

ÉTUDE HYDROACOUSTIQUE D'UN DIAPHRAGME DANS UNE CONDUITE - APPLICATION DE LA MÉTHODE DE BOLTZMANN SUR RÉSEAU POUR UNE COMPARAISON CALCUL-ESSAI

HYDROACOUSTIC STUDY OF A DUCTED DIAPHRAGM - APPLICATION OF THE LATTICE BOLTZMANN METHOD AND COMPARISON WITH EXPERIMENTS

L. JEGO^{(1,2,3)*}, M. GRONDEAU⁽²⁾, N. PODEVIN⁽¹⁾,
J.M. SANCHEZ⁽¹⁾, S. GUILLOU⁽²⁾, C. BAILLY⁽³⁾,
M. REGNIEZ⁽¹⁾

*laurie.jego@unicaen.fr ; mikael.grondeau@unicaen.fr ; nicolas.podevin@naval-group.com ;
sylvain.guillou@unicaen.fr ; jean-max.sanchez@naval-group.com ; christophe.bailly@ec-lyon.fr ;
margaux.regniez@naval-group.com*

⁽¹⁾ Naval Group, Cherbourg

⁽²⁾ Laboratoire Universitaire des Sciences Appliquées de Cherbourg (LUSAC), Université de Caen Normandie, UR 4253, Cherbourg

⁽³⁾ École Centrale de Lyon, CNRS, Université Claude Bernard Lyon 1, INSA Lyon, LMFA (Laboratoire de Mécanique des Fluides et d'Acoustique), UMR5509, Écully

* autrice principale

Résumé

La maîtrise de la discrétion acoustique d'un sous-marin est un enjeu essentiel afin d'assurer son avantage acoustique. Les sources de bruit du navire en immersion sont issues de plusieurs contributions : les sources externes d'une part, d'origine hydrodynamique ou dues au fonctionnement du propulseur, et les sources internes d'autre part, liées au fonctionnement des matériels à bord. Trois voies de transmission du bruit à l'extérieur de la coque du bateau sont identifiées : la voie solidienne (transmission des vibrations par les structures), la voie aérienne (propagation du son dans l'air) et la voie fluide. Cette dernière contribution nous intéresse et concerne par exemple la régénération d'ondes sonores par l'interaction entre l'écoulement et les singularités dans les circuits débouchant à la mer. Avec les développements sur les revêtements acoustiques de coque de sous-marins, les ondes sonores transmises par la coque se retrouvent atténuées, rendant ainsi la contribution fluide plus importante. La prévision ainsi que le contrôle du niveau de bruit rayonné de cette source est donc indispensable afin de garantir l'avantage acoustique du bateau.

L'objectif est d'appliquer la méthode de Boltzmann sur réseau (LBM, pour Lattice Boltzmann Method) à l'étude hydroacoustique d'une singularité dans une conduite fluide afin d'en quantifier le bruit rayonné. La singularité étudiée est ici un diaphragme dans une conduite circulaire en eau. Pour réduire au maximum le bruit dû au passage du fluide à travers la singularité, la vitesse de l'écoulement doit rester suffisamment faible ; l'étude se fait ici à faible nombre de Mach pour des nombres de Reynolds modérés ($\approx 10^4$). La méthode LBM, de par son caractère intrinsèquement compressible et par ses très bonnes propriétés de diffusion et de dispersion, est appropriée pour les études acoustiques. Largement utilisée pour des études aéroacoustiques en milieu ouvert [3, 4] ou confiné [1, 2], elle reste cependant très peu appliquée sur des cas hydroacoustiques, notamment en milieu confiné. Des essais ont été réalisés sur le banc hydroacoustique HYACINTHE (HYdro-Acoustique Caractérisant l'INdiscrétion et le Transfert Haute pression d'Élément) du Centre d'Essais Techniques et d'Évaluations de Cherbourg (CETEC) de Naval Group. Plusieurs diaphragmes pour plusieurs régimes d'écoulement ont été testés, et les fluctuations de pression en différents points de la conduite ont été relevées. Ces essais serviront pour la comparaison et la validation de la méthode LBM pour l'hydroacoustique.

Dans un premier temps, la LBM a été appliquée sur un diaphragme dans une conduite rectangulaire en air (Figure 1) et validée en termes de profils verticaux de vitesse et de puissance acoustique en sortie. Elle est ensuite appliquée sur un diaphragme dans une conduite en eau. Les résultats d'essais sont comparés à la méthode LBM pour l'hydroacoustique en vue de la valider.

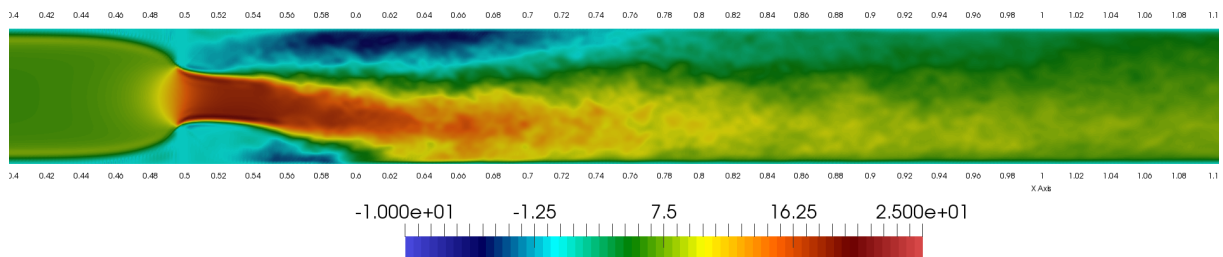


FIGURE 1 – Vitesse longitudinale moyenne d'un écoulement en air à travers un diaphragme dans une conduite rectangulaire

Références

- [1] R. Brionnaud, M. C. Modena, G. Trapani, and D. M. Holman. Direct noise computation with a lattice-Boltzmann method and application to industrial test cases. In *22nd AIAA/CEAS Aeroacoustics Conference*. 22nd AIAA/CEAS Aeroacoustics Conference, 2015.
- [2] G. Galeron, P. Mattei, M. Amielh, D. Mazzoni, and F. Anselmet. Experimental and numerical comparisons of the aeroacoustics in a corrugated pipe flow. 11th International Conference on Flow-Induced Vibrations (FIV2016), La Haye, 06 2016.
- [3] K. Kusano, K. Yamada, and M. Furukawa. Aeroacoustic simulation of broadband sound generated from low-mach-number flows using a lattice Boltzmann method. *Journal of Sound and Vibration*, 467 :115044, 2020.
- [4] F. Pérot, M. Meskine, and S. Vergne. Investigation of statistical properties of pressure loadings on real automotive side glasses. 05 2009.