

## Écoulements de fluides miscibles à forte différence de densité

**Jocelyn ÉTIENNE**  
LMC-IMAG, Grenoble

**Pierre SARAMITO**  
LMC-IMAG, Grenoble

**Emil HOPFINGER**  
LEGI, HMG, Grenoble

**Mots clefs :** Navier-Stokes incompressible non-homogène, Méthode des caractéristiques, éléments finis, maillage adaptatif

On s'intéresse à des écoulements régis par le couplage d'une équation de convection-diffusion de la composition du mélange  $\Phi$ , qui prescrit localement la densité  $\rho = 1 + \alpha\Phi$ , où  $\alpha = \frac{\rho_d - \rho_\ell}{\rho_\ell}$  donne la différence des densités des constituants et n'est pas négligeable, et des équations de continuité et du mouvement, qui diffèrent des équations usuelles de Navier-Stokes incompressible non-homogènes car, du fait de la diffusion entre constituants de densité très différente, on a  $\nabla \cdot \mathbf{u} = -\frac{1}{\rho} \frac{D\rho}{Dt} \neq 0$  (et ce en dépit de l'incompressibilité de chaque constituant). Une approche courante consiste à introduire une autre inconnue  $\mathbf{v}$  reliée à la vitesse et telle que  $\nabla \cdot \mathbf{v} = 0$ , mais les équations obtenues réclament des fermetures et imposer les conditions aux limites physiques sur  $\mathbf{u}$  au travers de  $\mathbf{v}$  semble difficile.

On présente une méthode numérique traitant le problème dans sa forme originelle (en  $\mathbf{u}$ ), utilisant la méthode des caractéristiques pour la discrétisation en temps couplée à des éléments finis sur des maillages généraux, ce qui implique un algorithme efficace de localisation des pieds de caractéristique. Pour résoudre les couches limites raides que présentent les problèmes à forte différence de densité, on utilise un raffinement de maillage adaptatif à chaque itération en temps. L'estimation d'erreur *a priori* est complétée par des comparaisons systématiques avec des expériences d'écoulements d'échange (en anglais, *lock-exchange*) jusqu'à  $\alpha \simeq 20$  et avec des études asymptotiques au-delà (simulations jusqu'à  $\alpha = 100$ ). Les avalanches de neige poudreuse fournissent un exemple d'écoulement régi par ces équations, pour  $\alpha$  d'ordre 10, et pour lequel les simulations numériques apportent des résultats pertinents.

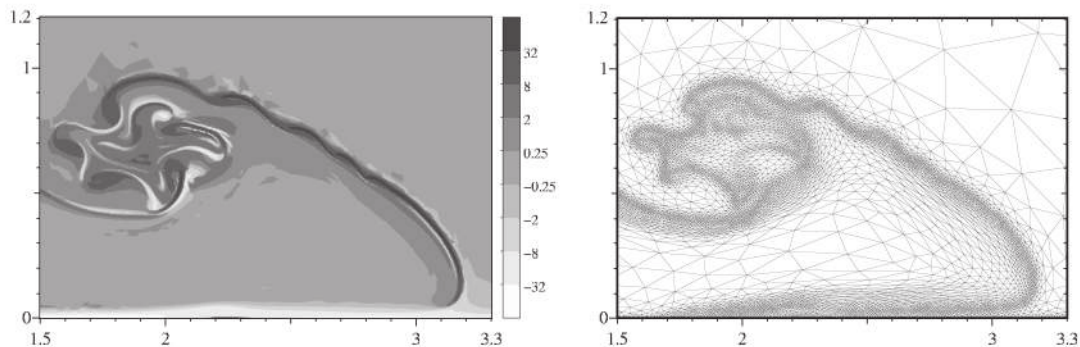


FIG. 1 – Vorticité d'un courant d'intrusion dense et maillage utilisé