

INTRODUCTION GENERALE

L'étude de la convection naturelle a suscité et suscite encore aujourd'hui l'intérêt de nombreux scientifiques et industriels. Les recherches menées, dans ce domaine, s'étendent sur un peu plus d'un siècle. Un nombre considérable de travaux a été entrepris, suite à la découverte du phénomène par les expériences expérimentales, les analyses théoriques et numériques au début du XXème siècle, jusqu'à présent.

Dans un sens général, la convection désigne l'ensemble des mouvements naturels de la matière qui a tendance à monter grâce à la poussée d'Archimède lorsqu'elle est chaude (donc moins dense) et à redescendre une fois refroidie. Elle tient une place importante dont on n'a pas toujours conscience. Elle assure les échanges de chaleur dans la plupart du temps dans notre environnement quotidien. De l'air à l'intérieur des maisons comme celui de l'atmosphère, à l'eau dans une casserole, ou encore les rivières et des océans sont autant d'exemples où ce phénomène se manifeste. Plus encore, la pollution due aux gaz émis par les automobiles et les effluents industriels doit être évacuée assez rapidement par les mouvements atmosphériques, sinon l'air deviendrait irrespirable. Cependant, heureusement, la température étant plus élevée au sol qu'en altitude, des mouvements de convection assurent cette évacuation.

Après avoir expliqué le phénomène de la convection naturelle d'origine thermique, de nombreux auteurs se sont intéressés par la suite à un phénomène de même nature où les mouvements de convection sont générés en plus des gradients de température par des gradients de densité qui sont dus à la fois au champ de température, et au champ de concentration. Ce type d'écoulement, appelé mouvement de convection de double-diffusion ou convection thermosolutale, peut apparaître dans un fluide ayant deux (ou plusieurs) composants diffusant dans le mélange à différentes vitesses et qui contribuent au gradient vertical de densité. Nous avons défini plus loin le phénomène de la diffusion de masse dans un milieu, et son couplage avec la diffusion de chaleur. Ce phénomène de convection double diffusive apparaît dans des situations réelles diverses: croissance de cristaux destinés à l'industrie des semi-conducteurs, processus de séchage, processus de fusion-solidification de mélanges binaires, stockage des gaz liquide ou oxydation des surfaces métalliques.... On estime actuellement que ce phénomène des transferts convectifs de masse et de chaleur constitue un domaine très actif et d'importants travaux ont été effectués encore très récemment tant au niveau expérimental que numérique.

Depuis une vingtaine d'années, un autre type de couplage voit le jour c'est le couplage entre la convection naturelle et le rayonnement volumique en milieu transparent ou semi transparent qui a attiré considérablement l'attention des chercheurs. Dans ce type de problème, les différents modes de transfert thermique (Convection, Rayonnement) peuvent intervenir de façon couplée, notamment par le biais des parois (Rayonnement surfacique) et quand le fluide lui-même se comporte comme un milieu semi-transparent, c'est-à-dire qu'il absorbe et émet le rayonnement. Il faut alors tenir compte d'une source de chaleur interne au milieu, résultant de la différence entre l'énergie radiative absorbée et celle qui a été émise par chaque élément de volume. L'influence du transfert radiatif sur la convection se fait dans un seul sens ou il ya une influence directe sur le champ thermique (par le biais d'une source volumique) et une influence indirecte sur le champ dynamique (par modification de la température et donc des forces de poussée d'Archimède).

La majorité des travaux antérieurs qui se sont intéressés à la description des phénomènes de convection naturelle concerne les cavités rectangulaires. L'absence d'études dans des cavités cylindriques ou annulaires nous a motivés pour rechercher des résultats concernant ce type de cavité.

Notre travail consiste à étudier numériquement dans la première partie la convection naturelle, après avoir expliqué quelques notions fondamentales sur le transfert thermique. Nous avons présenté notre modèle mathématique et la méthode numérique de résolution, suivi par l'analyse de l'influence de certains paramètres géométriques et physiques sur la convection naturelle. L'accent a été particulièrement mis sur les effets de la hauteur du cylindre intérieure sur la structure de l'écoulement et le transfert de chaleur.

Après avoir sélectionné une géométrie favorable pour l'échange de chaleur, nous avons traité la convection thermosolutale en cavité partiellement annulaire, avec des conditions aux limites classiques (conditions de Dirichlet en température et concentration sur les parois verticales), et en régime stationnaire. En plus, nous avons analysé l'effet des paramètres physiques sur le couplage du transfert de masse avec la convection thermique dans un cas partitionné ($X=0.5$). L'impacte de ces paramètres sur la structure de l'écoulement, les transferts de chaleur et de masse ont étaient investigué en détail.

Enfin, dans la dernière partie, nous avons étudié l'influence du rayonnement de surface sur la convection naturelle au sein d'un milieu transparent dans une cavité cylindrique fermée.

Dans les configurations étudiées, les températures uniformes imposées aux parois verticales crée un gradient horizontal de température. Ce gradient engendre des forces qui génèrent un écoulement de convection naturelle. Le comportement de cet écoulement dépend des paramètres physiques et géométriques. En ce qui concerne les caractéristiques radiatives du milieu, nous avons supposé que le fluide est transparent.

Pour ce faire nous avons développé un outil numérique comprenant deux parties :

1. Un code de résolution du modèle mathématique de la convection naturelle utilisant la méthode des volumes finis.
2. Un code de résolution de l'équation de transfert radiatif (ETR) basé sur la méthode des ordonnées discrètes.