

SIMULATION ET DOPAGE DES ECHANGES PAR CONVECTION NATURELLE D'UN CAPTEUR RÉGÉNÉRATEUR D'UNE MACHINE FRIGORIFIQUE SOLAIRE À ADSORPTION À AILETTE DE TYPE RECTANGULAIRE ET TRIANGULAIRE

HEBBIR NACER, CHEBBAH M-SAID, GHODBAN HATEM

Université de Biskra, BP 145 Biskra, 07000, Algérie
n.hebbir@univ-biskra.dz

RESUME

Le besoin en froid dans le secteur de l'habitat individuel ou collectif est en forte augmentation et l'une des applications qui répond aux exigences environnementales est l'utilisation des machines frigorifiques à adsorption solaire. Celles-ci sont équipées par des capteurs régénérateurs. Ils ont comme rôle; de capter l'énergie solaire le jour (phase diurne), et évacuer la chaleur du réacteur en phase nocturne. Les premières évaluations du projet montrent que le problème se trouve au niveau de la phase de production de froid (nuit). La solution proposée est l'adjonction des ailettes rectangulaires ou triangulaire sur la paroi du capteur. Notre objectif est de faire une étude comparative entre ces deux types d'ailette, afin de trouver les dimensions géométriques optimales des ailettes à implanter sur le capteur.

ABSTRACT

The need of cooling in the individual or collective housing sector is rising sharply, one of these applications which gives the answer to environmental requirements is the use of solar adsorption refrigeration machinery. They are equipped with regenerators' sensors. Their role is to capture solar energy during the day (diurnal phase), and remove heat from the reactor in the night period. The first evaluations of the project show that the problem is connected to the production phase of cold (night). The proposed solution is the use of rectangular or triangular fins on the side of the sensor. Our goal here is to study this type of fins, in order to find the optimal geometric dimension of the fins implanted on the sensor.

MOTS CLES: Machine frigorifique solaire - Convection naturelle - Capteur solaire – Ailettes rectangulaires.

1 INTRODUCTION

Avec l'accroissement de la population et le développement industriel, surtout dans les régions pétrolières, les besoins de l'Algérie en froid sont de plus en plus importants. Le recours aux énergies renouvelables, surtout solaire, devient plus que nécessaire pour répondre à ces besoins.

L'un des procédés de production de froid par énergie solaire est le procédé thermo-chimique à adsorption. Plusieurs laboratoires français sont impliqués pour la conception d'une nouvelle machine frigorifique solaire à adsorption. Elle devra réaliser une température de (-30°C) et utilisera une source solaire basse température de 70°C contrairement aux machines existantes actuelles.

Les premières évaluations du projet ont montré que les contraintes de dimensionnement les plus fortes se situaient non pas au niveau de captation de l'énergie solaire, mais au contraire, au niveau du refroidissement du réacteur dans la phase nocturne de production.

2 PROBLÉMATIQUE

L'objectif de ce travail, est de concevoir un capteur performant le jour, et possédant une fonction de radiateur, durant la phase nocturne de régénération, le flux à évacuer est de 250 W/m² à travers une surface de 10 m², soit un coefficient d'échange apparent de l'ordre de $h_{app} = W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}$. Une étude préliminaire d'optimisation a déjà permis de fixer les dimensions des ailettes à implanter sur la partie basse du capteur [3].

L'objectif principal est de simuler le dopage des échanges thermiques par convection naturelle au niveau des ailettes. Il faut notamment vérifier que le capteur choisi est tout à fait capable d'évacuer la quantité de chaleur donnée pendant le temps fixé. Nous avons utilisé le logiciel FLUENT qui est largement utilisé dans le domaine de la mécanique des fluides et de la thermique.

3 DOMAINE D'ÉTUDE

Le capteur aileté par sa face inférieure présente une périodicité régulière. On dispose donc de deux plans de symétrie. Le domaine d'étude sera réduit à un motif élémentaire englobant une demi-aillette et un demi-écartement. Pour notre étude on propose d'étudier deux types d'aillette soit rectangulaire et triangulaire.

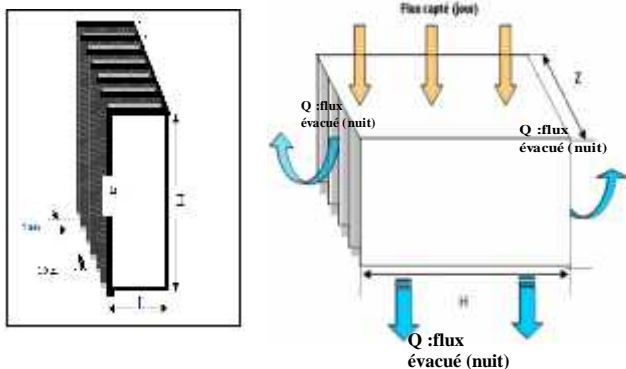
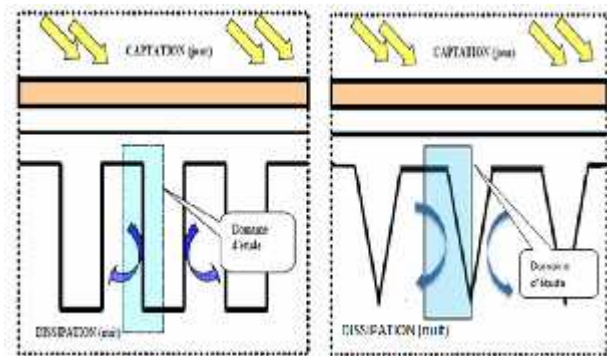


