



Le 2^{ème} Séminaire International sur les Energies Nouvelles et
Renouvelables
The 2nd International Seminar on New and Renewable
Energies

Unité de Recherche Appliquée en Energies Renouvelables,
Ghardaïa - Algérie 15, 16 et 17 Octobre 2012



Analyse numérique du comportement Dynamique et Thermique de l'air utilisé comme fluide caloporteur circulant dans un convertisseur thermo solaire plan muni des chicane sous forme de losanges

Nabila GUENDOZ^{#1}, Rachid SAIM^{#1}

^{#1} laboratoire Energétique Et Thermique Appliquée

Faculté de Technologie, Université Abou Bekr Belkaid, Tlemcen, BP 230- Tlemcen-13000- Algérie.

¹ nabila13_lmd@yahoo.fr

¹ saimrachid@yahoo.fr

Résumé : On présente dans ce travail une étude numérique d'un écoulement turbulent incompressible bidimensionnel d'air en convection forcée turbulente traversant une conduite rectangulaire munie des ailettes sous forme losanges transversales. Les équations gouvernantes, basées sur le modèle $k-\epsilon$ standard utilisé pour modéliser la turbulence, sont résolues par la méthode des volumes finis à l'aide de l'algorithme SIMPLEC. Les profils et les champs de la vitesse axiale, ainsi que les profils et la distribution de la température Les profils de température dans le conduit ont été obtenues pour toute la géométrie considérée et pour différentes sections choisis, à savoir, en amont, en aval et entre les deux chicanes sous forme de losange et pour trois positions $s, s/2, 3s/2$.

Mots Clés— écoulement- chicane-simple-comportement thermique et dynamique

I. INTRODUCTION

La convection forcée dans des géométries complexes trouve son importance dans de nombreuses applications industrielles et plus particulièrement dans les réacteurs nucléaires, les échangeurs de chaleur, les capteurs solaires, les chauffe eau à énergie solaire, le refroidissement des turbomachines, des composants électroniques les échangeurs à faisceaux et à calandre. Tels travaux présentent un intérêt particulier dans l'amélioration et la prédiction des écoulements autour de chicanes.

Les chicanes sont de première importance dans les échangeurs de chaleur. En conséquence, ils ont été le sujet de considérables études expérimentales et numériques. Parmi les études qui ont intéressées par des conduites munies des chicanes. Commençant par l'étude expérimentale de **Wilfried**

Roetzeli[1], pour traiter le rôle des chicanes sur le transfert de chaleur dans un échangeur de chaleur tubulaire, ainsi que

L'influence de la distance entre les chicanes eux même et entre les chicane et la calandre sur led performances thermiques.

Parmi les études on peut citer les travaux de **Chang et Huang** [2] ont étudié la convection forcée entre deux plaques planes munies d'ailettes transversales (chicane transversales) qui ne sont pas symétriquement placées. Leurs résultats ont indiqué que la position relative à des rangées de chicanes est un facteur influent sur le champ d'écoulement, particulièrement pour des chicanes avec de grandes tailles.

Kelkar et Patankar [3] ont réalisé une investigation numérique, pour un fluide en convection forcée laminaire entre deux parois planes parallèles avec chicanes. Les résultats prouvent que l'écoulement est caractérisé par des fortes déformations et de grandes régions de recirculation. En général, le nombre de Nusselt et le coefficient de frottement augmentent avec le nombre de Reynolds.

Les effets hydrauliques et thermiques de placer les chicanes normales à l'intérieur d'un canal en 3D ont été étudiés numériquement par **Lopez et al** [4].

Autres auteurs a étudié l'effet de la taille de chicanes et de l'orientation sur le renforcement de transfert de chaleur dans un échangeur de chaleur à tube, prenant l'exemple le travail de **Nasiruddin et al** [5], qui ont examiné trois orientations différentes de chicanes, le premier cas est une chicane verticale, le deuxième cas est une chicane inclinée vers le



**Le 2^{ème} Séminaire International sur les Energies Nouvelles et
Renouvelables**
**The 2nd International Seminar on New and Renewable
Energies**

Unité de Recherche Appliquée en Energies Renouvelables,
Ghardaïa - Algérie 15, 16 et 17 Octobre 2012



côté en aval, et le troisième cas une chicane inclinée vers le côté en amont. Aussi une autre étude expérimentale et numérique sur une conduite rectangulaire munie de deux chicanes perpendiculaires aux parois a été effectuée par **Damartini et al. [6]** pour caractériser d'écoulement d'air turbulent par détermination des champs des vitesses axiales ou les zones de recirculation de l'écoulement d'air turbulent, et l'influence de ces paramètres sur les pertes de pression dans différentes zones.

Des déviations remarquables des vitesses axiales dans la comparaison entre les résultats expérimentaux et ceux numériques ont été observées. Ils ont conclu que la géométrie des chicanes montées de façon opposées sur les parois joue un rôle très important dans la formation des zones tourbillonnaires causées par le changement de la direction de l'écoulement. Ce travail a été validé par **R. Saim et al. [7]**, qui concluent que les zones tourbillonnaires sont responsables des variations locales du nombre de Nusselt le long des surfaces des chicanes et de la paroi en particulier au niveau de celles situées côté inférieur. La perturbation la plus élevée est obtenue en amont de la deuxième chicane.

La plupart des travaux sur les écoulements ; laminaire et Turbulent ont été effectués pour des caractéristiques géométriques différentes, telles que la taille des chicanes, l'espacement entre les chicanes, le rapport de blocage ainsi que la forme et la position de la chicane.

L'objectif du présent travail est d'étudier le comportement thermique d'un écoulement d'air à l'intérieur d'un canal de section rectangulaire contenant deux chicanes sous forme de losange. Pour différentes positions des chicanes, on propose une analyse de la distribution de la vitesse axiale et de la température totale dans le conduit.

II. FORMULATION MATHÉMATIQUE

A. Géométrie du Problème

La géométrie du problème est présentée sur la figure1, Il s'agit d'un conduit rectangulaire muni de deux chicanes de forme losange traversé par un écoulement d'air turbulent stationnaire satisfaisant les hypothèses suivantes :

- (i) Propriétés physiques de l'air supposées constantes.
- (ii) Profil de vitesse uniforme à l'entrée du canal.
- (iii) L'écoulement est considéré instationnaire.
- (iv) Le mode de transfert de chaleur de rayonnement est négligé par rapport à d'autres modes de transfert thermique.
- (v) Les effets de flottabilité induite sont supposées négligeables.

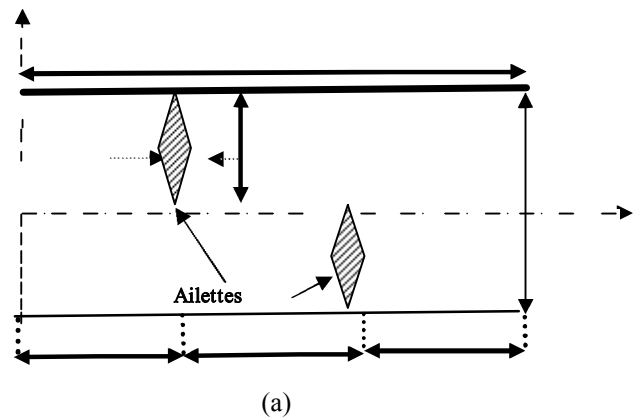
(vi) Les propriétés thermo-physique du fluide (C_{p_f}, μ, λ_f) et du solide (C_{p_s}, λ_s) sont constantes et évaluées à la température du fluide à l'entrée du canal.

