Postdoctorat position

PARTENAIRES

AIRBUS LATECOERE

Mots-clés : Aéroacoustique numérique, écoulements compressibles, bruit de jet, stabilité des écoulements et modélisation d'ordre réduit

Département : DAEP

Développement et validation des équations de stabilité parabolisées (PSE) et d'un formalisme résolvant dans un environnement non structuré pour traiter le bruit d'installation jet-mât-aile industriel

DESCRIPTION DU POSTE :

La prédiction et le contrôle du bruit des systèmes propulsifs aéronautiques demeurent des enjeux majeurs pour le développement d'avions plus silencieux et plus respectueux de l'environnement. En particulier, une modélisation précise du bruit de jet en configuration installée réaliste nécessite de prendre en compte l'interaction entre le jet, ses structures hydrodynamiques cohérentes et les surfaces aérodynamiques voisines, telles que le mât et l'aile (Birch et al., 2005 ; Meloni et al., 2021 ; Daviller et al., 2024).

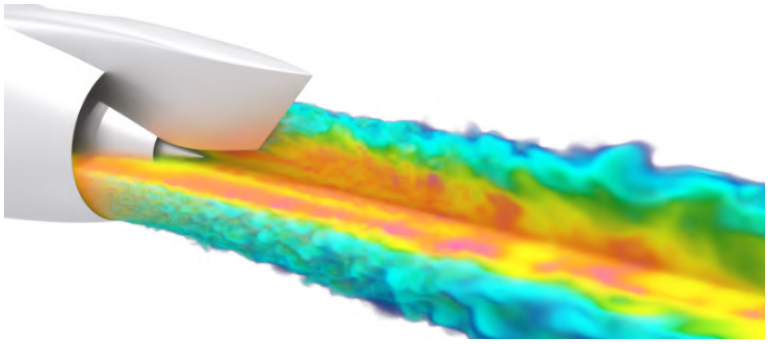


Figure 1 : Champ instantané de la norme de la vitesse d'un jet installé obtenu par LES, d'après Daviller et al. (2024).

ISAE-SUPAERO
Institut Supérieur de l'Aéronautique et de l'Espace
10, avenue Marc Pélegrin I BP 54032 I 31055 Toulouse CEDEX 4 I France
33 (0)5 61 33 80 80
contact@isae-supaero.fr

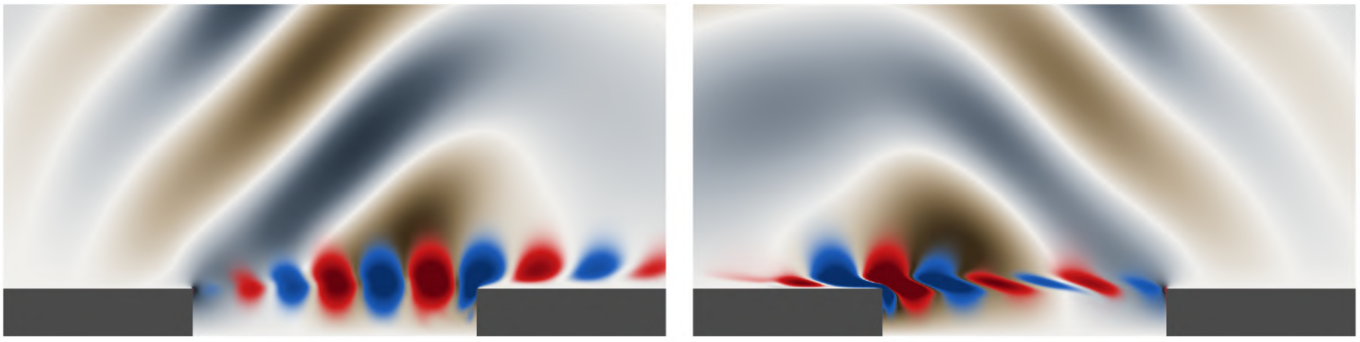
Un projet précédent a démontré le potentiel d'approches avancées de modélisation numérique et physique pour améliorer la compréhension et la prédiction du bruit des systèmes propulsifs. Toutefois, la prédiction du bruit de jet direct et de sa réflexion sous l'aile n'est pas encore suffisamment robuste et précise pour une application industrielle. Plus précisément, les approches fondées sur la diffraction des structures cohérentes du jet se sont montrées capables de capturer les effets géométriques liés à l'installation, mais la méthodologie de modélisation tridimensionnelle des sources associée fait encore défaut.

