

Auto-oscillation d'un couple de bulles acoustiques

Gabriel Regnault¹, Alexander A. Doinikov¹, Philippe Blanc-Benon², Cyril Mauger², Claude Inserra¹

¹ Université Claude Bernard Lyon 1, Centre Léon Bérard, INSERM, UMR 1032, LabTAU, F-69003 Lyon, France

² INSA Lyon, CNRS, École Centrale de Lyon, Université Claude Bernard Lyon 1, LMFA UMR 5509, 69621, Villeurbanne France

`gabriel.regnault@inserm.fr`

Lorsqu'un système perturbé par une force extérieure se met à osciller à une fréquence qui ne dépend pas explicitement du forçage, il est dit auto-oscillant. Ces auto-oscillations sont rencontrées dans de nombreux contextes, par exemple en mécanique, avec le fameux exemple du pont suspendu au dessus du *Tacoma Narrows* (US), mais aussi en macro-économie ou en sociologie [1].

Dans une étude récente concernant la force d'interaction et le couplage entre deux bulles oscillantes (rayon d'équilibre $R_0 \sim 100\mu\text{m}$) dans un champ ultrasonore (fréquence $f = 30\text{kHz}$), nous avons montré que lorsque les oscillations radiales des bulles sont en phase, ces bulles vont non-seulement s'attirer, mais peuvent également se stabiliser à une position de quasi-contact (la distance séparant leurs interfaces est très petite devant le rayon d'équilibre des bulles). Cette nouvelle position de stabilité n'est observée que si les rayons d'équilibre des bulles sont plus grands que les rayons résonnants correspondant à la fréquence d'excitation [2]. À de telles distances inter-bulles, et même pour des forçages acoustiques faibles, le couplage des oscillations est très intense.

Si la pression excitatrice est augmentée, le système va alors sortir de son équilibre. Dans ce cas il y a deux possibilités : (i) soit les bulles sont éjectées hors du champ d'observation ; ou (ii) elles se mettent à subir un mouvement de translation périodique d'attraction-répulsion selon l'axe joignant leurs centres de masse respectifs. Ce mouvement périodique de rebond est très lent ($\sim 500\text{ Hz}$) par rapport à la fréquence acoustique et n'est ni harmonique, ni ultra-harmonique. Les bulles restent sphériques durant le rebond, et leurs oscillations sont linéaires et de faibles amplitudes. C'est la première observation d'un couple de bulle auto-oscillant.

Une analyse détaillée, basée sur un modèle d'oscillations et de translation couplées considérant les effets de diffusion multiple a permis de montrer que ce rebond possède d'autres signatures des auto-oscillations, telles que la présence d'amortissement négatif lorsque les bulles sont en quasi-contact, et la mise en place d'un cycle limite. La découverte de ce phénomène dans le cadre de bulles oscillantes ouvre la voie vers une meilleure compréhension des interactions complexes au sein de nuages de cavitation denses.

Références

1. A. JENKINS, Self-oscillation, *Physics Reports*, **525(2)**, 167-222, (2013).
2. G. REGNAULT, A. A. DOINIKOV, C. MAUGER, P. BLANC-BENON & C. INSERRA, Dynamics of two interacting acoustic bubbles at short separation distances, *Physics of Fluids*, **35(3)**, (2023).
3. G. REGNAULT, A. A. DOINIKOV, G. LALOY-BORGNA, C. MAUGER, P. BLANC-BENON, S. CATHELIN, & C. INSERRA, phenomenon of self-oscillation in bubble dynamics : Bouncing acoustic bubbles, *Physics of Fluids*, **36(4)**, (2024).