(vii) Profil de température uniforme à l'entrée du canal.

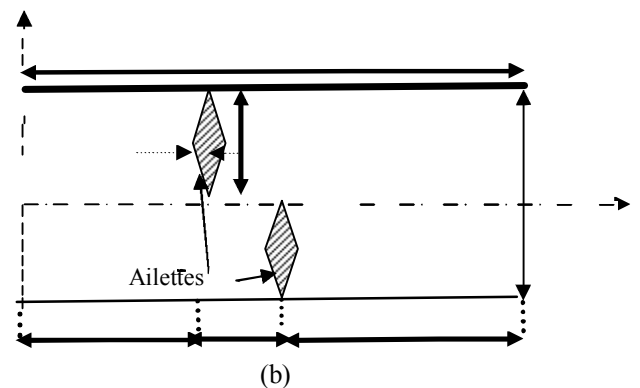
(viii) Températures des parois supérieures et inférieures sont constantes [5].

En se basant sur les travaux expérimentaux de **Dermatini et al (2004)[6]**, l'écoulement de l'air est effectué sous les conditions suivantes : Longueur du canal $L = 0.55$, hauteur du canal $H = 0.14$, Hauteur des ailettes $e = 0.0$. Longueur entre l'entrée du canal et la première ailette $L_1 = 0.22$, Espacement entre les deux ailettes $L_2 = 0.15$, Longueur entre la sortie et la deuxième ailette $L_3 = 0.17$, Diamètre hydraulique $D_h = 0.16$, Nombre de Reynolds $Re = 8.57$, Vitesse d'entrée $U_{in} = 0.45m$

- Pour : $S_1 = 0.152m$



- Pour : $S_2 = S_1/2$



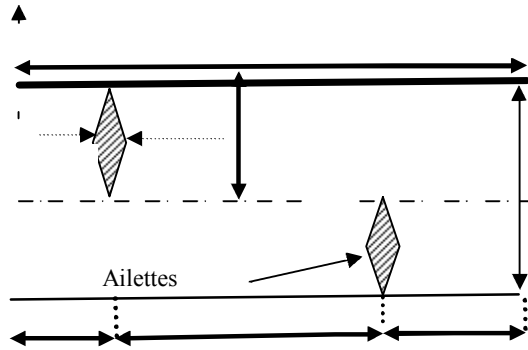


**Le 2^{ème} Séminaire International sur les Energies Nouvelles et
Renouvelables**
**The 2nd International Seminar on New and Renewable
Energies**

Unité de Recherche Appliquée en Energies Renouvelables,
Ghardaïa - Algérie 15, 16 et 17 Octobre 2012



- Pour : $S_3=3S_1/2$



(c)

Fig. 1 Schémas représentative du problème

(a) $s_1=0.152$ m (b) $s_2=s_1/2$, (c) $s_3=3s_1/2$

B. Equations gouvernantes

Les équations de l'écoulement d'administration (c.-à-continuité, de quantité de mouvement) utilisés pour simuler l'écoulement incompressible et stationnaire de l'air dans le domaine donné de calcul sont donnés par :

1. Conservation de masse :

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

2. Conservation de la quantité de mouvement :

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

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

3. Conservation d'énergie dans le fluide :

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

Conservation d'énergie dans la paroi :

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

4. Equation de la turbulence :

D'après une étude comparative de quatre modèles de turbulence, à savoir le modèle Spalart Allamaras, le modèle k- ϵ , le modèle k- ω et le modèle aux tensions de Reynolds ont été

évalués par la résolution des équations de Navier-Stokes, il apparaît que le modèle k- ω est celui qui prédit avec plus de précision les changements de l'écoulement dans la présence de chicanes (Nasiruddin et Kamran, 2007)[5].

Le modèle turbulent choisi est capable de calculer le flux en rapide évolution en deux dimensions et aussi en prévision, les interactions avec la paroi. Un autre avantage du modèle choisi turbulent est que les équations du modèle se comporter convenablement dans des régions à la fois la proximité de la paroi et le champ lointain. Le modèle k- ω est définie par deux équations de transport, l'un pour l'énergie cinétique turbulente, k et l'autre pour le taux de dissipation ω spécifiques, comme indiqué ci-dessous (Nasiruddin et Kamran, 2007)[5]:

$$\frac{\partial}{\partial t}(\rho k) + \frac{\partial}{\partial x_i}(\rho k u_i) = \frac{\partial}{\partial x_j} \left(\Gamma_k \frac{\partial k}{\partial x_j} \right) + G_k - Y_k + S_k \quad (6)$$

$$\frac{\partial}{\partial t}(\rho \omega) + \frac{\partial}{\partial x_i}(\rho \omega u_i) = \frac{\partial}{\partial x_j} \left(\Gamma_\omega \frac{\partial \omega}{\partial x_j} \right) + G_\omega - Y_\omega + D_\omega + S_\omega \quad (7)$$

Ou $G_k = -\rho \overline{u_i' u_j'} \frac{\delta u_j}{\delta x_i}$, $G_\omega = \alpha \frac{\omega}{k} G_k$ (8)

$$\Gamma_k = \mu + \frac{\mu_t}{\sigma_k}, \quad \Gamma_\omega = \mu + \frac{\mu_t}{\sigma_\omega} \quad (9)$$

En règle générale, les principales sources d'erreurs dans les résultats des nombres de Nusselt sont l'incertitude statistique de la surface moyenne des températures et température de la masse du fluide. Considérant que le calcul est enfermé dans un cycle et la différence entre température de la paroi et en vrac (moyenne) de la température [5].

$$T_{f,m} = T_b(x) = \frac{\int_{A_c} u(x,y) T_w(x) dA}{\int_{A_c} u(x,y) dA} \quad (10)$$

Les correspondants en moyenne le nombre de Nusselt sont les suivants:

$$Nu(x) = \frac{h(x) D_h}{\lambda_f} = \frac{q_w D}{\lambda_f (T_w - T_{f,m})} \quad (11)$$

Et

$$\overline{Nu} = \quad (12)$$

Le nombre de Reynolds pour le conduit rectangulaire est alors défini par :

$$Re_s = \frac{\rho u_i D_h}{\mu} \quad (13)$$

Le coefficient de frottement et de chute de pression dans les différentes sections sont calculées en utilisant la relation:



**Le 2^{ème} Séminaire International sur les Energies Nouvelles et
Renouvelables**
**The 2nd International Seminar on New and Renewable
Energies**

Unité de Recherche Appliquée en Energies Renouvelables,
Ghardaïa - Algérie 15, 16 et 17 Octobre 2012



$$f = \quad (14)$$

$$\Delta P = \frac{f}{\rho} \quad (15)$$

C. Conditions aux limites

- (i) Une vitesse uniforme est appliquée en tant qu'une condition à la limite hydraulique à l'entrée du domaine de calcul. La pression à l'entrée du domaine de calcul a été fixée à zéro.
- (ii) Une température constante de 102°C (375K) a été appliquée sur les deux parois horizontales du domaine de calcul qu'autant qu'une condition à la limite thermique.
- (iii) La température de fluide utilisé été fixé à 27°C (300K) à l'entrée du canal

Pour la résolution numérique du système d'équations décrit ci-dessus, nous avons utilisé la méthode des volumes finis. L'algorithme SIMPLE proposé par Patankar [3] est utilisé pour la correction de la pression et des vitesses. Pour calculer les dérivées des variables de flux, un système de deuxième ordre a été appliqué aux interpolations, et pour les termes de pression le schéma standard a été utilisé.