Figure 1a, 1b : Vue en perspective du capteur muni d'ailettes rectangulaire



1er Cas : ailette rectangulaire 2eme Cas : ailette triangulaire

Figure 2 : Vue de dessus du domaine d'étude

4 CONDITIONS AUX LIMITES

Avec le lexique du code, nous avons :

- Les faces avant et arrière sont caractérisées par une condition de symétrie (symmetry).
- La paroi du capteur est associée à une condition de température imposée $T_p = 70^\circ\text{C}$.
- La conduction dans l'aillette est prise en compte, autrement dit celle-ci est considérée comme élément solide "solid", de conductivité thermique $= 204.4 \text{ W}\cdot\text{m}^{-1} \text{ K}^{-1}$, ce qui correspond à la conductivité thermique de l'aluminium.
- Les frontières ouvertes du domaine caractérisées par les conditions aux limites :

1. Velocity inlet : Cette condition permet d'imposer sur une surface une vitesse et une température du fluide entrant, la vitesse est estimée à 0.03 m/s .
2. Outflow : Cette condition est traduite le fait qu'on ne connaît pas les paramètres (vitesse et pression) du fluide sortant.

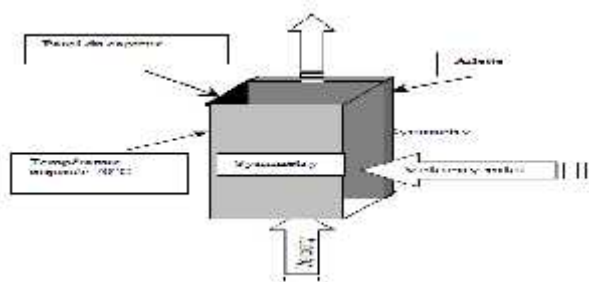


Figure 3 : Condition aux limites

5 MAILLAGE

L'écoulement de l'air autour des ailettes en convection naturelle est supposé laminaire en régime stationnaire selon un modèle isolé en formulation implicite. Le fluide est supposé incompressible sous l'hypothèse de Boussinesq.

Étant donné que le domaine d'étude ne présente pas de singularité particulière, ce maillage est généré grâce au logiciel "GAMBIT". Les pas d'espace suivant x , y , z sont respectivement égaux à 4 mm , 50 mm , 1 mm .

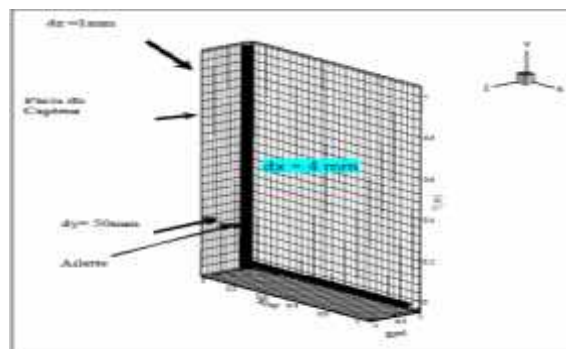


Figure 4 : maillage du domaine

6 RÉSULTAT

Rappelons que la problématique consiste à bi-dimensionner les ailettes du capteur pour dégager la quantité de chaleur fixée pendant un temps limité. Pour la présentation des résultats obtenus, nous avons choisi de représenter les isothermes et les profils de vitesses.

Les profils de vitesses sur la (fig. 5) sont calculés pour une longueur de l'aillette égale à 8 cm s'échauffe et une force ascensionnelle est créée permettant à l'air d'accélérer son

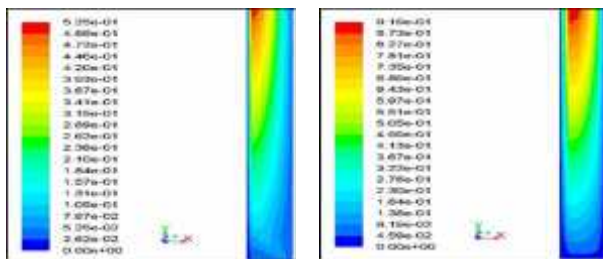
mouvement vers le haut. Le Coefficient d'échange est d'autant plus fort que la vitesse de l'air est plus importante.

On a considéré que la vitesse de l'air à l'entrée (coté bas et avant) est nulle. A la sortie du domaine, la vitesse atteint son maximum avec une valeur importante (environ 0.91 m/s pour les ailettes triangulaire et 0.52 m/s pour les ailettes rectangulaire). Ce qui traduit un échauffement important et donc une bonne convection.

