

Simulation particulière des écoulements complexes

Stage proposé par le laboratoire M2N du Conservatoire National des Arts et Métiers

Contexte scientifique

Ce stage repose sur l'étude d'écoulements incompressibles à travers l'utilisation de méthodes numériques appelées méthodes Vortex. Parmi les nombreuses méthodes numériques utilisées pour la simulation d'écoulements incompressibles, les méthodes basées sur une approche particulière (ou lagrangienne) occupent une place importante de part leur description intuitive et naturelle de l'écoulement ainsi que par leur faible diffusion numérique et leur stabilité. Elles consistent à discrétiser les quantités physiques du problème sur des particules numériques qui transportent ces quantités dans le domaine physique en fonction de la dynamique de l'écoulement.

Les méthodes Vortex avec remaillage (semi-lagrangiennes) ont été exploitées avec succès pour la simulation de nombreux problèmes réels en mécanique des fluides, aux retombées industrielles. Parmi les domaines d'applications concernés on peut citer le contrôle aérodynamique d'écoulement, la simulation d'écoulements en milieux poreux [1], l'interaction fluide-structure [2], la simulation d'écoulements diphasiques, le transport de scalaire passif [3], l'optimisation et l'apprentissage par renforcement [4].

Objectifs du stage

Afin de renforcer le côté applicatif de cette approche, l'objectif de ce stage est d'étudier numériquement la convergence, la précision et en particulier la diffusivité des méthodes Vortex avec remaillage ainsi que leur capacité à traiter des problèmes à hauts Reynolds. Ce travail sera effectué en collaboration avec le département Aeronautics d'Imperial College à Londres qui développe des méthodes aux éléments spectraux/hp [5] connues pour leur efficacité et leur précision.

Les deux approches pourront être mises en comparaison sur des problèmes de transition vers la turbulence mais aussi sur des problèmes d'écoulements détachés autour d'obstacles rigides et d'écoulements en milieux poreux. Cette étude et cette collaboration ont ainsi pour but de positionner les méthodes Vortex avec remaillage dans le paysage des méthodes numériques utilisées en CFD et de mettre en évidence leur complémentarité et leur compétitivité face à des méthodes purement eulériennes largement éprouvées.

Lors de ce stage, toutes les simulations numériques basées sur l'approche Vortex semi-lagrangienne seront effectuées à partir d'un code de calcul de recherche existant, nommé *HySoP* (Hybrid Simulations using Particles), dédié à la résolution des équations de Navier-Stokes en 2D et 3D à l'aide d'une méthode Vortex avec remaillage.

Compétences recherchées

Les candidat·e-s devront être issu·e-s d'une formation en mécanique des fluides numérique et/ou calcul scientifique.

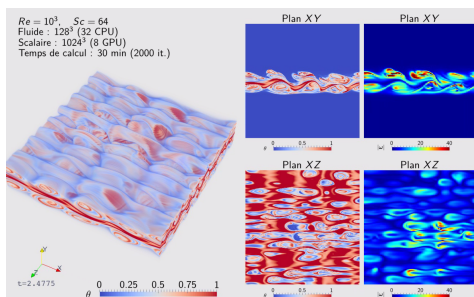
On attendra des candidat·e-s des compétences en programmation informatique (une expérience en calcul haute performance sera vivement appréciée) ainsi qu'en dynamique des fluides

et plus particulièrement une bonne connaissance des méthodes et schémas numériques pour la mécanique des fluides.

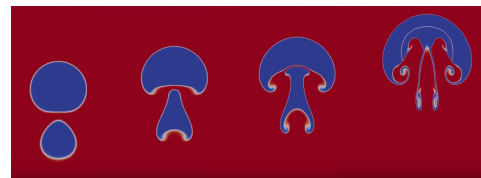
Un bon niveau d'anglais (écrit et oral) sera également requis.

Informations pratiques et contacts

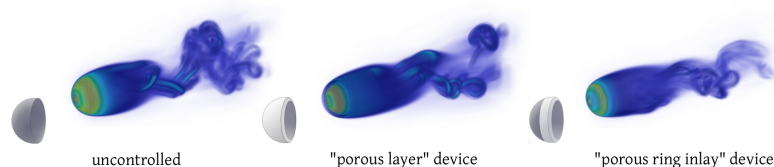
- LIEU : laboratoire M2N, Cnam Paris, 2 rue Conté 75003 Paris, accès 35.
- ENCADREMENT : Chloé Mimeau (Maître de Conférences), Iraj Mortazavi (Professeur des Universités).
- FINANCEMENT : gratification de stage (environ 580-590€/mois)
- DURÉE : 5-6 mois à compter de février-mars 2019
- CONTACTS : chloe.mimeau@cnam.fr ou iraj.mortazavi@cnam.fr
- CANDIDATURE : par email, exclusivement au format pdf, avec les documents joints suivants : CV et lettre de motivation.



(a) Transport multi-échelle d'un scalaire passif dans un écoulement turbulent (Jean-Matthieu Étancelin) [3]



(b) Fusion de deux bulles sphériques dans un fluide de densité dix fois plus élevée et deux fois plus visqueux (Jean-Baptiste Keck)



(c) Contrôle passif d'écoulement autour d'un modèle simplifié de rétroviseur à l'aide d'un matériau poreux (Chloé Mimeau) [1]

Figure 1: Exemples d'écoulements simulés à l'aide du code de calcul *Hysop*.

References

- [1] C. Mimeau, I. Mortazavi, and G.-H. Cottet. Passive control of the flow around a hemisphere using porous media. *European Journal of Mechanics B/Fluids*, 65:213–226, 2017.
- [2] M. Coquerelle and G.-H. Cottet. A vortex level-set method for the two-way coupling of an incompressible fluid with colliding rigid bodies. *J. Comput. Phys.*, 227:9121–9137, 2008.
- [3] J.-M. Etancelin. *Couplage de modèles, algorithmes multi-échelles et calcul hybride*. PhD thesis, Université de Grenoble, 2014.
- [4] B. Hejazialhosseini M. Gazzola and P. Koumoutsakos. Reinforcement learning and wavelet adapted vortex methods for simulations of self-propelled swimmers. *SIAM Journal on Scientific Computing*, 36(3):622–639, 2014.
- [5] H. Xu, C. D. Cantwell, C. Monteserin, C. Eskilsson, A. P. Engsig-Karup, and S. J. Sherwin. Spectral/hp element methods: Recent developments, applications, and perspectives. *Journal of Hydrodynamics*, 30(1):1–22, 2018.