

Interactions micro-acousto-fluidiques

J-F Manceau (PR), F. Bastien (PR Emerite), R. Yahiaoui (MCF), F. Kardous (Doctorante), Z. Lianqun (doctorant en co-tutelle)

Objectifs et positionnement

Ces travaux concernent l'étude des interactions acousto-fluidiques dans un microsysteme. Les dispositifs réalisés sont soit des capteurs ou des actionneurs agissant directement sur le fluide par l'intermédiaire des ondes acoustiques.

Le capteur à ondes de flexions (Lamb) est attrayant pour sa plus grande sensibilité et sa capacité à travailler dans un liquide. Ils permettent une interaction spécifique avec le fluide en produisant également une onde acoustique évanescente. L'autre particularité de ce projet est de pouvoir grâce à ces capteurs effectuer des mesures multiples co-localisée (exemple : détection de masse et température sur le même échantillon et simultanément) .

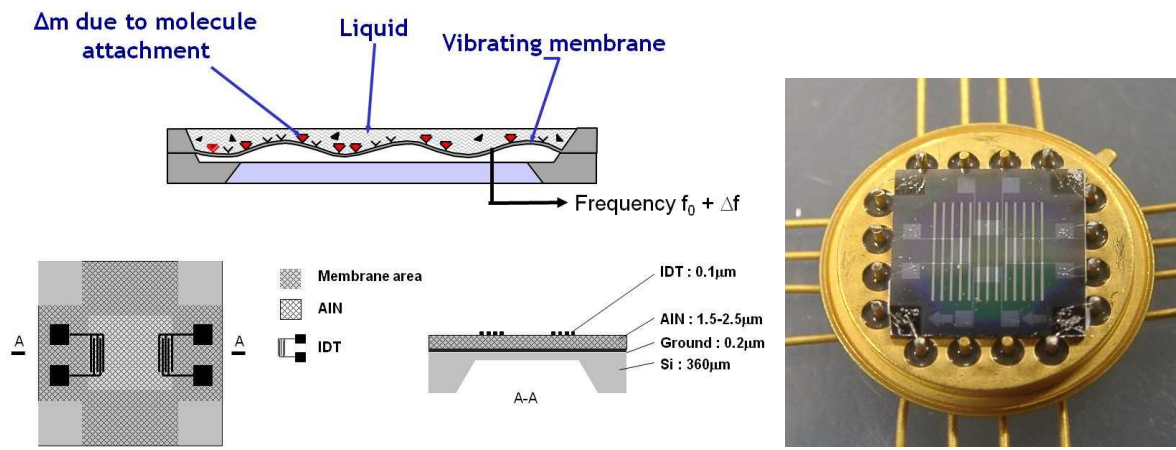
De plus en plus de composants pour la microfluidique voient le jour, tels que microcanaux, micropompes, microvalves, etc. Le déplacement de liquide qu'il soit continu (colonne) ou discret (goutte) est le lien indispensable entre tous ces composants. Les ondes acoustiques peuvent également par leurs effets non-linéaires produire des forces sur le milieu. Cet effet est étudié pour manipuler les fluides et des particules. Il s'agit de concevoir et réaliser des dispositifs pour l'étude des interactions de vibration basses et haute fréquences avec les liquides. Notre objectif principal est de générer des forces suffisantes pour manipuler des éléments liquides essentiellement sous forme de gouttes (appelé aussi microfluidique digitale) ou des éléments insérés dans les liquides. Ces composants trouveront leur applications dans le cadre des recherches menées sur les laboratoires sur puce (lab on chip) .

Résultats et perspectives

- Applications Capteurs

Les dispositifs à onde de flexion (Lamb) ont été modélisés et des simulations numériques ont été effectuées. Les résultats de la simulation nous aident à concevoir et optimiser les capteurs à ondes de Lamb. La première amélioration a été d'utiliser pour le dépôt d'AlN, des couches Mo/Ti/Si plutôt que Al/Si. La seconde a porté sur la réduction des contraintes internes de la membrane. Après sa fabrication, le capteur à ondes de Lamb a été étudié complètement, y compris la réponse en fréquence, la durée de propagation des ondes et la vibration de la membrane. Nous avons étudié l'action des variations de masse et de température. Le mode A_0 est sensible, non seulement aux variations de masse de la membrane, mais aussi à celle d'une couche de liquide, en raison de la présence d'une onde évanescente. Le mode S_0 n'est, en pratique, que seulement sensible au changement de masse de la membrane. Les sensibilités à la température sont aussi fondamentalement différentes. En utilisant à la fois le mode A_0 et le mode S_0 il est possible de mesurer simultanément la température et la variation de masse sur la même structure du capteur à ondes de Lamb. C'est ainsi que l'on peut minimiser l'influence des dérives thermiques. Finalement, une méthode de détection des ondes évanescentes est discutée et un nouveau capteur à ondes de Lamb nommé "Lamb wave sandwich" a été construit. Le capteur "sandwich" est très sensible en raison de l'interaction par onde évanescente.