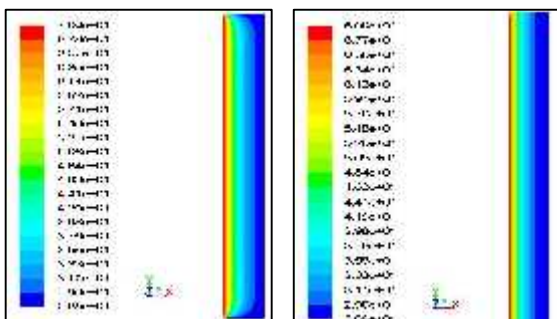
Sur les figures 6, on propose les profils de températures sur les plans de symétrie avant perpendiculaire par rapport au capteur, On voit clairement le développement de la couche limite de convection naturelle, ce qui traduit bien l'effet de refroidissement du capteur. On remarque aussi que la majorité des échanges sont assurés par la moitié de l'ailette.

A la lecture des résultats obtenus, on peut dire qu'il est tout à fait possible de réaliser, avec des ailettes triangulaire ou rectangulaire, l'échange thermique souhaité par convection naturelle uniquement pendant le temps fixé. Ces résultats montrent que les ailettes triangulaires ont des performances meilleures que celles des ailettes rectangulaires.

Ceci rejoint les conclusions de l'étude préliminaire effectuée au LET [1] même si, pour notre calcul, on a considéré les conditions climatiques de la ville de Biskra.



1er Cas : ailette rectangulaire 2eme Cas : ailette triangulaire
Figure 5 : profil de vitesse de l'air (plan de symétrie) en m/s



1er Cas : ailette rectangulaire 2eme Cas : ailette triangulaire
Figure 6 : profil de température de l'air (plan de symétrie) en °C

7 SENSIBILITÉ AU MAILLAGE

Afin de confirmer les résultats trouvés, nous avons effectué un changement de paramètres de maillage. L'étude de

sensibilité au maillage a été faite par les mêmes paramètres suivants : $i = 16$ cm, $e = 4$ mm et $La = 8$ cm.

La figure 9 représente l'influence de l'affinage du maillage sur le profil de température et la composante verticale de la vitesse dans le plan de symétrie avant à mi-hauteur du capteur.

La courbe noire est celle du maillage de base alors que celle de couleur violette est celle obtenue avec le maillage fin (la moitié du pas). La jaune est celle du maillage large (le double du pas de base).

On voit clairement que les résultats trouvés ne représentent qu'une légère sensibilité au maillage, on peut donc conclure que les résultats de la simulation sont acceptables.

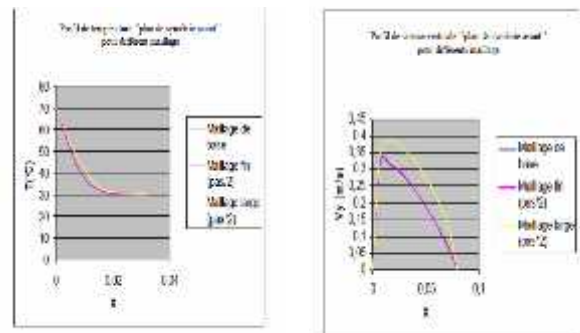


Figure 9 : sensibilité aux maillages

8 CONCLUSION

La comparaison des résultats des deux types d'ailette, montre que le choix d'implanter des ailettes triangulaires sur le capteur donne de meilleurs résultats, mais malheureusement la construction de ce type d'ailette reste difficile, donc on a opté pour le choix des ailettes rectangulaires.

En conclusion à cette étude, nous pouvons dire que le choix d'ailette rectangulaire simple est tout à fait satisfaisant. Le flux à évacuer pour permettre la régénération du fluide frigorigène est suffisamment dissipé par la partie basse du capteur-régénérateur. En plus, nos résultats sont comparables avec ceux effectués au LET [1].

REFERENCES

- [1] LET, rapport de projet PRI 6.1 Froid solaire, Poitiers (2004).
- [2] Andréa sz lieto vollaro, Stefano Grignaffini, franco gugliermitti "optimum design of vertical rectangular fin arrays" Int. J. Sc. 38. Pp525 -529, 1999.
- [3] N.HEBBIR, N. LABED « optimisation des échanges thermique par convection naturelle d'un capteur régénérateur d'une machine frigorifique solaire ».

SIPE8 Nov.2006, Béchar. Algérie.

- [4] Nolwenn Le Pierres, STITOU D., MAZET N. « Conception d'unprocédé thermochimique de congélation solaire à partir de chaleur basse température » IMP (Institut de Science et Génie des Matériaux et Procédés), UPR CNRS 8521 Rambla de la Thermodynamique, Tecnosud, 66100 Perpignan (France).
- [5] Nolwenn Le Pierres, « Procédé solaire de production de froid basse température (-28°C par sorption solide-gaz », thèse soutenue en septembre 2005, Université de Perpignan, thèse soutenue en Sep2005.
- [6] André B. De Vrient, « La transmission de la chaleur », Edition, Gaëtan Morin, 1984.
- [7] CNRS, rapport final d'activité 2002/2004, GAT 6 : Habitat, « Congélation solaire -30°C à par procédé thermochimique à partir d'une source thermique basse température (70°C).