

# Introduction de chicane perforées dans la veine d'écoulement d'un capteur solaire

Khaled Aliane<sup>1</sup>, Mustapha Henaoui<sup>2\*</sup>

<sup>1,2</sup> Département de Génie mécanique, Faculté des Sciences de la Technologie. Université de Tlemcen Bp 230 Chetouane Tlemcen, Algérie

\* auteur correspondant : mus196510@live.fr

**Résumé** - Le travail présenté consiste à étudier l'influence des chicanes rectangulaires minces perforées sur le comportement thermique d'un capteur solaire plan à air.

L'écoulement autour d'obstacle à une variété d'applications industrielles et techniques. Nous faisons cette étude pour mettre en évidence les différents phénomènes aérodynamiques que peut accompagner un tel écoulement en gardant comme perspective l'application de ce modèle à l'étude de l'écoulement au sein d'un capteur solaire plan à air.

Le but de ce travail est de faire une simulation numérique avec le logiciel FLUENT, de l'écoulement de l'air dans la conduite d'un capteur muni de chicanes rectangulaires perforées. La résolution numérique du problème étudié utilise la méthode des volumes finis pour discrétiser les équations gouvernantes. La modélisation de la turbulence est basée sur le modèle de turbulence k- $\epsilon$ .

**Mots Clés** : capteur solaire plan, chicanes rectangulaires perforées, modèle de turbulence k- $\epsilon$ , méthode des volumes finis.

## Nomenclature

$U$	vitesse, m/s	<i>Symboles grecs</i>	
$T_a$	température ambiante, K	$\rho$	masse volumique, kgm <sup>-3</sup>
$T_{abs}$	température de l'absorbeur, K	$\mu$	viscosité dynamique, Pa.s ou Pl
$P$	pression, Nm <sup>-2</sup>	$\mu_t$	viscosité turbulente, Pa.s ou Pl
$P_s$	pression à la sortie, Nm <sup>-2</sup>	$\epsilon$	dissipation à l'entrée, m <sup>2</sup> /s <sup>3</sup>
$k$	énergie cinétique turbulente, m <sup>2</sup> /s <sup>2</sup>		

## 1. Introduction

Les structures de l'écoulement autour des obstacles occupent une place importante dans la physique des fluides dus à leur importance dans les applications aérodynamiques et hydrodynamiques. Le travail présenté porte sur l'étude de l'écoulement dans une conduite rectangulaire munie de chicanes rectangulaires perforées.

Des chercheurs ont proposé d'augmenter le transfert thermique entre l'absorbeur et le fluide caloporteur d'un capteur solaire plan par l'ajout des obstacles. Dans le cas des obstacles fixés sur l'isolant, le choix des formes géométriques d'obstacles utilisés doit satisfaire certains critères dans le collecteur [1,2]. Les obstacles assurent une bonne irrigation de l'absorbeur, créent la turbulence et réduisent les zones inactives. (K.Aoues et al [3]), la veine d'air dynamique du capteur a été garnie de rugosités artificielles de différentes formes et de différents arrangements afin d'optimiser les performances thermiques.

Le travail de F. Mokhtari et Al [4,5], traite les mesures de différentes températures de l'absorbeur et les températures de sortie de fluide de trois capteurs en deux modes de circulations naturelle et forcée, qui ont permis de faire un choix sur la meilleure configuration parmi les trois configurations étudiées. Abene A. et al [6], ont mené une étude expérimentale sur l'augmentation et l'optimisation d'un capteur en considérant plusieurs types d'obstacles disposés dans des rangées de l'espace dynamique de l'air dans le capteur.

M.A.Amraoui et al [7], leur travail s'est intéressé à l'étude tridimensionnelle numérique du comportement thermique d'un capteur solaire plan à air muni d'obstacles. Tsay et al [8], ont étudié numériquement le perfectionnement du transfert thermique d'un écoulement dans un canal muni d'une chicane verticale, l'influence de la taille de la chicane et des revêtements en arrière sur la structure d'écoulement, est étudiée en détail pour une gamme de nombre de Reynolds de 100 à 500. Ils ont constaté que l'introduction d'une chicane dans l'écoulement pourrait augmenter le nombre de Nusselt moyen de 190%. Buchberg [9], la conversion solaire-thermique exige le contrôle de pertes de chaleur de l'absorbeur chaud à l'environnement plus frais. Basé sur la théorie de quelques mesures expérimentales, l'espacement entre l'absorbeur solaire chaud et les couvertures de verre influence l'efficacité thermique de la conversion. Zerrouki et al, [10] ont rapporté dans leur travail une modélisation mathématique d'un capteur solaire à air de conception conventionnelle à deux passes Ils ont étudié le cas où le capteur est dans un état tel que les conditions de BLISS sont respectées.

