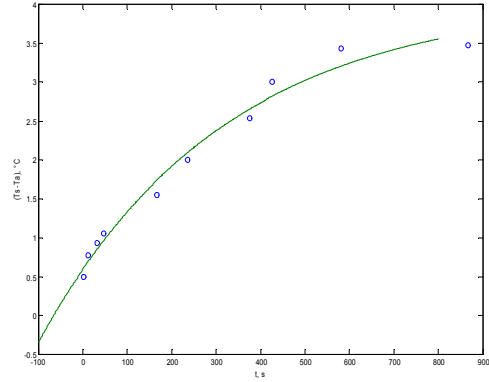


Figure 1 Ajustement des points de mesure de la constante de temps.

On remarque que l'état stationnaire est atteint pour un $\Delta T \approx 3,5^\circ\text{C}$.

L'équation de la constante de temps est une courbe exponentielle d'équation suivante [6]:

$$\Delta T = 3,48 (1 - e^{-\frac{t}{495}}) \quad (6)$$

Le dénominateur $1/k$ représente la constante de temps du capteur égale à 495 secondes. Elle représente le temps mis par la quantité ΔT (initiale) à atteindre les 0.63 de ΔT (finale).

La constante de temps trouvée par ajustement de point est de 495s, ce résultat a été trouvé après le décalage de l'axe des abscisses de 78 secondes, ceci est dû essentiellement à la difficulté d'ajuster la température d'entrée à la température ambiante au début des test, et de couvrir complètement le capteur avec une surface opaque comme le stipule la norme.

La constante de temps est considérée égale à 10 minutes comme le stipule la norme EN 12973-2.

B. Rendement instantané

La figure 2 montre l'évolution du rendement instantané du capteur en fonction de la température réduite.

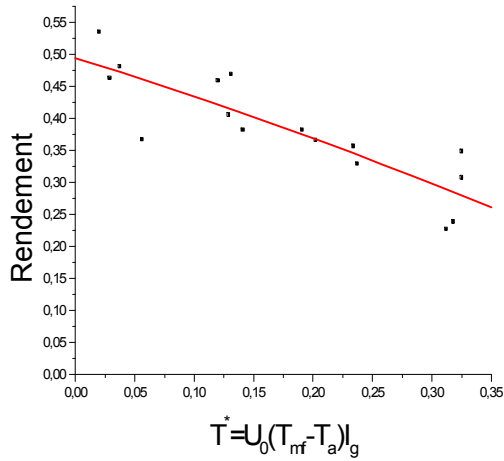


Figure 2 Représentation du rendement instantané du capteur

Cette courbe satisfait à l'équation suivante :

$$\eta_I = 0.49 - 5.7 T^* - 0.26 T^{*2} \quad (7)$$

D'après cette équation, on remarque que le rendement optique est de l'ordre de 49 %. Il représente le rendement maximum. Cette valeur reste faible par rapport au résultat trouvé par le laboratoire du CSTB où elle approche les 69 % pour le même capteur [7]. Cette différence est due essentiellement à l'état du capteur testé (capteur vieux de six ans) ; ce qui provoque des pertes de la qualité des propriétés optiques du vitrage. Par ailleurs, il ne faut pas négliger, les erreurs éventuelles de mesures.

On remarque aussi que le coefficient de pertes thermique globales du premier ordre est de 5,7 W/m² K. Il est presque similaire à celui trouvé par le laboratoire de CSTB qui est de l'ordre de 5,44 W/m² K. Cette petite différence est due aux erreurs de mesures mais il reflète aussi la qualité d'isolation avant et arrière (40 mm de laine de roche vers l'arrière et 20 mm de laine de verre latérale [8]).

