

Manipulation 3D de fronts d'onde dans un guide d'onde en présence de désordre

Financement Acquis

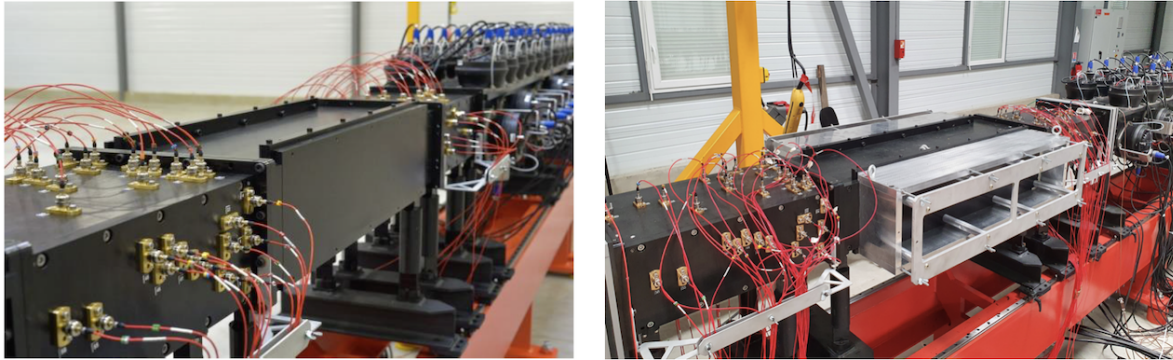


Figure 1: Photos de la plateforme expérimentale MAINE Flow. De chaque côté de la section d'essai, 90 sources acoustiques et 60 microphones permettent la décomposition modale et le contrôle multimodal du champ acoustique.

MAINE Flow est un banc à écoulement rectangulaire de section $28 \times 15 \text{ cm}^2$ récemment développé au LAUM pour l'étude des liners, ces traitements de surface utilisés pour réduire le bruit produit par les moteurs d'avion [1]. L'objectif premier de MAINE Flow est de reproduire des conditions proches de celles que l'on trouve dans ces derniers, en particulier un écoulement rapide (jusqu'à Mach 0.6) et un champ acoustique incident multimodal de grande amplitude (jusqu'à 150 dB). L'un des aspects les plus intéressants de cette installation expérimentale est la capacité de contrôler le contenu modal se propageant dans le conduit, même à 4000 Hz où environ 25 modes peuvent se propager. En outre, deux antennes de 60 microphones permettent de mesurer la matrice de diffusion multimodale de la section traitée. Le fait que nous contrôlions et décomposions précisément le champ acoustique dans le conduit est très utile pour caractériser les liners, et l'objectif de ce doctorat est d'étendre cette fonctionnalité afin de pouvoir manipuler les fronts d'onde en présence de multiples diffuseurs placés à l'intérieur de la section d'essai du conduit.

La manipulation de fronts d'onde est une technique utilisée en optique et en physique des ondes pour contrôler et façonner la forme et la direction des ondes, telles que la lumière [2] ou les ondes sonores [3]. Une telle technique est utile dans diverses applications, qu'il s'agisse d'améliorer l'imagerie et la microscopie ou d'améliorer la communication et de réduire les interférences indésirables. Cependant, ce type de manipulations est très rare dans le cadre de l'acoustique audible, alors que l'installation MAINE Flow semble répondre parfaitement aux exigences d'une telle expérience.

Alors que certains problèmes de diffusion seront traités par modélisation numérique, cette recherche met l'accent sur la recherche expérimentale. Par conséquent, les premiers

mois du programme de doctorat permettront à l'étudiant.e d'atteindre un certain niveau d'autonomie en ce qui concerne le banc de mesure MAINE Flow. Au cours de cette période, il ou elle acquerra des connaissances sur les outils et les concepts derrière la décomposition modale et le contrôle de fronts d'onde, notamment la décomposition en valeurs singulières (SVD) de la matrice de diffusion qui établit des connexions entre les champs acoustiques d'entrée et de sortie. Il est indéniable que la mise en œuvre de ces outils dans MAINE Flow, qui possède déjà des capacités de contrôle et de décomposition modale, ouvrira des voies passionnantes pour le contrôle du champ acoustique. Par la suite, la recherche se penchera sur un ou plusieurs des sujets suivants, qui n'ont jamais fait l'objet d'une exploration expérimentale dans le domaine de l'audible :

- L'étude de structures anti-reflectives qui permettent d'améliorer grandement la transmission quand placées devant des arrangement complexes de diffuseurs réfléchissants [4];
- L'étude de modes invariants par diffusion, fournis par la mesure et le traitement de la matrice de transmission, et dont la forme du champ transmis reste la même, que la propagation se fasse à travers un milieu désordonné ou homogène [5];
- L'étude de modes principaux, qui sont les vecteurs d'onde de l'opérateur de retard de Wigner-Smith et qui ne souffrent pas de dispersion modale, de telle sorte que la forme du champ en sortie de désordre ne change pas avec la fréquence [6].

Une autre raison d'utiliser MAINE Flow pour étudier ces questions est de déterminer dans quelle mesure la SVD de la matrice de diffusion permet de contrôler le champ sonore en présence à la fois de pertes (inhérentes à l'acoustique audible) et d'écoulement (contrôlé de façon précise dans cette installation).

Mots clés: Contrôle de champ, manipulation de fronts d'onde, acoustique multimodale en conduit, diffusion multiple

Équipe d'encadrement: Thomas Humbert (thomas.humbert@univ-lemans.fr), Joachim Golliard (jgolliard@cttm-lemans.com), Simon Félix (simon.felix@univ-lemans.fr).

Durée: Trois ans. Début en Septembre ou Octobre 2024.

Salaire: 2300 euros / mois.

Lieu de travail: LAUM (Laboratoire d'Acoustique de l'Université du Mans), UMR No. 6613 CNRS, Le Mans Université, 72085 Le Mans Cedex 9, France.

References

- [1] Thomas Humbert, Joachim Golliard, Eric Portier, Gwenael Gabard, and Yves Auregan. Multimodal characterisation of acoustic liners using the maine flow facility. In *28th AIAA/CEAS Aeroacoustics 2022 Conference*, page 3082, 2022.
- [2] Hui Cao, Allard Pieter Mosk, and Stefan Rotter. Shaping the propagation of light in complex media. *Nature Physics*, 18(9):994–1007, 2022.
- [3] Yangbo Xie, Wenqi Wang, Huanyang Chen, Adam Konneker, Bogdan-Ioan Popa, and Steven A Cummer. Wavefront modulation and subwavelength diffractive acoustics with an acoustic metasurface. *Nature communications*, 5(1):5553, 2014.
- [4] Michael Horodyski, Matthias Kühmayer, Clément Ferise, Stefan Rotter, and Matthieu Davy. Anti-reflection structure for perfect transmission through complex media. *Nature*, 607(7918):281–286, 2022.
- [5] Pritam Pai, Jeroen Bosch, Matthias Kühmayer, Stefan Rotter, and Allard P Mosk. Scattering invariant modes of light in complex media. *Nature Photonics*, 15(6):431–434, 2021.
- [6] Philipp Ambichl, Wen Xiong, Yaron Bromberg, Brandon Redding, Hui Cao, and Stefan Rotter. Super-and anti-principal-modes in multimode waveguides. *Physical Review X*, 7(4):041053, 2017.

