

Dynamiques bistables markoviennes d'écoulements sur une aile

Ivan Kharsansky Atallah^{1,2}, Luc Pastur¹, Laurent Zimmer², Romain Monchaux¹

¹ Fluid Mechanics Department, ENSTA Paris, Institut Polytechnique de Paris, F-91120 Palaiseau, France

² EM2C Laboratory, CNRS, CentralSupélec, Université Paris-Saclay, 8-10 rue Joliot-Curie, 91190 Gif-sur-Yvette, France

ivan.kharsansky@ensta-paris.fr

Nous étudions expérimentalement la dynamique de l'écoulement autour d'un profil symétrique mince (NACA0012) et un profil asymétrique épais (NACA 63418) pour des nombres de Reynolds Re allant de 50 000 à 110 000. Pour le profil mince nous confirmons que des oscillations à basse fréquence peuvent être observées dans la gamme la plus basse des nombres de Reynolds et autour du décrochage, comme cela a été décrit dans plusieurs études numériques et expérimentales [1,2,3]. Nous avons découvert qu'au-delà d'une valeur critique du nombre de Reynolds et d'angle de attaque α , toujours autour du décrochage, la dynamique de l'aile devient bi-stable intermittente et remplace les oscillations à basse fréquence. Dans ce nouveau régime, la boucle d'hystérésis attendue n'est pas observée en raison de la dynamique intermittente, qui relie les deux branches de solutions pour un α fixe. Le profil asymétrique ne présente pas d'oscillations aux basses fréquences ; en revanche, une dynamique bi-stable intermittente est observée dans la gamme des petits nombres de Reynolds, bien avant le décrochage, en coïncidence avec la formation d'une bulle de recirculation sur l'extrados du profil. À notre connaissance, cette dynamique bi-stable intermittente n'a encore jamais été décrite dans la dynamique d'une aile. Elle est caractérisée par des transitions aléatoires sans mémoire entre les états d'écoulements complètement attaché et complètement détaché ; elle peut être décrite par la théorie des chaînes de Markov continues et des événements rares.

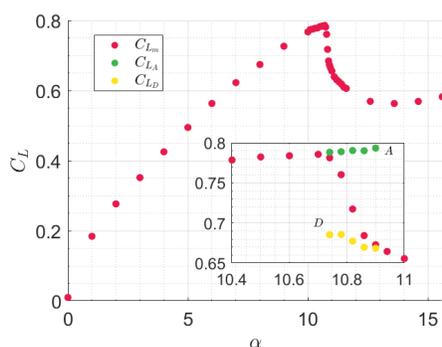


Figure 1. Évolution du coefficient de portance du profil mince en fonction de l'angle d'attaque. Sur une plage finie d'angle critique, le système subit une bifurcation sous-critique qui donne lieu à une dynamique de transitions intermittentes entre les deux branches stables A et D

Références

1. E. M. ELJACK, High-fidelity numerical simulation of the flow field around a NACA-0012 aerofoil from the laminar separation bubble to a full stall, *International Journal of Computational Fluid Dynamics*, **31**, 230–245 (2017).
2. YASIR A. ELAWAD & E. M. ELJACK, Numerical investigation of the low-frequency flow oscillation over a NACA-0012 aerofoil at the inception of stall, *Journal of Micro Air Vehicles*, **11** (2019).
3. H. TANAKA, Flow visualization and PIV measurements of laminar separation bubble oscillating at low frequency on an airfoil near stall, *24th International congress of the aeronautical sciences*, (2004).