

Offre de stage de fin d'étude (6 mois) niveau Master à École Centrale de Nantes : Construction d'un modèle réduit (ROM) basé sur l'IA pour un problème de mécanique des fluides (instabilité KHRTI)



- **Lieu** : École Centrale de Nantes, GeM – Institut de Recherche en Génie Civil et Mécanique
- **Encadrant** : Yassin Ajanif (Doctorant), Lucas Lestandi (Maître de conférences)
- **Contact** : yassin.ajanif@ec-nantes.fr – lucas.lestandi@ec-nantes.fr
- **Rémunération** : ~ 630 €/mois selon le dernier décret du *Journal Officiel*
- **Durée** : 6 mois
- **Dates** : Démarrage entre janvier et mars 2026

Contexte

Les écoulements turbulents issus de simulations CFD haute-fidélité (DNS/LES) sont extrêmement coûteux à produire et à exploiter, en particulier pour des phénomènes complexes comme les instabilités hydrodynamiques (ex. Rayleigh–Taylor) ou les écoulements à surface libre. À ces difficultés s'ajoute une contrainte fréquente en pratique : le solveur CFD peut être considéré comme une boîte noire (*black-box*). Autrement dit, on ne dispose pas nécessairement d'un accès au code, aux opérateurs numériques internes ou à la chaîne de calcul complète, on a principalement accès aux données générées (snapshots spatio-temporels) et éventuellement aux paramètres et conditions aux limites.

Dans ce contexte non intrusif, l'objectif est de développer des approches basées sur l'intelligence artificielle capables d'exploiter uniquement les données pour :

- reconstruire des champs d'écoulement haute-fidélité à partir d'informations partielles ou de résolution plus faible (super-résolution, *inpainting*, compression/décompression),
- prédire l'évolution temporelle de ces champs à coût réduit via des modèles dynamiques appris (dans l'espace original ou dans un espace latent).

Les réseaux de neurones (CNN, autoencodeurs, modèles séquentiels) offrent un cadre particulièrement adapté à cette approche *data-driven* : ils permettent d'apprendre une représentation compacte des écoulements turbulents et d'en capturer la dynamique, tout en visant des gains importants en coût de calcul par rapport aux simulations directes.

Profil du stagiaire

Le candidat idéal recherche un stage de 5 ou 6 mois dans un laboratoire de recherche pour compléter son master ou son diplôme d'ingénieur dans l'une des spécialités suivantes : apprentissage automatique (ML), calcul scientifique, mathématiques appliquées, génie mécanique.

Compétences requises

- Bases solides en **apprentissage automatique** et **deep learning** : entraînement/validation, *overfitting*, régularisation, métriques
- Traitement de données scientifiques : Python (NumPy/SciPy), manipulation de champs (3D/temps), pipelines reproductibles

Un plus

- Connaissances CFD / mécanique des fluides : turbulence, instationnarité, lecture/interprétation de champs (vitesse, pression, densité, etc.)
- **HPC / Linux** : utilisation de la ligne de commande, exécution sur cluster, **gestion de jobs avec Slurm** (soumission, allocation de ressources, suivi des jobs), notions de calcul GPU appréciées

Références

1. Y. Zhang, D. Zhang, and H. Jiang, "Review of Challenges and Opportunities in Turbulence Modeling : A Comparative Analysis of Data-Driven Machine Learning Approaches," *Journal of Marine Science and Engineering*, vol. 11, no. 7, Jul. 2023. doi : [10.3390/jmse11071440](https://doi.org/10.3390/jmse11071440).
2. S. L. Brunton, B. R. Noack, and P. Koumoutsakos, "Machine Learning for Fluid Mechanics," *Annual Review of Fluid Mechanics*, vol. 52, no. 1, pp. 477–508, Jan. 2020. doi : [10.1146/annurev-fluid-010719-060214](https://doi.org/10.1146/annurev-fluid-010719-060214).
3. <https://www.monolithai.com/blog/machine-learning-for-turbulence-modeling>
4. A. Sengupta, P. Sundaram, V. K. Suman, and T. K. Sengupta, "Three-dimensional direct numerical simulation of Rayleigh–Taylor instability triggered by acoustic excitation," *Physics of Fluids*, vol. 34, no. 5, May 2022. doi : [10.1063/5.0091109](https://doi.org/10.1063/5.0091109).