Un maillage structuré et non uniforme a été utilisé en fonction du cas étudié, avec un raffinement dans les zones contenant les chicanes et près des parois, afin de capter les forts gradients de température et de vitesse. Afin de garantir l'indépendance du maillage avec les résultats, une série de tests a été effectuée. La solution itérative est poursuivie jusqu'à ce que les résidus pour toutes les cellules de calcul soient inférieurs à 10^{-8} pour toutes les grandeurs analysées.

L'expression du coefficient de friction C_f est défini par:

$$C_f = \frac{2 \cdot \tau_w}{\rho \cdot \bar{U}^2} \quad (16)$$

Avec : τ_w : La contrainte de cisaillement à la paroi.

ρ : La densité, \bar{U} la vitesse moyenne dans la section.

III. RESULTATS ET INTERPRETATIONS

A. Validation du maillage

L'indépendance de grille a été étudiée par des simulations dans le domaine de calcul correspond, pour un nombre de Reynolds égal à 8.73×10^4 , en comparant les différentes grille structurée avec les nombres de nœuds selon les directions verticales et horizontales égaux à 195×82 ; 165×62 ; 105×42 ; 75×26, ces maillages sont fortement concentré près des

chicanes et des parois pour capturer les gradients élevés de température.

Pour chaque essais de maillage non uniforme, Les valeurs de température et radiale et la valeur maximale de la fonction de courant obtenus numériquement ont été comparé avec l'essais qui suivre, Le choix de la distribution du maillage a été vérifié suffisamment pour la chaîne des essais. Ce choix est justifié par le fait que la différence entre les valeurs trouvées est inférieure à 1%. Le maillage de 195×82 a été retenu pour modéliser exactement l'écoulement de fluide dans ce problème et pour la suite de cette étude.

B. Validation du modèle

Pour valider notre modélisation numérique, on a comparé nos résultats avec ceux trouvé dans le travail de L C Demartini et al. [6], ils ont étudié par voie expérimentale le comportement dynamique d'un écoulement d'air dans un canal rectangulaire munie des chicanes planes avec un nombre de Reynolds égal à 8.73×10^4 .

La comparaison entre les résultats expérimentaux de Dermatini et al[6] présentée sur la Figure 2 et 3, pour une position axiale $x = 0.15$ et $x = 0.52$ montre une bonne concordance entre les deux résultats à propos de la vitesse axiale.

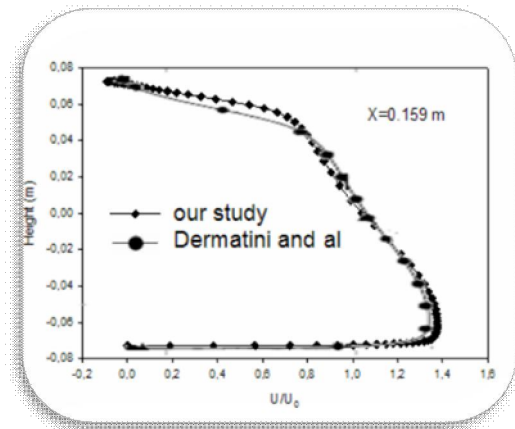


Fig. 2 validation de la simulation numérique avec les résultats expérimentaux de Dermatini et al [6] pour $x=0.159m$.



**Le 2^{ème} Séminaire International sur les Energies Nouvelles et
Renouvelables**
**The 2nd International Seminar on New and Renewable
Energies**

Unité de Recherche Appliquée en Energies Renouvelables,
Ghardaïa - Algérie 15, 16 et 17 Octobre 2012

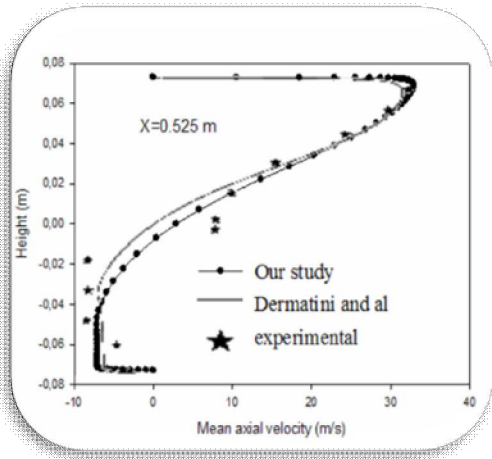


Fig. 3 : validation de la simulation numérique avec les résultats expérimentaux de Dermatini et al [6] pour $x=0.525m$.

c. Influence de l'espacement des ailettes sur le comportement dynamique et thermique
1. Aspect hydrodynamique

