

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
Ministere de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique.

Université MOHAMED KHIDER BISKRA

Faculté des Sciences et de la Technologie

Departement de Génie Mécanique

N°d'ordre :

Serie :

Mémoire Présenté Par

MENASRIA Fouad.

Pour obtenir le diplôme de Magistère en Génie Mécanique

Option : Énergétique

Modélisation des échanges par convection dans un canal rectangulaire munis d'ailettes

Soutenu le / /2009

Devant le jury :

<i>Dr, M.Debabeche,</i>	<i>Professeur, Université de Biskra</i>	<i>Président</i>
<i>Dr. A.Moummi</i>	<i>Maître de conférences, Université de Biskra</i>	<i>Rapporteur</i>
<i>Dr. N.Moummi,</i>	<i>Maître de conférences, Université de Biskra</i>	<i>Examineur</i>
<i>Dr. B.Agoudjil</i>	<i>Maître de conférences, Université de Batna</i>	<i>Examineur</i>
<i>Dr, S.Ali Youcef</i>	<i>SNC, frères Ali Youcef, Constantine</i>	<i>Invité</i>



Remerciements

Je remercie dieu le tout puissant de m'avoir donné le courage et la patience pour accomplir ce modeste travail.

Je tiens en premier à exprimer ma grande gratitude envers mon encadreur Dr.A.Moummi, enseignant au département de Génie mécanique à l'Université Med Khider de Biskra, qui m'a apporté son aide et ces précieux conseils pour l'aboutissement de ce travail.

Je tiens à remercier, Dr.M.Debabeche Professeur à l'université de Biskra en sa qualité de président de jury.

Mes vifs remerciements vont également à Messieurs les membres de jury, Dr N.Moummi. Maître de conférences à L'université de Biskra, Dr.B.Agoudjil Maître de conférences à l'université de Batna et notre invité d'honneur Dr.Sabri Ali youcef, d'avoir accepté d'examiner mon mémoire de Magister, et qui me font l'honneur de juger ce modeste travail.

Il convient de ne pas oublier tous ceux qui m'ont aidé d'une manière ou d'une autre, je tiens à signaler en particulier :

- ❖ *Zedayria merwane*
- ❖ *Mabrouk gastel*
- ❖ *Et tous mes parents*

Enfin, à tous ceux et celles qui de près ou de loin ont contribué à la réalisation de ce travail, Je dis à tous et toutes merci infiniment.

Résumé :

Résumé - L'objectif de cette étude, consiste à établir un model empirique de calcul du coefficient d'échange thermique par convection, lors de l'écoulement de l'air dans un conduit rectangulaire, dont le plan inférieur est muni de chicanes de formes rectangulaires disposées en quinconce. Par la méthode de l'analyse dimensionnelle, on a pu mettre en relation tout les paramètres physiques, thermophysiques et les caractéristiques géométriques des chicanes, et en fonction du régime d'écoulement on estime un coefficient d'échange par convection dans l'espace d'écoulement du fluide.

Mots clés : corrélation, coefficient d'échange, convection, rugosité artificielle, chicane, écoulement turbulent, capteur solaire plan à air.

Summary-The objective of this study, consists in establishing an empirical model calculation of the coefficient of thermal exchange by convection, during the air flow in a rectangular conduit, whose lower plan is provided with baffles of rectangular forms laid out in quincunx.

By the method of the dimensional analysis, one could connect all the physical, thermophysical parameters and the geometrical characteristics of the baffles, and according to the mode of flow one estimates a coefficient of exchange by convection in the space of flow of the fluid.

Key words: correlation, coefficient of exchange, convection, artificial roughness, baffle, turbulent flow, solar air flat plate.

خلاصة - إن هذه الدراسة تهدف إلى إنشاء نموذج عددي لمعامل الحمل الحراري لسريان الهواء داخل قناة مستطيلة الشكل سطحها السفلي مزود بخشونة اصطناعية (زعانف) مستطيلة الشكل ذات طرف علوي مائل، موضوعة بطريقة متداخلة .

بأسلوب التحليل العددي تمكنا من وضع علاقة تربط معامل الحمل الحراري بالخصائص الفيزيائية و الثرموفيزيائية للهواء والمميزات، الهندسية للزعانف و حسب أسلوب سريان معين .

