

Modélisation stochastique pour la dynamique des particules en turbulence hétérogène

Encadrants : Rémi Zamansky, Pascal Fede, Olivier Simonin

Contact : remi.zamansky@imft.fr pascale.fede@imft.fr olivier.simonin@imft.fr

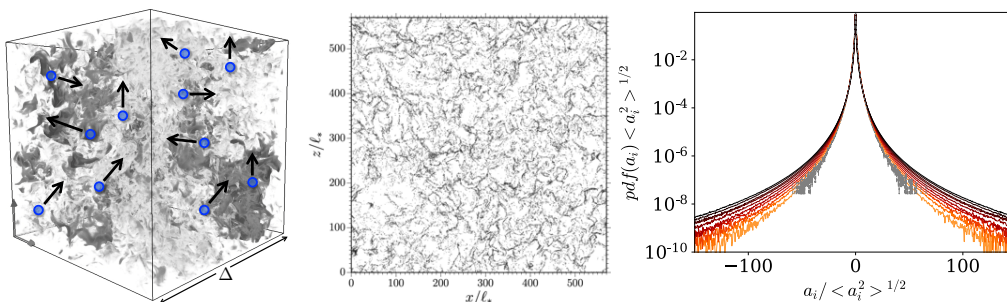
Financement : Contrats Doctoraux MESRI 2024-2027

La modélisation du transport turbulent d'une phase dispersée (tels que des particules solides, des gouttes ou des bulles) reste un enjeu majeur pour de nombreuses applications et présente des défis théoriques très intéressants. La simulation numérique des écoulements à grand nombre de Reynolds repose, en pratique, principalement sur les méthodes de simulations des grandes échelles (LES) ou moyennée (RANS). Une question cruciale réside dans la modélisation des fluctuations turbulentes du fluide en sous-maille et notamment celles "vues" par la phase dispersée. Pour des traceurs ou des particules très faiblement inertielles, l'intermittence de la turbulence, qui se manifeste par exemple par les valeurs extrêmes que peuvent prendre les gradients de vitesse, influence directement la dynamique des particules. Cependant ces effets peuvent être reproduits grâce à des processus multiplicatifs [1,2]. Pour les particules plus fortement inertielles, la structure de la turbulence aux échelles non-résolues, conditionne fortement leur dispersion ou la formation de clusters. Ces aspects sont modélisés en décomposant la structure de la turbulence vue par la phase dispersée en partie corrélée et partie aléatoire [3].

L'objectif de la thèse est de développer la description et la modélisation lagrangienne de la turbulence vue par les particules transportées par un écoulement turbulent inhomogène. Ainsi nous envisageons de nous concentrer sur :

- La modélisation des gradients de vitesse et leur couplage avec les modèles de vitesse et accélération existants. Ces aspects pourraient d'une part permettre de conditionner les statistiques du fluide à la structure locale de la turbulence (régions dominées par le cisaillement ou la rotation), et présentent d'autre part un fort intérêt pour le couplage avec d'autres phénomènes physiques (évaporation, coalescence, fragmentation...).
- La modélisation lagrangienne multi-particules, en vue de reproduire entre autres les effets de concentration préférentielle.
- En plus de considérer des écoulements turbulents homogènes, et des particules avec et sans glissement moyen, il sera aussi question de généraliser ce type de modèle pour les écoulements non homogène et de prendre en compte l'effet d'un cisaillement à grande échelle en se basant sur l'analyse des simulations DNS en canal de plans.

Ces modélisations lagrangiennes stochastiques seront utilisées pour améliorer le transport de la phase dispersée dans le cadre des simulations LES avec l'approche Euler-Lagrange. Elles seront également utilisées pour proposer des fermetures pour les équations de PDF servant de base aux approches Euler-Euler [4].



Droite : illustration des fluctuations de sous-maille à modéliser : Milieu Champ de concentration de particules inertielle en turbulence. Droite : PDF de l'accélération de particules fluides pour différent nombre de Reynolds.

[1] R. Zamansky. Phys. Rev. Fluids, 7:084608, 2022.

[2] Z. Zhang, D. Legendre, and R. Zamansky. J. Fluid Mech., 879:554–578, 2019.

[3] P. Février, O. Simonin, and K. D. Squires. J. Fluid Mech., 533:1–46, 2005.

[4] P. Fede, O. Simonin, and P. Villedieu. International Journal of Multiphase Flow, 74:165–183, 2015.