

RESUME DE THESE DE DOCTORAT D'ETAT

Présenté par
Mr. A.GHEZAL

MODELISATION NUMERIQUE DE L'ÉCOULEMENT CONFINE D'UN FLUIDE REEL AUTOUR D'UN OBSTACLE CHAUFFE EN MOUVEMENT

Le présent travail se préoccupe essentiellement de la connaissance globale du développement des régimes dynamique et thermique d'un écoulement du fluide réel, à propriétés physiques constantes dans une cavité cylindrique en présence d'un corps cylindro – conique chauffé en mouvement. La conduction de la chaleur à l'intérieur du solide a été prise en compte ainsi que le problème conductif – convectif du fluide. Un schéma ADI est appliqué pour la résolution de l'équation de la conduction à l'intérieur du solide. Les champs dynamique et thermique de l'écoulement sont déterminés par deux méthodes numériques ; une méthode implicite aux différences finies de types Crank – Nicholson et une méthode aux éléments finis utilisant le logiciel FIDAP de Fluent. Une étude analytique a été aussi utilisée dans le cas des écoulements périodiques. L'influence du champ dynamique sur le transfert entre le fluide et le solide est étudié en fonction de la vitesse de ce dernier. Le couplage convection – conduction a été mené dans une plage de variation du rapport K de la conductivité thermique du solide à celle du fluide de 10^{-2} à 10^3 . L'étude de l'influence d'une perturbation de type périodique sur l'écoulement et sur le mécanisme du transfert thermique a été menée dans deux cas ; condition d'entrée périodique sur le débit, deux conditions de température de paroi périodique. Les résultats trouvés sont comparés à d'autres travaux numériques, analytiques et expérimentaux.

En ce qui concerne la comparaison des deux méthodes numériques, on peut noter que les résultats trouvés sont très comparables, néanmoins, il faut retenir certaines différences entre ces deux méthodes. Du fait du maillage utilisé dans la méthode des éléments finis, cette dernière présente une grande précision du calcul dans les zones aux voisinages de la paroi solide. Par contre, la résolution de l'équation de la conduction à l'intérieur du solide est plus directe avec la méthode des différences finies. L'étude de l'influence de la périodicité d'un paramètre de l'écoulement sur le comportement dynamique et thermique a été réalisée numériquement par les deux méthodes ; différences finies et éléments finis.

Les résultats obtenus montrent l'influence du champ dynamique sur le transfert thermique entre le solide et le fluide, ainsi que l'existence de ponts d'inflexion dans les profils radiaux des composantes de la vitesse, caractérisant le mouvement tourbillonnaire et l'apparition des instabilités thermiques. Pour les faibles valeurs du nombre de Taylor, les lignes de courant se présentent sous forme des lignes parallèles à l'axe des cylindres. En augmentant la vitesse de rotation du cylindre intérieur, les tourbillons commencent à apparaître en aval, à l'extrémité de l'espace annulaire, et au voisinage du cylindre intérieur. En augmentant la vitesse de la rotation la taille de tourbillon croît radialement jusqu'à atteindre le cylindre extérieur. Le premier tourbillon qui apparaît dans la zone d'entrée correspond à un nombre de Taylor; ($Ta = 0.43Ta_c$). Au-delà de cette valeur, les tourbillons envahissent l'espace annulaire d'une manière progressive pour occuper tout l'espace annulaire à la valeur critique, à cette valeur on remarque la formation de six paires de deux cellules contrarotatives. Le mouvement de translation du solide provoque la déstabilisation des tourbillons de Taylor. Le mouvement de rotation favorise l'échange thermique grâce au mouvement convectif qu'il provoque. Les résultats analytiques ont permis d'établir une expression analytique de la position du maximum de la vitesse qui augmente avec la fréquence et décroît avec le temps. Ce résultat est confirmé numériquement. Ces résultats montrent que la fréquence pour laquelle l'effet de l'écoulement oscillatoire est dominant est située autour de la de la fréquence $Re_\omega = 128$ contrairement à la fréquence donnée par certains auteurs et qui correspond à $Re_\omega = 16$.

L'étude est constituée de cinq parties. La première (chapitre I) est une synthèse bibliographique des écoulements de fluide réels avec transfert de chaleur, les écoulements de type Taylor Poiseuille Couette et les écoulements oscillatoires et pulsés. Dans le chapitre deux on a exposé le problème physique du point de vue géométrie et formulation des équations gouvernantes, avec les hypothèses retenues pour son étude. La troisième partie est consacrée à la description de la méthode numérique. Les résultats analytiques et numériques sont analysés, discutés et comparés entre eux dans le quatrième chapitre. En dernier, on a présenté une conclusion générale en citant les perspectives envisagées pour ce travail.

Mots clés : écoulement confiné, mouvement hélicoïdal, rotation tourbillons espace annulaire, cylindro- conique., pulsé, obstacle chauffé, espace de phase, transfert de chaleur, différences finies, ADI, élément finis Fidap.

Directeur de thèse : Pr. Jean Claude Loraud
Université de Provence Marseille France