

Modélisation et simulation d'une nouvelle puce micro-fluidique pour un capteur à ondes de Love pour applications environnementales.

L'accroissement de l'activité anthropique, en particulier depuis la révolution industrielle, a entraîné de fortes contraintes sur notre environnement, touchant les ressources les plus essentielles telles que l'eau. Au sein des nombreux contaminants de l'eau, certains posent des problèmes spécifiques en terme de métrologie, en raison de leur toxicité à l'état de trace voire d'ultra-trace. Il existe ainsi un besoin crucial en systèmes de mesures fiables, à bas cout, à fortes sensibilité et sélectivité, et déployables sur site.

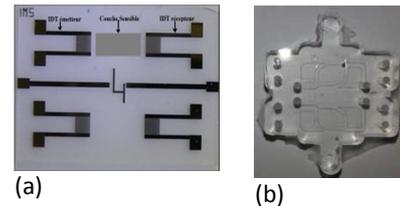


Figure 1. a) Capteur à ondes de Love, b) Puce micro-fluidique

Parmi les technologies capables de répondre à ces besoins, les lignes à retard à ondes acoustiques (SAW, pour *Surface Acoustic Waves*) offrent des caractéristiques très intéressantes, notamment en terme de sensibilité. Plus particulièrement, les dispositifs à ondes de Love (figure 1-a), présentant une polarisation d'onde acoustique Transverse Horizontale (TH), font l'objet de beaucoup d'attention et de travaux depuis plusieurs années, notamment par l'équipe MDA du laboratoire IMS. Cette polarisation TH des capteurs acoustiques à ondes de Love a déjà démontré d'excellentes performances pour des applications de détection d'espèces biochimiques en milieu liquide, en temps réel, avec des niveaux de sensibilité très élevés. En effet, de par le confinement de l'énergie acoustique dans une couche guidante de faible épaisseur, les capteurs à ondes de Love présentent une sensibilité comparable à des capteurs type SPR (Surface Plasmon Resonance), et supérieure aux microbalances à quartz. Ces capteurs ont par exemple été utilisés avec succès pour la détection de bactéries, de métaux lourds [1], ou encore de biomarqueurs de cancer [2].

L'association d'une cellule microfluidique avec un dispositif à ondes acoustiques de surface appliqué à la détection, issue des travaux de thèse de V. Raimbault [3], a ouvert de nombreux champs d'investigations pour la caractérisation de fluides complexes et la détection en milieu liquide. Dans son principe (Figure 1-b), la puce microfluidique comporte des chambres fluidiques positionnées sur le chemin de propagation de l'onde acoustique d'une ligne à retard, et des cavités d'encapsulation sous air des IDTs de part et d'autre du chemin de propagation. La puce microfluidique permet simultanément d'isoler les IDTs du liquide, et donc de s'affranchir d'effets capacitifs parasites, tout en confinant le passage du liquide sur la surface acoustiquement active du capteur. Des accès fluidiques sont aménagés pour l'arrivée et la sortie des échantillons, et des géométries plus complexes permettent si besoin la réalisation d'opérations fluidiques variées, comme des étapes de mélange ou d'incubation, de façon intégrée.

La puce fluidique est fabriquée par lithographie souple, en polydiméthylsiloxane (PDMS), qui de par son caractère élastomère absorbe et atténue considérablement les ondes parasites émises vers l'extérieur du chemin acoustique principal. Afin de conserver l'accessibilité à la surface active pour réaliser les étapes de fonctionnalisation ou de régénération, la puce microfluidique peut être maintenue par pression sur le capteur. Le réel impact de la puce microfluidique, en plus d'isoler les IDTs du liquide, réside dans le contrôle des conditions d'écoulement des échantillons contenant les espèces en solution ou en suspension, par rapport à la surface active du capteur. En effet les capteurs à ondes de Love sont des capteurs à onde évanescente, et ne sont sensibles qu'aux phénomènes de surface, la profondeur de pénétration de l'onde acoustique dans de l'eau se situant aux alentours de 50 nm.