كلمات مفتاحية: ارتباط, معامل التبادل, حمل حراري, خشونة اصطناعية, حاجز, سريان مضطرب, لاقط شمسي هوائي

Nomenclature

Paramètre sans dimension

Symboles

Dénominations

$$Re = \frac{\rho \cdot u \cdot D_h}{\mu}$$

Nombre de Reynolds

$$Pr = \frac{\mu \cdot C_p}{\lambda}$$

Nombre de Prandtl

$$Br = \left(\frac{\lambda \cdot \Delta T}{\mu \cdot u^2} \right)^{-1}$$

Nombre de Brinkman

$$Pe = Re \cdot Pr$$

Nombre de Peclet

$$Ec = \frac{Br}{Pr}$$

Nombre d'Eckert

$$Nu = \frac{h_c \cdot D_h}{\lambda}$$

Nombre de Nusselt

$$J = \frac{Nu}{Re \cdot Pr^{1/3}}$$

Facteur de Colburn

$$\alpha = s/h$$

Rapport entre l'espacement 'ail-ail' et l'hauteur d'une ailette

$$\delta = t/l$$

Rapport entre l'épaisseur et la longueur des ailettes

$$\gamma = t/s$$

Rapport entre l'épaisseur d'une ailette et l'espacement

$$f = \frac{\tau_v}{0.5 \rho \cdot u^2}$$

Coefficient de frottement

$$S^{\#} = \frac{\text{Surface d'échange thermique mouillée totale}}{\text{Surface de captation face à l'insolation}}$$



Lettres latines

<u>Symboles</u>	<u>Dénominations</u>	<u>Unités</u>
C_p	Chaleur massique de l'air	[J/Kg.K]
u	Vitesse moyenne du fluide	[m/s]
L_{ch}	Longueur de chicane	[m]
l_c	Largeur du capteur	[m]
P_{e-c}	Pas entre deux chicanes	[m]
P_{e-r}	Pas entre deux rangées de chicanes	[m]
L_c	Longueur de la conduite rectangulaire	[m]
D_h	Diamètre hydraulique de la conduite utile munis de chicanes	[m]
$A_c = L_c \cdot l_c$	Surface de l'absorbeur	[m ²]
A	Section de passage de l'air dans la veine	[m ²].
T_e	Température à l'entrée du capteur	[°C]
T_s	Température à la sortie du capteur	[°C]
I	Flux solaire reçu par la face supérieure du capteur	[W/m ²]
$\Delta T = T_s - T_e$	Différence de température	[°C]
$\Delta P = P_s - P_e$	Différence de pression	[Pas]
x	Longueur d'ailette dans la direction x	[m]
D	Le diamètre hydraulique	[m]
t	Epaisseur d'une ailette	[m]
Q_v	Débit volumique	[m ³ /s]
$P(Z)$	Pression à l'altitude Z	[Pas]
Z	Altitude	[Km]
P_0	La pression standard au niveau de la mer (1.013.10 ⁵ Pascal à 288 K)	
T_{sv}	Température à la sortie du ventilateur	[K]

T_{pis}	Température de la plaque métallique placée sur l'isolation	[K]
C_{pf}	Chaleur massique de l'air	[J/Kg.K]
L	Longueur totale parcourue par l'air	[m]
T_1 et T_2	Les températures des surfaces concernées par l'échange	[K]
ε_1 et ε_2	Les émissivités des surfaces d'échange.	
S_1 et S_2	Surfaces d'échange considérées	[m ²]
T_m	Température moyenne de l'air	[K]
Q_u	Flux de chaleur utile	[W]
T_p	Température de parois	[K]
T_f	Température du fluide	[K]
h_{exp}	Coefficient d'échange thermique expérimentale	[W/m ² .K]
h_c	Coefficient d'échange thermique par convection	[W/m ² .K]
\dot{m}	Débit massique de l'air	[Kg/s]
S_{min}	Surface transversale minimale du capteur	[m ²]
T_{ef}	Température d'entrée du fluide	[K]
T_{sf}	Température de sortie du fluide	[K]
δx	Longueur d'une tranche fictive	[m]
T_{fm}	Température du fluide moyenne (expérimentale)	[K]
P	Périmètre mouillé	[m]
N	Nombre total de chicane	
n	Nombre de chicanes par rangée	

