

Etude numérique thermosolutale d'un jet d'air impactant une matrice poreuse cylindrique

S. DJEDJIG^a, F. SOUIDI^b, T. BENMALEK^c

a. Université des sciences et de la technologie Houari Boumediene (USTHB), B.P. 32, Bab Ezzouar, 16111 Al Alia, Alger, Algérie

Résumé :

Nous présentons une étude numérique concernant le transfert combiné de chaleur et de masse dans un milieu poreux. Ce milieu est homogène et isotrope. Le modèle mathématique qui gouverne le milieu est celui de Darcy corrigé par le terme de Brinkman. Le système d'équations couplées est résolu par la méthode des éléments finis. Il s'agit d'un jet d'air laminaire impactant un disque circulaire constituant la base d'une chambre cylindrique en partie poreuse, le fluide pénètre la chambre suivant un axe central et la quitte par sa périphérie. L'analyse est faite dans une large gamme de paramètres : le nombre de Reynolds, le nombre de Grashoff, le nombre de Darcy, le nombre de Lewis et l'épaisseur de la couche poreuse. L'écoulement est supposé bidimensionnel et laminaire. Le fluide considéré est de l'air ($Pr=0.72$). L'approximation de Boussinesq est adoptée. La paroi d'impact est soumise à des températures et concentrations constantes et uniformes.

Les résultats montrent que la présence de la matrice poreuse crée une résistance à l'écoulement qui finit par l'affaiblir et limiter les forces convectives. Nous avons constaté que l'écoulement ne pénètre pas dans la couche poreuse pour les faibles nombres de Darcy. Pour des nombres de Darcy élevés la pénétration de l'écoulement est totale. Le nombre de Nusselt augmente avec l'augmentation du nombre de Darcy. Les résultats montrent aussi que le transfert de masse est d'autant plus important que le nombre de Lewis est élevé.

Abstract :

In the present study, a numerical model is presented to predict the flow and coupled heat and mass transfer characteristics under laminar air jet impinging onto horizontal circular disk confined in a vertical cylindrical chamber with porous medium. The Brinkman extended Darcy model with the Boussinesq approximation is adopted for the flow in the porous regions. The governing equations with the appropriate boundary conditions are solved by the finite element method. The influence of the buoyancy force intensity, the porous medium permeability, Porous layer thickness, the Reynolds number and the Lewis number is analyzed.

Mots clefs: transfert de chaleur, transfert de masse, milieux poreux, nombre de Lewis

1 Introduction

L'étude de l'écoulement et des transferts de chaleur et de masse par convection mixte au sein des milieux poreux, a été motivée par de nombreuses applications dans des domaines variés comme le séchage ou l'hydratation des produits (papier et textiles), le refroidissement des composants électroniques ou des aubes de turbines, etc. Nous nous intéressons dans ce travail à l'influence de l'insertion d'une couche poreuse sur les structures d'écoulement et les transferts combinés de chaleur et de masse. Plusieurs travaux expérimentaux et numériques portent sur les jets laminaires frappant une paroi. Parmi ces études on peut citer J.C. Hsieh et al [1] et Felipe Tet al [2].

2 Modèle physique

Le modèle physique étudié est représenté sur la figure (1), il s'agit d'un jet d'air impactant sur une surface circulaire confinée dans une enceinte cylindrique.



