

Dissipation acoustique par des films

C. Gaulon¹, J. Pierre², F. Elias^{1,3}, C. Gay¹, V. Leroy¹ & C. Derec¹

¹ Laboratoire Matière et Systèmes Complexes, CNRS-Paris Diderot, Paris, France

² Institut Jean Le Rond d'Alembert, CNRS-UPMC, Paris, France

³ UPMC, Paris, France

Plusieurs exemples de métamatériaux acoustiques à base de membranes ont vu le jour ces dernières années, mettant en évidence des effets de densité négative,¹ de super-absorption,² ou de "transmission extraordinaire".³ Les membranes permettent en effet d'obtenir des résonateurs à la fois locaux et se couplant efficacement au champ incident, deux conditions importantes pour réaliser un métamatériau. Récemment, nous avons montré que, dans les mousses liquides, les films de savon permettaient également de remplir ces conditions.⁴ Les mousses donnent en outre accès à une structure tri-dimensionnelle, alors que les métamatériaux membranaires étaient jusqu'à maintenant bi-dimensionnels.

Parmi les métamatériaux membranaires, on peut distinguer deux classes : ceux qui utilisent des membranes relativement épaisses¹ (centaine de micromètres), pour lesquelles c'est le module de flexion qui compte, et ceux qui utilisent des films fins²⁻⁴ (quelques micromètres), pour lesquelles c'est la tension qui joue. Pour ce dernier cas, le mécanisme de dissipation n'est pas encore très clair, et les études introduisent un facteur de qualité phénoménologique. Pourtant, il semble important de mieux comprendre comment ces films parviennent à dissiper l'énergie acoustique aussi efficacement, ne serait-ce que pour des questions d'optimisation de matériaux super-absorbants.

Nous présentons ici les premiers travaux expérimentaux que nous avons entrepris pour répondre à cette question et identifier le ou les mécanisme(s) de dissipation lors de la vibration d'un film (de savon ou élastique). Nous utilisons un tube d'impédance pour mesurer l'absorption acoustique par un film unique. Deux types de films sont utilisés :

- Des films de savon. Leur tension est connue (tension de surface). Leur épaisseur diminue au cours du temps. Et leur raccord au bord du tube se fait par une zone d'épaisseur variable, le ménisque, qui joue potentiellement un rôle dans la dissipation.
- Des films plastiques (mylar). Leur épaisseur est connue et stable. Leur tension est plus difficile à mesurer : elle dépend de leur accrochage au bord du tube. Ils ne présentent pas de ménisques.

Des absorptions acoustiques du même ordre de grandeur sont mesurées pour les deux types de films, ce qui semble indiquer que le ménisque ne joue qu'un rôle secondaire dans la dissipation. Notre hypothèse est que le frottement de l'air de part et d'autre du film serait responsable de la dissipation observée, selon un mécanisme sans doute proche de celui déjà identifié dans un autre régime.⁵

1. C. C. Park et al., *Amplification of Acoustic Evanescent Waves Using Metamaterial Slabs*, Phys. Rev. Lett. 107, 194301 (2011).
 2. J. Mei et al., *Dark acoustic metamaterials as super absorbers for low-frequency sound*, Nature communication 3, 756 (2012).
 3. J. J. Park et al., *Extraordinary Transmission in Zero-Mass Metamaterials*, Phys. Rev. Lett. 110, 244302 (2013).
 4. J. Pierre et al., *Resonance Acoustic Propagation and Negative Density in Liquid Foams*, Phys. Rev. Lett. 112, 148307 (2014).
 5. S. K. Acharige, F. Elias, and C. Derec, *Soap film vibration : origin of the dissipation*, Soft matter 10, 8341-8348 (2014).