

Oscillation à basse fréquence derrière une sphère et un cube

Benoît Semin¹, Guy-Jean Michon², José Eduardo Wesfreid¹

¹ Laboratoire PMMH, CNRS, ESPCI, Sorbone Université, Université Paris Cité, 7 quai saint-Bernard, 75005 Paris

² Institut Jean-le Rond d'Alembert, CNRS, Sorbonne Université, 4 Place Jussieu, 75252 Paris Cedex 05
benoit.semin@espci.fr

La transition à la turbulence derrière un objet 3D comme une sphère ou un cube se produit par une succession d'instabilités lorsque le nombre de Reynolds augmente. Nous étudions expérimentalement la seconde instabilité oscillante, dont l'origine physique est encore un problème ouvert.

Nous considérons l'écoulement derrière une sphère de diamètre $D = 14$ mm ou un cube de côté $D = 12$ mm, placé dans un canal hydraulique de côté $h = 100$ mm (voir figure a). En amont de l'objet, la vitesse U est uniforme et stationnaire. Le nombre de Reynolds est $Re = DU/\nu$, où ν est la viscosité cinématique.

Derrière une sphère, deux tourbillons longitudinaux contrarotatifs se forment à un nombre de Reynolds d'environ 210. La première instabilité oscillante consiste en l'oscillation et l'émission de ces tourbillons, et elle commence à un nombre de Reynolds d'environ 270 [1]. Une instabilité similaire existe derrière un cube, à un nombre de Reynolds de 284 [2] ainsi que derrière d'autres objets 3D.

Nous étudions la seconde instabilité oscillante, qui est caractérisée par une fréquence f_2 plus basse que la fréquence liée à la première instabilité f_1 . Cette seconde instabilité a été étudiée numériquement récemment [3,4], mais peu expérimentalement. Nous mesurons le champ de vitesse par vélocimétrie par images de particules (PIV) dans un plan yz pour différentes distances x du centre de l'objet. Un barycentre issu de la valeur absolue du champ de vorticité est extrait de ce champ de vitesse. Le périodogramme de la position de ce barycentre est calculé, et la puissance associée à la basse fréquence en est déduite (voir figure c). L'amplitude des modes azimutaux autour de ce barycentre sont aussi calculés.

Le nombre de Strouhal $St_2 = f_2 U/\nu$ en fonction du nombre de Reynolds est représenté en figure b : ce nombre de Strouhal a une valeur finie au seuil, d'environ 0,04. Nous avons montré que la puissance spectrale varie linéairement avec l'écart au seuil près de celui-ci (voir figure c). La bifurcation (secondaire) associée à la basse fréquence est donc une bifurcation de Hopf supercritique, dite aussi Neimark-Sacker.

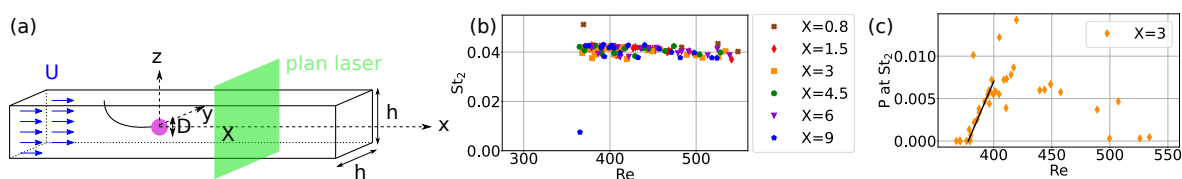


Figure 1. (a) : schéma du dispositif expérimental. (b) : nombre de Strouhal St_2 en fonction du Reynolds, dans le cas de la sphère. (c) : puissance spectrale associée à la basse fréquence, en fonction du nombre de Reynolds.

Références

1. K. GUMOWSKI, J. MIEDZIK, S. GOUJON-DURAND, P. JENFFER & J. E. WESFREID, Transition to a time-dependent state of fluid flow in the wake of a sphere, *Phys. Rev. E*, **77**, 055308(R) (2008).
2. L. KLOTZ, S. GOUJON-DURAND, J. ROKICKI & J. E. WESFREID, Experimental investigation of flow behind a cube for moderate Reynolds numbers, *J. Fluid Mech.*, **750**, 73–98 (2014).
3. Q. MENG, H. AN, L. CHENG & M. KIMIAEI, Wake transitions behind a cube at low and moderate Reynolds numbers, *J. Fluid Mech.*, **919**, A44 (2021).
4. R. SCHUH FRANTZ, Instabilities and transition to turbulence in periodic flows, *PhD Hesam* (2022).