

Utilisation de méthodes d'apprentissage pour l'optimisation du nettoyage de surfaces par ultrasons

Porteur : Cyril MAUGER

Laboratoire : Laboratoire de Mécanique des Fluides et d'Acoustique, LMFA UMR5509

Partenaires : Claude INSERRA, Laboratoire d'Applications Thérapeutiques des Ultrasons, UMR INSERM 1032

Nature du financement demandé : Stage de M2

Montant de la demande de financement : 600 euros * 5mois = 3k€

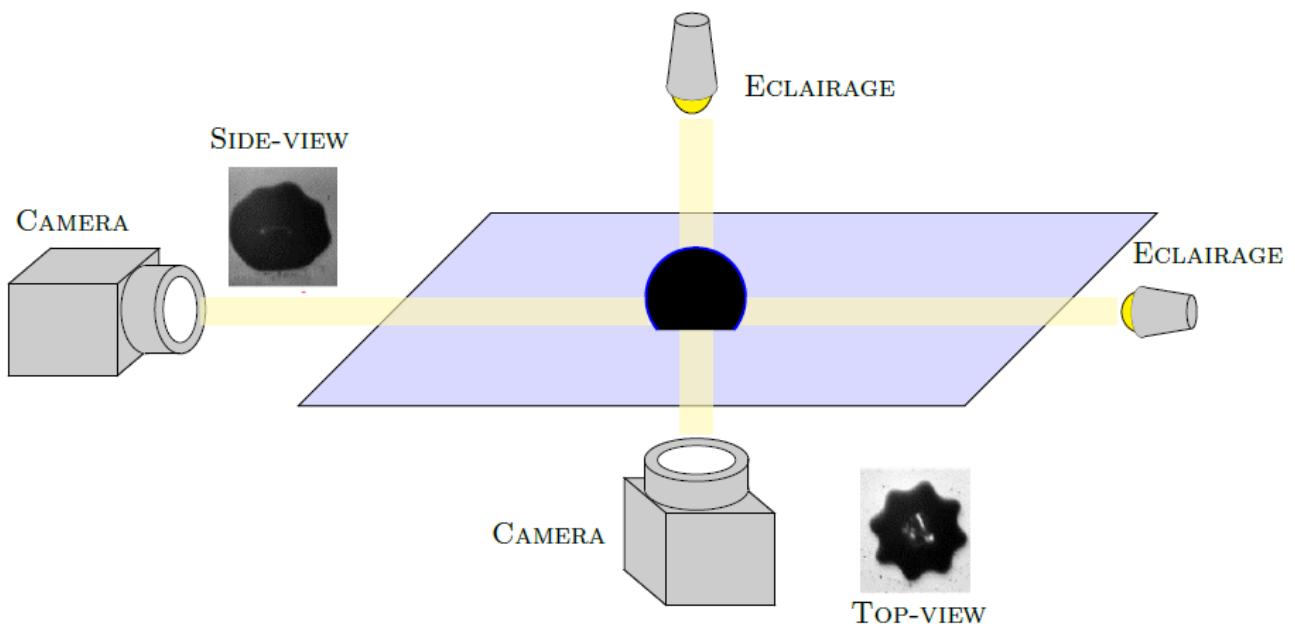
Résumé : Lorsqu'une microbulle de gaz est soumise à un champ ultrasonore, elle peut osciller et son interface se déformer selon des formes géométriques complexes. Ces oscillations de bulles sont importantes dans des processus industriels tels que le nettoyage de surface par ultrasons, dans lequel des microbulles sont créées dans un bain liquide irradié par des ultrasons de forte puissance, menant à l'implosion des bulles en proche paroi des matériaux cibles. Cette technique est efficace mais ne peut être appliquée à des matériaux sensibles (micro-processeurs, matériau vivant) pour lesquels les implosions de bulles sont à éviter. Il faut alors privilégier un régime d'oscillation stable de ces microbulles. Les oscillations stables, de surcroît non-sphériques, résultent en une interface tridimensionnelle complexe à caractériser expérimentalement. Pour déterminer la déformée de l'interface, deux caméras sont nécessaires a minima, ce qui représente un coût expérimental et en temps de post-traitement important. Afin d'optimiser la détermination des oscillations de microbulles à l'aide d'une unique prise de vue, il est proposé de mettre en place une méthode d'apprentissage par réseaux de neurones, qui sera entraînée à l'aide d'une base expérimentale de vues orthogonales de microbulles.