## 2. Problématique

On cherche à étudier l'aérodynamique interne des perforations de chicanes pour que le fluide caloporteur soit toujours dirigé vers l'absorbeur en imposant une orientation adéquate à ses perforations ( $d=0.005m$ ).

Les dimensions du canal présentées dans ce travail : figure. 1.

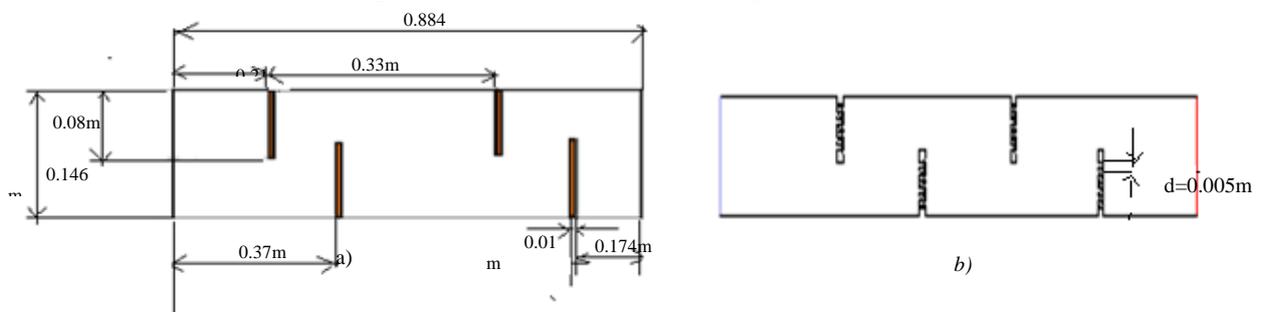


Figure 1 : Les géométries étudiées  
 a) Les dimensions de la géométrie étudiée  
 b) Capteur à chicanes simples  
 c) Capteur à chicanes perforées

### a. Système d'équation

L'écoulement au sein du capteur est gouverné par les équations de conservations suivantes [11] :

### 2.1.1 Conservation de la masse

$$\frac{\partial(\rho u)}{\partial x} + \frac{\partial(\rho v)}{\partial y} = 0 \quad (1)$$

### 2.1.2 Conservation de la quantité de mouvement

Conservation de la quantité de mouvement suivant la direction axiale

$$\rho u \frac{\partial u}{\partial x} + \rho v \frac{\partial u}{\partial y} = -\frac{\partial p}{\partial x} + \frac{\partial}{\partial x} \left[ (\mu + \mu_t) \left( 2 \frac{\partial u}{\partial x} \right) \right] + \frac{\partial}{\partial y} \left[ (\mu + \mu_t) \left( \frac{\partial u}{\partial y} + \frac{\partial v}{\partial x} \right) \right] \quad (2)$$

Conservation de la quantité de mouvement suivant la direction radiale

$$\rho u \frac{\partial v}{\partial x} + \rho v \frac{\partial v}{\partial y} = -\frac{\partial p}{\partial y} + \frac{\partial}{\partial y} \left[ (\mu + \mu_t) \left( 2 \frac{\partial u}{\partial y} \right) \right] + \frac{\partial}{\partial x} \left[ (\mu + \mu_t) \left( \frac{\partial u}{\partial y} + \frac{\partial v}{\partial x} \right) \right] \quad (3)$$

### 2.1.3 Conservation de l'énergie

Conservation de l'énergie dans le fluide

$$\rho u \frac{\partial T}{\partial x} + \rho v \frac{\partial T}{\partial y} = \frac{\partial}{\partial x} \left[ \left( \frac{\mu}{\rho_r} + \frac{\mu_t}{\sigma_T} \right) \frac{\partial T}{\partial x} \right] + \frac{\partial}{\partial y} \left[ \left( \frac{\mu}{\rho_r} + \frac{\mu_t}{\sigma_T} \right) \frac{\partial T}{\partial y} \right] \quad (4)$$

Conservation de l'énergie dans la paroi

$$\left( \frac{\partial^2 T}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial y^2} \right) = 0 \quad (5)$$

