

CONCLUSION GENERALE

Dans cette thèse, nous avons étudié numériquement l'influence des paramètres physiques et géométriques sur la convection libre en premier étape, puis sur la convection double diffusif, en dernier étape nous avons investigué le couplage de la convection naturelle avec le rayonnement de surface. La configuration géométrique considérée est une cavité cylindrique annulaire soumise à des gradients horizontaux de température et de concentration. Les conditions aux frontières thermique et massique de types Dirichlet (température et concentration constantes) sont placées sur les parois verticales noires ($\varepsilon = 1$), les parois horizontales sont adiabatiques noires ($\varepsilon = 1$).

En se basant sur l'approximation de Boussinesq, nous avons développé un modèle mathématique décrivant le phénomène de la convection naturelle de double diffusion. Le modèle numérique utilisé pour résoudre le système d'équations est fondé sur la méthode des volumes finis en utilisant l'algorithme SIMPLER développée par Patankar [6], cette méthode s'appuie sur une discrétisation du domaine de calcul en différents noeuds, chacune d'entre eux étant entouré d'un volume élémentaire sur lequel on intègre les équations aux dérivées partielles. Les systèmes obtenus sont résolus par l'algorithme TDMA. Le maillage est irrégulier très raffiné sur les parois et grossier dans le milieu de l'espace étudié. Le terme de source radiatif dans l'équation de l'énergie a été évalué en résolvant l'équation du transfert radiatif (ETR) en coordonnées cylindrique par la méthode des ordonnées discrètes (SN).

Notre code de calcul a été validé par comparaison avec des travaux de recherches antérieurs, disponibles dans la littérature. Les résultats numériques obtenus dans le deuxième chapitre de l'étude de convection naturelle pure ont dévoilé que l'augmentation du nombre de Rayleigh à partir $Ra \geq 10^5$ accentue l'effet convectif du transfert de chaleur. Concernant l'effet du rapport de courbure (K), les résultats calculés nous ont montrés que la variation du rapport des rayons K influence considérablement le transfert de chaleur, Mais le résultat le plus intéressant, est l'existence d'une hauteur optimale du cylindre intérieur qui favorise le transfert de chaleur.

Dans le troisième chapitre, nous avons permis d'étudier numériquement les transferts de chaleur et de masse couplés dans le cas d'une géométrie annulaire partitionnée bidimensionnelle. L'influence des paramètres de contrôle du problème sur les transferts de masse (Sh) et de chaleur (Nu) ont été analysées. Ces paramètres sont : le rapport de hauteur X , le rapport des Rayleigh N . Etude de l'effet du rapport des Rayleigh N sur l'écoulement a montré que pour

$N > 0$, les particules de fluide s'accélèrent dans une seule direction, ce qui est démontré par l'apparition d'une large cellule au cœur de la cavité circulaire dans le sens des aiguilles du montre, l'écoulement se comporte comme un écoulement de convection thermique pure. Pour $N < 0$, le mouvement solutal se développe entre la paroi et la cellule thermique du centre de la cavité. La cavité est donc dans sa quasi-totalité à concentration constante pour $N < -20$, le transfert de masse est important. Concernant l'étude de l'effet du rapport des hauteurs X , Lorsque $X = 0,25$ et $N = 5$, on a remarqué un écoulement très animé dans la zone ($0 \leq R \leq 1$) qui provoque un échange thermique important. Par contre lorsque X croît ($0,25 < X < 0,75$), les isothermes ont tendance de s'éloigner de plus en plus dans la zone supérieure du cylindre intérieur ($0 \leq R \leq 1$), ainsi que les forces de poussée thermique et solutale se coopèrent. Pour $X > 0,25$ et $N = -5$, on constate un rétrécissement de la cellule thermique et l'apparition d'une cellule solutale, le volume de la cellule solutale augmente avec l'augmentation du rapport de hauteur X .

Enfin, dans le dernier chapitre, nous avons étudié numériquement l'influence du rayonnement de surface sur la convection naturelle laminaire en régime stationnaire. Les résultats qui ont été obtenus à l'aide d'un modèle mathématique nous ont permis de déterminer les champs de vitesses et la distribution de température en régime permanent de plusieurs configurations. Ces résultats nous ont également permis la caractérisation du transfert de chaleur par convection naturelle pure et rayonnement. Le rayonnement de surface modifie d'une façon visible la distribution de la température et le champ d'écoulement. Les couches limites thermiques au niveau des parois actives sont relativement affaiblies par le rayonnement de surface, sous un nombre de Rayleigh important.

En perspective nous pouvons envisager d'étudier le couplage rayonnement-convection naturelle en présence d'un milieu semi transparent, c'est-à-dire que le milieu absorbe et émet du rayonnement. Il faut alors mettre en considération la présence 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. C'est le cas, par exemple, de mélanges gazeux incluant des concentrations non négligeables de dioxyde de carbone ou de vapeur d'eau dont les propriétés d'émission-absorption du fluide varient localement suivant la température et la concentration. Pour un milieu semi-transparent gris (propriétés radiatives d'absorption et d'émission indépendantes de la longueur d'onde, de la température et de la concentration de l'espèce rayonnante), l'influence du transfert radiatif sur la convection se fait dans un seul sens : il y a une influence directe sur le champ thermique (par le biais d'une source volumique de chaleur égale à la différence entre rayonnement absorbé et émis dans chaque élément de

fluide) et une influence indirecte sur le champ dynamique (par modification de la température et donc des forces de poussée d'Archimède) et le champ de concentration (à travers le champ dynamique).