

Comment générer une onde de surface tourbillonnaire ?

Les vortex acoustiques sont des ondes hélicoïdales qui permettent de contrôler les écoulements dans des cavités fermées et de manipuler des objets microscopiques fragiles, collants ou réactifs sans les toucher. Ils sont générés au moyen de nombreux transducteurs ultrasonores déphasés circulairement. Il existe néanmoins une limite à la taille des écoulements ou des objets pouvant être manipulés, car les transducteurs eux-mêmes montent difficilement en fréquence. Les chercheurs de l'équipe « Acoustique pour les nanosciences » de l'INSPI, en collaboration avec le groupe Aiman-Films de l'PIEMN à Lille, ont résolu le problème en définissant et synthétisant, pour la première fois, des ondes de surface tourbillonnaires. À la manière d'un hologramme, ces ondes de surface rayonnent dans le fluide adjacent et forment des vortex acoustiques. Des ondes de surface de très courte longueur d'onde étant facilement générées, ces travaux ouvrent la porte à une miniaturisation considérable des générateurs de vortex acoustique.

Pour synthétiser un vortex acoustique (figure 1), il suffit de générer sur une surface la coupe de ce vortex. Ce n'est pourtant pas si simple ! À la différence des liquides, les ondes acoustiques dans les cristaux ne se propagent pas à la même vitesse dans toutes les directions. Les vortex acoustiques décrits jusqu'alors ne pourraient donc pas exister dans des cristaux piézo-électriques. Les chercheurs sont parvenus à généraliser les vortex acoustiques aux milieux anisotropes puis à calculer leur coupe.

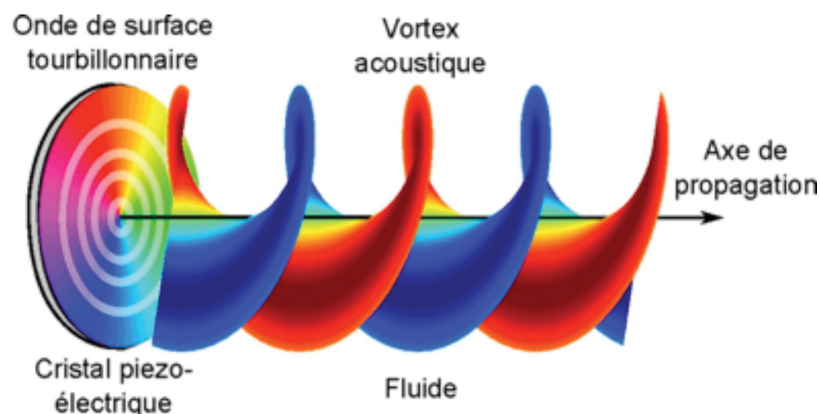


Figure 1
Vortex acoustique et onde de surface tourbillonnaire. L'onde de surface est une coupe du vortex acoustique, elle génère un vortex complet lorsqu'elle rencontre un fluide.

L'onde étant définie, il restait donc à la générer. Pour ce faire, l'équipe de l'IEMN a déposé par lithographie 32 électrodes métalliques (transducteurs en figure 2) sur un cristal de niobate de lithium. Les électrodes sont excitées par un courant alternatif, ce qui provoque des oscillations périodiques du cristal par effet piézo-électrique et donc des ondes de surface. L'équipe de l'INSP a calibré le dispositif en cartographiant la réponse individuelle de chaque électrode. Les chercheurs ont ensuite synchronisé les transducteurs par la méthode du filtre inverse afin de réaliser des ondes de surface tourbillonnaires.

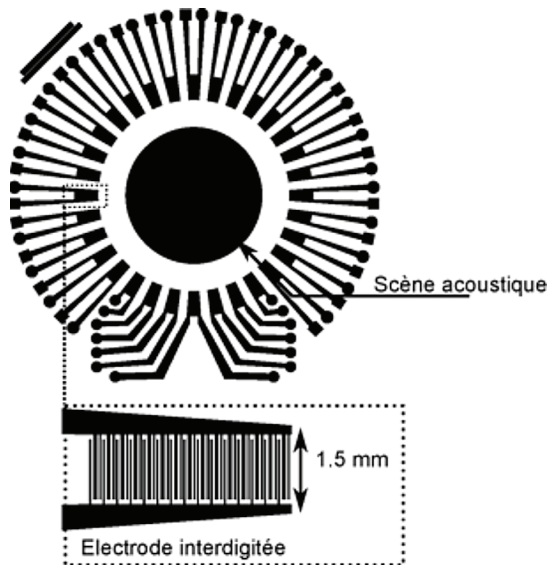


Figure 2

Dispositif à ondes de surface : 32 électrodes inter-digitées sont installées circulairement pour former une onde de surface tourbillonnaire au centre. Chaque transducteur peut être actionné indépendamment. En calibrant la réponse de chaque transducteur, il est possible de calculer le signal optimal pour former des vortex acoustiques.

Les équipes de l'INSP et l'IEMN ont ainsi montré que l'on peut générer des vortex acoustiques via des ondes de surface. Ce travail original offre une piste pour la miniaturisation de transducteurs de vortex acoustiques, et donc peut-être à terme, de pinces acoustiques pour la manipulation d'objets sans contact.

Références

“Anisotropic Swirling Surface Acoustic Waves from Inverse Filtering for On-Chip Generation of Acoustic Vortices”

Antoine Riaud, Jean-Louis Thomas, Eric Charron, Adrien Bussonnière, Olivier Bou Matar, and Michael Baudoin

Phys. Rev. Applied 4, 034004 – Published 15 September 2015

“Taming the degeneration of Bessel beams at an anisotropic-isotropic interface: Toward three-dimensional control of confined vortical waves”

Antoine Riaud, Jean-Louis Thomas, Michael Baudoin, and Olivier Bou Matar

Phys. Rev. E 92, 063201 – Published 1 December 2015

Contacts

Jean-Louis Thomas : jean-louis.thomas@upmc.fr

Antoine Riaud : antoine.riaud@centraliens-lille.org