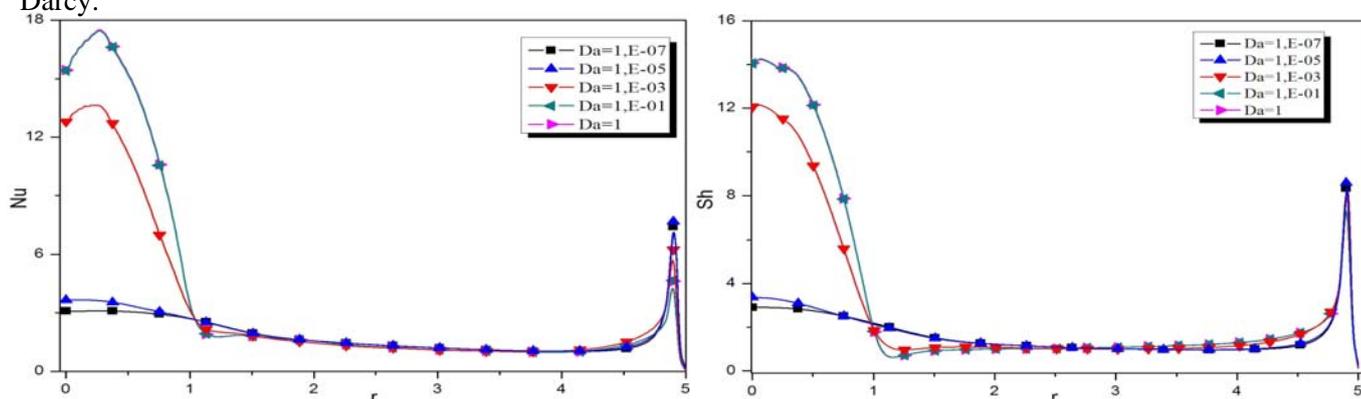
FIG. 1– configuration géométrique

3 Résultats et analyse

Nous allons examiner l'influence de certains paramètres physiques sur les comportements dynamique et thermique de l'écoulement. : L'épaisseur de la couche poreuse (X_p) et la perméabilité du milieu.

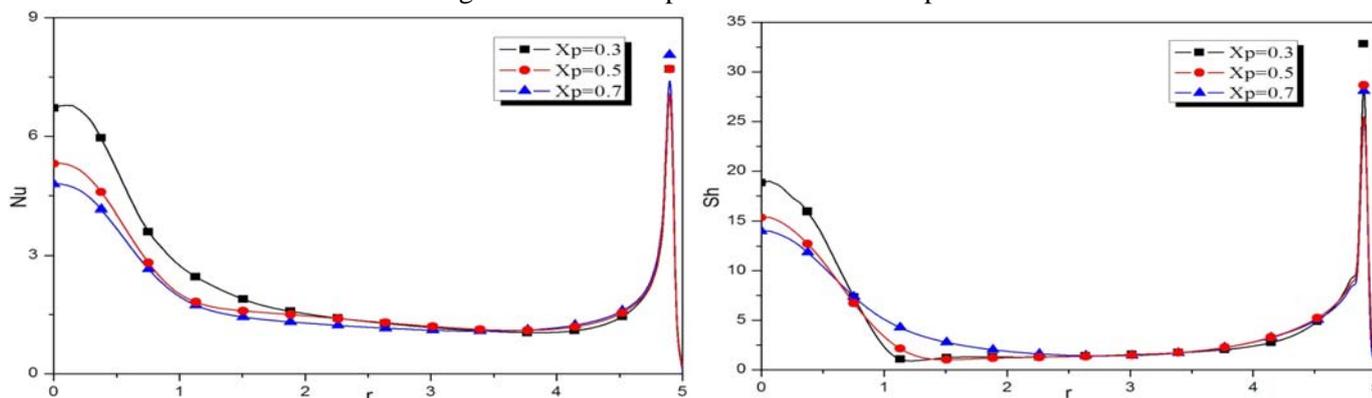
3.1 Influence de la perméabilité de la couche poreuse (Da)

Sur la figure (2), nous avons reporté l'évolution des nombres de Nusselt et de Sherwood qui caractérise les transferts thermique et massique, pour différents nombres de Darcy avec $Re=500$, $Gr=10^{+05}$ et $X_p=0.3$. À partir de ces figures on distingue que les nombres de Nusselt et de Sherwood augmentent avec le nombre de Darcy.

FIG. 2 – évolution du nombre de Nusselt et de Sherwood à différents nombres de Darcy ($Re=500$, $Gr=1.E+05$, $Le=1$, $X_p=0.3$)

3.2 Influence de l'épaisseur de la couche poreuse (Da)

la figure (3) représente l'évolution des nombre de Nusselt et de Sherwood à différentes épaisseur de la couche poreuse X_p ($Da=10^{-04}$, $Re=500$, $Gr=1.E+05$, $Le=10$, $N=0$). Nous constatons que les nombre de Nusselt Sherwood diminuent avec l'augmentation de l'épaisseur de la couche poreuse.

FIG. 3 – évolution du nombre de Nusselt et de Sherwood en fonction de l'épaisseur de la couche poreuse X_p ($Da=10^{-04}$, $Le=10$, $Re=500$, $Gr=10^{+05}$)

References

- [1] J.C. Hsieh, T.C. Cheng, T.F. Lin, I. Characteristics of vortex flow in a low speed air jet impinging onto a heated disk in a vertical cylindrical chamber, *International Journal of Heat and Mass Transfer* 46, 4639–4656, 2003
- [2] Felipe T. Dórea, Marcelo J.S. de Lemos, Simulation of laminar impinging jet on a porous medium with a thermal non-equilibrium model, *International Journal of Heat and Mass Transfer* 53 (2010) 5089–5101.