PROPOSITION DE THÈSE

2025

Simulation numérique d'absorbants acoustiques dans un canal turbulent

Mots-clefs : Mécanique des fluides et turbulence, Revêtements acoustiques (acoustic liners), Simulation numérique, Acoustique en conduite

Une partie importante du bruit émis par les avions provient des réacteurs, et plus particulièrement de la soufflante. Pour réduire ce bruit, des revêtements absorbants acoustiques sont utilisés. Ils sont constitués d'une série de résonateurs de Helmholtz placés dans la paroi de la nacelle et sont séparés de l'écoulement rasant par une plaque perforée (voir figure 1).

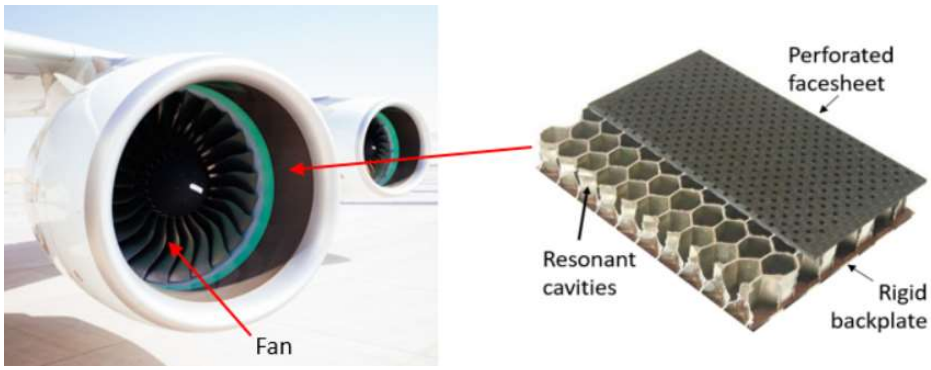

Figure 1 : A gauche, réacteur d'avion, avec la soufflante (fan en anglais). A droite, exemple de matériau absorbant acoustique utilisé sur la paroi interne du réacteur.

Le réacteur est le siège d'un écoulement rasant turbulent de haute vitesse, qui interagit avec le matériau absorbant, ce qui a deux conséquences. Premièrement, les propriétés acoustiques du revêtement sont affectées. Ainsi, l'impédance acoustique, qui constitue la principale caractéristique du revêtement, est modifiée de manière non triviale par rapport à sa valeur sans écoulement. Deuxièmement, les revêtements augmentent le frottement (trainée induite), ce qui constitue un sujet de préoccupation plus récent. La manière dont cela se produit est encore mal comprise et seules quelques études numériques [1,2] ou expérimentales [3,4] ont abordé cette question.

L'objectif général de cette thèse est de comprendre l'interaction complexe entre l'écoulement, les ondes acoustiques, et le matériau absorbant, au moyen de simulations numériques. Des simulations d'écoulements turbulents pariétaux (canal plan ou couche limite) seront menées, en présence d'une onde acoustique incidente à atténuer, et d'un matériau absorbant placé sur une portion des parois. Jusqu'à présent, des simulations de ce genre ont été réalisées à l'institut Pprime dans lesquelles des matériaux ont été modélisés par des impédances de paroi [5,6]. Ceci a permis d'étudier la modification de la turbulence par ces matériaux, notamment du fait d'instabilités. Toutefois, un tel cadre implique que la rétroaction de l'écoulement sur le comportement du matériau (son impédance) est ignorée, et il s'agit dans la présente thèse d'aller au-delà de cette modélisation simplificatrice en prenant en compte la géométrie des matériaux dans les simulations. C'est-à-dire que les cavités résonantes de paroi telles que celles de la figure 1 seront maillées. Les simulations seront menées avec le code de calcul AVBP développé par le Cerfacs (https://www.cerfacs.fr/avbp7x/), qui a été utilisé pour étudier le comportement thermique de

matériaux similaires aux matériaux absorbants acoustiques considérés ici [7] (voir figure 2).