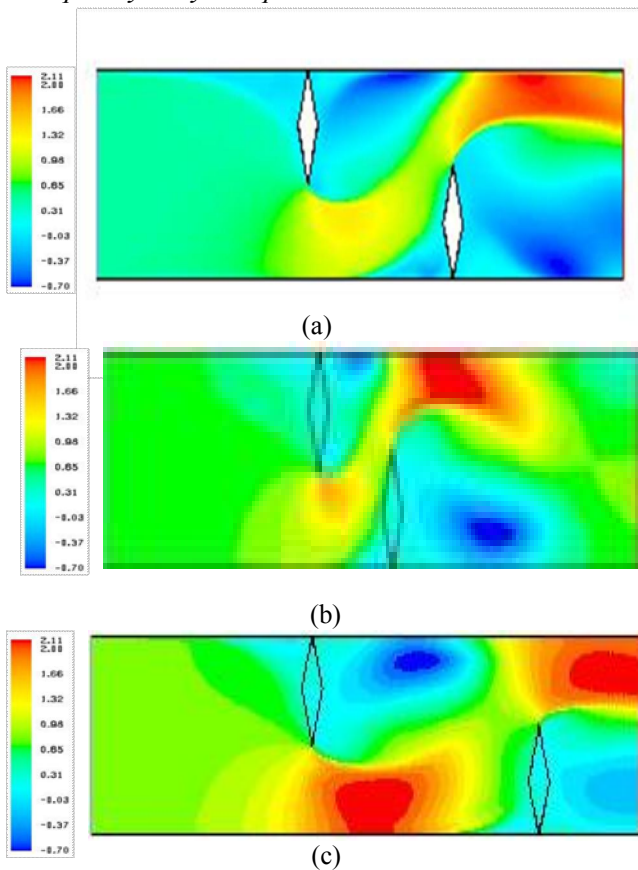
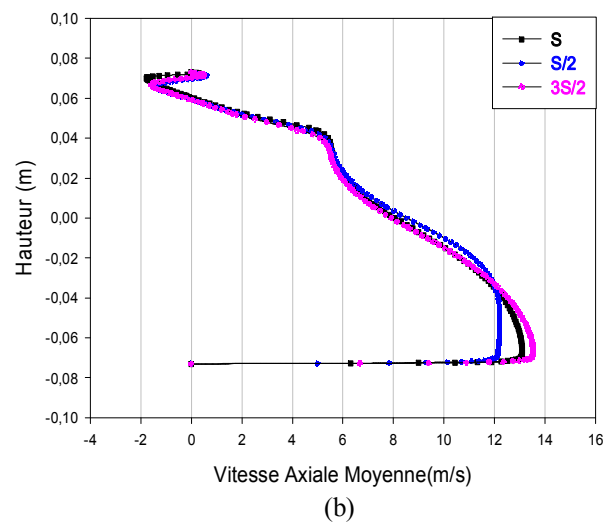
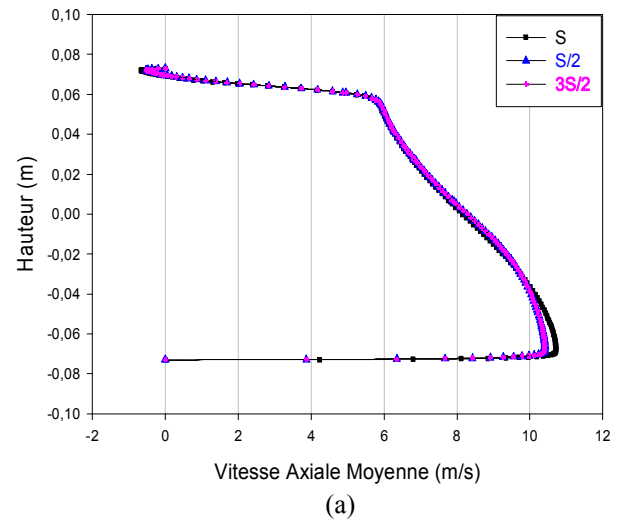


Fig4 : Champ de vitesse axiale pour différents espacements entre les ailettes (a) $s_f=0.152 m$, (b) $s_2=s_f/2$, (c) $s_3=3s_f/2$

L'écoulement est caractérisé par des vitesses relativement élevées en particulier les zones situées entre l'extrémité de chaque chicane et la paroi du canal.

Pour l'effet des distances inter ailettes, l'augmentation de la distance inter ailette provoque une augmentation notable des zones de recyclage figure 4.

Cinq sections ont été choisies pour l'étude hydrodynamique. Celle-ci Sont respectivement $x = 0.15$, $x = 0.18$, $x = 0.20$, $x = 0.25$, $x = 0.31$, $x = 0.34$, $x = 0.52$, par rapport à l'entrée du canal ($x = 0$)





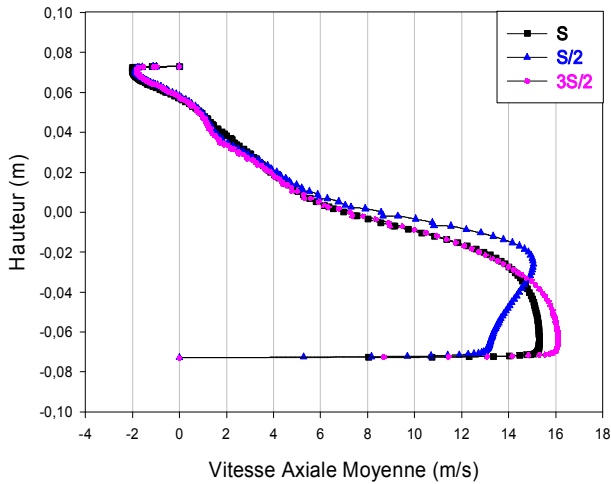
**Le 2^{ème} Séminaire International sur les Energies Nouvelles et
Renouvelables**
**The 2nd International Seminar on New and Renewable
Energies**

Unité de Recherche Appliquée en Energies Renouvelables,
Ghardaïa - Algérie 15, 16 et 17 Octobre 2012

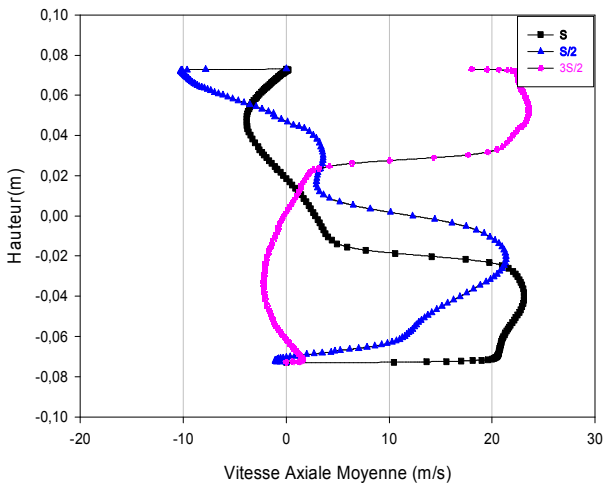


Fig. 5 profile de vitesse axiale en amont de la première chicane pour différentes distances inter ailettes.

(a) $x = 0.159$ (b) $x = 0.18$



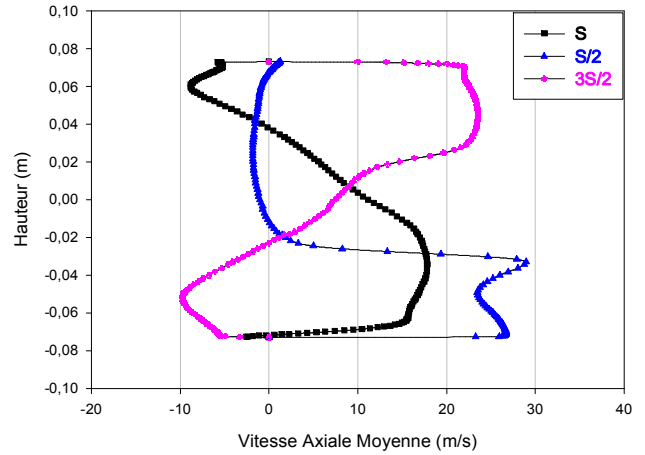
(a)



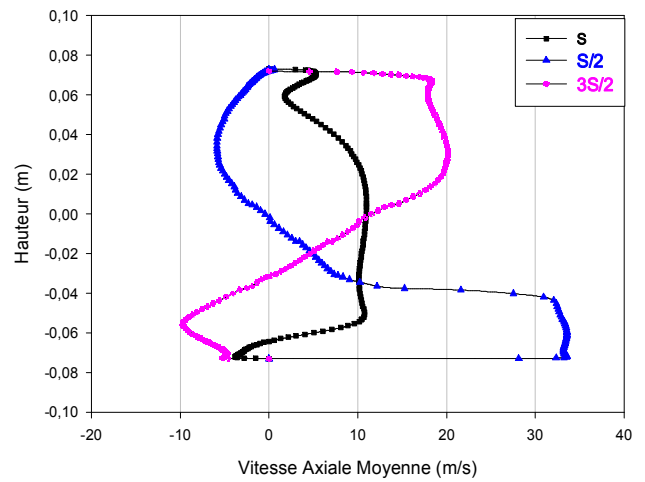
(b)

Fig. 6 profile de vitesse axiale en aval de la première chicane pour différentes distances inter ailettes.