Sujet développé :

Le nettoyage de surfaces par ultrasons est un procédé consistant à immerger un matériau dans une cuve équipée d'un transducteur ultrasonore. Lors de l'application des ultrasons, des microbulles de gaz sont générées, c'est le phénomène de cavitation acoustique. Ces microbulles peuvent osciller de manière stable, mais aussi imploser lorsqu'elles sont soumises à des amplitudes acoustiques suffisamment élevées. Ces implosions sont dévastatrices à l'échelle micrométrique et il a été montré qu'elles permettaient de nettoyer certaines surfaces de leurs impuretés sans ajouts de produits chimiques dans le liquide environnant. Des exemples de surfaces nettoyées par un bain ultrasonore sont accessibles ici [1] à l'aide d'un système commercialisé basé sur des ultrasons de haute puissance, favorisant donc les implosions de bulles.

Pour le traitement de surfaces sensibles tels que des microprocesseurs, des outils de chirurgie médicale ou même nos mains, il est primordial d'éviter les effets néfastes des implosions de bulles et de favoriser un régime d'oscillation stable. Ces oscillations sont responsables de micro-écoulements dans leur voisinage qui peuvent générer à la surface des matériaux cibles des contraintes de cisaillement suffisantes pour nettoyer les impuretés et décontaminer les appareils [2]. Un défi majeur consiste actuellement à maîtriser un régime d'oscillation stable des microbulles mais aussi de contrôler les déformations de leur interface. En effet, une bulle initialement sphérique peut se déformer en trois dimensions sous l'effet d'un champ ultrasonore. Dans ce cas, la déformée d'une bulle est complexe et peut se décomposer sur une base d'harmoniques sphériques, qui sont

une base de projection des déformations d'une sphère dans un espace à trois dimensions. Les harmoniques sphériques sont des fonctions angulaires complexes, dont la détermination est impossible à partir d'une visualisation de la bulle par une seule caméra (donc dans un plan 2D). Il est alors nécessaire d'utiliser au moins deux plans de visualisation pour remonter à la déformée de l'interface (voir figure ci-dessous). Cette technique est très coûteuse en moyen (par l'utilisation de deux caméras) et en temps (par le post-traitement des données issues de deux caméras synchronisées).



L'objectif du stage est le développement d'une méthode d'apprentissage (*machine learning*) permettant la détermination des déformées de microbulles à partir d'une visualisation par une seule caméra. Une base de données expérimentale sera élaborée en capturant les déformées de l'interface d'une bulle, posée sur un substrat et soumise à une onde ultrasonore, à l'aide de deux caméras synchronisées et placées orthogonalement, de telle sorte que les vues de côté et de dessus de l'interface de la bulle puissent être suivies au cours du temps. L'utilisation de deux caméras orthogonales et synchronisées a déjà permis d'analyser les oscillations non-sphériques de microbulles piégées dans une chambre de lévitation acoustique [3]. La détermination des régimes d'oscillations de bulles à partir de la base de données permettra de nourrir et d'entraîner la méthode d'apprentissage, afin que celle-ci permette, à terme, de prédire les déformées de bulles à partir d'une seule vue.

Lieu du stage : Le stage se déroulera au LMFA, site INSA, Bâtiment Jacquard sur le campus de la Doua.

Profil du candidat : La personne recrutée aura un profil de mécanicien, avec un goût prononcé pour le développement numérique d'algorithmes d'apprentissage ou un profil informaticien spécialisé en machine/deep learning avec une appétence pour les systèmes mécaniques.

[1] <https://www.sinaptec.fr/que-peut-on-nettoyer-avec-les-ultrasons/>

[2] An activated fluid stream – new techniques for cold water cleaning. P.R. Birkin, D.G. Offen, T.G. Leighton, *Ultrasonics Sonochemistry*, 29, 612-618 (2016).

[3] Dynamics of nonspherical microbubble oscillations above instability threshold. M. Guédra, S. Cleve, C. Mauger, P. Blanc-Benon, C. Inserra. *Physical Review E*, 96 : 063104 (2017).