Lettres grecques

<u>Symboles</u>	<u>Dénominations</u>	<u>Unités</u>
λ	Coefficient de conductibilité thermique de l'air	[w/m.K]
ρ	Masse volumique de l'air	[Kg/m ³]
μ	Viscosité dynamique	[Kg.m ⁻¹ .s ⁻¹]
ε	Hauteur absolue ou rugosité absolue d'une chicane	[m]
ρ_f	Masse volumique de l'air à l'altitude (Z)	[Kg/m ³]
ρ_0	Masse volumique de l'air (= 1.293 Kg/m ³) à Po	[Kg/m ³]
ε_{ab_pis}	Émissivité de l'absorbeur côté plaque métallique.	
ε_{pis}	Émissivité de la plaque métallique côté absorbeur.	
$\sigma = 5,67.10^{-8}$	Constante de Stephan Boltzmann	[W/ (m ² .K ⁻⁴)]
Cp_f	Chaleur spécifique de l'air	[J/Kg .K]
α	angle incidences	[°]
$\eta = \frac{Q_u}{I_G.A_G}$	Rendement thermique	[%]
ξ	Coefficient de pertes de charge	

Indices

Symboles

ab_f

is_f

e – ch

e – ra

ch

ins

pis

ab

min

c

e

s

f

Dénominations

Absorbeur fluide

Isolant fluide

Entre chicanes

Entre rangées

Chicane

Insolation

Plaque placée sur l'isolant

Absorbeur

Minimum

Capteur

Entrée

Sortie

Fluide



Table des matières

Remerciements	XI
Résumé	XI
Nomenclature.....	XI
Table des matières	XI
Introduction générale	1

Chapitre I Etude Bibliographique

I-1 Introduction	3
I-2 Etude Bibliographique	5
I-3 Démarche	19

Chapitre II Paramètres de performance des capteurs solaires à air

II-1- Introduction	20
II-2- Description de capteur	21
II-3- Le bilan thermique	22
II-3-1 Distribution de la température suivant la direction de l'écoulement de l'air	22
II-4- Effet des obstacles sur les échanges convectifs	24
II-5- Effet des obstacles sur les échanges radiatifs	28
II-6- Amélioration du couple « Rendement - Ecart de Température ».....	29

Chapitre III

Modélisation de coefficient d'échange

III-1- Introduction	32
III-2- Exposé du problème	32
III-3-Détermination des groupements	34
III-3-1-Calcul de coefficient d'échange convectif global	34
III-3-2-Calcul de nombre de <i>Nusselt</i>	36
III-3-3-Calcul de facteur de <i>Colburn</i>	37
III-4-Principe de calcul expérimental du coefficient d'échange	37
III-5-Description du dispositif expérimental	37

Chapitre IV

Étude numérique

IV-1 Avant Propos	39
IV-2-Organigramme du calcul Numérique	40
IV-3- Validation des résultats	41
IV-4-Exposition des résultats	42
IV-4-1- Premier cas, chicanes disposées en quinconce	42
IV-4-1-1- En régime laminaire	43
IV-4-1-1-2- Calcul de nombre de <i>Nusselt</i>	43
IV-4-1-1-3- Calcul de facteur de <i>Colburn</i>	43
IV-4-1-2 : En régime turbulent	47
IV-4-1-2-1- Calcul du nombre de <i>Nusselt</i>	47
IV-4-1-2-2-Calcul du facteur de <i>Colburn</i>	47
IV-4-2- Deuxième cas, chicanes disposées en quinconce	51
IV-4-2-1- Régime laminaire	52

IV-4-2-1-1- Calcul de nombre de <i>Nusselt</i>	52
IV-4-2-2-2- Calcul de facteur de <i>Colburn</i>	52
IV-4-2-2- Régime turbulent	56
IV-4-2-2-1- Calcul de nombre de <i>Nusselt</i>	56
IV-4-2-2-2- Calcul de facteur de <i>Colburn</i>	56
IV-5- Discussion et interprétation des résultats	60
IV-5-1-L'influence de nombre de Reynolds sur l'échange de chaleur dans la veine	60
IV-5-1-1-sur le coefficient d'échange thermique	60

<p>Chapitre V Simulation dynamique et thermique de l'écoulement de l'air</p>

V-1- Introduction	62
V-2- Modélisation mathématique	62
V-3- Définition du problème	64
V-4- Présentation graphique	71
V-5- Résultats numériques obtenus	73
V-6- Comparaison entre l'expérimentale et la simulation numérique	74

<p>Conclusion générale</p>

Conclusion générale	75
---------------------------	----

<p>Annexe 1 Résultats expérimentaux</p>
--

Annexe 1	77
Bibliographie	93