### 2.1.4 Energie cinétique turbulente $k$

$$\rho u \frac{\partial k}{\partial x} + \rho v \frac{\partial k}{\partial y} = \frac{\partial}{\partial x} \left[ \left( \mu + \frac{\mu_t}{\sigma_k} \right) \frac{\partial k}{\partial x} \right] + \frac{\partial}{\partial y} \left[ \left( \mu + \frac{\mu_t}{\sigma_k} \right) \frac{\partial k}{\partial y} \right] + P_k - \rho \quad (6)$$

$P_k$  Représente la production de l'énergie cinétique turbulente par cisaillement

### 2.1.5 Energie de dissipation

$$\rho u \frac{\partial \varepsilon}{\partial x} + \rho v \frac{\partial \varepsilon}{\partial y} = \frac{\partial}{\partial x} \left[ \left( \mu + \frac{\mu_t}{\sigma_\varepsilon} \right) \frac{\partial \varepsilon}{\partial x} \right] + \frac{\partial}{\partial y} \left[ \left( \mu + \frac{\mu_t}{\sigma_\varepsilon} \right) \frac{\partial \varepsilon}{\partial y} \right] + (C_{\varepsilon 1} f_1 p_k - \rho C_{\varepsilon 2} f_2 \varepsilon) \frac{\varepsilon}{k} \quad (7)$$

Tableau 1 : Constantes turbulentes dans les équations gouvernantes

$C_\mu$	$C_{\varepsilon 1} = C_{\varepsilon 2}$	$f_1 = f_2 = f_\mu$	$\sigma_k$	$\sigma_\varepsilon$	$\sigma_T$
---------	---	---------------------	------------	----------------------	------------

0.09	1.44	1	1	1.3	0.9
------	------	---	---	-----	-----

## 2.2 Conditions aux limites

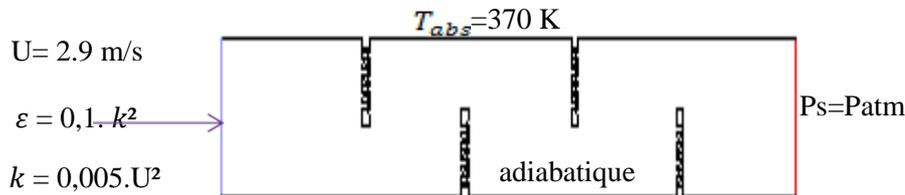


Figure 2 : Les conditions aux limites

## 3 Résultats

La validation des résultats est basée sur le travail de Demartini [12] qui utilise le même modèle géométrique mais avec des chicane simples. Ces résultats sont donnés par la figure.3. La figure montre une bonne concordance entre nos résultats et les résultats de Demartini.

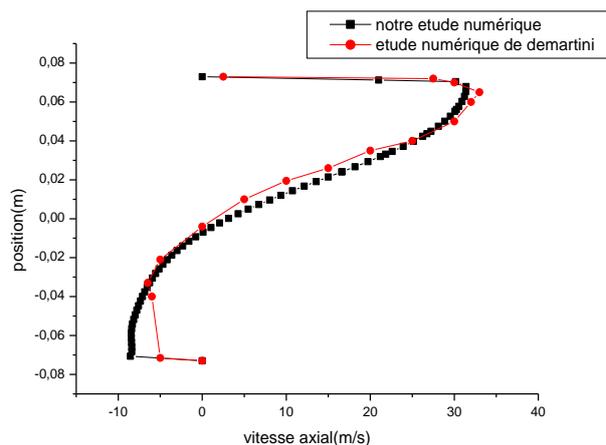


Figure 3 : Comparaison des résultats pour le capteur à chicane simple

## 3.1 Discussion

### 3.1.1 Vitesse axiale

La figure.4 illustre le contour de la vitesse axiale du fluide caloporteur à l'intérieur des deux modèles. La présence de chicane perforées a libéré les volumes morts (bloqués) en amont de ses chicanes.

La recirculation du fluide caloporteur est orientée vers la partie supérieure de la conduite par les chicanes fixées sur la paroi inférieure et elle est orientée vers la partie inférieure de la conduite pour les chicanes fixées sur la paroi supérieure (figure 4.a ; 4.b).

