

Propriétés acoustiques des mousses liquides

J. Pierre^{1,2,3}, B. Dollet², A. Saint-Jalmes², W. Drenckhan⁵, F. Elias^{1,4} & V. Leroy¹

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

² Institut de Physique de Rennes (IPR), CNRS UMR 6251 - Rennes, France

³ Institut Jean Le Rond d'Alembert, CNRS UMR 7190 - Paris, France

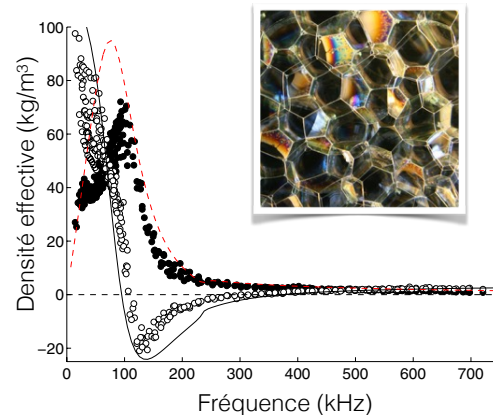
⁴ Sorbonne Universités, UPMC Université Paris 6, UFR 925 - Paris, France

⁵ Laboratoire de Physique des Solides (LPS), CNRS UMR 8502 - Orsay, France

Comment bouge une mousse liquide au passage une onde acoustique? La réponse à cette question est loin d'être triviale. Ainsi, pour des longueurs d'onde grandes devant la taille des bulles, la propagation du son est extrêmement dispersive et majoritairement guidée par les paramètres physiques et peu par la physico-chimie¹. Les paramètres physiques permettant de décrire une mousse liquide sont variés : (i) une faible fraction de liquide (moins de 30%), (ii) une ossature liquide qui contient la majeure partie de la phase aqueuse et qui maintient des films de savon très fins, (iii) l'ensemble délimitant des bulles non-sphériques et polydisperses (cf insert figure).

Expérimentalement, nous avons mesuré des propriétés acoustiques qui dépendent très fortement de la fréquence et de la taille des bulles. Avec une bonne connaissance de la structure des mousses, nous avons établi un modèle capable d'expliquer le comportement des ondes lorsqu'elles traversent ce système complexe².

Trois régimes de propagations apparaissent : deux non dispersifs qui encadrent une zone où la structure ossature liquide/film résonne. Pour distinguer les différents régimes, l'échelle de longueur à considérer n'est pas celle de la longueur d'onde de l'onde de compression se propageant dans la mousse, mais celle de la longueur d'onde de l'onde élastique se propageant à la surface des films de savon^{2,3}. Dans le régime résonant, l'ossature liquide se déplace en phase avec l'onde acoustique alors que les films se mettent à bouger en opposition de phase avec l'onde acoustique : la densité effective devient négative (cf. figure). Les mousses liquides agissent donc comme des métamatériaux acoustiques naturels et isotropes dans les trois directions de l'espace.



Densité effective en fonction de la fréquence acoustique dans une mousse à 11% de fraction de liquide (Taille des bulles : rayon médian des bulles de $40\mu\text{m}$ et polydispersité de 40%). Expérience : partie réelle en \bullet et partie imaginaire en \circ . Modèle : partie réelle en noir et imaginaire en tirets rouges. Photo d'une mousse en insert.

1. Pierre J., Giraudet B., Chasle P., Dollet B. and Saint-Jalmes A. PRE 91, 042311 (2015).

2. Pierre J., Dollet B. and Leroy V. PRL 112, 148307 (2014).

3. Derec C., Leroy V., Kaurin D., Arbogast L., Gay C., Elias F., EPL 112, 34004 (2015)