

**Proposition de stage Département Aérodynamique, Énergétique et propulsion (DAEP)**

**Analyse de données aéroacoustiques de jets supersoniques issues de simulations aux grandes échelles (LES)**

**Contacts :** Romain Gojon ([romain.gojon@isae-supaeo.fr](mailto:romain.gojon@isae-supaeo.fr)), Hélène Parisot-Dupuis ([helene.parisot-dupuis@isae-supaeo.fr](mailto:helene.parisot-dupuis@isae-supaeo.fr)), Maxime Fiore ([maxime.fiore@isae-supaeo.fr](mailto:maxime.fiore@isae-supaeo.fr))

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

**Durée :** 4-6 mois, démarrage selon la disponibilité du candidat au cours de l'année 2023

**Mots clés :** Jets supersoniques impactant, boucle de rétroaction aéroacoustique, simulation numérique aux grandes échelles (LES), décomposition de Doak

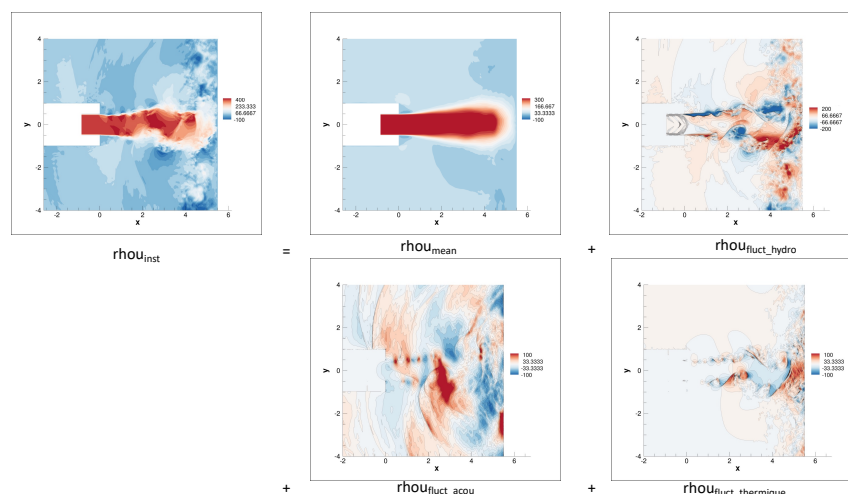


Figure 1 : Décomposition de Doak de la quantité de mouvement axiale d'un jet supersonique idéalement détendu

**Résumé :**

Les jets supersoniques idéalement détendus impactant sur une plaque plane sont généralement caractérisés par un rayonnement acoustique important à certaines fréquences propres. Ces fréquences caractéristiques sont souvent 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 dues à l'impact de ces structures turbulentes.

Afin de mieux comprendre cette boucle de rétroaction aéroacoustique, différentes méthodes de décomposition de l'écoulement entre les composantes fluctuantes acoustique et

hydrodynamique existent, notamment des méthodes de décompositions dans l'espace nombre d'onde-fréquence et la méthode de Doak<sup>[1]</sup>.

La méthode de décomposition dans l'espace nombre d'onde-fréquence consiste à générer un maillage cartésien couvrant une partie de l'espace entre la buse du jet et la plaque plane, interpoler les solutions de la LES sur ce maillage cartésien et ensuite réaliser une transformée de Fourier en temps et selon la direction axiale. Les ondes ayant un nombre d'onde négatif sont ensuite considérées comme reliées à des ondes acoustiques (remontant dans le domaine) et les ondes ayant un nombre d'onde positif comme des structures hydrodynamiques descendant entre la buse et la plaque plane. Cette décomposition suppose donc une périodicité axiale de l'écoulement, ce qui n'est pas le cas en réalité, surtout si l'on s'approche de la partie de plaque plane.

La méthode de Doak consiste à résoudre une équation de Poisson à partir des champs de dérivée temporelle de densité et de pression fluctuantes obtenus avec la LES afin d'isoler les contributions hydrodynamiques, acoustiques et thermiques. Cette décomposition ne suppose pas une périodicité axiale de l'écoulement, mais est plus complexe à mettre en place numériquement. Ces techniques de post-traitements seront appliquées à des données de jet impactant générées par des simulations aux grandes échelles (LES).

#### **Déroulé du stage :**

L'objectif du stage est d'analyser des résultats de simulations LES de jets supersoniques idéalement détendus impactant<sup>[2]</sup> en mettant en place des méthodes de décomposition de l'écoulement entre partie hydrodynamique et acoustique. L'approche basée sur la décomposition dans l'espace nombre d'onde-fréquence a pu être déjà être testée au cours d'un précédent stage<sup>[3]</sup>, le but du présent stage est de comparer l'analyse obtenue par cette méthode avec la méthode de Doak afin d'observer si des comportements similaires peuvent être obtenus entre les deux méthodes et de comparer leurs performances.

