

**Proposition de post-doctorat Département Aérodynamique, Énergétique et Propulsion
(DAEP)**

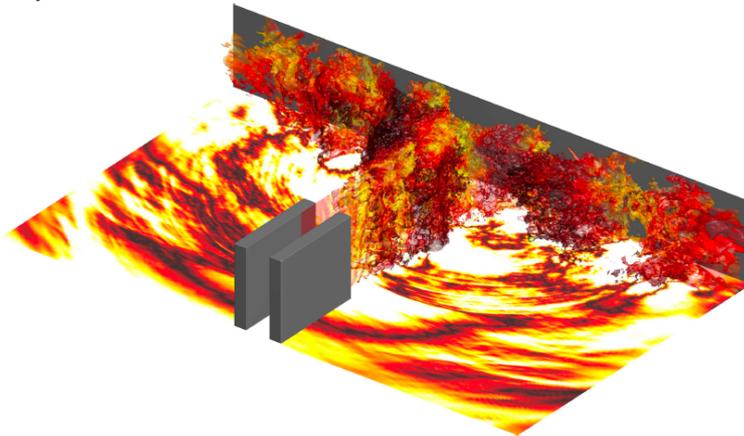
Analyse de boucles de rétroaction aéroacoustiques au sein de jets supersoniques issues de simulations aux grandes échelles (LES) par méthodes analytiques et de stabilité locale/bi-globales

Contacts : Romain Gojon (romain.gojon@isae-superaero.fr), Hélène Parisot-Dupuis (helene.parisot-dupuis@isae-superaero.fr), Igor Albuquerque-Maia (igor.albuquerque-maia@isae-superaero.fr), Maxime Fiore (maxime.fiore@isae-superaero.fr)

Lieu : Département Aérodynamique, Énergétique et Propulsion (DAEP), ISAE-SUPAERO, Toulouse

Durée : 12 mois, démarrage selon la disponibilité du candidat au cours de l'année 2023

Mots clés : Jets supersoniques impactant, boucle de rétroaction aéroacoustique, simulation aux grandes échelles (LES), modèle de couche de mélange, analyse de stabilité



Simulation LES d'un jet supersonique impactant : isosurfaces de densité à 1.25 kg.m^{-3} , colorées par le nombre de Mach local, fluctuations de pression dans le plan (x , y) entre -7500 Pa et 7500 Pa illustrant les ondes acoustiques remontantes^[2]

Résumé :

Les jets supersoniques idéalement détendus impactant une plaque plane sont généralement caractérisés par d'important rayonnements acoustiques se produisant à des fréquences propres. Ces fréquences tonales caractéristiques sont généralement reliées à une boucle de rétroaction aéroacoustique qui s'instaure entre des structures turbulentes se développant

dans les couches de mélange du jet et des ondes acoustiques générées au niveau de la plaque plane et remontant jusqu'à la buse dû à l'impact de ces structures turbulentes.

Des observations montrent que la partie acoustique de la boucle de rétroaction aéroacoustique peut être reliée à des modes propres de la couche de mélange du jet qui se propagent en amont et ont une vitesse de phase proche de la limite sonique et sont excités par les ondes acoustiques générées au niveau de la plaque. Afin de mieux comprendre ce mécanisme, différentes approches analytique/numériques peuvent être mises en œuvre. En particulier, trois méthodes sont considérées dans le cadre de ce projet :

- un modèle de couche de mélange développé par Tam^[1] qui consiste à résoudre les équations d'Euler linéarisées dans le jet et en dehors du jet pour une perturbation harmonique et à ajouter une condition de raccord au niveau de la couche de mélange afin d'avoir accès aux modes correspondants
- une analyse de stabilité linéaire locale dans laquelle l'écoulement moyen issu de la LES est utilisé dans les équations de Navier-Stokes linéarisées en supposant une perturbation acoustique harmonique.
- Une analyse de stabilité bi-globale

Ces approches seront comparées avec la forme des perturbations obtenues dans la LES ^[2] afin de valider la pertinence de ces méthodes et d'avoir une meilleure compréhension des phénomènes physiques, en particulier la partie acoustique remontante de la boucle de rétroaction aéroacoustique.

Déroulé du post-doctorat :

L'objectif du post-doctorat est de comparer les résultats obtenus avec le modèle de couche de mélange et avec l'analyse de stabilité linéaire pour des cas de jets impactant supersoniques plans et ronds. Les résultats seront comparés à des résultats de simulations numériques LES déjà réalisées et validées.

