

Acoustique et vibration des mousses liquides

Elias¹, Pierre^{1,2}, Derec¹, Guillermic², Kosgodagan¹, Saint-Jalmes², Drenckhan³, Gay¹, Dollet² & Leroy¹

¹ CNRS/Université Paris-Diderot/UPMC, laboratoire MSC, Paris, France

² CNRS/Université Rennes 1, IPR, Rennes, France

³ CNRS/Université Paris-Sud, LPS, Orsay, France

florence.elias@univ-paris-diderot.fr

Comment le son se propage-t-il dans une mousse? La réponse acoustique dépend fortement de la structure de la mousse, alors que la longueur d'onde acoustique est très grande devant la taille des bulles.

Une mousse liquide est constituée de bulles de gaz concentrées dans une matrice liquide. Les bulles sont séparées par des films fins, stabilisés par des surfactants. Aux arêtes des bulles, les films se rejoignent en des micro-canaux appelés bords de Plateau. La taille des bulles varie de 10^{-5} m à 10^{-2} m [1].

Des expériences récentes ont montré l'existence de deux régimes de propagation acoustique peu ou pas dispersifs [2], [3], [4]. Dans le premier régime, à basse fréquence ou petite taille de bulles, la célérité de l'onde, de l'ordre de 30 à 50 m.s⁻¹, est donnée par la loi de Wood $c_W = 1/\sqrt{\chi\rho}$ où χ est la compressibilité du gaz et ρ est la masse volumique de la mousse [5]. Dans le deuxième régime elle est de l'ordre de 250 m.s⁻¹, comme si seul le liquide contenu dans les films contribuait à la masse inertielle de la mousse. La transition entre les deux régimes se fait à une fréquence $f \sim R^{-1.5}$ où R est le rayon moyen des bulles de la mousse. Cette fréquence de résonance résulte d'un couplage entre la vibration des films de savon et celle des bords de Plateau, qui contiennent la majeure partie de la phase liquide [4]. Si la structure de la mousse intervient dans la réponse acoustique de la mousse, c'est donc par l'intermédiaire de la vibration du squelette liquide en réponse à un forçage acoustique : la taille des bulles doit être comparée non pas à la longueur d'onde acoustique, mais à la longueur d'onde capillaire sur les interfaces liquides à la fréquence de forçage acoustique.

Comment vibrent les interfaces liquides de la mousse? Dans le cas d'un film de savon isolé soumis à une vibration transverse, la vitesse de phase est fixée par la tension de surface de la solution savonneuse et par l'inertie du liquide dans le film et de l'air environnant ; l'atténuation de l'onde de vibration se fait par dissipation visqueuse dans l'air [6]. Lorsque les films de savon se rejoignent en un micro-canal, l'inertie du liquide contenu dans le bord de Plateau doit être prise en compte, ainsi que les forces de tension superficielle exercées par les films sur le bord de Plateau. La propagation d'une onde de vibration transverse le long d'un bord de Plateau se fait alors selon deux régimes : un régime à basse fréquence dominé par la vibration des films adjacents (alourdis par l'air environnant), et un régime à plus haute fréquence où l'inertie du bord de Plateau domine.

Dans cet exposé, nous dresserons un panorama des résultats acquis récemment dans le cadre d'une approche multi-échelle de l'acoustique et des vibrations des mousses liquides. Nous discuterons les pistes qu'il reste à explorer pour compléter la compréhension et nous présenterons les perspectives prometteuses ouvertes par ces travaux.

Références

1. I. Cantat, S. Cohen-Addad, F. Elias, F. Graner, R. Hohler, O. Pitois, F. Rouyer, A. Saint-Jalmes, *Les mousses, Structure et dynamique*, Belin, 2010, English translation : ed. S. J. Cox, *Foams : Structure and Dynamics*, translated by R. Flatman, Oxford University Press, 2013
2. I. Ben Salem, R.-M. Guillermic, C. Sample, V. Leroy, A. Saint-Jalmes, B. Dollet, *Soft Matter*, 2013, **9**, 1194.
3. J. Pierre, F. Elias, V. Leroy, *Ultrasonics*, 2013, **53**, 622.
4. J. Pierre, B. Dollet, V. Leroy, *Phys. Rev. Lett.*, 2014, **112**, 148307.
5. J. Pierre, R.-M. Guillermic, F. Elias, W. Drenckhan, V. Leroy, *Eur. Phys. J. E.*, 2013, **36**, 113.
6. S. Kosgodagan Acharige, F. Elias, C. Derec, *Soft Matter*, 2014, **10**, 8341.
7. C. Derec, V. Leroy, D. Kaurin, L. Arbogast, C. Gay, F. Elias, *Europhys. Lett.*, 2015, **112**, 34004.