

PROPOSITION DE STAGE EN COURS D'ETUDES

Référence : **DOTA-2025-17**

(à rappeler dans toute correspondance)

Lieu : Palaiseau

Département/Dir./Serv. : DOTA/MPSO

Tél. : 01 80 38 63 76

Responsable(s) du stage : S. Lefebvre

Email. : sidonie.lefebvre@onera.fr

DESCRIPTION DU STAGE

Thématique(s) : Deep learning, réduction de dimension, champs, signature infrarouge

Type de stage : Fin d'études bac+5 Master 2 Bac+2 à bac+4 Autres

Intitulé : Métamodèles en grande dimension pour simulations de jets de propulseurs

Sujet :

On s'intéresse à la modélisation de la signature infrarouge de jets de propulseurs, par exemple pour évaluer les performances d'algorithmes de détection d'aéronefs sur fond de ciel. Le calcul de signature fait intervenir deux chaînes : un code d'aérothermochimie de type CFD RANS (CEDRE), coûteux en temps de calcul, qui permet d'obtenir des champs 2D-axisymétrique ou 3D de pression, température et de concentration d'espèces chimiques, et un code de transfert radiatif, peu coûteux, qui fournit en sortie des champs 2D spectraux.

Afin de réduire les temps de calculs, une stratégie consiste à s'appuyer sur un modèle de substitution mathématique, ou métamodèle, en complément des codes de calculs, que ce soit pour réaliser des analyses de sensibilité et de quantification des incertitudes ou bien pour aider au dimensionnement de capteurs, en maîtrisant les incertitudes induites par l'utilisation du métamodèle pour ce dimensionnement. Les principaux paramètres d'entrée à étudier concernent à la fois des données liées à l'engin (fusée sonde ou aéronef) : la composition du carburant, l'altitude et la vitesse de vol, des données liées aux conditions atmosphériques et des données liées au calcul CFD telles que le raffinement des maillages, le modèle de turbulence, etc.

Nous avons déjà proposé des métamodèles pour des signatures intégrées spatialement [Lefebvre2010] [Coiro2020], et l'objectif du stage sera d'étendre la méthodologie à des champs 2D spectraux. Le ou la candidat(e) s'appuiera pour cela sur des méthodes de réduction de dimension, et évaluera l'apport de méthodes de réduction de modèles non-linéaires à base de *deep learning* [Nony2023] et notamment de *transformers* [Hemmasian2023], en complément des méthodes type POD ou Karhunen-Loève. Un des points durs concerne la prise en compte de maillages de taille variable, et de données non structurées ; les réseaux à base de graphes (GCNN) conduisent à des résultats intéressants sur ce type de données pour des applications d'aérodynamique.

La deuxième étape portera sur la construction d'un métamodèle, de type processus Gaussien (GP) ou réseau de neurones (NN) sur l'espace de dimension réduite. Afin de réduire les coûts de simulation et de tirer parti de l'excellence de l'ONERA en modélisation des processus physiques, une piste prometteuse consiste à développer des modèles de substitution qui hybrident apprentissage automatique et lois physiques, NN ou GP *physics informed* [Mishra2021].

Si le temps le permet, on s'intéressera également à l'obtention d'intervalles de confiance pour les prédictions. Les méthodes de type *conformal prediction* [Angelopoulos2021] semblent prometteuses sur ce point.

Les travaux seront réalisés dans le cadre du GIS LARTISSTE (<https://uq-at-paris-saclay.github.io>), groupement de recherche dédié à la quantification d'incertitudes.

Collaboration : Adrien Langenais (DMPE)

Références bibliographiques :

[Coiro2020] E. Coiro, S. Lefebvre, R. Ceolato. Infrared Signature Prediction for Low Observable Air Vehicles. AVT-324 Specialists' Meeting on Multi-disciplinary design approaches and performance assessment of future combat aircraft, NATO, 2020, (hal-03073766).

[Lefebvre2010] S. Lefebvre et al, A methodological approach for statistical evaluation of aircraft infrared signature, Reliability Engineering & System Safety, 2010, <https://doi.org/10.1016/j.ress.2009.12.002>.

[Hemmasian2023] A. Hemmasian, A. Farimani, Reduced-order modeling of fluid flows with transformers. *Physics of Fluids*, 2023, <https://doi.org/10.1063/5.0151515>.

[Nony2023] B. Nony, M. Rochoux, T. Jaravel, D. Lucor, Reduced Order Model for microscale atmospheric dispersion combining multi-fidelity LES and RANS data, ECCOMAS 2023, hal-04310899.

[Mishra2021] S. Mishra, R. Molinaro, Physics informed neural networks for simulating radiative transfer, *Journal of Quantitative Spectroscopy and Radiative Transfer*, 2021, <https://doi.org/10.1016/j.jqsrt.2021.107705>.

[Angelopoulos2021] A. Angelopoulos et S. Bates, A Gentle Introduction to Conformal Prediction and Distribution-Free Uncertainty Quantification, arXiv:2107.07511.

Est-il possible d'envisager un travail en binôme ? Non

Méthodes à mettre en oeuvre :

- | | |
|---|--|
| <input checked="" type="checkbox"/> Recherche théorique | <input type="checkbox"/> Travail de synthèse |
| <input checked="" type="checkbox"/> Recherche appliquée | <input checked="" type="checkbox"/> Travail de documentation |
| <input type="checkbox"/> Recherche expérimentale | <input type="checkbox"/> Participation à une réalisation |

Possibilité de prolongation en thèse : Non

Durée du stage : Minimum : 4 mois Maximum : 5 mois

Période souhaitée : début courant premier semestre 2025

PROFIL DU STAGIAIRE

Connaissances et niveau requis :
Deep Learning, Pytorch, ViT, Gaussian Processes

Ecoles ou établissements souhaités :
Master 2 ou école d'ingénieur