

Proposition de Sujet de Thèse 2020-2023

Réflecteur acoustique structurable à distance et en temps réel par la force de radiation acoustique

Mots-Clés

Réflecteur programmable, déformation d'interface, force de radiation acoustique, éléments finis, propagation d'ondes ultrasonore, méta-surface

Contexte

Une interface entre deux milieux élastiques peut être déformée par la force de radiation acoustique [1,2] (cf. Figure 1). Lorsque cet effet non linéaire est contrôlé et optimisé, il est possible de développer des fonctions complexes pour le contrôle d'onde, telles qu'une diode acoustique ou un transistor acoustique [3]. Des avancées scientifiques ont récemment permis de réaliser des surfaces permettant certains contrôles de la propagation de l'onde acoustique. Ces nouveaux matériaux permettent de proposer de nouvelles fonctionnalités telles que des convertisseurs fréquentiels [4] ou des modulateurs du front d'onde [5]



FIG1 : Déformation d'une interface eau/air
par la force de radiation acoustique.

Objectif

Le but de ces travaux de thèse est de proposer une nouvelle architecture de surface programmable à partir de la déformation sans contact d'une interface engendrée par la pression de radiation acoustique. La réflexion d'une onde acoustique sur cette interface peut être contrôlée à l'aide d'une seconde onde acoustique (cf. Figure 2). L'intérêt de ce concept est sa reconfigurabilité en temps réel, permettant de pouvoir réaliser les différentes fonctionnalités citées précédemment à partir du même système. Le principe « mono-source » décrit en Figure 2 sera dans un second temps étendu en deux dimensions en « multi-sources » à l'aide d'un réseau de transducteurs contrôleurs, permettant une variété de distribution de déformations à l'interface, sur le modèle des méta-surfaces.

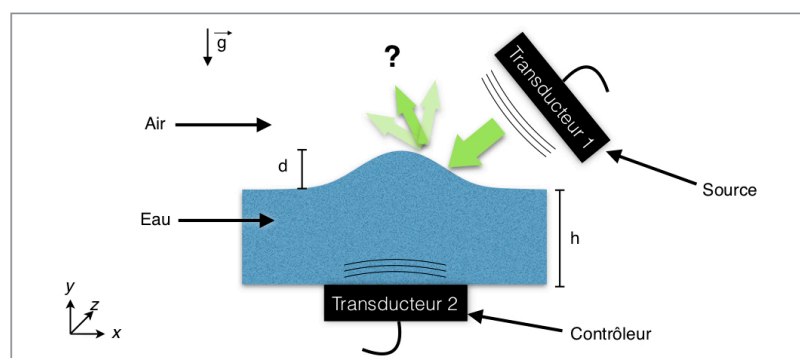


FIG2 : Schéma de principe du réflecteur acoustique reconfigurable. Selon le champ émis par le transducteur piézo-électrique 2 noté contrôleur, une interface eau-air (par exemple) est déformée sous l'effet de la pression de radiation acoustique. Cette déformation va modifier la réflexion de l'onde émise par le capteur 1 noté source.

Programme de Travail

Les différentes étapes envisagées pour ce travail sont les suivantes :

- Étude numérique s'appuyant sur la méthode des éléments finis pour identifier et optimiser les paramètres influant sur la taille de la déformation (choix de la taille et de la fréquence du transducteur contrôleur, des caractéristiques de l'excitation acoustique, du type de fluide utilisé...)
- Réalisation d'un dispositif expérimental pour la mesure de la déformation à l'interface ;
- Dimensionnement d'un prototype expérimental de surface programmable introduisant une mono-source acoustique ;
- Réalisation et étude du prototype expérimental, comparaison avec les simulations ;
- Extension du prototype avec une matrice de sources (contrôleurs) acoustiques (matrice 2D) ;
- Étude du choix des excitations ultrasonores en fonction de la déformation surfacique désirée, et des fonctionnalités réalisables avec le réflecteur programmable 2D.

[1] B. Issenmann, R. Wunenburger, S. Manneville, and J.-P. Delville. Bistability of a compliant cavity induced by acoustic radiation pressure. *Phys. Rev. Lett.* 97, 074502 (2006).

[2] S. Callé, J.-P. Remenieras, O. Bou Matar, M. E. Hachemi, and F. Patat. Temporal analysis of tissue displacement induced by a transient ultrasound radiation force. *The Journal of the Acoustical Society of America* 118(5),2829–2840 (2005)

[3] T. Devaux, A. Cebrecos, O. Richoux, V. Pagneux, V. Tournat, Acoustic radiation pressure for nonreciprocal transmission and switch effects, *Nature Communications* 10, 3292 (2019)

[4] X. Guo, V. E. Gusev, V. Tournat, B. Deng, and K. Bertoldi. Frequency-doubling effect in acoustic reflection by a nonlinear, architected rotating-square metasurface. *Physical Review E*, 99(5):052209, 2019.

[5] Y. Xie, W. Wang, H. Chen, A. Konneker, B.-I. Popa, and S. A. Cummer. Wavefront modulation and subwave-length diffractive acoustics with an acoustic metasurface. *Nature communications*, 5:5553, 2014.

Profil du (de la) candidat(e)

Ce travail de thèse s'adresse à un(e) diplômé(e) d'une 3ème année de cycle ingénieur ou d'un Master 2 recherche, motivé(e) et curieux(se), ayant une bonne connaissance dans les domaines suivants : acoustique ultrasonore et/ou instrumentation. Des connaissances en simulation éléments finis ou métamatériaux seraient fortement appréciées.

Le (la) candidat(e) devra faire preuve d'autonomie et de créativité pour le développement des dispositifs.

Lieu

La thèse se déroulera au laboratoire GREMAN (UMR CNRS 7347) à l'INSA Centre Val de Loire de Blois. Des déplacements sont à prévoir sur le site de Tours du GREMAN.

<http://greman.univ-tours.fr/>

Encadrement

Thibaut DEVAUX, Maître de Conférences, Laboratoire GREMAN, Université de Tours

Samuel CALLÉ, Maître de Conférences (HDR), Laboratoire GREMAN, Université de Tours

Lionel HAUMESSER, Maître de Conférences (HDR), Laboratoire GREMAN, Université de Tours

Contact

Thibaut DEVAUX, thibaut.devaux@univ-tours.fr, +33 6 76 06 05 75