

Simulation numérique du rayonnement acoustique non linéaire : application aux tuyaux sonores.

Proposition de stage niveau master / Second semestre 2022-2023

Encadrement : Simon Marié ^{1,3} et Jean-Baptiste DOC ^{2,3}

¹ Laboratoire DynFluid, 151 Boulevard de l'Hopital, Paris

² Laboratoire de Mécanique des Structures et des Systèmes Couplés, 2 rue Conté, Paris

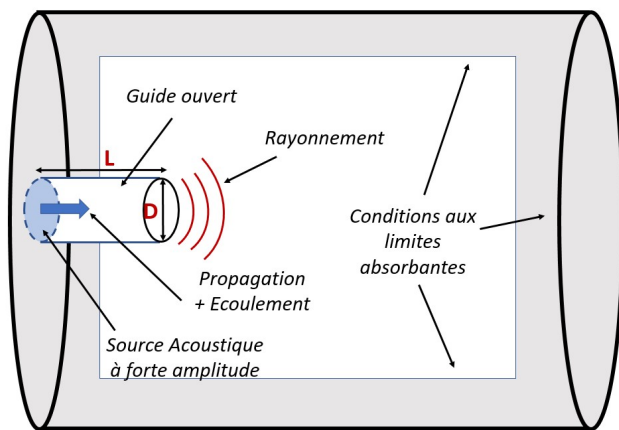
³ Conservatoire National des Arts et Métiers, 292 Rue Saint-Martin, Paris

Contexte et objectifs

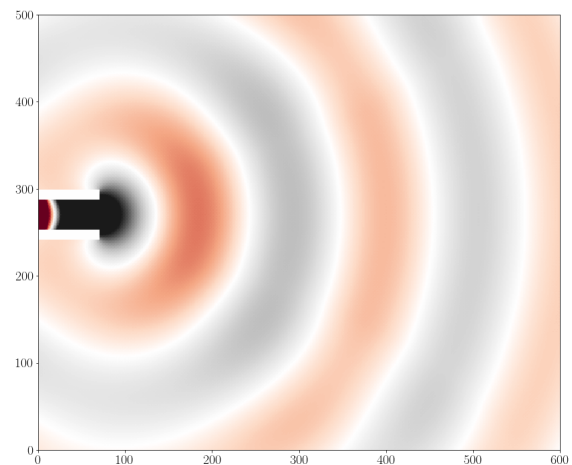
De nombreuses sources de bruits sont produites par le rayonnement de systèmes acoustiques guidés. Ce rayonnement est couramment décrit par des approches linéaires uniquement valables lorsque l'amplitude des ondes reste faible. En pratique de forts niveaux de pression sont observés dans de nombreux systèmes industriels (turboréacteurs, chauffage/climatisation) et musicaux (événement d'enceinte, instrument à vent). La recherche de solution pour concevoir et dimensionner ces systèmes est donc limitée par le niveau de description des modèles linéaires existants.

Ce stage a pour objectif d'utiliser la méthode de Boltzmann sur Réseau (LBM) afin de simuler le rayonnement acoustique d'un tuyau sonore en régime non linéaire. Les données obtenues par simulation numérique sont destinées à la construction d'un modèle non-linéaire de pertes acoustiques par rayonnement dépendant de l'amplitude des ondes.

La méthode de Boltzmann sur Réseau est une méthode numérique relativement récente qui s'avère particulièrement bien adaptée à la simulation des ondes acoustique en écoulement. Il a déjà été montré [4, 5, 1] que cette méthode très adaptée à l'architecture des super-calculateurs d'aujourd'hui permet - par la résolution des équations de la mécanique des fluides - une description numérique efficace de la propagation acoustique [2, 3]. Son utilisation en présence de forts niveaux acoustiques et son application aux guides d'ondes acoustiques restent encore peu étudiées et sera l'objet des travaux réalisés durant le stage.



Domaine de Calcul 3D



Domaine de calcul (à gauche) et exemple de simulation par LBM du rayonnement acoustique d'un tuyau sonore (à droite).

Travail proposé

1. Mise en place et validation de l'outil numérique

- Le code LBM existant au laboratoire utilise un ensemble de routines écrites en Python 3.8 et exécutant en parallèle un code Fortran. Une prise en main de l'outil sera d'abord nécessaire avant d'être adapté et utilisé pour la simulation acoustique dans les guides d'onde.
- Des conditions aux limites absorbantes simulant la propagation des ondes en milieu libre seront implémentées.
- Une validation en régime linéaire sera réalisée par comparaison avec les modèles usuels de rayonnement acoustique.

2. Simulations numériques : étude paramétrique

- Les outils numériques développés lors de la première phase du stage serviront à étudier l'influence de l'amplitude des ondes sur la propagation et le rayonnement de guides d'ondes cylindriques ouverts.
- Une études paramétrique est également envisagée sur la géométrie de sortie du guide d'onde afin de limiter les pertes par rayonnement en régime non linéaire.
- Ces études pourront être réalisées sur des super-calculateurs nationaux.

Profil du candidat

- Issu d'un cursus de Master 1 ou 2 (mécanique, numérique ou acoustique).
- Intérêt pour la recherche scientifique.
- Connaissances en programmation et méthodes numériques.

Modalité du stage

D'une **durée de 4 à 6 mois**, le stage débutera entre février et avril 2023 et se déroulera au **laboratoire DynFLuid** (situé à l'ENSAM, 151 boulevard de l'Hopital à Paris).

Ce stage s'inscrit dans le cadre d'un projet Carnot Arts porté par le Laboratoire de Mécanique des Structures et des Systèmes Couplés et Dynfluid. Ce stage se déroulera en co-encadrement entre les deux laboratoires. Le pendant expérimental des simulations numériques seront réalisées en parallèle de ce stage.

Informations diverses

- Gratification selon le tarif réglementé (environ 550€/mois).
- Possibilité de poursuite en thèse (candidature financement école doctorale SMI).

Contacts

Pour candidater et pour toutes questions concernant le stage, merci de contacter : **Simon Marié** (simon.marie@lecnam.net) et **Jean-Baptiste Doc** (jean-baptiste.doc@lecnam.net).

Mots clés

Mécanique des fluides, acoustique, simulation numérique, LBM, guides d'ondes, rayonnement acoustique

Références

- [1] F. Brogi, O. Malaspinas, B. Chopard, and C. Bonadonna. Hermite regularization of the lattice boltzmann method for open source computational aeroacoustics. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 142(4) :2332–2345, 2017.
- [2] James M. Buick, M. Atig, D. J. Skulina, D. M. Campbell, J. P. Dalmont, and J. Gilbert. Investigation of non-linear acoustic losses at the open end of a tube. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 129(3) :1261–1272, March 2011.
- [3] Chenzhen Ji and Dan Zhao. Lattice boltzmann investigation of acoustic damping mechanism and performance of an in-duct circular orifice. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 135(6) :3243–3251, June 2014.
- [4] S. Marié, D. Ricot, and P. Sagaut. Comparison between Lattice Boltzmann Method and Navier-Stokes high order schemes for Computational Aeroacoustics. *Journal of Computational Physics.*, 228(4) :1056–1070, 2009.
- [5] S. Marié and X. Gloerfelt. Adaptive filtering for the lattice boltzmann method. *Journal of Computational Physics*, 333C :212–226, 2017.