



Etude du comportement thermique d'un récepteur Solaire à Concentration de type Fresnel

Hani Beltagy¹, Hamid Ajdad², Sofiane Mihoub³, Djaffar Semmar⁴, Noureddine Said⁵,

¹Département de mécanique, faculté de technologies, université de Blida1, Blida, Algérie

²Département énergétique, Ecole Nationale Supérieure d'Arts et Métiers, Meknès, Maroc

³Université de Tiaret, Algérie

⁴Département des énergies renouvelables, faculté de technologies, université de Blida1, Blida, Algérie

⁵Centre de Développement des Energies Renouvelables, CDER, Bouzaréah, Alger, Algérie

Auteur correspondant : hani.beltagy@gmail.com

Résumé— L'absorbeur d'un concentrateur solaire de Fresnel s'échauffe et perd de la chaleur vers l'extérieur sous forme essentiellement de rayonnement et de convection. Cette perte peut être caractérisée par un coefficient de pertes thermique U généralement ramené à la surface des miroirs. Un fluide caloporteur refroidit l'absorbeur en emportant la chaleur utile qui est ensuite convertie ou transférée pour différents usages. L'objectif du présent travail est de présenter une analyse du comportement thermique d'un récepteur solaire à concentration de type Fresnel.

Une simulation des transferts thermiques en utilisant le logiciel Fluent a été effectuée afin de déterminer les différentes pertes thermiques dans le récepteur à savoir les pertes convectives et radiatives et cela dans les différents éléments du récepteur (le tube, la vitre et le bardage).

La distribution de la température dans l'absorbeur, les pertes thermiques linéiques, et les pertes thermiques globales ont été déterminées, analysées et discutées.

Mots clés— énergie solaire, concentrateur solaire à miroirs de Fresnel, les pertes thermiques, les pertes radiatives, les pertes convectives.

I. INTRODUCTION

Les systèmes solaires à concentration offrent la possibilité de produire de l'électricité à partir de l'énergie solaire, les températures pouvant aisément dépasser les 500 °C et le rendement de conversion est élevé généralement. On exploite seulement le rayonnement solaire direct, considéré comme la ressource principale.

Quatre technologies distinctes sont utilisées dans les centrales solaires à concentration à savoir : la concentration linéaire qui regroupe : les centrales solaires cylindro-parabolique ; les centrales solaires à miroirs de Fresnel, et la concentration ponctuelle qui regroupe : les centrales à tour, et les paraboles Stirling.

L'utilisation des concentrateurs solaires linéaires de Fresnel pour la production d'électricité par centrale thermodynamique est une solution de plus en plus attractive. Néanmoins les performances de ses derniers,

ainsi que une bonne productibilité pour cette technologie demandent encore à être étudiées.

Le développement de la technologie linéaire de Fresnel retrace plusieurs décennies. Le premier collecteur linéaire de Fresnel significatif a été construit par Francia en Italie en 1964[1], Depuis cela, en raison de sa structure simple, un certain nombre de collecteurs linéaires de Fresnel ont été conçus et testés. Parmi plusieurs, le premier était un collecteur linéaire de Fresnel dont le cadre est fabriqué en bois [2], avec une conception mini- structure où la température de sortie atteint les 120 °C. Un autre prototype innovant commercial basé sur la technologie CLFR a été fabriqué par Solar Heat and Power Company [3].

Plusieurs études et travaux menées pour cette technologie, nous pouvons citer celle d'un four trapézoïdal muni de tubes circulaire dans un cas et dans un autre par un tube rectangulaire pour voir la différence entre les deux, ces derniers ont utilisé comme un absorbeur. Dans cette étude expérimentale des différents facteurs de concentration et revêtements sélectifs ont été considérés, les résultats trouvés ont montré que l'efficacité thermique est plus grande presque de 8% pour le tube circulaire en comparaison avec le tube rectangulaire [4], et l'autre qui concerne une simulation numérique d'un concentrateur de Fresnel, cette étude concerne les effets des paramètres de conception sur les performances thermiques telles que l'orientation des miroirs et la qualité des échanges thermiques dans les tubes, une étude d'analyse des bilans thermique a été entamée dans le concentrateur [5].

Notre objectif principal, dans ce travail est de représenter une analyse de comportement thermique d'un récepteur solaire à concentration de type Fresnel, à travers cette analyse nous allons étudier les différents échanges thermique au sein du récepteur, à savoir : les échanges convectifs et radiatifs, nous allons aussi étudier les profils des températures à travers les différents éléments du récepteur, et enfin nous allons estimer les pertes thermique linéiques globales à travers les différentes surfaces du récepteur.



