Sujet de post-doctorat

Localisation des sources de bruit d'un train d'atterrissage par imagerie acoustique numérique hybride FWH / méthode inverse

Contexte projet

Les avions en vol créent des turbulences dans l'air à l'origine de rayonnements acoustiques. Afin de maitriser et limiter ces rayonnements qui contribuent à la pollution sonore, le Projet **CALM-AA** (Ciblage des sources par voie logicielle et méthodes inverses pour l'aéroacoustique) vise à développer des outils numériques intégrés aux phases de conception. En permettant la convergence des outils de simulation numérique et des moyens expérimentaux, les sources aéroacoustiques ainsi que leur propagation dans l'écoulement pourront être identifiées et caractérisées. Ces outils permettront de remonter à l'origine des bruits afin de prévenir leur naissance, d'agir sur leurs causes.

Tout au long d'un programme de développement d'un véhicule, d'un élément ou d'un organe (train d'atterrissage, profil d'aile…), la caractérisation de l'émissivité acoustique peut être effectuée au moyen de simulations numériques (dans les phases amont) ou à partir d'expérimentations (dans les phases avales). Idéalement, ces deux approches devraient pouvoir s'enrichir mutuellement et se complémenter dans le cycle de design du produit. Pour cela, il faut pouvoir obtenir facilement une corrélation calculs-essais et donc une convergence des résultats numériques et expérimentaux. Or le plus souvent, plusieurs semaines de travail sont nécessaires pour obtenir des résultats de simulations correspondants en tout point aux résultats expérimentaux, augmentant ainsi la durée des cycles de développement, les ressources associées et in fine la rentabilité et la performance du programme. Le recours aux deux approches est donc limité.

L'objectif de CALM-AA est de parvenir à unifier les représentations utilisées par les ingénieurs essais et les ingénieurs calculs travaillant sur l'identification des sources aéroacoustiques, et de leur offrir un environnement logiciel permettant la confrontation directe des résultats.

Le projet CALM-AA (fonds unique interministériel) rassemble plusieurs partenaires académiques (dont le LVA de l'INSA et le LMFA localisé à l'ECL) et industriels (dont MicrodB, porteur du projet, localisé à Ecully, Siemens et Safran Landing Systems).

Description du sujet

L'étude du bruit aéroacoustique généré par un train d'atterrissage dans un écoulement d'air peut être principalement réalisée de deux manières. La première s'oriente vers le calcul numérique en mécanique des fluides (CFD, *Computational Fluid Dynamics*) dédiée à l'aéroacoustique (CAA, *Computational AeroAcoustics)* pour déterminer le champ acoustique environnant l'objet rayonnant. La seconde, basée sur l'imagerie acoustique et les méthodes inverses, s'attache à mesurer expérimentalement le bruit rayonné à l'aide d'une antenne de microphones pour cartographier les sources à l'origine du bruit et d'en estimer les caractéristiques principales (amplitude, directivité, corrélation), afin de mieux en comprendre les mécanismes générateurs.

L'objectif du sujet est d'appliquer les méthodes expérimentales de l'imagerie acoustique aux données numériques générées par calcul CFD-CAA, pour reconstruire les sources sur l'objet rayonnant. À partir

de la pression calculée numériquement à la surface d'un train d'atterrissage et à l'aide de fonctions de propagation adaptée type analogie de Ffowcs-Williams & Hawkings, le champ acoustique sera estimé sur un réseau de microphones virtuels. Ces mesures de pression acoustique seront ensuite employées pour déterminer les sources de bruit à la surface de l'objet par méthode inverse avancée. La prise en compte de modèles de sources adaptés et du caractère tridimensionnel de l'objet rayonnant sera étudiée.

Programme de travail

L'objectif du sujet est l'application de méthodes inverses à des résultats numériques préalablement calculés. Le programme de travail consistera dans un premier temps à prendre en main les données de pression sur un train d'atterrissage (cas d'étude LAGOON) et développer la fonction de propagation la plus adaptée, basée sur l'analogie de FW-H, pour obtenir les pressions acoustiques aux microphones de l'antenne virtuelle. Dans un second temps, la résolution du problème inverse sera étudiée pour estimer les sources de bruits. Le choix de la technique inverse (beamforming, déconvolution, ESM, focalisation bayésienne…), des modèles de sources (monopolaires, dipolaires..) et des fonctions de transferts les plus adaptés (prise en compte de la diffraction ou non) seront l'objet d'une attention particulière. Les données disponibles seront exploitées et les résultats des différentes méthodes comparés pour établir la procédure la plus appropriée et en illustrer les avancées en termes de localisation de sources. La possibilité offerte par l'analogie FW-H de décomposer l'objet d'étude en sous-éléments et de propager le bruit rayonné par différentes parties du train d'atterrissage pourra également être poursuivie.

Le post-doctorat sera réalisé au sein du Laboratoire Vibration Acoustique, en relation avec MicrodB et les partenaires du projet CALM-AA.

Références

- Lockard, D. P., Humphreys, W. M., Khorrami, M. R., Fares, E., Casalino, D., & Ravetta, P. A. (2017). Comparison of computational and experimental microphone array results for an 18% scale aircraft model. International journal of aeroacoustics, 16(4-5), 358-381.
- Pignier, N. J., O'Reilly, C. J., & Boij, S. (2017). Identifying equivalent sound sources from aeroacoustic simulations using a numerical phased array. Journal of Sound and Vibration, 394, 203-219.
- Rougier, T., Bouvy, Q., Casalino, D., Appelbaum, J., & Kleinclaus, C. (2015). Design of quieter landing gears through lattice-Boltzmann CFD simulations. In 21st AIAA/CEAS Aeroacoustics Conference
- Najafi-Yazdi, A., Brès, G. A., & Mongeau, L. (2011). An acoustic analogy formulation for moving sources in uniformly moving media. Proceedings of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences, 467(2125), 144-165.
- Evans, D., Hartmann, M., & Delfs, J. (2019). Beamforming for point force surface sources in numerical data. *Journal of Sound and Vibration*, *458*, 303-319.
- Y. Zhou, V. Valeau, J. Marchal, F. Ollivier, and R. Marchiano. Three-dimensional identification of flow-induced noise sources with a tunnel-shaped array of mems microphones. Journal of Sound and Vibration, 482:115459, 2020.

Durée : 6 à 10 mois

Contact

Jérôme Antoni, Laboratoire Vibrations Acoustique
jerome.antoni@insa-lyon.fr, 04-72-43-71-83

Simon Bouley, MicrodB
simon.bouley@microdb.fr