

# Effet de viscosité élongationnelle de l'écoulement Streaming généré par un cylindre vibrant

S. Amir Bahrani<sup>1,3</sup>, Maxime Costalonga<sup>1</sup>, Laurent Royon<sup>2</sup> & Philippe Brunet<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Laboratoire Matière et Systèmes Complexes, UMR 7057 CNRS, Université Paris Diderot, Paris, France.

<sup>2</sup> Laboratoire Interdisciplinaire des Energies de Demain, UMR 8236 CNRS, Université Paris Diderot, Paris.

<sup>3</sup> Institut Mines Télécom Lille-Douai, Energy Engineering Department, F-59500 Douai, France.

seyed-amir.bahrani@univ-paris-diderot.fr

Les écoulements secondaires (streaming) générés par oscillations d'objets immergés dans un fluide au repos [1] sont similaires au streaming acoustique induit par les ondes sonores dans un fluide. Un tel phénomène est appelé *Rayleigh streaming*, d'après l'étude pionnière de Rayleigh [2], et apparaît dans les écoulements incompressibles. Le streaming résulte de la création de vorticité dans une couche limite visqueuse d'épaisseur  $\delta = (\frac{2\nu}{\omega})^{1/2}$  ( $\nu$  : viscosité cinématique,  $\omega$  : fréquence de l'oscillation) autour du corps oscillant. C'est cet écoulement visqueux incompressible du premier ordre (dont la valeur moyenne est nulle sur une période), qui produit l'écoulement secondaire, le terme inertielle du second ordre en vitesse induisant alors des forces en volume effectives de valeur moyenne non nulle. Lighthill [3] a modélisé ces forces de volume comme résultant du stress de Reynolds au niveau de la couche limite, induites par la quantité de mouvement acoustique non nulle moyenne sur une période. En conséquence, des vortex stationnaires sont générés à l'intérieur et à l'extérieur de la couche limite par continuité des contraintes visqueuses, le signe de la vorticité étant opposé entre couche interne et externe, ainsi que pour les vortex voisins. L'écoulement externe (outer streaming) a une échelle typique égale à celle de l'objet vibré, mais peut aussi être ressenti à des distances bien plus importantes lorsque l'amplitude de vibration est suffisamment élevée. Un tel écoulement a des applications potentielles dans l'homog nisation et le mélange des fluides, dans l'intensification du transfert de chaleur ainsi dans le tri de particules ou dans le pompage de fluide en microfluidique.

Nous avons étudié expérimentalement l'écoulement généré par un cylindre oscillant harmoniquement ( $\omega = 5$  à 100 Hz), perpendiculairement à son axe, dans un fluide de hauteur très supérieure au diamètre du cylindre  $d$  et à celle de la couche limite  $\delta$ . Tandis que la plupart des études ont jusqu'à présent été effectuées avec des fluides Newtoniens [4], notre étude cherche à comprendre l'influence de la viscoélasticité du fluide. En effet, les différentes applications sus-citées nécessitent souvent l'utilisation de fluides complexes. Les expériences ont été menées pour plusieurs fluides visco elastique (PEO) où on change à la fois la longueur des polymères et leur concentration. Au delà d'une certaine concentration en polymères, nous avons un fort épaississement de la couche limite stationnaire interne qui devient du même ordre que la taille de l'objet. Nous attribuons cet épaississement à la viscosité élongationnelle, que nous avons mesuré avec la méthode du jet liquide étiré. Nous observons aussi des comportements inédits à plus haute fréquence ( $\omega > 50$  Hz) : progressivement, l'écoulement à 2 paires de vortex est remplacé par un écoulement plus complexe où 4 paires de vortex sont observées.

## Références

1. N. Riley, *Annu. Rev. Fluid Mech.*, **33**, 43-65 (2001).
2. Lord Rayleigh, *Philos. Trans. R. Soc. London*, **175**, 1-21 (1884).
3. J. Lighthill, *J. Sound Vib.*, **61**, 391-418 (1978).
4. S. A. Bahrani, N. Périnet, M. Costalonga, L. Royon and P. Brunet, *preprint*, (2019).