II. MADERISATION DU RÉCEPTEUR THERMIQUE

A. Géométrie du récepteur modéliné

La géométrie modélinée est un absorbeur tubulaire, surmonté d'un réflecteur secondaire, formant une cavité fermée par une vitre en partie inférieure.

On distingue donc, comme le montre la figure 1 les trois éléments :

- le tube cylindrique, dans lequel circule le fluide caloporteur. Sa paroi externe est absorbante.
- le réflecteur secondaire, placé au-dessus du tube. Il réfléchit sur le tube, le rayonnement solaire qui entre dans la cavité.
- la vitre, qui ferme la cavité au-dessous. Elle laisse passer le rayonnement solaire, mais bloque le rayonnement infrarouge.

Nous avons effectué une modélisation 2D représentant l'ensemble constituant le récepteur solaire. Les effets longitudinaux ne sont donc pas pris en considération.

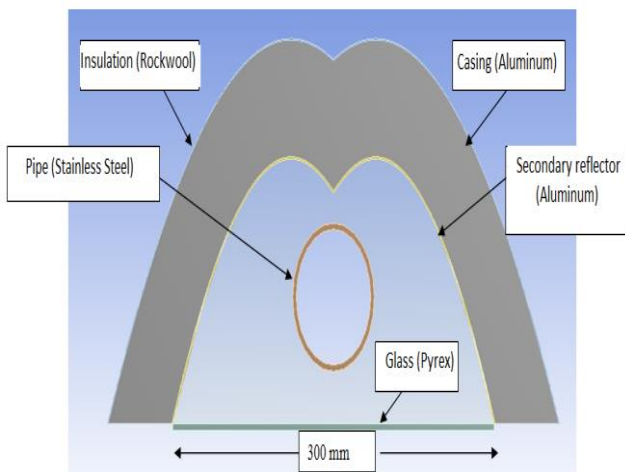


Fig. 1 Géométrie de l'ensemble formant le récepteur solaire

Les matériaux constituant le récepteur thermique sont les suivantes :

- **Tube récepteur** : acier recouvert d'un coating pour optimiser les propriétés radiatives
- **Vitre** : Pyrex
- **Réflecteur secondaire** : aluminium
- **Calorifuge** : laine de roche
- **Bardage** : aluminium

B. Calcul des pertes thermiques

On exprime les pertes par convection et rayonnement de la façon suivante :

$$\Phi_{Conv} = h_{Conv} S_a (T_{Tube} - T_{\infty})$$

$$\Phi_{Rad} = \epsilon \sigma S_a (T_{Tube}^4 - T_{\infty}^4)$$

$$\Phi_{Rad} = h_{rad} S_a (T_{Tube} - T_{\infty})$$

Avec:

$$h_{Rad} = \epsilon \sigma (T_{Tube} + T_{\infty})(T_{Tube}^2 + T_{\infty}^2)$$

Dans notre modélisation, le calcul des coefficients convectifs et radiatifs est effectué par rapport à la température ambiante car il est difficile de définir une température de cœur du récepteur. De plus on considèrera plutôt la surface totale des miroirs S_m que la surface de l'absorbeur S_a

On a donc :

$$\Phi_{perte} = \Phi_{Conc} + \Phi_{Rad}$$

$$\Phi_{perte} = h'_{Conc} S_a (T_{Tube} - T_{amb}) + h'_{rad} S_a (T_{Tube} - T_{amb})$$

$$\Phi_{perte} = (h'_{Conc} + h'_{rad}) S_a (T_{Tube} - T_{amb}) = U S_m (T_{Tube} - T_{amb})$$

On définit donc U tel que :

$$U = (h'_{Conc} + h'_{rad}) \frac{S_a}{S_m}$$

Les pertes thermiques d'un capteur à concentration suivant généralement une loi parabolique, le coefficient de pertes U peut souvent être bien représenté par une fonction affine de l'écart de température entre l'absorbeur et l'air ambiant.

On a donc :

$$U = U_0 + U_1 (T_{Tube} - T_{amb})$$

III. PRESENTATION DU LOGICIEL DE SIMULATION (FLUENT)

Notre travail a été réalisé en utilisant le software Fluent de la famille CFD, qui est un code commercial programmé en langage C et basé sur la méthode numérique des volumes finis. « Fluent » est un code de calcul qui permet de simuler les écoulements des fluides avec et sans transfert thermiques dans des géométries complexes. Il peut résoudre des problèmes d'écoulement avec des mailles structurées et non



Le 5^{ème} Séminaire International sur les Energies Nouvelles et Renouvelables

The 5nd International Seminar on New and Renewable Energies

Unité de Recherche Appliquée en Energies Renouvelables,
Ghardaïa - Algérie 24 et 25 Octobre 2018



structurées, quel que soit la complexité de la géométrie, avec une facilité relative. Les mailles supportées en 2D sont de types triangulaires ou quadrilatéraux, elles sont tétraédriques, hexaédriques ou pyramidales en 3D, ou des mailles (hybrides) mélangées. Le code « Fluent » est écrit en langage C et utilise pleinement la flexibilité et la puissance offertes par ce langage (allocation de l'espace mémoire dynamique).

