

## PROPOSITION DE STAGE EN COURS D'ETUDES

Référence : **DAAA-2025-17**  
 (à rappeler dans toute correspondance)

Lieu : Châtillon

Département/Dir./Serv. : DAAA/AKOU

Tél. : 01 46 73 42 28  
 01 46 73 47 85

Responsable(s) du stage : Maxime Huet  
 Hugo Demontis

Email : [maxime.huet@onera.fr](mailto:maxime.huet@onera.fr)  
[hugo.demontis@onera.fr](mailto:hugo.demontis@onera.fr)

### DESCRIPTION DU STAGE

Thématique(s) : Acoustique : sources, propagation et impact

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

**Intitulé : Évaluation de fonctions de Green numériques à l'aide des équations adjointes**

Sujet :

Aujourd'hui, les techniques d'antennerie acoustique sont couramment utilisées pour localiser et quantifier les sources de bruit d'un aéronef [1]. Cette caractérisation s'appuie sur la résolution d'un problème inverse pour reconstruire le bruit rayonné, pour lequel l'opérateur de propagation acoustique (la fonction de Green) entre chaque source équivalente et chaque microphone joue un rôle crucial.

Pour un écoulement uniforme, la fonction de Green est connue analytiquement et permet une mise en œuvre rapide de ces méthodes. En présence d'un écoulement hétérogène ou de surfaces réfléchissantes, il n'existe pas de solution analytique dans le cas général. L'utilisation d'une fonction de Green approchée (écoulement uniforme) introduit alors des biais dans les résultats, tandis que l'évaluation numérique de la fonction de Green reste généralement très coûteuse en raison du grand nombre de sources équivalentes à considérer [2].

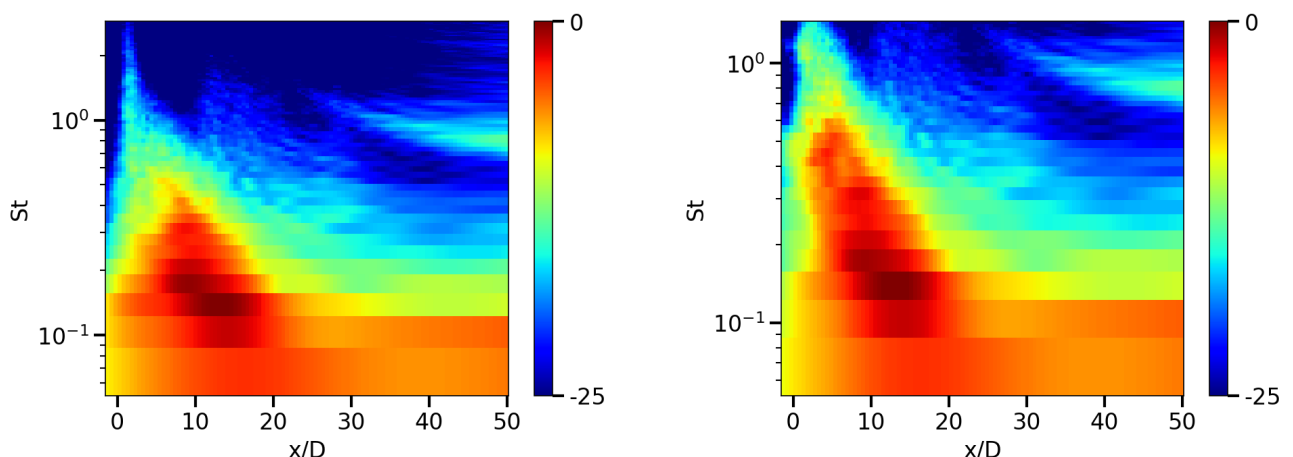


Figure 1 – Cartographie des sources de bruit équivalentes pour un jet subsonique installé sur avion, en considérant une fonction de Green en champ libre (à gauche) et une fonction de Green numérique incluant les réflexions sur les surfaces solides (à droite)

Une solution pour réduire le coût de la simulation numérique des fonctions de Green a été proposée en 1998 par Tam et Auriault [3,4] via l'introduction des équations d'Euler adjointes. Avec cette approche, le nombre de calculs nécessaires est réduit de  $N$  (nombre de sources) à  $M$  (nombre d'observateurs), avec dans le cas général  $M \ll N$ . Dans ce stage, on évaluera le potentiel de ces équations adjointes et leur mise en œuvre avec les outils disponibles à l'ONERA. Le stage débutera par une étude bibliographique qui permettra au/à la stagiaire de se familiariser avec le sujet. Les fonctions de Green seront ensuite calculées avec le code de propagation acoustique sAbrinA\_v0 développé dans l'unité, d'abord en résolvant les équations d'Euler

(approche directe) puis avec les équations adjointes que le/la stagiaire aura implémenté dans le code de calcul. Les simulations seront réalisées sur des configurations de complexité croissante (écoulement uniforme, écoulement hétérogène, présence d'un corps solide) pour lesquelles des modèles analytiques de fonction de Green existent dans la littérature.

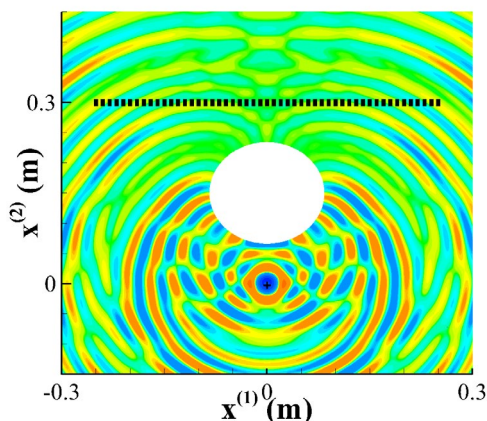


Figure 2 – Champ normalisé de pression instantanée obtenu en présence d'un disque rigide par simulation à 6000 Hz. Extrait de [2].

Le stage permettra à l'étudiant(e) d'acquérir ou de mettre en œuvre ses compétences pour l'étude bibliographique, la génération de maillages structurés multi-blocs, le développement informatique dans un code de recherche, la simulation numérique massivement parallèle et le traitement du signal.

### Bibliographie sélective

- [1] R. Merino-Martínez *et al*, *A review of acoustic imaging methods using phased microphone arrays: Part of the "Aircraft Noise Generation and Assessment" Special Issue*, CEAS Aeronautical Journal, Vol. 10 (2019)
- [2] Y. Pene, *Antennerie numérique pour la caractérisation de sources aéroacoustiques en milieu complexe*, thèse de doctorat. Université Pierre et Marie Curie-Paris VI (2015)
- [3] C. K. W. Tam, L. Auriault, *Mean flow refraction effects on sound radiated from localized sources in a jet*, Journal of Fluid Mechanics, Vol. 370 (1998)
- [4] E. Spieser, C. Bailly, *Sound propagation using an adjoint-based method*, Journal of Fluid Mechanics, Vol. 900 (2020)

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

#### Méthodes à mettre en œuvre :

- |   |  |
|---|--|
| <input 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 : février – juillet 2025

### PROFIL DU STAGIAIRE

Connaissances et niveau requis :  
Mécanique des fluide, acoustique, simulation numérique. Des connaissances en traitement du signal et en programmation (Fortran) sont un plus.

Ecoles ou établissements souhaités : École d'ingénieur ou université.