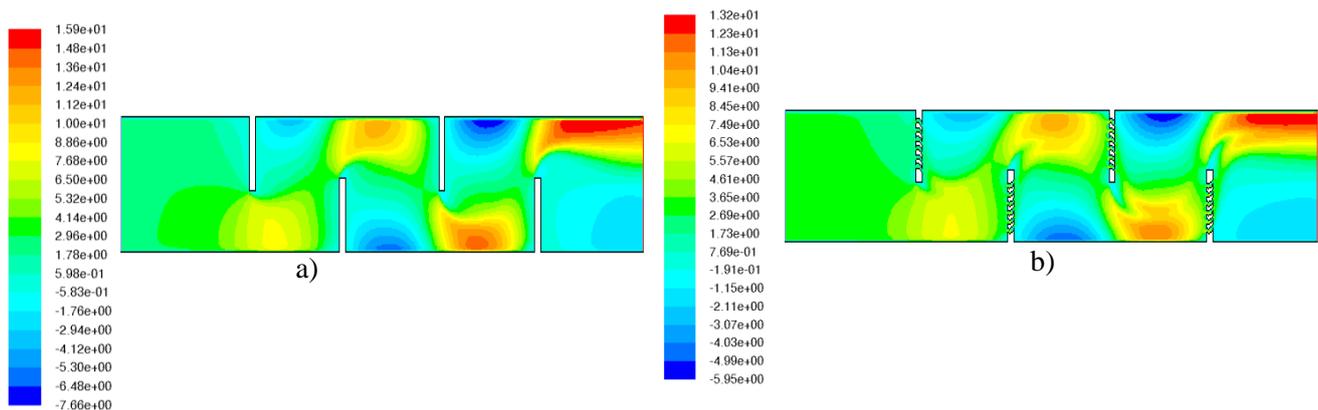


Figure 4 : Contour de la vitesse axiale  
 a) Capteur à chicanes simples  
 b) Capteur à chicanes perforées

### 3.1.2 Coefficient de pression

Les contours de la figure. 5 illustre le comportement du coefficient de pression La diminution du coefficient de pression est plus importante pour le capteur à chicanes perforées figure 5.b par rapport au capteur à chicanes simples figure 5.a.

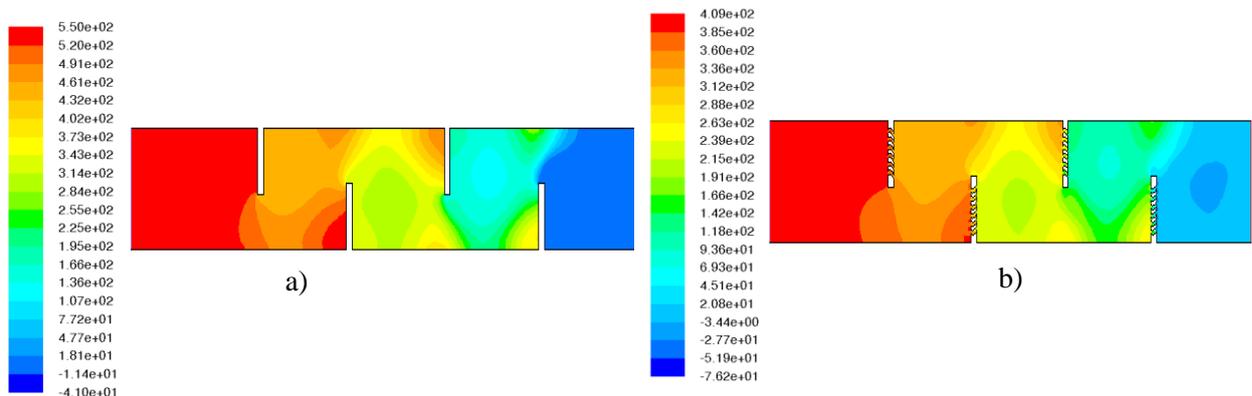


figure 5 : Contour du coefficient de pression  
 a) Capteur à chicanes simples  
 b) Capteur à chicanes perforées

### 3.1.3 Dissipation turbulente

Les contours de la figure 5 illustre la distribution de la dissipation turbulente à l'intérieure des deux modèles de capteurs. Le taux de dissipation turbulente est plus important pour le capteur à chicanes simple qui se développe à partir des extrémités des chicanes figure 5.a par rapport aux chicanes perforées figure 5.b.

