

Turbulence et réduction de traînée

Clément TIFFON – LOMA & Université de Bordeaux 2025 – Thèse sous la direction de Pr. Hamid KELLAY
Contact : clement.tiffon@u-bordeaux.fr – LOMA (UMR 5798) - 351 cours de la Libération Talence, Gironde France

La compréhension des écoulements turbulents présente encore des enjeux majeurs en mécanique des fluides. Historiquement, leur étude s'est développée selon deux axes distincts : l'analyse des propriétés macroscopiques et celle du spectre turbulent. Les propriétés macroscopiques, comme la traînée frictionnelle et les profils de vitesse, sont essentielles pour de nombreuses applications pratiques, allant du génie hydraulique à la prévention des risques environnementaux. Conjointement, le spectre énergétique turbulent, décrivant les fluctuations de vitesse à petite échelle, manifeste une universalité remarquable, mise en évidence par les travaux de Kolmogorov (1941).

Notre projet de recherche vise à examiner le lien fondamental, jusqu'ici peu étudié, entre ces deux aspects de la turbulence. Cette connexion, bien établie en mécanique statistique classique, reste à approfondir dans le contexte des écoulements turbulents. Nous nous concentrons particulièrement sur la traînée frictionnelle pour les écoulements dans des canaux, un cas d'importance pratique considérable. Dans ce contexte, nous utilisons un montage expérimental innovant basé sur des films de savon de grandes dimensions. Cette configuration est particulièrement intéressante car elle permet d'observer des phénomènes physiques fondamentalement différents de ceux présents en turbulence tridimensionnelle. L'absence d'étirement tourbillonnaire en 2D conduit à la conservation simultanée de l'énergie et de l'ensrophie (la variance de la vortacité), impossible en 3D. Cette double conservation se manifeste par deux cascades distinctes : une cascade inverse d'énergie vers les grandes échelles et une cascade directe d'ensrophie vers les petites échelles. Cette configuration présente également un avantage méthodologique crucial : contrairement aux études 3D où l'accès aux données est limité à des coupes de l'écoulement, notre dispositif permet de mesurer simultanément toutes les composantes de vitesse dans le plan, offrant une vision complète de la dynamique de l'écoulement.

Dans ce cadre expérimental unique, nous nous intéressons particulièrement à l'étude de la réduction de la traînée par l'ajout de polymères dans l'écoulement. Nous analysons systématiquement l'influence de différentes concentrations de polymères sur les propriétés de l'écoulement turbulent, en étudiant à la fois leur impact sur la traînée et leurs interactions avec la dynamique de l'écoulement. L'objectif visé est ainsi le contrôle des propriétés macroscopiques via la modification des caractéristiques statistiques de la turbulence.

Référence :

- Kellay, H. & Goldburg, W. I. Two-dimensional turbulence: a review of some recent experiments. *Rep. Prog. Phys.* 65, 845 (2002).
- Vilquin, A. et al. Asymptotic turbulent friction in 2D rough-walled flows. *Science Advances* 7, (2021).
- Schlichting, H. & Gersten, K. *Boundary-Layer Theory*. (Springer Berlin Heidelberg, Berlin, Heidelberg, 2017). doi:10.1007/978-3-662-52919-5.
- Kellay, H. et al. Testing a Missing Spectral Link in Turbulence. *Physical Review Letters* 109, 254502 (1 (2012).
- Virk, P. S. Drag reduction fundamentals. *AIChE Journal* 21, 625–656 (1975).