

Instabilité vibratoire d'une goutte posée excitée par une onde acoustique de surface

Nicolas Chastrette^{1,2}, Philippe Brunet¹, Laurent Royon¹, Michael Baudoin³ & Régis Wunenburger²

¹ Laboratoire Matière et Systèmes Complexes, Université Paris-Diderot, CNRS (UMR 7057), Paris, France

² Sorbonne Universités, UPMC Univ Paris 06, CNRS, UMR 7190, Institut Jean Le Rond d'Alembert, F-75005 Paris, France

³ International Associated Laboratory LEMAC, IEMN, UMR CNRS 8520, Université des Sciences et Technologies de Lille and EC Lille, 59652 Villeneuve d'Ascq Cédex, France

`nicolas.chastrette@univ-paris-diderot.fr`

La microfluidique en goutte implique le déplacement de faibles quantités d'échantillons fluides. Les forces d'accrochage de la ligne triple des gouttes, dues aux imperfections du substrat, s'opposent à leur déplacement. Les ondes acoustiques de surfaces (Surface Acoustic Wave, SAW) de fréquence supérieure au MHz constituent un moyen efficace et reconfigurable pour déplacer des gouttes [1,2,3]. L'onde est usuellement générée par des transducteurs interdigités (IDT) consistant en un réseau d'électrodes conductrices déposées sur une plaque de Niobate de Lithium (piézoélectrique) et soumis à une tension alternative. En plus du déplacement de gouttes, les SAW peuvent être utilisées pour réaliser du mélange et de l'atomisation, selon leur fréquence et leur puissance. La plupart des études menées jusqu'à présent ont utilisé des ondes dont la longueur d'onde acoustique est très petite devant les dimensions caractéristiques de la goutte (dans ces études, la fréquence est supérieure à 20 MHz). Dans cette gamme de fréquences, le déplacement directionnel des gouttes est accompagné principalement d'oscillations basse fréquence (typiquement 10 → 300 Hz) de la surface libre correspondant au mode fondamental capillaro-inertiel [4]. De la turbulence d'ondes de surface aux propriétés particulières et inexplicées jusqu'à présent a aussi été mise en évidence [5].

Nous étudions expérimentalement le cas où la fréquence des SAW se situe entre 800 kHz et 8 MHz, correspondant à une taille caractéristique de goutte R comprise entre 1 et 10 longueurs d'onde acoustique λ . Lorsqu'elles atteignent la goutte, la SAW est réfractée dans le liquide et convertie en onde acoustique de volume, se réfléchit sur la surface libre de la goutte et reste ainsi piégée dans la goutte, qui se comporte alors comme une cavité acoustique de facteur de qualité élevé (de l'ordre de 80). Au-dessus d'un seuil de puissance acoustique, les modes propres de vibration de la surface libre de la goutte sont auto-excités. Nous cherchons à expliquer cette instabilité, notamment la cause du découplage d'un facteur $\sim 10^4$ entre la fréquence d'excitation acoustique et la fréquence des modes de surface excités. Nous mettons quantitativement en évidence comment le type de modes excités, leur nombre et leur amplitude dépendent de la fréquence et de l'amplitude de l'onde acoustique intracavité. En combinant l'imagerie rapide des déformations de la surface de la goutte et une mesure du champ acoustique intra-cavité à l'aide d'un hydrophone, nous caractérisons les couplages entre le champ acoustique intracavité et les ondes de surface et proposons un mécanisme d'instabilité combinant la modulation de phase de l'onde acoustique par la surface libre oscillante [6] et la pression de radiation exercée par l'onde acoustique sur la surface libre, et qui est analogue à celui exploité dans les micro-résonateurs opto-mécaniques et observé dans les détecteurs d'ondes gravitationnelles.

Références

1. A. Wixforth *et al.* Anal. Bioanal. Chem. **379** (2004).
2. J. Friend and L. Yeo. Rev. Mod. Phys. **83**, (2011).
3. P. Brunet, M. Baudoin, O. Bou-Matar and F. Zoueshtiagh. Physical Review E **81**, 036315 (2010).
4. A. Bussonnière, M. Baudoin, P. Brunet and O. Bou Matar. Physical Review E **93**, 053106 (2016).
5. J. Blamey, L. Y. Yeo and J. R. Friend. Langmuir **29**, 3835 (2013).
6. R. Wunenburger, N. Mujica and S. Fauve. J. Acoust. Soc. Am. **115**, 507 (2004).