C. Calcul d'incertitude

L'incertitude relative sur le rendement instantané et l'abscisse correspondante sont données par [9] :

$$\eta = \frac{\dot{m} C_p (T_s - T_c) T}{A I_g} \quad (8)$$

Calcul d'incertitude selon la norme EN 12975-2 :

$$\frac{\Delta \eta}{\eta} = \left[\left(\frac{\Delta \dot{m}}{\dot{m}} \right)^2 + \left(\frac{\Delta C_p}{C_p} \right)^2 + \left(\frac{\Delta(\Delta T)}{\Delta T} \right)^2 + \left(\frac{\Delta A}{A} \right)^2 + \left(\frac{\Delta I_g}{I_g} \right)^2 \right]^{\frac{1}{2}}$$

Pour l'abscisse T* température réduite :

$$\frac{\Delta T^*}{T^*} = \left[\left(\frac{\Delta T_s}{2(T_{mf} - T_a)} \right)^2 + \left(\frac{\Delta T_c}{2(T_{mf} - T_a)} \right)^2 + \left(\frac{\Delta T_a}{2(T_{mf} - T_a)} \right)^2 + \left(\frac{\Delta I_g}{I_g} \right)^2 \right]^{\frac{1}{2}}$$

En cumulant les incertitudes absolues dues aux sondes et l'enregistreur. Les erreurs absolues selon la norme EN 12975 sont :

Erreur sur le débit est estimé à une demi graduation

$$\frac{\Delta \dot{m}}{\dot{m}} = 0.01, \quad \Delta(\Delta T) = 0.1^\circ C ;$$

$$\frac{\Delta I_g}{I_g} = 0.06 ; \quad \Delta T_c = 0.2^\circ C ; \quad \Delta T_e = 0.5^\circ C$$

Après calcul, on obtient selon la norme EN 12975-2, les gammes de variations des erreurs sur η et T*, tel que :

$$\frac{\Delta \eta}{\eta} = [6.92\% - 9.75\%]$$

$$\frac{\Delta T^*}{T^*} = [6.08\% - 11.85\%]$$

Si la connaissance des performances thermiques d'un capteur solaire est indispensable pour tout travail de recherche ou de dimensionnement. Il est également nécessaire de déterminer les incertitudes commises pendant les tests expérimentaux selon la norme utilisée. Ceci reflète l'exigence de chaque standard par rapport à l'autre.

IV. CONCLUSION GENERALE

Le présent travail porte sur l'étude des performances thermiques des capteurs solaires plans.

Une modélisation théorique du capteur solaire plan a été développée, ce qui a permis de déterminer l'expression générale du coefficient des pertes thermiques globales, de la quantité de chaleur effective transmise par la vitre et absorbé par l'absorbeur .

Un banc d'essai en boucle fermée a été réalisé au sein de l'Unité de Recherche Appliquée en Energies Renouvelables de Ghardaïa selon la norme EN 12975-2. Tous les éléments qui le constitue et les instruments de mesure utilisés pour le test ont été présentés.

Une étude sur le calcul du rendement instantané du capteur solaire à une incidence normale a été présentée selon la norme EN 12975-2.

L'estimation sur le calcul des incertitudes qui peuvent être commises lors des tests réalisés selon la norme utilisée a été calculée.

REFERENCES

- [1] Norme Européenne EN 12975-2 : « Installations solaires thermiques et leurs composants partie 2 : Méthode d'essai » , AFNOR , France ; (2006).
- [2] , Duffie J. A. et W. A. Beckman « Solar Engineering of Thermal Processus » Université of Wisconsin Madison, Solar Energy Laboratory, USA ; (1991).
- [3] Sfeir A. A. et G. Garracino « engineering des systèmes solaires, application à l'habitat ». Paris ; (1981).
- [4] Kaci. K et Abdi. H « Contribution à la détermination des performances de capteur plans solaire à contact direct eau-plaque absorbante ». Université Blida ; (1999).
- [5] Kasbadji. N « Etude théorique et expérimentale des performances instantanées de trois capteurs solaires plan à eau ». Thèse de Magister, HCR ; (1986).
- [6] Merzouk. M « Etude théorique et expérimentale des performances instantanées d'un capteurs solaires sous vide ».Thèse de Magister, HCR ; (1986).
- [7] Avis technique 14/05-947, CSTB, « capteur solaire ST 2000 et ST 2500 » ; France (2006).
- [8] Megasun, manuel technique, notice d'utilisation ,<http://www.helioakmi.gr>
- [9] Kasbadji . N « Rapport d'activités scientifiques 1986-1990 ». CDER ; (1990).