

Résumé

Une étude paramétrique est entreprise afin de déterminer les conditions optimales d'un système de filtration radiale par centrifugation au moyen d'une cloison poreuse. Une analyse détaillée est menée sur les structures d'écoulements et les transferts couplés de chaleur et de soluté pour les trois modes de convection (naturelle, forcée et mixte) d'un fluide remplissant une cavité annulaire disposée verticalement et délimitée par deux cylindres coaxiaux. Une cloison poreuse verticale est disposée au cœur de la cavité.

Un code de calcul a été développé sur la base de la méthode des volumes finis pour résoudre les équations conservatives. Celles-ci sont explicitées en coordonnées cylindriques axisymétriques et en formulation primitive ($2 D \frac{1}{2}$)

La première partie de ce travail a traité de l'analyse des trois modes de convection en régime permanent en évaluant les effets couplés des forces d'inertie et des poussées d'Archimède sur le champ dynamique et le transfert thermosolutal. L'étude a été menée afin de quantifier les effets des groupements adimensionnels gouvernants le système. L'accent est mis sur l'influence de la rotation du cylindre interne ou externe à travers le nombre de Reynolds et sur l'effet des gradients horizontaux de température et de concentration, imposés entre les parois verticales de l'enceinte. Ces effets de convection naturelle sont exprimés par le nombre de Rayleigh thermique et le rapport des forces de poussées combinées. On montre ainsi que la rotation favorise les échanges thermique et massique, sauf quand celle-ci est faible. La force centrifuge et la force d'Archimède ont, dans ce cas, des effets inverses.

Par la suite, nous avons étudié l'effet de l'insertion d'une couche poreuse au cœur de l'espace annulaire. Les effets des paramètres géométriques et des propriétés thermo-physiques sont résumés et commentés. Ainsi, nous avons montré, l'existence d'une épaisseur critique de la cloison poreuse à laquelle les coefficients de transfert sont minimaux pour les trois modes de convection. De plus, les performances du filtre poreux sont nettement améliorées s'il est très proche du cylindre tournant sans pour autant le fixer à cette paroi. De même, la filtration solutale est plus favorable en convection mixte pour les solutions aqueuses, alors que la convection naturelle thermosolutale s'avère plus avantageuse pour la vapeur d'eau dissoute dans l'air.

La seconde partie de cette étude est consacrée à l'analyse du régime transitoire des convections mixte et forcée afin de décrire l'évolution dans le temps des mécanismes d'écoulement et de transfert. De plus, cela nous a permis de déterminer l'apport des divers modes de convection dans le temps afin de mieux appréhender les régimes d'écoulements multicellulaires complexes. L'étude des structures d'écoulement nous a montré que l'écoulement thermique unicellulaire s'installe au cœur de l'enceinte dès les premiers instants, indépendamment du rapport des poussées N . Par la suite, dès l'établissement des couches limites solutales, des recirculations de fluide apparaissent, dues au gradient de soluté. L'écart des temps dans l'établissement des couches limites thermique et solutale est d'autant plus grand que le nombre de Lewis est élevé.

Enfin, nous avons abordé l'aspect d'optimisation de ces cloisons poreuses afin d'introduire les bases d'une simulation appliquée des phénomènes de colmatage des filtres poreux en milieu industriel. Dans ce cadre, nous avons étudié l'influence des filtrations multicouches dans la cavité. Ainsi, il s'avère que l'utilisation des couches poreuses composites a tendance à améliorer les transferts couplés par rapport au cas d'une cloison poreuse unique et homogène. Cette conclusion est valide quelles que soient les caractéristiques du milieu poreux (Da , ε) ou le régime d'écoulement mis en place (Darcy, Darcy-Brinkman ou Darcy-Brinkman-Forchheimer). Par ailleurs, la disposition verticale de ces multicouches poreuses montre une efficacité uniquement pour le transfert de chaleur qui est réduit sensiblement par rapport à l'évolution quasi-constante du transfert de soluté lors de la variation de la perméabilité du substrat poreux. En revanche, une configuration composite et horizontale du milieu poreux n'apporte aucun intérêt du point de vue transfert thermosolutal par rapport à la cloison poreuse homogène.