

Sujet de stage M2

Modélisation et simulation d'écoulements turbulents subsoniques par les approches LES et DNS

Lieu : Institut de Mécanique et d'Ingénierie Bordeaux (I2M), département TREFLE, équipe SIMFI

Encadrement : Jérôme Jansen, Stéphane Glockner

Contact : jerome.jansen@u-bordeaux.fr, glockner@bordeaux-inp.fr

Notus est un code de mécanique des fluides et transferts développé au sein de l'équipe SiMFI du département TREFLE à l'Institut de Mécanique et d'Ingénierie de Bordeaux [1]. Il traite des écoulements subsoniques (incompressibles et compressibles), monophasiques ou diphasiques, turbulents (DNS, LES, RANS), avec transferts thermiques. Il a fait l'objet de nombreux développements ces dernières années et il est utilisé dans des projets académiques et industriels.

Afin d'assurer la validité et la fiabilité des méthodes implémentées dans le cadre de simulations d'écoulements turbulents par LES et DNS, l'objectif de ce stage est de poursuivre l'étude des capacités de DNS et LES de Notus en utilisant des benchmarks d'écoulements turbulents bien documentés (canal plan [2,3,4,8], tourbillons de Taylor-Green [9]). Ce travail est partiellement réalisé pour les écoulements incompressibles alors qu'il est à entreprendre pour les écoulements compressibles [7].

Dans un premier temps, une analyse détaillée des résultats de LES et DNS en incompressible et avec les schémas numériques existants sera effectuée pour comparer les profils de vitesse moyenne, le spectre d'énergie cinétique et d'autres grandeurs turbulentes à ceux proposées dans la littérature. Dans un second temps, en fonction des résultats obtenus, le stagiaire pourra explorer des pistes d'améliorations, notamment sur l'ordre des schémas numériques de diffusion et d'advection [6,12], sur les conditions limites d'entrée et de sortie [4]. Enfin, selon le degré d'avancement du stage, la modélisation et simulation de LES subsonique compressible pourra être adressée en configuration de canal plan et/ou de jet [8,10,11].

Le stagiaire sera amené à développer et implémenter des schémas numériques d'ordres élevés et des outils de post-traitement en lien avec l'étude de la turbulence. Ces outils permettront une analyse plus approfondie des données de simulation en facilitant l'extraction de grandeurs turbulentes. Les simulations numériques seront réalisées sur le cluster MCIA de l'Université de Bordeaux, offrant une infrastructure de calcul haute performance (HPC).

Compétences recherchées : mécanique des fluides, turbulence, écoulement incompressible, écoulement compressible subsonique, modélisation numérique, Fortran, Python, Linux

Durée / rémunération : 5 à 6 mois – Indemnité légale (~640€ / mois)

Références :

- [1] Notus CFD : <http://notus-cfd.org>
- [2] R.D. Moser, J. Kim, and N.N. Mansour. Direct numerical simulation of turbulent channel flow up to $Re_\tau=590$. *Physics of Fluids*, 11(4):943–945, 1999.
- [3] Données de R.D. Moser et al. https://turbulence.oden.utexas.edu/MKM_1999.html
- [4] Moin P. Kim, J. and R. Moser. Turbulence statistics in fully developed channel flow at low reynolds number. *Journal of fluid mechanics*, 177:133–166, 1987.
- [5] R. Poletto, T. Craft, and A. Revell. A New Divergence Free Synthetic Eddy Method for the Reproduction of Inlet Flow Conditions for LES. *Flow, Turbulence and Combustion*, 91(3):519–539, 2013
- [6] P. Moin, K. Mahesh. Direct Numerical Simulation: A Tool in Turbulence Research. *Annual Review of Fluid Mechanics*, 30(1):539-578, 1998.
- [7] J. Jansen, S. Glockner, D. Sharma, A. Erriguible, Incremental pressure correction method for subsonic compressible flows, submitted to *Journal of Computational Physics*, 2024
- [8] F. Föll, S. Pandey, X. Chu, C.-D. Munz, E. Laurien & B. Weigand. High-Fidelity Direct Numerical Simulation of Supercritical Channel Flow Using Discontinuous Galerkin Spectral Element Method, *High Performance Computing in Science and Engineering ' 18*, Conference proceedings, 2019.
- [9] W.M. van Rees, A. Leonard, D.I. Pullin, P. Koumoutsakos. A comparison of vortex and pseudo-spectral methods for the simulation of periodic vortical flows at high Reynolds numbers, *Journal of Computational Physics*, 230 (2011) 2794–2805.
- [10] N. Sharan & J. Bellan, Investigation of high-pressure turbulent jets using direct numerical simulation, *Journal of Fluid Mechanics* (2021) 922, p. A24.
- [11] T. Schmitt, L. Selle, A. Ruiz and B. Cuenot, Large-Eddy Simulation of Supercritical-Pressure Round Jets, *AIAA Journal* (2010) 1533-385X.
- [12] A. Hokpunna, M. Manhart, Compact fourth-order finite volume method for numerical solutions of Navier–Stokes equations on staggered grids, *Journal of Computational Physics*, 229 (2010) 7545–7570.