

**REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR
ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE**

**UNIVERSITE DES SCIENCES ET DE LA TECHNOLOGIE
HOUARI BOUMEDIENE
USTHB ALGER**

FACULTE DE PHYSIQUE



THÈSE

Présentée en vue de l'obtention du grade de DOCTORAT
en PHYSIQUE

Spécialité : Energétique et Mécanique des Fluides

par

Najla El GHARBI

Thème

**CONTRIBUTION À LA MODÉLISATION DES ÉCOULEMENTS
ANISOTHERMES PARIÉTAUX : APPLICATION AUX
ÉCHANGEURS DE CHALEUR DANS LES CHAUDIÈRES**

Soutenue publiquement le 29 /09/2013, devant le jury composé de :

A. SALEM	Professeur- USTHB (Alger)	Président
A. BENZAOUI	Professeur- USTHB (Alger)	Directeur de thèse
R. ABSI	Maître de Conférences HDR- EBI (France)	Co-Directeur de thèse
M. EL GANAOUI	Professeur- Université de Lorraine (France)	Examineur
R. BENNACER	Professeur- ENS Cachan (France)	Examineur
M. SAIGHI	Professeur- USTHB (Alger)	Examineur
O. GUERRI	Maître de Recherche A - CDER (Alger)	Invitée

RESUME en Français

Nous considérons dans ce travail l'étude des échangeurs de chaleur d'une chaudière par modélisation/simulation. L'objectif étant de se rapprocher de la réalité expérimentale en utilisant la simulation numérique. Pour cela, nous allons utiliser le modèle turbulent SST $k - \omega$. Une modification sera apportée à ce modèle dans l'équation de k pour $y^+ \leq 20$.

Nous commençons par une application sur un écoulement dans un canal, puis nous passons au cas d'un écoulement entre un faisceau de tubes circulaires. La validation est faite par rapport aux données de la simulation numérique directe (Direct Numerical Simulation, DNS) et aux résultats expérimentaux disponibles.

Pour le côté transfert de chaleur, le nombre de Prandtl turbulent Pr_t est une grandeur physique qui joue un rôle important dans le calcul du transfert de chaleur turbulent. Par conséquent, son évaluation est très importante. Il est souvent considéré comme constant dans de nombreuses études. En outre, plusieurs travaux ont montré que ce nombre varie de manière significative en couche limite turbulente. Nous évaluerons dans le cadre de ce travail l'effet d'un nombre de Prandtl turbulent dépendant de la distance à la paroi sur les résultats de simulations. La formulation de Kays et Crawford (1997) pour Pr_t variable est considérée.

Nous terminons par la proposition de deux configurations pour les échangeurs de chaleur: elliptique et ailée, avec une référence à l'écoulement classique à travers un faisceau de tubes circulaires. L'objectif est d'optimiser le transfert de chaleur. Plusieurs cas tests sont entrepris pour différents rapports d'axes (1.5, 2, 3, 4 et 5) et différents angles d'attaque

(15 °, 30 °, 60 °, 90 °, 120 ° et 150 °). Le nombre de Nusselt est calculé.

TITRE en Anglais

On modeling parietal flow with heat transfer: application to heat exchangers in boilers

RESUME en Anglais

The objective of this work is to improve the prediction of fluid dynamics and heat transfer in tube bundles of heat recovery boilers, particularly in the near wall region. The first improvement is achieved through modification of k equation in the SST $k - \omega$ model (for $y^+ \leq 20$). Then, the Pr_t number (which is usually assumed constant) is varied in the near wall region using a correlation from Kay and Crawford (1997). The effect of these changes on the simulation results is evaluated.

Two applications are considered: flow in a channel and flow across tubes bundles. The simulations are validated directly against Direct Numerical Simulation (DNS) and experimental results where available.

We conclude with the evaluation of two additional heat exchanger configurations: elliptic and wing shaped tubes with reference to the classic configuration of circular tube bundle. The objective is to optimize heat transfer and overall Nusselt number. The investigation includes the effects of major-to-minor axis ratios (1.5, 2, 3, 4 and 5) and flow angles of attack (15°, 30°, 60°, 90°, 120° and 150°).

TITRE en Espagnol

Contribución a la modelización de flujos no isoterma parietales: aplicación a los intercambiadores de calor en calderas

RESUME en Espagnol

El objetivo de nuestro trabajo es un estudio de los intercambiadores de calor en una caldera por medio de la modelización y de la simulación. Para ello intentamos aproximarnos a la realidad experimental utilizando la simulación numérica. En nuestro estudio utilizaremos el modelo de turbulencia SST $k - \omega$. Una modificación será aportada a este modelo en la ecuación de k para $y^+ \leq 20$.

Se comenzará por una aplicación en el caso de un flujo en un canal. Posteriormente se continuará al caso de flujo entre un haz circular de tubos. La validación es realizada gracias a los valores de la simulación numérica directa (Direct Numerical Simulation, DNS) y a los resultados experimentales disponibles.

Por la parte de la transferencia de calor, el Número de Prandtl turbulento es una magnitud física que juega un papel importante en el cálculo de la transferencia de calor turbulenta. En consecuencia, su evaluación es muy importante. Generalmente es considerado como constante. Por otra parte, varios trabajos demostrando que este número varía de forma significativa en la capa límite turbulenta. En los resultados de simulación de este trabajo se evaluará el efecto de un Número de Prandtl turbulento el cual depende de la distancia a la pared. La formulación de Kays y Crawford (1997) para Pr_t variable se considera.

Para finalizar propondremos dos configuraciones para los intercambiadores de calor: una elíptica y otra forma, con una referencia al flujo clásico a través de un haz de tubos circulares. El objetivo final será la optimización de la transferencia de calor. Varios test han sido realizados para diferentes relaciones del eje (1.5, 2, 3, 4 y 5) y diferentes ángulos de ataque (15 °, 30 °, 60 °, 90 °, 120 ° y 150 °). El Número de Nusselt es calculado.

DISCIPLINE

Energétique et mécanique des fluides

MOTS- CLES

Transfert de chaleur, Turbulence, Fonction analytique, Simulation numérique, CFD, Energie cinétique turbulente, Nombre de Prandtl turbulent, Chaudière, Echangeur de chaleur, Faisceau de tubes.

INTITULE ET ADRESSE DU LABORATOIRE

*Laboratoire de Thermodynamique et des Systèmes Energétique
(LTSE)
Faculté de Physique
Université des Sciences et Technologies Houari Boumedienne
(USTHB)
PB 32 El Alia Bab Ezzouar
16111 Alger, Algérie*