Le projet SALSA vise à lever ces limitations en développant et en validant des stratégies de modélisation améliorées pour le bruit des systèmes propulsifs. Dans le cadre du poste proposé, l'un des objectifs est de démontrer l'applicabilité d'approches avancées fondées sur la stabilité à des géométries complexes. Ces approches comprennent les équations de stabilité parabolisées (PSE), pour la modélisation approchée des structures cohérentes du jet, et l'analyse résolvante tridimensionnelle, pour l'identification et la caractérisation des structures de l'écoulement pertinentes sur le plan acoustique.

Les travaux postdoctoraux proposés seront spécifiquement consacrés au développement, à la validation et à l'application de ces méthodes. L'objectif est de mettre en place des outils fiables et peu coûteux en calcul, capables d'analyser les mécanismes d'instabilité du jet et leur pertinence acoustique dans des configurations allant au-delà du jet axisymétrique canonique (Amaral et al., 2024), notamment des configurations représentatives des interactions jet-mât et jet-aile.

OBJECTIFS ET QUESTIONS SCIENTIFIQUES :

Les travaux porteront sur l'implémentation de méthodes PSE bidimensionnelles et tridimensionnelles dans un cadre numérique sur maillage non structuré, ainsi que sur le développement d'une méthodologie d'analyse résolvante tridimensionnelle pour l'identification des structures cohérentes pertinentes sur le plan acoustique. Ces développements s'appuieront sur le code interne GIFIE de l'ISAE-SUPAERO (Fiore et al., 2025), un solveur de stabilité biglobale matriciel par éléments finis pour les équations de Navier–Stokes compressibles, qui calcule les modes globaux directs et adjoints sur maillages non structurés (voir figure 2).



(a) (b)

Figure 2 : Mode global direct (a) et adjoint (b) pour une cavité ouverte à un nombre de Mach de 0,6. La partie réelle de la vitesse verticale u_y est décomposée en ses composantes hydrodynamique (du bleu au rouge) et acoustique (du gris au brun), représentées avec des échelles de couleurs indépendantes.

Les structures cohérentes de grande échelle des jets turbulents, souvent associées à des paquets d'ondes de type Kelvin-Helmholtz, jouent un rôle important dans la génération et le rayonnement du bruit de jet. Les approches fondées sur la stabilité permettent de caractériser l'évolution spatiale et l'amplification de ces structures pour un coût de calcul nettement inférieur à celui des simulations entièrement résolues (Amaral et al., 2024). Leur application à des configurations réalistes, tridimensionnelles et non axisymétriques soulève toutefois des difficultés importantes, liées à la représentation d'écoulements de base complexes, à l'intégration par marche spatiale, aux perturbations tridimensionnelles et à l'interprétation des modes pertinents sur le plan acoustique.

Le ou la chercheur·e postdoctoral·e contribuera aux objectifs suivants :

- Développer et implémenter des méthodes PSE bidimensionnelles et tridimensionnelles dans le code interne GIFIE, dans un cadre numérique sur maillage non structuré.
- Valider la méthodologie PSE développée sur des configurations de jet axisymétrique de référence, à partir des données numériques haute-fidélité disponibles et de solutions de référence établies (Amaral et al., 2023).
- Appliquer la méthodologie PSE tridimensionnelle à des configurations de jet non axisymétriques et/ou installées comportant des géométries complexes, telles qu'un mât ou une aile.

- Développer et valider une méthodologie d'analyse résolvante tridimensionnelle, incluant l'analyse des modes de forçage turbulent et de réponse associés.
- Étudier les liens entre structures cohérentes du jet, mécanismes d'instabilité et rayonnement acoustique.
- Évaluer la précision, le domaine d'applicabilité et les limites de ces approches pour l'analyse et la modélisation du bruit de jet installé.

