

Modelling acoustic propagation in modern turbofan intakes using a multimodal method

Modélisation de la propagation acoustique dans l'entrée d'air d'un turboréacteur moderne à l'aide d'une méthode multimodale

Soutenance de thèse – Bruno MANGIN

Mercredi 29 novembre 2023 à 14H00

En présentiel : **Salle Contensou - ONERA Châtillon**

En distanciel : **Jitsi** : <https://rdv.onera.fr/ManginBrunoPhDDefense>

Devant le jury composé de :

- **Directeur de Thèse :**
 - Gwenaël GABARD, Professeur d'aéroacoustique, LAUM (UMR CNRS 6613)
- **Encadrant de Thèse :**
 - Majd DAROUKH, Ingénieur de Recherche, ONERA
- **Rapporteurs :**
 - Michel ROGER, Professeur d'aéroacoustique, LMFA (UMR 5509, CNRS)
 - Edward James BRAMBLEY, Professeur de mathématiques, University of Warwick
- **Examineurs :**
 - Jean-François MERCIER, Directeur de recherche, POEMS (UMR 7231, CNRS)
 - Simon FELIX, Directeur de recherche, LAUM (UMR 6613, CNRS)
 - Estelle PIOT, Directrice de recherche HDR, ONERA Toulouse

Abstract / Résumé :

The analysis of noise generated by the rotating blades of turbofan engines encompasses three aspects: the generation of acoustic sources, their propagation in the intake, and their radiation in the far-field. The generation of these sources is complex to estimate and often requires costly calculations. However, a wider range of options is available for the latter two aspects. In the scope of this thesis, the emphasis is placed on the propagation within the intake of a

turbofan engine and the associated free-field acoustic radiation. By introducing some geometry and flow simplifications, the acoustic problem can be solved analytically. These solutions, known as semi-analytical, hold great interest but are naturally limited in terms of geometry and flow representation. However, the evolution of engines towards configurations with very high bypass ratios challenges the assumptions of these models and introduces new modelling difficulties. Particularly in these architectures, the shortening of the nacelle leads to an increase in the number of modal transitions and to high flow distortion levels in the intake, rendering propagation particularly complex to compute. The main objective of this thesis is to develop propagation models capable of accounting for both phenomena at a low computational cost. This is achieved by implementing a general multimodal method that can compute the mean flow and the acoustic field under the potential flow assumption. This method is then employed to investigate the impact of double transitions and azimuthal flow distortion on acoustic propagation and radiation.

L'analyse du bruit émis par les parties tournantes des moteurs d'avions comporte trois aspects : la génération des sources acoustiques, leur propagation dans la partie carénée et leur rayonnement en champ lointain. La génération des sources est complexe à estimer, et des calculs coûteux sont généralement effectués. Pour les deux autres aspects, un plus large panel de choix est à disposition. L'accent est mis, dans le cadre de la thèse, sur la propagation à l'intérieur du conduit secondaire d'un turboréacteur et le rayonnement acoustique en champ libre associé. En introduisant quelques simplifications sur la géométrie et l'écoulement, le problème acoustique peut être résolu analytiquement (au moins partiellement), ce qui permet des prévisions très rapides. Ces solutions, semi-analytiques, présentent donc un grand intérêt mais sont naturellement limitées en termes de représentation de la géométrie et de l'écoulement. L'évolution des moteurs vers des géométries à très grand taux de dilution met à mal les hypothèses de ces modèles et introduit des nouveaux défis en terme de modélisation. En particulier, dans ces architectures, le raccourcissement de la nacelle cause une augmentation du nombre de transitions de modes et une distorsion accrue de l'écoulement dans l'entrée d'air qui rendent la propagation particulièrement complexe à calculer. L'objectif principal de cette thèse est de développer des modèles rapides de propagation qui sont capables de prendre en compte ces deux phénomènes. Ceci est réalisé en implémentant une méthode multimodale qui permet de calculer l'écoulement potentiel et le champ acoustique sous l'hypothèse d'un écoulement potentiel. Cette méthode est ensuite utilisée pour étudier l'impact de double transitions et de la distorsion azimutale de l'écoulement sur la propagation et le rayonnement acoustique.

Key words / Mots clés :

Acoustic propagation, Multimodal, WKB, Fan noise, Modal transition, Flow distortion

Propagation acoustique, Multimodale, WKB, Bruit de soufflante, Transition modale, Distorsion de l'écoulement