(a) $x = 0.20$, (b) $x = 0.25$



(a)



(b)

Fig. 7 profile de vitesse axiale en amont de la deuxième chicane pour différentes distances inter ailettes.

(a) $x = 0.31$, (b) $x = 0.34$



**Le 2^{ème} Séminaire International sur les Energies Nouvelles et
Renouvelables**
**The 2nd International Seminar on New and Renewable
Energies**

Unité de Recherche Appliquée en Energies Renouvelables,
Ghardaïa - Algérie 15, 16 et 17 Octobre 2012

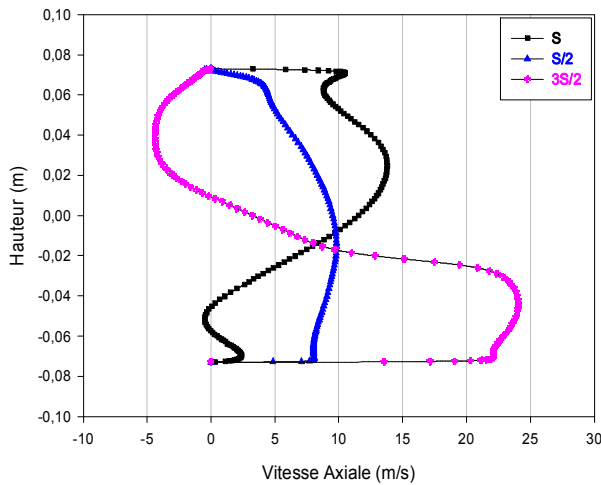


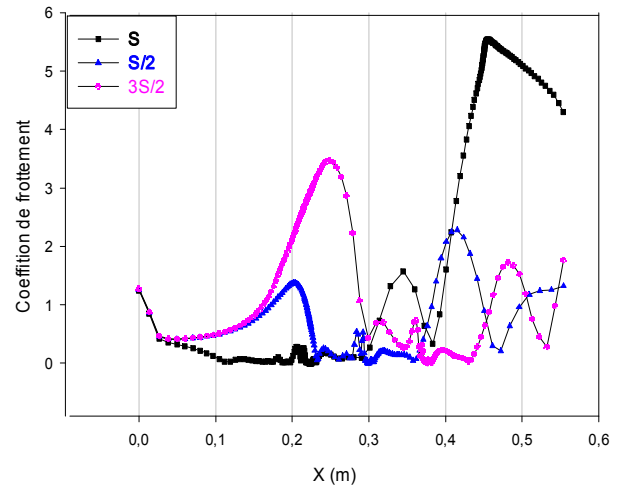
Fig. 8 profile de vitesse axiale en aval de la deuxième chicane
Pour différentes distances inter ailettes.
(a) $x = 0.31$, (b) $x = 0.34$

Dans la partie supérieure du canal, les vitesses négatives indiquent la présence d'une zone de recirculation derrière la première ailette. L'effet de l'espacement des ailettes Apparaissent après la première chicane Figure 5 et 6.

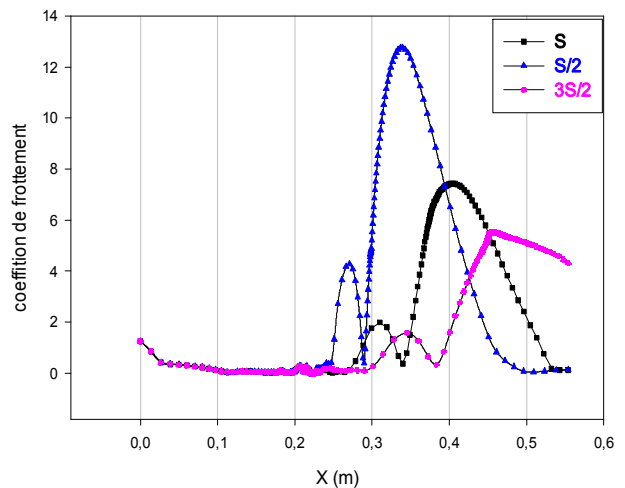
On constate que l'écoulement en se rapprochant de la deuxième chicane, sa vitesse est réduite dans la partie inférieure du canal, tandis que dans la partie supérieure est augmentée, par rapport aux deux sections précédentes. Cette limitation dépend considérablement des zones de recirculation en amont et aval de la deuxième chicane, caractérisé par des valeurs négatives observées.

L'augmentation de la distance inter ailette provoque plus des zones de recyclage Figure 6 et 7

La sortie du canal, Les valeurs maximales de la vitesse axiale plus que 4 fois la vitesse de référence U_0 . Ces valeurs sont engendrées en raison de la forte recirculation de l'écoulement dans la face arrière de la seconde chicane Figure 8.



(a)



(b)

Fig. 9 Variation axiale de coefficient de frottement sur les parois du canal : (a) supérieure, (b) inférieure

On remarque que le coefficient de frottement le long des deux parois varie légèrement en amont de la première chicane ensuite il augmente entre les chicanes et à la sortie du canal, en raison de la grande vitesse de l'écoulement à la sortie, prenant l'exemple figure 9 qui montre la variation du coefficient de frottement le long des parois.

Ainsi on trouve que l'augmentation de l'espacement des ailettes induit à des pertes élevées.



