

Transformée en ondelettes : application à la simulation aux grandes échelles des écoulements diphasiques turbulents à phase dispersée

Clément MORHAIN, EM2C - CentraleSupélec - Université Paris-Saclay - Gif-sur-Yvette
Roxane LETOURNEL, SafranTech - Châteaufort

Marc MASSOT, CMAP - École Polytechnique - Palaiseau

Ludovic GOUDENÈGE, Fédération de Mathématiques de CentraleSupélec - Gif-sur-Yvette

Aymeric VIÉ, EM2C - CentraleSupélec - Université Paris-Saclay - Gif-sur-Yvette

Dans la littérature, différentes techniques de modélisation ont été proposées pour la simulation aux grandes échelles (LES) des écoulements diphasiques à phase dispersée (Marchioli [5]). Elles sont généralement classées en deux catégories. Les modèles structuraux visent à reconstruire les caractéristiques des écoulements à petite échelle, tandis que les modèles stochastiques tentent de simuler leurs effets en utilisant des processus aléatoires.

Dans l'objectif de reproduire la ségrégation, nous avons exploré une approche structurale. La nouvelle méthode de simulation cinématique proposée [3] est basée sur l'utilisation d'ondelettes à divergence nulle [1]. Elle permet non seulement d'obtenir automatiquement un champ de vitesse à divergence nulle, mais aussi de reproduire précisément le phénomène de concentration préférentielle des particules dans les écoulements turbulents. Cette idée a ensuite été réutilisée dans [2], qui l'a étendue au couplage inverse.

Dans nos travaux actuels, les coefficients de détail sont calculés de façon à retrouver un spectre d'énergie donné. Ils évoluent ensuite grâce à un modèle stochastique de Langevin, pour obtenir un champ instationnaire tout en conservant le spectre d'énergie. Une méthode eulérienne et une méthode lagrangienne sont finalement implémentées pour la reconstruction du champ de vitesse à partir de ces coefficients.

Notre objectif est de combiner cette méthode par ondelettes [3] avec le modèle stochastique récemment développé [4] afin de reproduire l'intermittence. Nous étendons également cette formulation au couplage inverse grâce à la reconstruction par ondelettes, qui permet un couplage explicite à chaque échelle de l'écoulement turbulent.

- [1] E. Deriaz, V. Perrier. *Divergence-free and curl-free wavelets in two dimensions and three dimensions : application to turbulent flows*. *Journal of Turbulence*, **7**, 2006.
- [2] M. Hausmann, F. Evrard, B. van Wachem. *Wavelet-based modeling of subgrid scales in large-eddy simulation of particle-laden turbulent flows*. *Phys. Rev. Fluids*, **8**, 2023.
- [3] R. Letournel. *Reduced-order modeling and simulation of turbulent disperse two-phase flows : new theoretical and modeling approaches for reproducing intermittency, segregation and two-way coupling*. Ph.D. thesis, Université Paris-Saclay, 2022.
- [4] R. Letournel, L. Goudenège, R. Zamansky, A. Vié, M. Massot. *Revisiting the framework for intermittency in lagrangian stochastic models for turbulent flows : a way to an original and versatile numerical approach*. *Physical Review E*, **104**, 2021.
- [5] C. Marchioli. *Large-eddy simulation of turbulent dispersed flows : a review of modelling approaches*. *Acta Mechanica*, **228(3)**, 741–771, 2017. doi :10.1007/s00707-017-1803-x.