#### **Profil souhaité :**

Connaissances dans le domaine de la mécanique des fluides et/ou mathématiques appliquées, des bases d'aéroacoustique peuvent être un plus.

#### Bibliographie

[1] Unnikrishnan, S., & Gaitonde, D. (2016). Acoustic, hydrodynamic and thermal modes in a supersonic cold jet. *Journal of Fluid Mechanics*, 800, 387-432. doi:10.1017/jfm.2016.410

[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.

[3] Ferreira, F., Fiore, M., Parisot-Dupuis, H., & Gojon, R. (2022). Neutral Acoustic Wave Modes in Supersonic Impinging Jets. *AIAA Journal*, 1-10.

English version:  
**Internship at the Department of Aerodynamics, Energetics and Propulsion (DAEP),  
ISAE-Supaero**

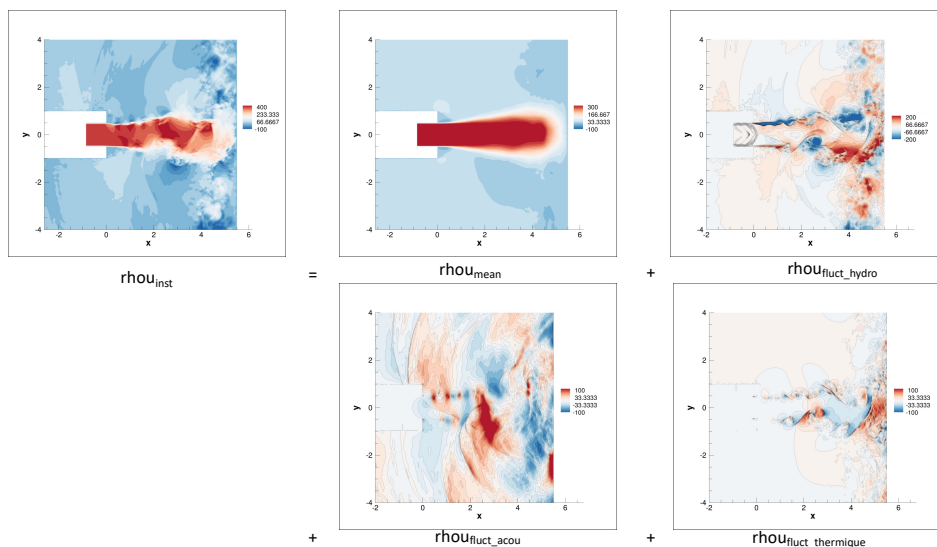
**Analysis of aeroacoustic data from numerical simulations (LES)**

**Contact:** Romain Gojon ([romain.gojon@isae-supaero.fr](mailto:romain.gojon@isae-supaero.fr)), H el ene Parisot-Dupuis ([helene.parisot-dupuis@isae-supaero.fr](mailto:helene.parisot-dupuis@isae-supaero.fr)), Maxime Fiore ([maxime.fiore@isae-supaero.fr](mailto:maxime.fiore@isae-supaero.fr))

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

**Duration:** 4-6 months, beginning of the internship when the candidate is available from the beginning of 2023

**Key words:** supersonic impinging jet, aeroacoustic loop, large-eddy simulation (LES), Doak decomposition



Doak decomposition of the axial momentum from supersonic impinging ideally expanded jet

**Context :**

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

In order to better understand this aeroacoustic loop, different decomposition methods between acoustic and hydrodynamic part: a decomposition in the wavenumber-frequency diagram, the Doak method<sup>[1]</sup>, based on the data generated by large-eddy simulations of supersonic impinging jets<sup>[2]</sup>.

**Main objectives:**

The objective of the internship is to analyse the data from the simulations of the supersonic impinging jets by applying the decomposition between hydrodynamic and acoustic components. The approach based on the wavenumber-frequency diagram has already been tested<sup>[3]</sup> and the purpose would be to compare this method with the Doak method in order to evaluate whether similar results can be obtained between the two methods.

**Expected Knowledge:**

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

**Bibliography:**

[1] Unnikrishnan, S., & Gaitonde, D. (2016). Acoustic, hydrodynamic and thermal modes in a supersonic cold jet. *Journal of Fluid Mechanics*, 800, 387-432. doi:10.1017/jfm.2016.410

[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.

[3] Ferreira, F., Fiore, M., Parisot-Dupuis, H., & Gojon, R. (2022). Neutral Acoustic Wave Modes in Supersonic Impinging Jets. *AIAA Journal*, 1-10.