**Le 2^{ème} Séminaire International sur les Energies Nouvelles et
Renouvelables**
**The 2nd International Seminar on New and Renewable
Energies**

Unité de Recherche Appliquée en Energies Renouvelables,
Ghardaïa - Algérie 15, 16 et 17 Octobre 2012



2. Aspect thermique

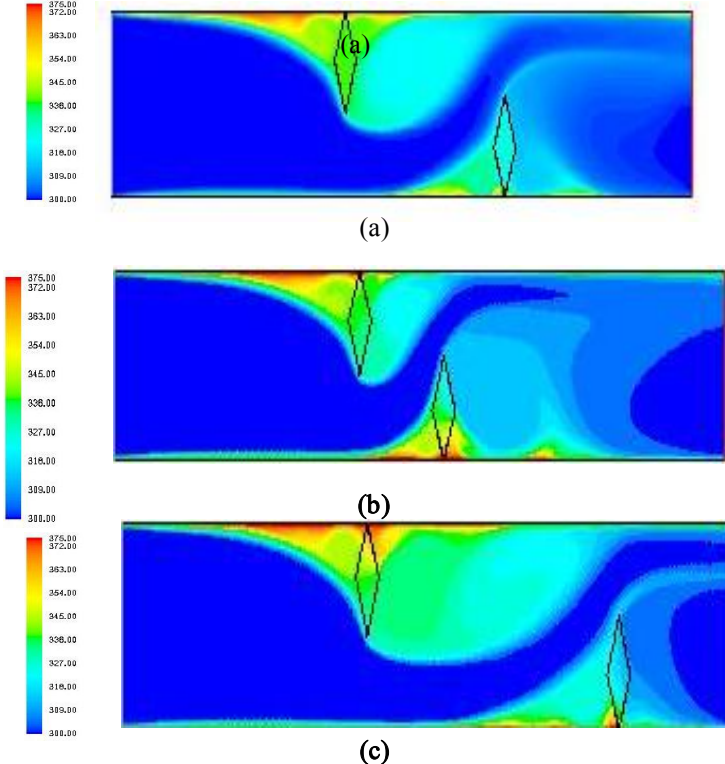


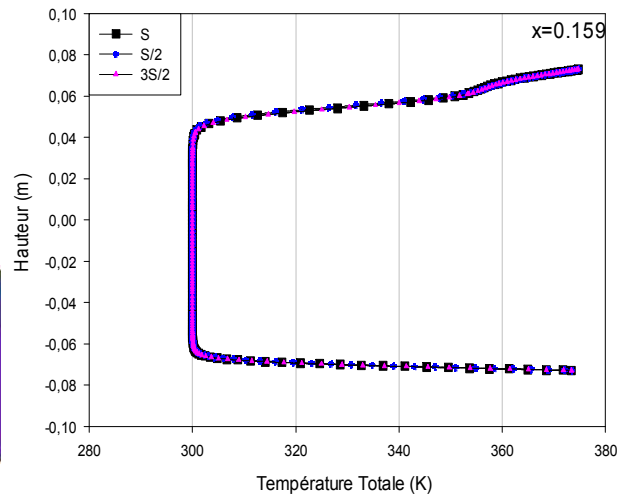
Fig. 10 : Profil de température pour différents espacements entre les ailettes
(a) $s_1=0.142$ m, (b) $s_2=s_1/2$, (c) $s_3=3s_1/2$

La Figure 10 montre que la température de l'air dans les zones de recirculation (après chaque ailette) est sensiblement élevée. Une baisse température dans les zones situées en amont de chaque ailette est observée.

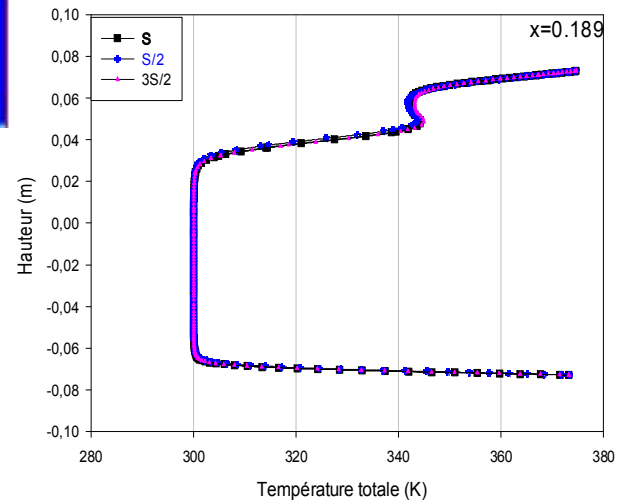
Les zones les plus chaudes sont, pour la plupart, localisées au voisinage des parois et aux extrémités des ailettes.

Pour l'effet des distances inter ailettes, l'augmentation de la distance inter ailette provoque une baisse notable de la température au sein de l'obstacle.

Cinq sections ont été choisies pour l'étude thermique. Sont respectivement $x = 0.15$, $x = 0.18$, $x = 0.20$, $x = 0.25$, $x = 0.31$, $x = 0.34$, $x = 0.52$, par rapport à l'entrée du canal ($x = 0$)



(a)



(b)

Fig. 11 : Profil de température en aval de la première chicane pour différentes distances inter ailettes.

(a) $x = 0.159$ (b) $x = 0.189$



**Le 2^{ème} Séminaire International sur les Energies Nouvelles et
Renouvelables**
**The 2nd International Seminar on New and Renewable
Energies**

Unité de Recherche Appliquée en Energies Renouvelables,
Ghardaïa - Algérie 15, 16 et 17 Octobre 2012

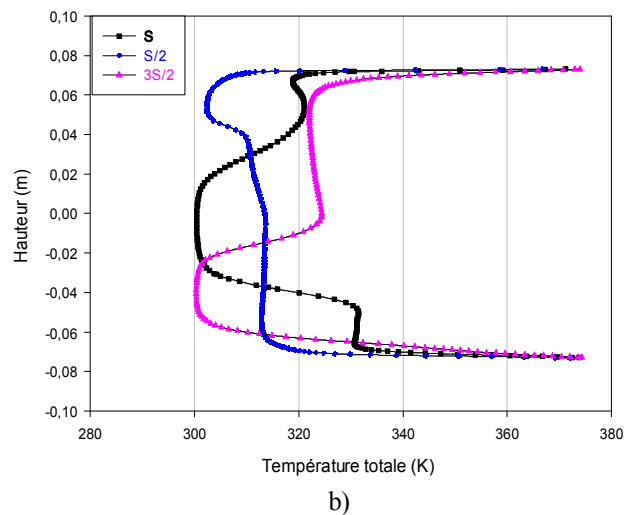
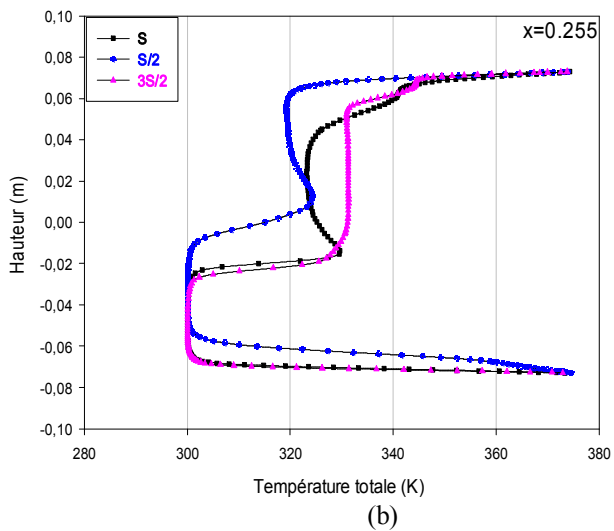
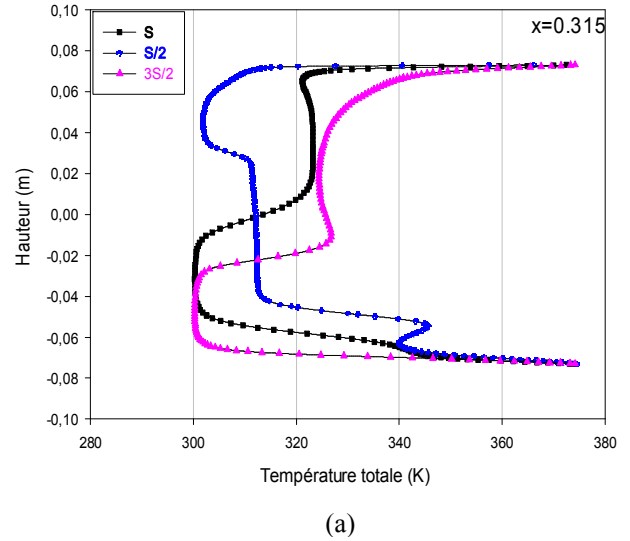
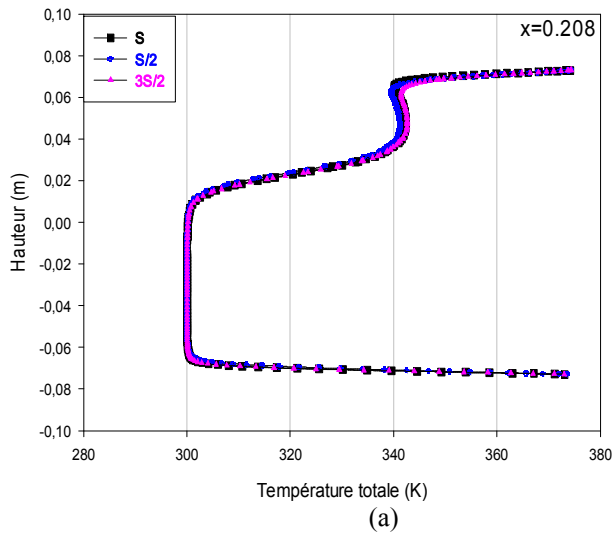