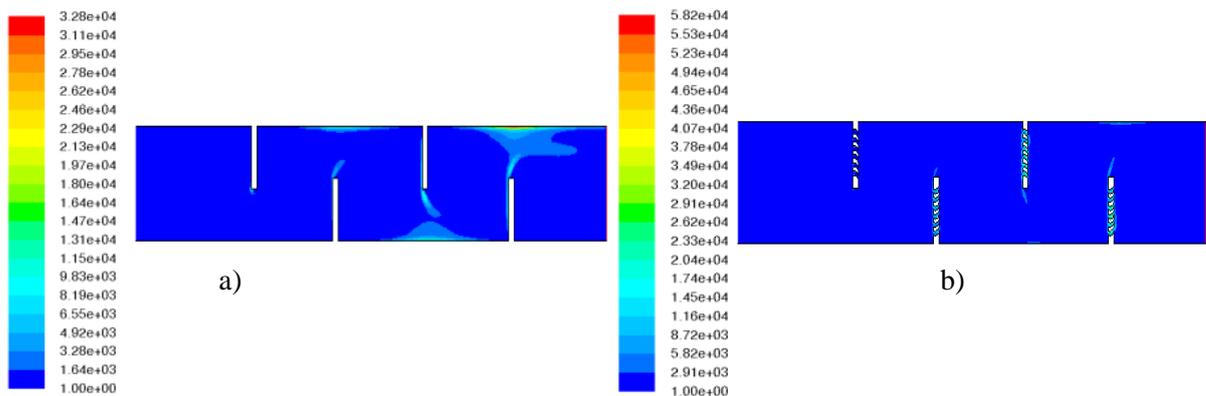


Figure 6 : Contour de la dissipation turbulente  
 a) Capteur à chicanes simples  
 b) Capteur à chicanes perforées

### 3.1.4 Distribution de la température

Les températures les plus importantes sont remarquées pour le capteur à chicanes perforées figure 7.b ou le fluide est bien chauffé en aval des chicanes fixées sur l'absorbeur, pour le capteur à chicanes simples la température en aval des chicanes fixées sur l'absorbeur est moins importante figure 7.a

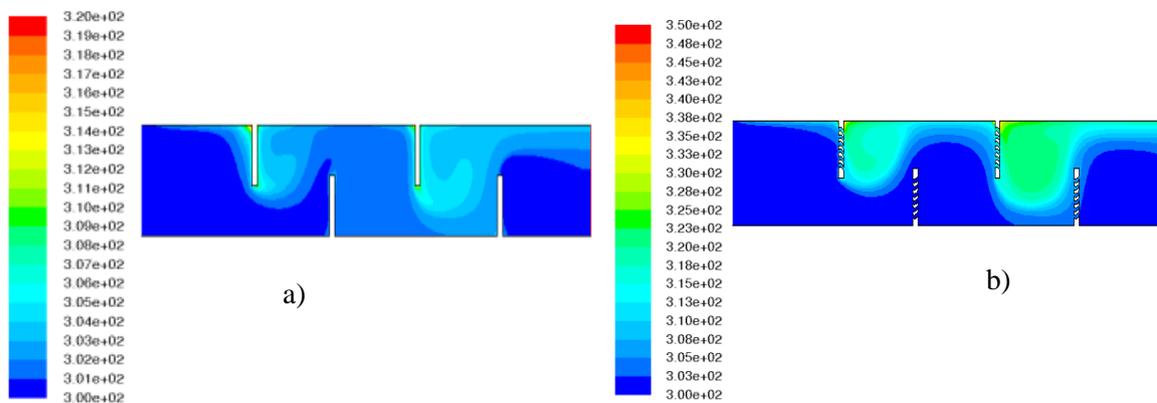


Figure 7 : contour de la température  
 a) Chicanes simples b) Chicanes perforées

La figure 8. Illustre l'évolution de la température à la position de la section  $x = 0.884$  m pour les deux modèles de capteur solaire, cette température est plus importante pour le capteur à chicanes perforées.

