

PROPOSITION DE SUJET DE THESE

Intitulé : Correction de modèles RANS par apprentissage automatique pour les écoulements transsoniques

Référence : **MFE-DAAA-2022-04**
(à rappeler dans toute correspondance)

Début de la thèse : 10/2022

Date limite de candidature : 01/06/2022

Mots clés :

Correction de modèles de turbulence RANS, machine learning, réseau de neurones, intelligence artificielle

Profil et compétences recherchées

Master 2 ou 3A école d'ingénieur. Formation en mécanique des fluides, profil numéricien, Python, Fortran.

Présentation du projet doctoral, contexte et objectif

Grâce à leur faible coût de calcul, les simulations RANS sont encore largement utilisées dans la conception, l'analyse et l'optimisation des systèmes aéronautiques. Les modèles RANS classiques se sont avérés très utiles dans de nombreux contextes, mais il est bien connu que les effets complexes tels que les écoulements décollés, avec forte courbure, ou avec forts gradients de pression sont mal modélisés. Avec le succès incontestable du machine-learning (ou apprentissage automatique) dans nombreuses applications, comme par exemple la vision par ordinateur, les calculs aérodynamiques CFD commencent aussi à bénéficier de cette technologie (Duraisamy 2021). Il est donc naturel de se servir de cette technique pour améliorer les performances des modèles de turbulence RANS.

A l'heure actuelle, la méthodologie utilisée à l'ONERA pour améliorer ces modèles de turbulence RANS basée sur l'IA nécessite deux étapes : (i) une phase d'assimilation de données (AD) qui corrige le modèle RANS (Franceschini et al. 2020) et (ii) une phase de Machine Learning (ML) pour la génération d'un réseau de neurones (Parish & Duraisamy 2016). Avec cette approche, les résultats récents obtenus sur une configuration académique fortement décollée sont très encourageants (Volpiani et al. 2020). Malgré les avancées récentes, cette méthodologie nécessite d'un champ de référence (normalement une simulation haute-fidélité du type LES/DNS) pour calibrer le modèle. De nombreuses données de référence en régime incompressible sont disponibles dans la littérature (Gloerfelt & Cinnella 2019 ; Xiao et al. 2020 ; Matai & Durbin 2019). Par contre, les simulations DNS/LES en régime transsonique sont beaucoup plus rare.

Le premier objectif de cette thèse sera de développer notre propre base DNS/LES en régime transsonique représentative de configurations de l'industrie aérospatiale. Ensuite, nous allons utiliser cette base de données pour construire un modèle RANS basé sur l'apprentissage automatique et l'IA. L'objectif final sera de valider le nouveau modèle RANS construit avec le réseau de neurone sur une configuration aéronautique typique tridimensionnelle. Ainsi, pendant la thèse, l'étudiant devra maîtriser les trois types de simulations pour la CFD : RANS, LES et DNS. Nous cherchons un candidat motivé et avec un bon niveau de programmation (fortran/python).

Références :

- Duraisamy, Karthik. "Perspectives on machine learning-augmented Reynolds-averaged and large eddy simulation models of turbulence." *Physical Review Fluids* 6.5 (2021): 050504.
- Franceschini, Lucas, Denis Sipp, and Olivier Marquet. "Mean-flow data assimilation based on minimal correction of turbulence models: Application to turbulent high Reynolds number backward-facing step." *Physical Review Fluids* 5.9 (2020): 094603.
- Parish, Eric J., and Karthik Duraisamy. "A paradigm for data-driven predictive modeling using field inversion and machine learning." *Journal of Computational Physics* 305 (2016): 758-774.

- Volpiani, Pedro Stefanin, et al. "Machine learning-augmented turbulence modeling for RANS simulations of massively separated flows." *Physical Review Fluids* 6.6 (2021): 064607.
- Gloerfelt, Xavier, and Paola Cinnella. "Large eddy simulation requirements for the flow over periodic hills." *Flow, Turbulence and Combustion* 103.1 (2019): 55-91.
- Xiao, Heng, et al. "Flows over periodic hills of parameterized geometries: A dataset for data-driven turbulence modeling from direct simulations." *Computers & Fluids* 200 (2020): 104431.
- Matai, Racheet, and Paul Durbin. "Large-eddy simulation of turbulent flow over a parametric set of bumps." *Journal of Fluid Mechanics* 866 (2019): 503-525.

Collaborations envisagées

Laboratoire d'accueil à l'ONERA

Département : Département d'Aérodynamique, Aéroélasticité, Acoustique

Lieu (centre ONERA) : Meudon

Contact : Pedro Stefanin Volpiani, Florent Renac

Tél. : 01 46 23 42 47

Email : pedro.stefanin_volpiani@onera.fr

florent.renac@onera.fr

Directeur de thèse

Nom : Xavier Gloerfelt

Laboratoire : Dynfluid/ENSAM

Tél. :

Email : xavier.gloerfelt@ensam.eu