Fig. 12 : Profil de température en amont de la première chicane pour différentes distances inter ailettes.
(a) $x = 0.20$,
(b) $x = 0.25$

Fig. 13 : Profil de température en aval de la deuxième chicane pour différentes distances inter ailettes.
(a) $x = 0.31$, (b) $x = 0.34$



**Le 2^{ème} Séminaire International sur les Energies Nouvelles et
Renouvelables**
**The 2nd International Seminar on New and Renewable
Energies**

Unité de Recherche Appliquée en Energies Renouvelables,
Ghardaïa - Algérie 15, 16 et 17 Octobre 2012

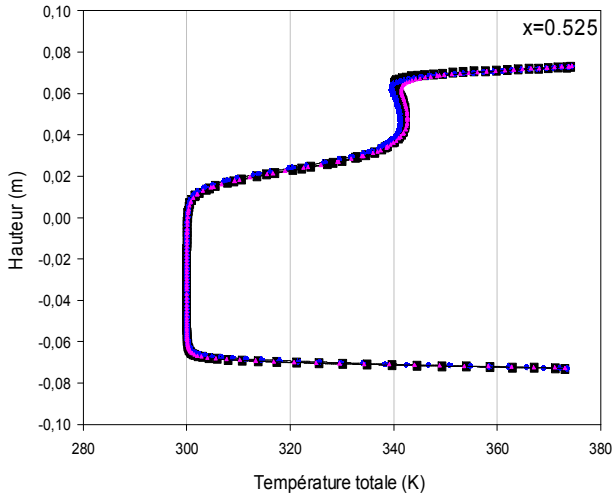


Fig. 14 : Profil de température en aval de la deuxième chicane Pour différentes distances inter ailettes.

La présence de la première chicane qui se trouve dans la moitié supérieure du canal induit une forte augmentation des températures figures 11 et 12.

Sur les figures 12 et 13 L'écoulement est caractérisé par des températures très élevées par ce que les sections les plus proches des ailettes sont toujours mieux chauffée.

À la sortie du canal, Les valeurs des températures sont diminuent puisque on a près de la sortie du canal. La section est éloignée par rapport aux ailettes. Figure 14

Pour la suite, on présente le taux de transfert de chaleur caractérisé par le profil du nombre de *Nusselt* déterminé pour les trois cas de distances inter ailettes.

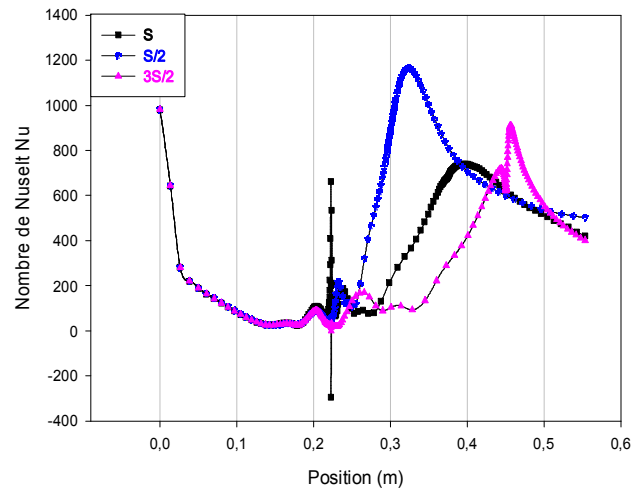


Fig 15 : Nombre de Nusselt en fonction de la longueur de la conduite pour trois distance inter ailettes
 $s_1=0.142$ m, $s_2=s_1/2$, $s_3=3s_1/2$

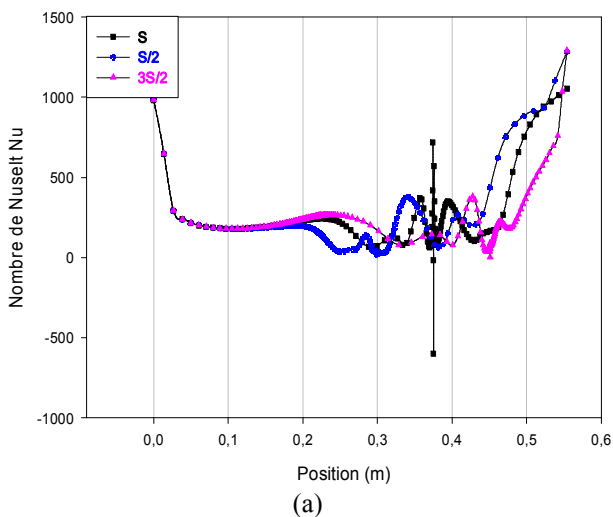
Ces profils présentent dans tous les positions un minimum et un maximum du nombre de Nusselt. La valeur minimale, située dans la première partie du canal, est due au début d'échauffement de l'air en présence de la première ailette qui se trouve dans la moitié supérieure du canal et qui induit une forte diminution de la vitesse.

La croissance du nombre de Nusselt vers sa valeur maximale, située dans la première dans la partie centrale, entre les deux ailettes et à la sortie du canal, est le résultat d'une accélération intense de la recirculation de l'écoulement dans cette zone qui favorise une augmentation de l'échange thermique.