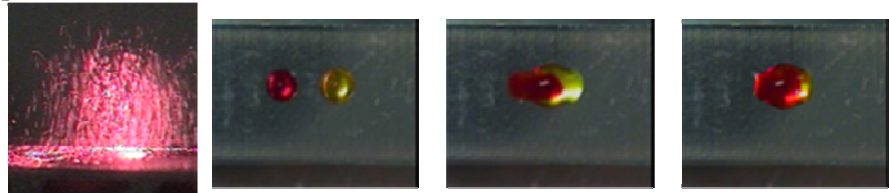
La poursuite de ces travaux concerne les tests avec les éléments biologiques pour confirmer les résultats obtenus. D'autres retombées sont en cours dont l'application de ces dispositifs en milieu gazeux et plus particulièrement en présence d'un écoulement



Principe prototype d'un capteur à ondes de flexion (LAMB)

• Applications Actionneurs

Un dispositif à onde stationnaire de flexion de basse fréquence dans une structure de type poutre a été réalisé. Lorsque la vibration de la surface est suffisante, une goutte déposée se déplace vers le ventre de vibration. Une commande adaptée permet de contrôler le déplacement d'une goutte le long de la poutre. L'étude de la nébulisation des liquides a permis de contrôler ce phénomène qui pouvait porter préjudice à la manipulation de liquide dans certaines applications mais également déboucher vers de nouvelles perspectives dans certains cas.

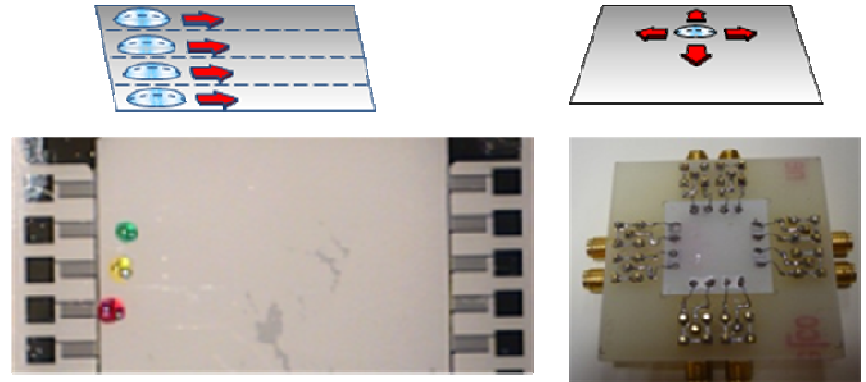


Nébulisation

Mélange

Le second prototype utilise des ondes de surface à hautes fréquences générées sur un substrat piézoélectrique à l'aide de peignes interdigités métalliques. Ce dispositif à ondes de surface met en jeu un phénomène différent, l'acoustic streaming. Lorsque l'onde de Rayleigh atteint le liquide, elle crée dans le volume de la goutte une force suffisante pour produire un déplacement.

Bien que les phénomènes produits par les ondes acoustiques soient clairement identifiés (déplacement, nébulisation, activation de la circulation interne), leurs modélisations et leurs compréhension font l'objet de notre travail. Une des applications en cours d'étude concerne la réalisation d'un dispositif pour l'activation d'une matrice de gouttes dans le cadre de la micro-instrumentation pour la protéomique ([lien](#))



Transport de gouttes par des ondes de surface

Figure 1

L'ensemble de ces dispositifs sont des défis technologiques et sont souvent à la limite du savoir faire actuel.

Collabration

Les travaux sur les capteurs à ondes Lamb font l'objet d'une collaboration avec le CIOMP de Changchun, Chine. Un doctorant en co-tutelle à soutenu ses travaux fin 2008 et une deuxième thèse est en cours.

Contrats

Région de Franche-Comté en 2006 et 2007

Quelques références

Feng Li, Yihui Wu, Jean-François Manceau, and François Bastien
Temperature compensation of lamb wave sensor by combined antisymmetric mode and symmetric mode
Appl. Phys. Lett. 92, 074101 (2008)

Feng Li, Jean-François Manceau, Yihui Wu, François Bastien
Measurements of evanescent wave in a sandwich Lamb wave sensor
Applied Physics Letters, Volume 93, Issue 17, id. 174101 (3 pages) (2008).

Bennès J, Alzuaga S, Chabé P, Morain G, Chérioux F, Manceau JF, Bastien F.
Action of low frequency vibration on liquid droplets and particles.
Ultrasonics. 2006 Dec 22;44 Suppl 1:497-502. 2006 Jun 5.

Bennes, J. Alzuaga, S. Cherioux, F. Ballandras, S. Vairac, P. Manceau, J.-F. Bastien, F.
Detection and High-Precision Positioning of Liquid Droplets Using SAW Systems
Ultrasonics, Ferroelectrics and Frequency Control, IEEE Transactions on, October 2007, Volume: 54, Issue: 10, page(s): 2146-2151