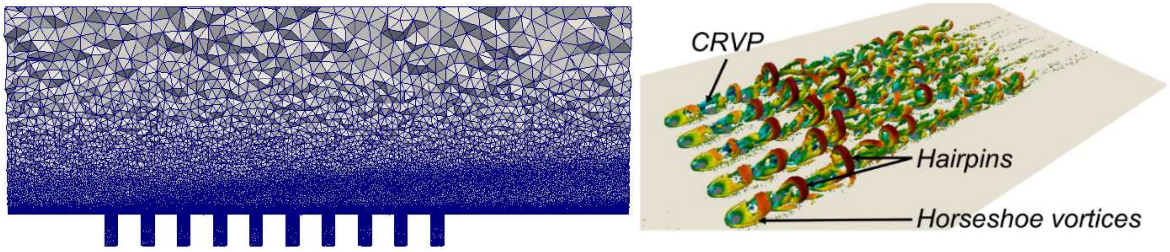

Figure 2 Simulation du transfert de chaleur dans des absorbants acoustiques. Code AVBP. From Esnault et al [7].

Ce code résout les équations de Navier-Stokes compressibles via des simulations numériques directes (DNS) ou aux grandes échelles (LES). Les simulations réalisées permettront d'étudier les matériaux absorbants sous deux angles :

1. celui du comportement acoustique. La dépendance de l'impédance avec l'écoulement sera étudiée.
2. celui de la perte de charge induite. On se demandera en particulier à quel point cette dernière est reliée à l'excitation par l'onde acoustique incidente.

Cette thèse se déroulera dans le cadre du projet ANR ACOUDRAG, associant l'institut Pprime, l'ONERA Toulouse, et le Cerfacs. Des confrontations seront menées entre des expériences réalisées à l'ONERA et les simulations réalisées lors de cette thèse à l'Institut Pprime et en collaboration avec le Cerfacs. Les données rassemblées permettront d'aborder la modélisation des matériaux acoustiques, tant du point de vue acoustique que de celui des pertes de charge.

Profil recherché : Master 2 et/ou diplôme d'ingénieur, avec des connaissances en mécanique des fluides, acoustique, et simulations numériques.

Détails pratiques : Cette thèse débutera en octobre 2025, pour une durée de 3 ans, et se déroulera à l'Institut Pprime, Poitiers, France (https://pprime.fr/). Elle est financée par l'ANR (projet ACOUDRAG, https://anr.fr/Project-ANR-23-CE51-0009).

Contact :

D. Marx (CNRS, Université de Poitiers, Institut P') : david.marx@univ-poitiers.fr

Bibliographie :

[1] Q. Zhang and D. J. Bodony, Numerical Investigation of a Honeycomb Liner Grazed by Laminar and Turbulent Boundary Layers, Journal of Fluid Mechanics, vol. 792, pp. 936-980, 2016.
[2] L. M. Pereira, L. A. Bonomo, A. R. da Silva, J. A. Cordioli and F. Avallone, Lattice-Boltzmann Numerical Investigation of a Realistic Multi-Cavity Acoustic Liner with Grazing Flow, in 28th AIAA/CEAS Aeroacoustics 2022 Conference, Southampton, 2022.
[3] C. Jasinski and T. Corke, Mechanism for Increased Viscous Drag over Porous Sheet Acoustic Liners, AIAA J., vol. 58, 2020.
[4] M. Zheng, C. Chen and X. Li, Experimental investigation of factors influencing acoustic liner drag using direct measurement, Aerospace Science and Technology, vol. 130, 2022.
[5] Sebastian R, Marx D, Fortuné V, Numerical simulation of a turbulent channel flow with an acoustic liner, J. Sound Vib. 456 (2019) 306-330.
[6] Marx D, Sebastian R, Fortuné V, Simulation of instability and sound production in a turbulent channel flow with an acoustic liner, J. Sound Vib. 573 (2024) 118223.
[7] Esnault S, Duchaine F, Gicquel L. Y. M., Moreau S., Analysis of upstream turbulence impact on wall heat transfer in an acoustic liner with Large-Eddy Simulations, Appl. Sci. 13 (2023), 3145.