Si on raisonne en terme d'échange moyen, on observe une croissante pratiquement du nombre de Nusselt et qu'il est de plus en plus élevé au fur et à mesure qu'on diminue la distance inter ailettes, voir figure 15.

IV. CONCLUSION

Une étude numérique d'un écoulement turbulent incompressible bidimensionnel d'air traversant une conduite rectangulaire munie des ailettes sous forme losanges transversales a été abordée. Les équations gouvernantes, basées sur le modèle $k-\epsilon$ utilisé pour modéliser la turbulence, sont résolues par la méthode des volumes finis à l'aide de l'algorithme SIMPLIC. Les profils et les champs de la vitesse axiale ainsi de la température, ont été obtenus pour toute la géométrie en amont, en aval et entre les deux ailettes et pour trois positions s , $s/2$, $3s/2$.





**Le 2^{ème} Séminaire International sur les Energies Nouvelles et
Renouvelables**
**The 2nd International Seminar on New and Renewable
Energies**

Unité de Recherche Appliquée en Energies Renouvelables,
Ghardaïa – Algérie 15, 16 et 17 Octobre 2012



Pour l'effet des distances inter ailettes, l'augmentation de la distance inter ailette provoque une augmentation notable des zones de recyclage et une baisse notable de la température au sein de l'obstacle.

Les profils et la distribution de la vitesse axiale montrent une zone de recirculation relativement intense au-dessus des facettes de chaque chicane qui se déplace vers l'aval.

Le profil et la distribution du coefficient de frottement de la paroi inférieure de la conduite a été présenté pour justement analyser le comportement dynamique de l'air ainsi l'augmentation de l'espacement des ailettes induit à des pertes élevé. Les zones tourbillonnaires sont responsables des variations du nombre de *Nusselt* le long des parois.

REFERENCES

- [1] **Wilfried Roetzel , Wilfried Roetzel, Deiyng W. Lee, 1994** « Effet du débit de fuite chicane / le transfert de chaleur dans l'échangeur de chaleur à tube, » *Experimental Thermal Science et de fluides* ; 8:10-20 1994;8:10-20
- [2] **Chang chin-Hsiang andet Huang Wen-Hsiung,(1991)** « Numerical prediction for laminar forced convection in parallel-plate channels with tranverse fin arrays », *International Journal of Heat and Mass Transfer*, Vol 34, Issue 11, pp.2739-2749.
- [3] **Kelkar, K. M., Patankar, S. V.**, “Numerical prediction of flow and heat transfer in parallel plate channel with staggered fins”, *Journal of heat transfer*. 109 (1987) 25-30
- [4] **Lopez, J.R., Anand, N.K., Fletcher, L.S.** “Heat transfer in a three-dimensional channel with baffles”, *Numerical Heat Transfer*.30 (1996) 189–205.
- [5] **Nasiruddin, M.H. Kamran Siddiqui, (2006)** « Heat transfer augmentation in a heat exchanger tube using a baffle », *International Journal of Heat and Fluid Flow* , Vol 28, pp. 318-328.
- [6] **L.C. Dermatni, H. A. Vielmo and S. V. Moller, Numeric and Experimental Analysis of the Turbulent Flow through a Channel With Baffle Plates, J. of the Braz. Soc. London Ser . A186 , pp.123-64, 2004**
- [7] **R. Saim, S. Abboudi, B. Benyoucef, 2007.** analyse numérique de la convection forcée turbulente dans les tubes munis des chicanes transversals, 13^{èmes} Journées Internationales de Thermique, Albi, France

NOMENCLATURE

C_f Coefficient de frottement,

C_{f0}	Coefficient de frottement sans présence des chicanes,
C_p	Chaleur spécifique à pression constante, [$J/kg K$]
D	Distance entre deux chicanes, [m]
D_h	Diamètre hydraulique du canal, [m]
D_ω	Traversant le terme de diffusion, [m^2/s]
e	Hauteur d'ailette, [m]
G_k	Production d'énergie cinétique turbulente due au gradient de vitesse, [m^2/s^3]
G_ω	La production d'énergie cinétique due à la flottabilité, [m^2/s^3]
h	Hauteur de chicane, [m]
H	Hauteur du canal, [m]
k	Energie cinétique turbulente, [m^2/s^2]
L	Longueur du canal, [m]
L_1	Distance en amont de la première chicane, [m]
L_2	Distance en aval de la seconde chicane, [m]
P	Pression, [pa]
Re	Nombre de Reynolds, [-]
Pr	Nombre de Prandtl
:	Pression [.]
:	Nombre de Prandtl.
:	Nombre de Reynolds.
:	Nombre Nusselt.
T	La température [.]
:	La température d'admission [.]
:	La température des parois inférieur et supérieur [.]
:	Chaleur massique du fluide [$J/kg \cdot$]
:	Chaleur massique du solide [$J/kg \cdot$]
S_k, S_ω	Terme source pour k et ω
u_i	Composantes de la vitesse dans le xi-direction, [m/s]
u_j	Composantes de la vitesse dans le Xj-direction, [m/s]
U_{in}	Vitesse d'admission, [m/s]
\bar{U}	La vitesse moyenne dans le canal, [m/s]
u, v	Vitesse du fluide dans la direction y, x, [m/s] Vecteur vitesse, [m/s]
x_i, y_j	Coordonnées cartésienne, [m]
Y_k, Y_x	Dissipation de k and ω , [m^2/s]

Symboles grecs

	Le taux de dissipation de l'énergie spécifique de turbulence, [m^2/s]
ρ	Densité de l'air, [kg/m]
μ_r	Viscosité dynamique du fluide, [$kg/m \cdot s$]
	Viscosité efficace, [$Pa \cdot s$]
ν	Viscosité cinématique, [$kg/(s^2 \cdot m)$]
	Largeur d'ailette, [m]
	Les pertes de pression



**Le 2^{ème} Séminaire International sur les Energies Nouvelles et
Renouvelables**
**The 2nd International Seminar on New and Renewable
Energies**

Unité de Recherche Appliquée en Energies Renouvelables,
Ghardaïa - Algérie 15, 16 et 17 Octobre 2012



- k, ω Diffusivité effective de k et ω
 - i, j Tenseur
 - ϵ L'énergie de dissipation turbulente $[m^2/s^3]$.
 - ρ Densité d'air, $[kg/m^3]$.
 - ρ_s Densité du solide $[kg/m^3]$.
 - b Largeur d'ailette $[m]$.
 - k_s Conductivité thermique du solide $[W/m.K]$.
 - k_f Conductivité de thermique du fluide $[W/m.K]$.
 - ν Viscosité cinématique $[m^2/s]$.
- $\sigma_k, \sigma_\epsilon$ Valeur constante pour le modèle de turbulence de $k - \epsilon$ standard.

Indices et des exposants

- in a l'entrée de la section de canal
- out a la sortie de la section de canal.
- t Turbulent
- w parois
- f Fluid
- s Solid
- i, j refers coordinate direction vectors