IV. RESULTATS DE LA SIMULATION

A. Conditions de base

Les conditions dites de base sont les suivantes :

- Après concentration par les miroirs de Fresnel, le flux incident est de 27 kW/m^2 .
- Le flux solaire direct sur le bardage est alors de 400 w/m^2 .
- La température ambiante est de $30 \text{ }^\circ\text{C}$.
- La vitesse du vent est nulle.
- Au sein du tube récepteur, la température du fluide caloporteur (eau/vapeur) peut varier de $130\text{ }^\circ\text{C}$ à l'entrée à $300 \text{ }^\circ\text{C}$ à la sortie du tube.

B. Distribution des températures

La figure 2 représente la distribution des températures dans les différents éléments du récepteur : les solides (le tube absorbeur, la vitre, le bardage), et dans le fluide (l'air).

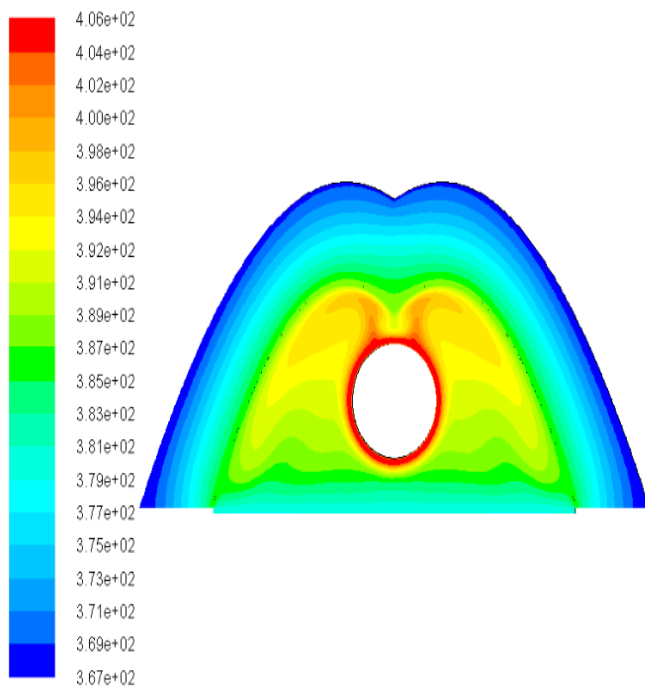


Fig. 2 champ de températures dans les solides et le fluide

Dans les solides (vitre et tube) (figure 2), on constate sans surprise que le gradient de température est quasiment nul dans le tube ($\approx 3\text{ }^\circ\text{C}$), par contre il est important dans la laine de roche.

Dans le fluide (l'air), le champ de température est quasiment stratifié compte tenu de mouvements convectifs de faible ampleur et des couches limites très minces.

C. Evolution des pertes thermiques de tube

La figure 3 montre l'évolution de pertes linéiques globales par les surfaces externes du tube, de la vitre et du bardage, (Bardage-air extérieur, vitre-air extérieur, tube-air intérieur). On constate que la majeure partie des échanges thermiques se font à travers la surface de la vitre par rapport aux autres surfaces (Bardage et tube)

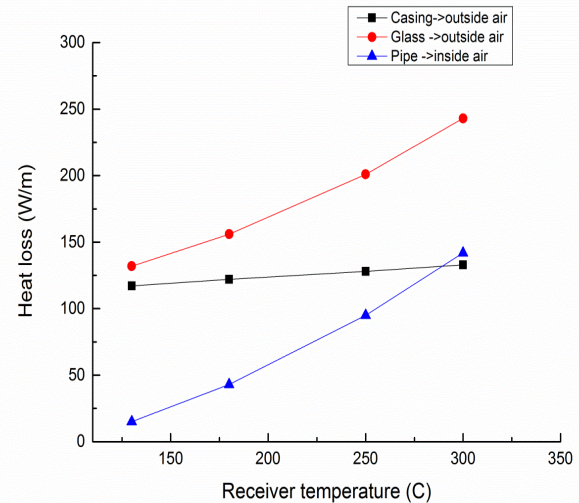


Fig. 3 Pertes thermiques linéiques globales pour [Text= $30\text{ }^\circ\text{C}$, $V_{\text{ext}}=0\text{ m/s}$, $\phi=27 \text{ kW/m}^2$]

La figure 4 permet de connaître les proportions des pertes du tube réalisées par le biais de la vitre ou du bardage. On constate que la majeure partie des pertes se font par le biais de vitre. Elles représentent 67% des pertes du tube à $130\text{ }^\circ\text{C}$ et 86% à $300 \text{ }^\circ\text{C}$.