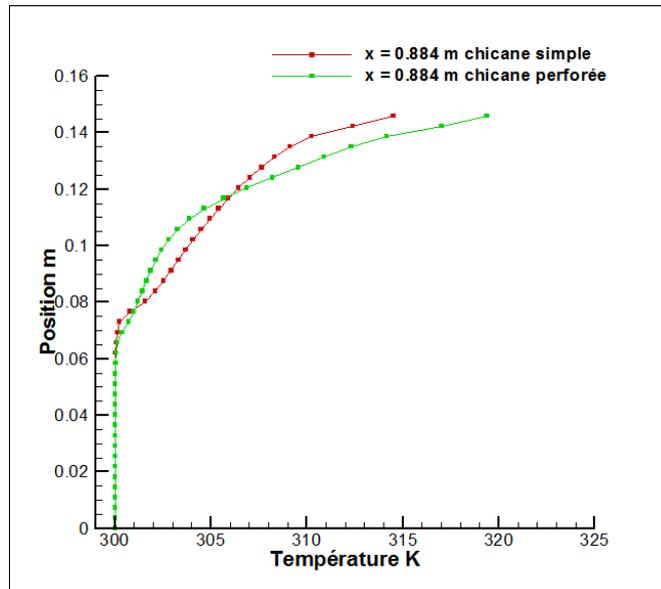


figure 8 : Profils de la température pour la section à la position  $x = 0.884 m$

#### 4 Conclusion

La circulation du fluide caloporteur à l'intérieur de la conduite d'un capteur solaire thermique a une influence importante sur l'optimisation des performances thermiques. Les résultats obtenus avec le capteur à chicanes perforées, nous a permis d'augmenter la température à l'intérieur du capteur solaire comparativement à un capteur avec chicanes simples.

Bien que l'augmentation en température n'est pas aussi significative elle aura pour effet une amélioration non négligeable du rendement énergétique.

La présence de chicanes perforées dans la veine du fluide caloporteur a permis une distribution adéquat de celui-ci et un chauffage plus important par rapport aux chicanes simples.

#### References

1. H. Joel, Ferziger, Milovan and Peric, *Computational Methods for Fluid Dynamics*, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, (1996).
2. A. Ahmed-Zaïd, A. Moulla, M. S. Hantala et J.Y. Desmons, Amélioration des Performances des Capteurs Solaires Plans à Air : Application au Séchage de l'Oignon Jaune et du Hareng, *Revue des Energies Renouvelable*. Vol.4, (2001) 69-78.
3. K. Aoues, N. Moumami, M. Zellouf, A. Labed et E. Achouri, Etude de l'influence des rugosité-artificielles sur les performances thermiques des capteurs solaires plans à air, *Revue des Energies Renouvelables*, Vol 11 ,(2008) 219- 227.
4. F. Mokhtari, D. Semmar, L'Influence de la Configuration de l'Absorbeur sur les Performances Thermiques d'un Capteur Solaire à Air, Centre de Développement des Energies Renouvelables, B.P. 62,

- Route de l'Observatoire, Bouzaréah, Alger, Algérie *Revue des Energies Renouvelables* : Journées de Thermique, (2001) 159-162.
5. F. Mokhtari, D. Semmar, Etude Expérimentale d'un Capteur Solaire à Air, Centre de Développement des Energies Renouvelables, B.P. 62, Route de l'Observatoire, Bouzaréah, Alger *Revue des Energies Renouvelables* : Valorisation, (1999) 243-246.
  6. A. Abene, V. Dubois and M. Le Ray, Study of a solar air flat plate collector, use of obstacles and application for the drying of grape, Volume 65, Issue1, (2004) 15-22.
  7. M.A. Amraoui, K. Aliane, Numerical Analysis of a three Dimensional Fluid Flow in a Flat Plate Solar Collector, International journal of renewable and sustainable Energy Vol.3 N°3, (2014) 68-75.
  8. Y.L. Tsay, T.S. Chang and J.C. Cheng, Heat transfer enhancement of backward-facing step flow in a channel by using baffle installed on the channel wall, Acta Mech. 174, (2005) 63-76.
  9. H. Buchberg, I. Catton and D.K. Edwards, Natural Convection in Enclosed spaces- a review of Application to Solar Energy Collection, Journal of Heat Transfer, ASME- 98, (2), (1976) 182-189,.
  10. A. Zerrouki, B. Tedjiza et N. Said, Modélisation des Pertes Thermiques dans un capteur Solaire à Air à deux Passes, CDER B.P. 62 Bouzaréah, Alger, ALGERIE Vol. 5, (2002) 49-58.
  11. S.V. Patankar, C.H. Liu, and E.M. Sparrow, Fully developed flow and heat *Revue des Energies Renouvelables* transfer in ducts having streamwise-periodic variations of cross-sectional area, *Journal of Heat Transfer*, Vol. 99, (1977) 180-6,.
  12. L. C. Demartini, H. A. Vielmo and S. V. Möller, Numeric and Experimental Analysis of the Turbulent Flow through a Channel With Baffle Plates, J. of the Braz. Soc. of Mech. Sci. & Eng, 20 Vol. XXVI, (2004) No 153.