

Localisation de sources aéroacoustiques en écoulement complexe par une méthode adjointe

Encadrement ECL : Christophe Bailly (Pr ECL, directeur de thèse) & Vincent Clair (MCF ECL)

Financement : FUI CALM-AA (CiblAge des sources par voie Logicielle et Méthodes inverses pour l'AéroAcoustique)

Contact : christophe.bailly@ec-lyon.fr · vincent.clair@ec-lyon.fr

Site web : <http://acoustique.ec-lyon.fr>

Ecole doctorale : MEGA - ED 162

Contexte

Le bruit des transports est l'une des nuisances majeures pour les populations se trouvant à proximité de grandes infrastructures, et particulièrement des aéroports. Dans le domaine du transport aérien, les prévisions d'augmentation du trafic aérien sont de 4.6% par an entre 2012 et 2032. Afin de limiter l'exposition sonore aux alentours des aéroports, l'Organisation de l'Aviation Civile Internationale (OACI) définit des réglementations contraignantes auxquelles les avionneurs et les motoristes doivent se conformer.

Les sources de bruit aéroacoustiques sont liées à la génération d'écoulements turbulents (par exemple, le sillage des trains d'atterrissage ou l'éjection des gaz de combustion à haute vitesse) et à l'interaction de la turbulence avec des surfaces solides (telles que les aubages de la soufflante et du redresseur des turboréacteurs). Afin de localiser et de caractériser ces sources, des méthodes expérimentales utilisant des antennes microphoniques ont été développées. Elles consistent à détecter un événement acoustique, puis à remonter le temps afin d'extraire une signature au sein du champ aérodynamique qui serait à l'origine de l'émission sonore et à identifier le mécanisme physique associé. Ces études peuvent aussi être envisagées numériquement, avec l'avantage d'avoir accès à des quantités aérodynamiques difficilement mesurables expérimentalement. La présence d'un écoulement moyen inhomogène ou de surfaces réfléchissantes et diffractantes affectent la propagation du son entre la source et l'antenne microphonique. Le rayonnement acoustique calculé numériquement autour d'un dispositif hypersustentateur est montré en figure 1 à titre d'illustration.

Dans ces conditions, la fonction de Green décrivant la propagation acoustique ne peut généralement pas être exprimée analytiquement et il est alors intéressant de recourir à la simulation numérique. Etant donné que les sources aéroacoustiques sont généralement étendues en espace, le calcul direct de la fonction de Green entre chaque point de la région source et les microphones peut s'avérer extrêmement coûteux. Une méthode alternative consiste à résoudre un problème adjoint en intervertissant les sources et les récepteurs afin de pouvoir en déduire la

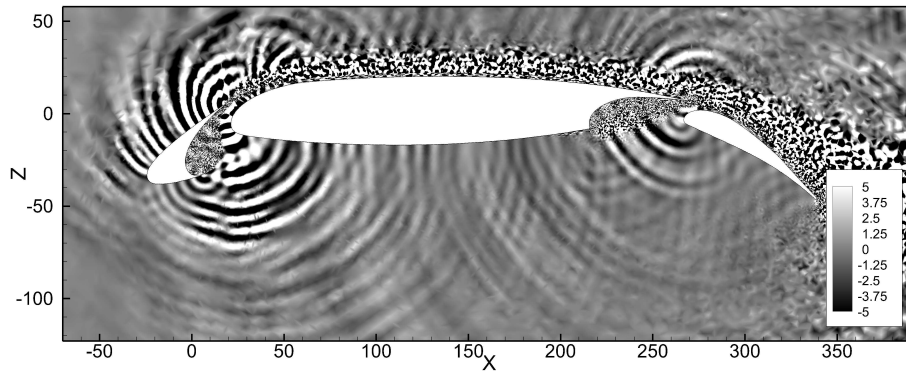


FIGURE 1 – Simulation numérique de l'écoulement et du rayonnement acoustique d'un dispositif hypersustentateur³

fonction de Green. Cette méthode présente l'avantage de ne nécessiter qu'un nombre d'estimation de la fonction de Green correspondant au nombre de microphones, bien moins nombreux que les points sources, réduisant ainsi considérablement le coût de calcul.^{1,2}

Objectifs

L'objectif est donc ici de pouvoir déterminer numériquement la fonction de transfert entre la source et le microphone dans les conditions les plus réalistes rencontrées, et en utilisant les solveurs numériques existants résolvant les équations de la propagation. Seule la fonction de transfert adjointe cependant permet d'avoir des coûts de calcul raisonnables. La thèse proposée est directement associée à la construction de cette étape, à évaluer les approximations sur le problème adjoint qui devront inévitablement être faites pour contenir la complexité d'une telle approche. On pourra s'appuyer pour cela sur des solutions numériques exactes disponible en laboratoire. La tabulation numérique de la fonction de transfert pourra être utilisée dans une seconde étape dans les méthodes de localisation. Le programme prévisionnel de la thèse peut brièvement être décrit par les points suivants :

- Etude bibliographique sur le problème adjoint et son utilisation en acoustique.
- Formalisation du problème adjoint pour les équations considérées et les configurations d'intérêt (écoulements, frontières).
- Calcul de fonctions de Green à partir du problème adjoint sur des configurations simples pour lesquelles des solutions analytiques ou numériques sont disponibles.
- Mise en œuvre de la méthode développée sur des configurations plus complexes (à définir) pour la caractérisation des sources aéroacoustiques.

Cette thèse se déroulera au sein du groupe acoustique du Laboratoire de Mécanique des Fluides et d'Acoustique (LMFA UMR 5509) sur le site de l'Ecole Centrale de Lyon. De plus, ces travaux s'intègrent dans le cadre d'un projet de recherche sur l'identification et la caractérisation de sources aéroacoustiques impliquant un consortium de partenaires académiques et industriels. Le projet vise à développer une solution logicielle permettant de traiter des données provenant de simulations numériques ou de campagnes expérimentales (antennes microphoniques) afin de localiser et caractériser les mécanismes responsables de l'émission sonore. Au cours de ce

projet, le doctorant sera amené à interagir avec les partenaires et à présenter ses travaux lors de réunions d'avancement.

Profil

Le candidat doit être titulaire d'un diplôme de Master ou équivalent (diplôme d'ingénieur) et avoir développé des connaissances scientifiques en Acoustique et/ou en Mécanique des Fluides. Un intérêt prononcé pour les mathématiques appliquées sera apprécié. La connaissance d'un ou plusieurs langages de programmations scientifiques (Matlab, Python, Fortran, C++) sont attendus et des notions en méthodes de simulation numérique sont un plus.

Références

- ¹ Tam, C. K. W. & Auriault, L., 1998, Mean flow refraction effects on sound radiated from localized sources in a jet, *J. Fluid Mech.*, **370**, 149-174.
- ² Spieser, É. and Bailly, C., 2019, Stable acoustic operators for sound propagation using an adjoint based method, *14th International Conference on Mathematical and Numerical Aspects of Wave Propagation*, Vienna University of Technology (TU Wien), Vienna, Austria.
- ³ Yser, P. & Bailly, C., 2018, A high-order variational multiscale model in finite elements applied to the LEISA-2 configuration, *AIAA J.*, **56**(12), 5000-5012.