RÉSULTATS ATTENDUS :

Le ou la chercheur·e postdoctoral·e devra contribuer aux résultats suivants :

- Une implémentation validée des méthodes PSE bidimensionnelles et tridimensionnelles dans GIFIE.
- Une méthodologie validée d'analyse résolvante tridimensionnelle, incluant l'analyse des modes de forçage turbulent et de réponse.
- Des calculs de référence et des évaluations systématiques de la précision et des limites des approches développées.
- Des applications à des configurations de jet non axisymétriques et/ou installées.
- Une meilleure compréhension des mécanismes reliant les structures d'instabilité du jet, les effets d'installation et le rayonnement acoustique.
- Des publications scientifiques dans des revues internationales à comité de lecture et des présentations dans des conférences internationales.
- Des développements numériques et des résultats de recherche contribuant aux futures stratégies de modélisation d'ordre réduit du bruit de jet installé.

ENVIRONNEMENT DE RECHERCHE :

Le projet impliquera des interactions avec des partenaires académiques et industriels, dont Airbus, et bénéficiera de l'expertise de l'ISAE-SUPAERO en mécanique des fluides numérique, en aéroacoustique des jets, en analyse de stabilité des écoulements et en modélisation numérique.

Le ou la chercheur·e aura accès aux ressources de calcul et à l'environnement scientifique nécessaires au développement et à l'application de méthodes numériques avancées. Le poste offre l'opportunité de travailler à l'interface entre la recherche fondamentale en stabilité des écoulements et les enjeux concrets de la prédiction du bruit des avions.

PROFIL RECHERCHÉ :

Nous recherchons un·e candidat·e très motivé·e, titulaire d'un doctorat en mécanique des fluides numérique ou en mathématiques appliquées.

De solides connaissances en écoulements compressibles, en turbulence et en CFD sont souhaitées.

Une expérience dans un ou plusieurs des domaines suivants sera considérée comme un atout :

- Équations de stabilité parabolisées (PSE).
- Analyse résolvante, analyse de stabilité globale ou analyse entrée-sortie.
- Aéroacoustique numérique et modélisation du bruit de jet.
- Méthodes numériques sur maillages non structurés.
- Calcul haute performance et programmation scientifique parallèle.
- Programmation en C/C++, Python, Fortran, MATLAB ou dans des environnements de calcul scientifique comparables.

EXPÉRIENCE : Doctorat en mécanique des fluides ou en mathématiques appliquées

RÉMUNÉRATION : 3400€ / MOIS

DURÉE : 12 MOIS + 12 MOIS

RYTHME DE TRAVAIL : Temps plein

LIEU : TOULOUSE

RESPONSABLE DU SUJET :

NOM : FIORE Maxime, GOJON Romain, NASTRO Gabriele
E-MAIL : maxime.fiore@isae-supaero.fr, romain.gojon@isae-supaero.fr, gabriele.nastro@isae-supaero.fr

MODALITÉS DE CANDIDATURE : Les candidatures (CV et lettre de motivation) sont à adresser à

- maxime.fiore@isae-supaero.fr
- romain.gojon@isae-supaero.fr
- gabriele.nastro@isae-supaero.fr

DATE LIMITE DE CANDIDATURE : 04/01/2027

REFERENCES:

[1] Stanley Birch, D Lyubimov, P Buchshtab, A Secundov, and K Yakubovsky. Jet-pylon interaction effects. In 11th AIAA/CEAS Aeroacoustics Conference, page 3082, 2005.

[2] Stefano Meloni, Anderson R Proença, Jack LT Lawrence, and Roberto Camussi. An experimental investigation into model-scale installed jet–pylon–wing noise. Journal of Fluid Mechanics, 929:A4, 2021.

[3] Guillaume Daviller, Etienne Charles, Jean François Boussuge, Florian Renard, and Jérôme Huber. Investigation of jet-pylon interaction noise using lbm. In 30th AIAA/CEAS Aeroacoustics Conference (2024), page 3180, 2024.

[4] Filipe R Amaral, Peter Jordan, Mateus Avanci, Jean-Christophe Robinet, Jérôme Huber, and Grégoire Pont. Coherent structures in subsonic elliptical jets. In 30th AIAA/CEAS Aeroacoustics Conference (2024), page 3203, 2024.

[5] Maxime Fiore, Gabriele Nastro, Victoria Rolandi, and Jeremie Gressier. Stability of Low Reynolds Number Flow Around a NACA4412 Airfoil at Stall. AIAA Journal, 63(11):5013–5020, 2025. doi: 10.2514/1.J065742.

[6] Filipe R Amaral, Anton Lebedev, Damien Eysseric, and Peter Jordan. Measurements of subsonic elliptical jets and their sound. In AIAA AVIATION 2023 Forum, page 4288, 2023.