

REF. 79/10

UNIVERSITÉ DE SHERBROOKE
Faculté de génie
Département de génie mécanique

**DÉVELOPPEMENT SIMULTANÉ EN CONVECTION MIXTE
LAMINAIRE DANS UNE CONDUITE AVEC UN FLUX DE CHALEUR
NON UNIFORME SUR SA SURFACE EXTERNE : CAS AVEC ET SANS
AILETTES**

Thèse de Doctorat (Ph. D)
Spécialité : génie mécanique

Mohamed OUZZANE

Sherbrooke (Québec), CANADA

FÉVRIER 2000

*A mes parents qui se sont sacrifiés pour m'assurer la formation,
A mon épouse et mes enfants pour leur patience et leur compréhension,
A mes frères et sœurs et les amis, qui m'ont toujours tant aidé,
je dédie ce travail.*

MOHAMED (DJAMEL) OUZZANE

REMERCIEMENTS

Je voudrais remercier tous ceux et celles qui ont contribué, de près ou de loin à l'aboutissement de ce travail.

Mes remerciements s'adressent spécialement au professeur Nicolas Galanis, Directeur de cette thèse; qui malgré ses activités multiples, s'est tout de même toujours mis à mon entière disposition. Ses conseils, son savoir et son expérience, m'ont été très bénéfiques.

Je voudrais exprimer ici, mon estime pour les membres de jury, qui ont bien voulu accepter de lire cette thèse et d'apporter des critiques pertinentes. Il s'agit de: Yves Mercadier (rapporteur) et Marcel Lacroix, tous deux professeurs au département de génie mécanique de l'université de Sherbrooke et Hassan Soliman (examineur externe) professeur au département de génie mécanique de university of Manitoba ainsi que Monsieur Adrien Leroux (Président du jury).

Je tiens à remercier vivement la Banque Islamique de Développement (B.I.D) et le Conseil de Recherche en Sciences Naturelles et au Génie du Canada (C.R.S.N.G) pour leurs supports financiers.

Je m'en voudrais de ne pas songer ici, à toutes les personnes que j'ai côtoyées dans le groupe Thermaus durant ma formation. Des discussions scientifiques très constructives m'ont été très bénéfiques. Mes remerciements sincères vont également à Monsieur Maher Zghal pour tout son aide pour la réalisation de différents schémas présentés dans cette thèse.

Enfin, je ne saurais oublier ma petite famille à Sherbrooke et ma grande famille en Algérie pour le grand appui moral qu'ils ont su m'apporter tout au long de mes études.

RÉSUMÉ

Le travail consiste en une étude numérique de la convection mixte d'un écoulement en développement simultané à l'intérieur d'une conduite horizontale ou inclinée avec un flux de chaleur non uniforme sur sa surface externe dans les cas : avec ou sans ailettes longitudinales. Le fluide est Newtonien et incompressible avec des propriétés constantes sauf dans le terme de gravité où l'hypothèse de Boussinesq est adoptée. L'écoulement est laminaire en régime permanent. La dissipation visqueuse ainsi que la diffusion axiale de la quantité du mouvement et de la chaleur ont été négligées. Les équations de Navier Stokes sont ainsi du type parabolique suivant la direction principale de l'écoulement et elliptiques suivant les deux autres directions: radiale et azimutale. Les équations différentielles ont été intégrées et discrétisées selon l'approche des volumes finis. La procédure SIMPLEC a été utilisée pour la résolution du système d'équations algébriques fortement couplées (température-vitesse et gradient axial de pression-vitesse) avec l'adoption de la méthode utilisée par Raithby et Schneider pour le calcul itératif du gradient axial de la pression et de la vitesse. On note que les mêmes équations sont utilisées dans la région occupée par le fluide et dans la paroi solide. Afin de s'assurer que les vitesses dans le solide sont négligeables, les coefficients de diffusion de la quantité du mouvement dans le solide doivent tendre vers l'infini. Dans les deux premières parties des résultats (chapitre 4 et 5), les principaux objectifs consistent en la démonstration des effets de la conduction pariétale, des conditions aux limites thermiques non uniformes et de ces deux effets simultanément sur le transfert thermique et l'écoulement. Le rôle important que joue la paroi dans le transfert thermique par convection mixte a été clairement montré. Dans la zone de développement de la couche limite thermique, il a été constaté que pour les conduites présentant une bonne conductivité thermique (k_p élevé), la température à l'interface solide-fluide a tendance à s'uniformiser suivant la circonférence. Cependant, pour des conduites à faible k_p , le profil circonférentiel du flux thermique imposé à la surface externe a tendance à se maintenir au niveau de l'interface. Dans les cas du cuivre et de l'acier, à partir d'une certaine position axiale, bien que le flux de chaleur soit incident uniquement sur la moitié supérieure de la conduite, la plus grande part de l'énergie est transmise au fluide par la moitié inférieure de l'interface. Il existe une position axiale à laquelle les deux moitiés de

l'interface transmettent au fluide la même part d'énergie imposée à l'extérieur (50% pour chacune). Par contre, dans une conduite en verre, la chaleur est transmise principalement par le haut, ce qui a conduit à une faible intensité des mouvements secondaires, et le phénomène de la stratification de la température est dominant. Dans le chapitre 6 et 7, des ailettes longitudinales ont été introduites sur la surface externe de la conduite, les échanges thermiques avec le milieu extérieur sont alors considérés. Les ailettes agissent comme une source de chaleur dans le cas d'un chauffage et un puits dans le cas du refroidissement. Dans le chapitre 6, la conduite est munie de deux ailettes, c'est le cas d'un élément d'un capteur solaire. L'ailette apporte au fluide 4/5 du flux de chaleur total reçu. Son influence apparaît surtout sur les distributions circonférentielles des paramètres locaux (Nu , T_w^* , q_i^* et τ). La valeur asymptotique du nombre de Nusselt a augmenté de 37% par rapport à une conduite sans ailettes. Les effets des paramètres du système sur les performances énergétiques ont été étudiés. Dans le chapitre 7, la conduite est munie de huit ailettes identiques réparties uniformément le long de la surface externe. Le phénomène de la convection naturelle a conduit à une répartition non uniforme du flux de chaleur à l'interface de la circonférence de la conduite, ce qui fait que la contribution énergétique varie d'une ailette à une autre. Au bout de la conduite, l'ailette (n°1) située en haut sur l'axe vertical évacue approximativement deux fois plus de chaleur que celle (n°5) située en bas de la section. Une conduite ailettée de 0.848 mètres de longueur évacue la même quantité d'énergie qu'une conduite lisse (sans ailettes) ayant une longueur de 2.139 mètres. Des recommandations ont été présentées afin d'optimiser la disposition et les paramètres géométriques des ailettes.