

PROPOSITION DE SUJET DE THESE

Intitulé : Reconstruction d'écoulement par optimisation déroulée profonde basée sur la physique

Référence : **MFE-DAAA-2025-31**
(à rappeler dans toute correspondance)

Début de la thèse : 01/10/2025

Date limite de candidature : 15/6/2025

Mots clés

Optimisation, Deep Learning, reconstruction d'écoulement

Profil et compétences recherchées

Master 2 / diplôme d'ingénieur

Compétences en mécanique des fluides compressibles et méthodes numériques. Des connaissances sur l'optimisation et le deep learning sont un plus.

Présentation du projet doctoral, contexte et objectif

Contexte

La thèse s'inscrit dans la chaire PostGen AI portée par Taraneh Sayadi.

Problématique et objectif

Les essais expérimentaux en mécanique des fluides génèrent souvent des données partielles et bruitées, notamment lorsqu'il s'agit de mesurer des champs de vitesses à partir de techniques telles que la vélocimétrie par imagerie de particules (PTV) ou d'autres types de mesures. Ces données sont limitées en termes de couverture spatiale et de précision, ce qui rend difficile la reconstruction complète des champs d'écoulement, en particulier pour les écoulements instationnaires et complexes.

L'objectif principal de cette thèse est de développer une méthodologie hybride qui combine des techniques récentes de deep learning (optimisation déroulée profonde [1]), utilisées principalement en computer vision, avec des modèles physiques classiques issus de la mécanique des fluides, tels que les équations de Navier-Stokes. Cette approche vise à surmonter les limitations des méthodes purement basées sur les données, en intégrant les lois physiques pour guider la reconstruction des champs d'écoulement, tout en permettant une généralisation des résultats au-delà des situations d'apprentissage spécifiques. L'idée est de combiner les avantages des approches basées sur les données (capacité à traiter des données massives) et des modèles physiques (rigueur et compréhension des phénomènes physiques), dans le but de fournir des reconstructions précises, même en présence de bruit et de données partielles.

Démarche

La thèse s'articulera autour de plusieurs étapes. Tout d'abord, l'étudiant devra se familiariser avec les techniques de deep learning récentes appliquées à la reconstruction d'images, notamment les méthodes d'optimisation déroulée profonde. Ces méthodes sont particulièrement utilisées en computer vision pour résoudre des problèmes d'inpainting (remplissage d'images manquantes) et ont été adaptées à la reconstruction d'écoulements fluides à partir de données expérimentales partielles ces dernières années à l'ONERA [2]. L'étudiant devra prendre en main les codes existants.

Ensuite, l'étudiant explorera l'intégration de modèles physiques dans cette approche, notamment les équations de Navier-Stokes, pour guider l'optimisation et garantir que les solutions obtenues respectent les lois fondamentales de la mécanique des fluides. Ce processus sera appliqué à la fois à des écoulements stationnaires et instationnaires, en s'appuyant sur des cas tests simples, comme des équations modèles 1D ou des écoulements académiques 2D, puis sur des configurations tels que l'écoulement autour de profils comme le NACA12 avec différentes conditions amonts. Des simulations seront réalisées pour créer des bases de données nécessaires, qui serviront à entraîner, tester et à valider la méthodologie proposée.

La fin de thèse visera une application à des cas plus complexes, en particulier sur des données expérimentales.

[1] Gilton, D., Ongie, G., & Willett, R. (2019). Neumann networks for linear inverse problems in imaging. *IEEE Transactions on Computational Imaging*, 6, 328-343.

[2] Floquet, J., Champagnat, F., & Beneddine, S. (2022, July). Physics-driven PTV interpolation through learned regularization. In *20th international symposium on applications of laser and imaging techniques to fluid mechanics*.

Collaborations envisagées

Chaire Post-Gen AI

Laboratoire d'accueil à l'ONERA

Département : Aérodynamique, Aéroélasticité, Acoustique

Lieu (centre ONERA) : Meudon

Contact : S. Beneddine

Tél. : 01 46 23 51 67 Email : samir.beneddine@onera.fr

Directeur de thèse

Nom : Taraneh Sayadi

Laboratoire : M2N, CNAM Paris

Tél. :

Email : taraneh.sayadi@lecnam.fr

Pour plus d'informations : <https://www.onera.fr/rejoindre-onera/la-formation-par-la-recherche>