Type d'offre : Corporate offer

Post date : 18.02.25

ASNR

PostDoc - Volume Forcing and ML Methods for Synthetic Turbulence Generation: Application to Hybrid RANS/LES Methods

Informations générales

Contract type : Fixed-term contract

Contract length : 18 mois

Contact :

Fabien Duval / **Aubin Brunel**

Starting date : Mon 01/09/2025 - 12:00

ASNR :

L'Autorité de Sûreté Nucléaire et de Radioprotection (ASNR) est une autorité administrative indépendante créée par la loi du 21 mai 2024 relative à l'organisation de la gouvernance de la sûreté nucléaire et de la radioprotection pour répondre au défi de la relance de la filière nucléaire. Elle assure, au nom de l'État, le contrôle des activités nucléaires civiles en France et remplit des missions d'expertise, de recherche, de formation et d'information des publics.

Détail de l'offre (poste, mission, profil) :

Contexte de l'offre

Le post-doctorant rejoindra le Laboratoire de l'Incendie et des Explosions (LIE) qui se consacre à la modélisation des incendies et des explosions et développe des logiciels dédiés à la simulation de ces phénomènes. Ce travail de recherche sera effectué en collaboration avec le groupe de recherche « Calcul Intensif et Mécanique des Fluides », qui fait partie du Centre de Mise en Forme des Matériaux (CEMEF,Mines Paris PSL).

Le LIE développe en C++ le logiciel open-source CALIF3S, qui traite des schémas à volumes finis pour les simulations d'écoulements de fluides. En particulier, le logiciel comprend des solveurs Navier-Stokes et une modélisation de la turbulence basée sur des approches statistiques de type « Large Eddy Simulation " (LES) ou " Reynolds-averaged Navier-Stokes » (RANS). Si cette dernière approche présente l'avantage d'être moins coûteuse en termes de calcul, sa précision dépend de la qualité du modèle de turbulence. La première approche est généralement beaucoup plus prédictive, mais les temps de calcul peuvent devenir prohibitifs pour de nombreux cas d'intérêt. Dans ce contexte, CALIF3S intègre des méthodes hybrides RANS/LES. Ces dernières tentent de tirer parti des deux approches mais nécessitent une méthode supplémentaire pour générer des fluctuations dans les zones de transition.

L'objectif du travail post-doctoral est de combiner ces méthodes hybrides avec de nouvelles techniques d'apprentissage automatique. Ce travail bénéficiera de l'expertise des équipes du CEMEF dans le domaine du couplage des simulations numériques pour la mécanique des fluides et de l'intelligence artificielle. Plus

spécifiquement, deux librairies d'apprentissage automatique, développées par le CEMEF en Python et basées sur un backend Pytorch, seront mises à disposition pour ce travail. Le post-doctorant aura accès aux ressources informatiques du LIE (clusters TGCC et GENCI pour le calcul massivement parallèle) ainsi qu'à celles du CEMEF (cluster Pierre Laffitte et nœuds GPU dédiés).

Mission

Une stratégie possible pour les méthodes hybrides RANS/LES consiste à restreindre l'approche LES à des régions spécifiques du domaine de calcul où l'approche RANS est considérée comme peu fiable. Dans certains cas, le domaine peut être limité aux seuls calculs LES, à condition qu'une condition limite équivalente soit définie, par exemple en modélisant la région en amont de la région d'intérêt ; cela correspond typiquement à l'approche de la « buse fictive » utilisée pour la simulation des jets sous-dilatés (par exemple, [5]). Dans d'autres situations, des méthodes hybrides RANS/LES dites zonales ou sans joints sont utilisées. Quelle que soit la stratégie choisie, en l'absence d'instabilités hydrodynamiques naturellement présentes dans le domaine de calcul, ou lorsque ces instabilités ne sont pas suffisamment résolues, la qualité des prédictions LES dépend fortement des fluctuations de vitesse prescrites dans les conditions limites ou dans la zone de transition RANS/LES.

L'objectif du travail post-doctoral est de développer une méthode d'apprentissage automatique pour générer des fluctuations turbulentes, qui peuvent être représentées comme des modes de Fourier aléatoires et peuvent être utilisées soit pour des stratégies de conditions limites, soit par forçage de volume dans la zone de chevauchement RANS/LES. Cette dernière approche a déjà été utilisée pour maintenir la turbulence et générer des fluctuations dans la transition RANS/LES [4], [3]. La première étape consistera à adopter une technique visant à optimiser les paramètres libres d'un signal synthétique basé sur des propriétés statistiques cibles (vitesse moyenne, énergie cinétique turbulente, ...) disponibles dans des bases de données ouvertes (par exemple [1]) en aval de la couche limite. La forme du spectre d'énergie, la fréquence de pulsation et le nombre de modes de Fourier caractérisant le signal synthétique seront particulièrement intéressants. Les fluctuations résultantes seront ensuite implémentées dans le contexte de conditions limites prescrites sur des cas académiques tirés de la littérature. La performance de la méthode proposée sera évaluée selon plusieurs critères, tels que la qualité de la

simulation résultante, l'étendue de la zone « grise » entre les zones entièrement résolues par une approche RANS et LES, ou le coût supplémentaire induit par la méthode de forçage.

Références

[1] Johns Hopkins Turbulence Databases. https://turbulence.pha.jhu.edu.

[2] P. Garnier, J. Viquerat, J. Rabault, A. Larcher, A. Kuhnle, and E. Hachem. A review on deepreinforcement learning for fluid mechanics. Computers Fluids,, 225, 2021.

[3] J. Janin. Forçage volumique basé sur une méthode de type reconstruction pour un modèle defermeture algébrique hybride RANS/LES. PhD thesis, Aix-Marseille University, 2023. Thèse dedoctorat dirigée par Pierre Sagaut, Christophe Friess, et Fabien Duval. Sciences pour l'ingénieur.

[4] J. Janin, F. Duval, C. Friess, and P. Sagaut. A new linear forcing method for isotropic turbulencewith controlled integral length scale. physics of fluids. Physics of Fluids,, 33:4, 2021.

[5] E. Papanikolaou, D. Baraldi, M. Kuznetsov, and A. Venetsanos. Evaluation of notional nozzleapproaches for cfd simulations of free-shear under-expanded hydrogen jets. International Journalof Hydrogen Energy, 37(23):18563–18574, 2012.

[6] A. Patil, J. Viquerat, A. Larcher, G. El Haber, and E. Hachem. Robust deep learning for emulatingturbulent viscosities. Physics of Fluids, 33(10):105118, 10 2021.

URL de l'offre : https://www.dataia.eu/sites/default/files/OffrePostDocMITI.pdf

Lien vers l'offre sur le site dataia.eu :https://da-cor-dev.peppercube.org/node/1238