Comme le montre la figure 2, une forte diminution du temps de réponse à l'immobilisation d'anticorps, de l'ordre de l'heure, avec une injection de la solution à la micropipette, à la minute, avec une cavité microfluidique favorisant le passage homogène et le renouvellement des espèces à proximité de la surface est démontrée [4]. Si les résultats présentés figure 2 sont déjà satisfaisants, il existe de nombreuses voies d'optimisation des conditions de flux pour améliorer la réponse de nos dispositifs à ondes de Love

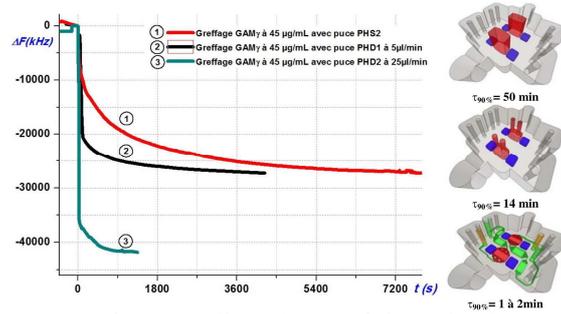


Figure 2. Réponses d'un dispositif à onde de Love à l'immobilisation d'anticorps Gamy: comparaison des cinétiques d'accroche avec trois configurations de puces PDMS

Les principaux objectifs du stage de Master consisteront ainsi à étudier les géométries existantes et à proposer des évolutions afin d'améliorer la reproductibilité des processus de détection des capteurs à ondes de Love avec cellules microfluidiques. Les opérations suivantes seront à mener au cours du stage :

- L'initiation par une étude bibliographique sur les différentes cellules microfluidiques existantes pour des applications en dynamique des fluides, suivie d'un bilan sur l'état de l'art dans ce domaine.
- La conception et la simulation multiphysique (Ex: logiciel COMSOL) des puces microfluidiques à partir des géométries existantes au sein de l'équipe.
- L'optimisation des différents paramètres qui peuvent influencer la réponse du capteur. Une attention particulière sera apportée à la reproductibilité des paramètres physiques des flux liquides, aux géométries existantes, et aux matériaux utilisés pour une proposition nouvelle de cellules microfluidiques adaptées aux capteurs à ondes acoustiques.
- Des comparaisons de ces simulations avec des données expérimentales seront réalisées afin de valider les modèles conçus dans l'environnement COMSOL

[1] I. Gammoudi, V. Raimbault, H. Tarbague, F. Moroté, C. Grauby-Heywang, a. Othmane, R. Kalfat, D. Moynet, D.Rebière, C. Dejous, and T. Cohen-Bouhacina, "Enhanced bio-inspired microsensor based on microfluidic/bacteria/love wave hybrid structure for continuous control of heavy metals toxicity in liquid medium," *Sensors Actuators B Chem.*, vol. 198, pp. 278–284, 2014.

[2] N. Lebal, H. Hallil, C. Dejous, B. Plano, A. Krstulja, R. Delepée, D. Rebière, and L. A. Agrofoglio, "Association of a Love wave sensor to thin film molecularly imprinted polymers for nucleosides analogs detection," vol. 1, pp. 2–5.

[3] Vincent Raimbault, « Étude et développement d'un système microfluidique à ondes de Love dédié à la caractérisation de fluides complexes », (2008)

[4] Hakim Tarbague, « Étude et mise au point d'une plateforme de biodétection de micro-organismes couplant immunocapteur à ondes de Love et dispositifs PDMS microfluidiques », (2011)

Lieu du stage : Laboratoire IMS-Bordeaux, 351 cours de la libération, Talence.

Poursuite en thèse envisagée : oui

Rémunération : 546 euros nets / mois

Contact : ollivier.tamarin@univ-guyane.fr; hamida.hallil-abbas@u-bordeaux.fr.

Candidature : envoyer avant le 15/01/16

- - une lettre de motivation détaillant l'intérêt du/de la candidat(e) pour le sujet,
- - un CV détaillé,
- - les relevés de notes du L3 et du M1 (ou diplômes équivalents),
- - les coordonnées (courriel, téléphone) de deux personnes références pouvant être contactées pour appuyer la candidature.