La figure 5 montre que jusqu'à une température de l'absorbeur de $200 \text{ }^\circ\text{C}$, les pertes radiatives et convectives sont du même ordre. Au-delà, les pertes radiatives deviennent prépondérantes.

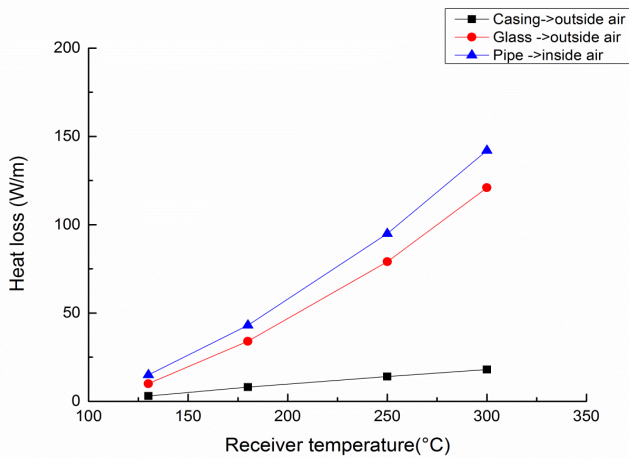


Fig. 4 pertes thermiques linéiques du tube pour [Text=30°C, Vext=0m/s, φ=27 kW/m²]

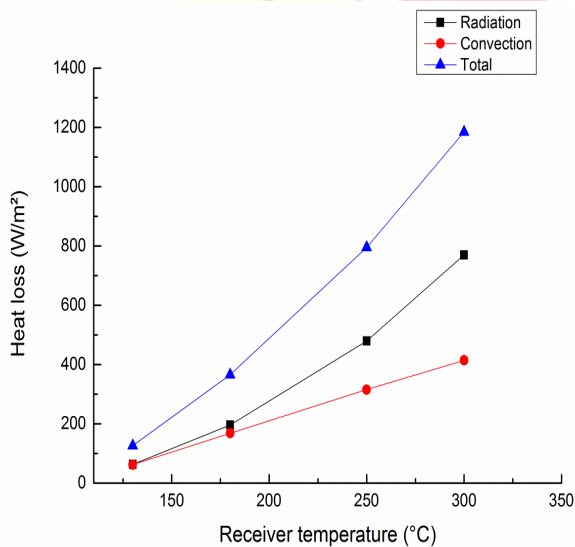


Fig. 5 pertes thermiques du tube pour [Text=30°C, Vext=0m/s, φ=27 kW/m²]

le biais de la vitre. Il met en évidence que la maîtrise des pertes thermiques repose sur la connaissance détaillée des propriétés radiatives des différents matériaux du capteur.

RÉFÉRENCES

[1]. Silvi, C., 2009. The pioneering work on linear Fresnel reflector concentrators in Italy. In: Presented at the 15th SolarPACES International Symposium, Berlin, Germany.

[2]. Negi, B.S., Mathur, S.S., Kandpal, T.C., 1989. Optical and thermal performance evaluation of a linear fresnel reflector solar concentrator. Solar and Wind Technology 6, 589–593.

[3]. Mills, D., Morrison, G.L., Pye, J.D., Le Lievre, P., 2006. Multi-tower line focus Fresnel array project. Journal of Solar Energy Engineering 128, 118–120.

[4]. Velazquez N, Garcia VO, Saucedo D et Beltran R. "Numerical simulation of a linear Fresnel Reflector concentrator used as direct generator in a solar-Gax cycle". Energy Conversion and Management, volum 51, March 2010, Page 434-445.

[5]. Jean Jacques BEZAIN et Llireç SUREDA TRUYOLS. "Etude d'un concentrateur solaire linéique fixe intégré en toiture de bâtiment". Albi : 12^{ème} journées Internationales de Thermique, 2005.

V. CONCLUSION

Un modèle thermo-fluidique complet a été réalisé qui permet de déterminer le comportement thermique du récepteur solaire.

Ce modèle démontre que les pertes sont essentiellement radiatives et qu'elles se réalisent quasiment exclusivement par