Profil souhaité :

Connaissances dans le domaine de la mécanique des fluides et/ou des mathématiques appliquées. Des connaissances en aéroacoustique et/ou en stabilité seraient un plus ainsi qu'une connaissance de la programmation en python ou matlab.

Bibliographie

[1] Tam, C., & Hu, F. (1989). On the three families of instability waves of high-speed jets. *Journal of Fluid Mechanics*, 201, 447-483. doi:10.1017/S002211208900100X

[2] Gojon, R., Bogey, C., & Marsden, O. (2016). Investigation of tone generation in ideally expanded supersonic planar impinging jets using large-eddy simulation. *Journal of Fluid Mechanics*, 808, 90-115.

English version:

**Post-doc at the Department of Aerodynamics, Energetics and Propulsion (DAEP),
ISAE-Supaero**

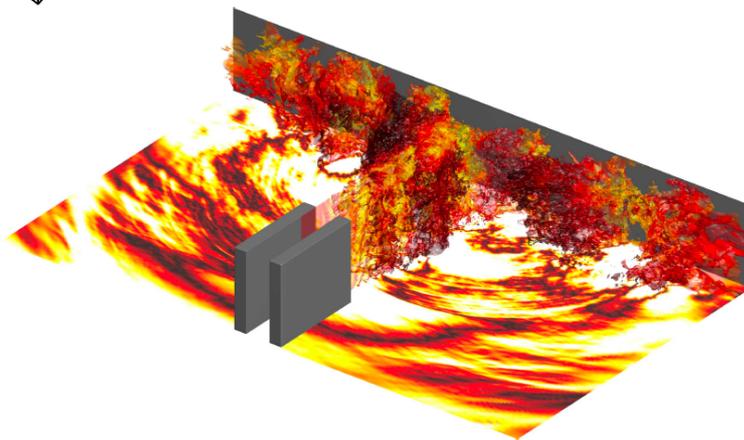
**Analysis of aeroacoustic feedback loop in supersonic impinging jets data from
numerical simulations (LES) using vortex sheet model and local/bi-global stability
analysis**

Contact: Romain Gojon (romain.gojon@isae-supaero.fr), H el ene Parisot-Dupuis (helene.parisot-dupuis@isae-supaero.fr), Igor Albuquerque-Maia (igor.albuquerque-maia@isae-supaero.fr), Maxime Fiore (maxime.fiore@isae-supaero.fr)

Location: Department of Aerodynamic, Energetic and Propulsion (DAEP), ISAE-SUPAERO, Toulouse

Duration: 12 months, beginning of the internship when the candidate is available from the beginning of 2023

Key words: supersonic impinging jet, aeroacoustic feedback loop, large-eddy simulation (LES), vortex sheet model, local/bi-global stability analysis



Isosurface of density at 1.25 kg.m^{-3} colored by the local Mach number and pressure fluctuations in the (x,y) plane ranging from -7500 to 7500 Pa illustrating the acoustic waves generated at the flat plate

Context:

Supersonic ideally expanded impinging jets over a flat plate are generally characterized by strong acoustic tones. These tones are related to an aeroacoustic feedback loop between turbulent structures generated in the jet mixing layers and acoustic waves generated at the flat plate when the turbulent structures impinge on the flat plate.

Some observations tend to show that the upstream part of the aeroacoustic loop is related to self modes of the jet shear layer (called upstream-propagating neutral wave modes) excited by the acoustic waves generated at the flat plate. In order to better understand this mechanism, analytical/numerical model can be used:

-the vortex sheet model from Tam that solve the linearized Euler equations in and out of the jet with a matching condition between the two solutions at the jet shear layer and assuming an harmonic perturbation

- linear/bi-global stability analysis considering the mean flow from the LES simulations injected into the linearized Navier-Stokes equations and considering once again harmonic perturbations.

These two approaches will be compared against the shape of the disturbance in the jet obtained in the LES in order to analyse the capabilities of these two models and better understand the underlying physical phenomena.

Main objectives:

The objective of the post-doc is to compare the results obtained with the vortex sheet model, the local linear analysis and the LES simulations for supersonic ideally expanded round and planar jets for which LES data are available.

Expected Knowledge:

Ideally, you have a background in fluid mechanics and/or applied mathematics.

Bibliography:

[1] Tam, C., & Hu, F. (1989). On the three families of instability waves of high-speed jets. *Journal of Fluid Mechanics*, 201, 447-483. doi:10.1017/S002211208900100X

[2] Gojon, R., Bogey, C., & Marsden, O. (2016). Investigation of tone generation in ideally expanded supersonic planar impinging jets using large-eddy simulation. *Journal of Fluid Mechanics*, 808, 90-115.