

Modèle de force basé sur les dynamiques transitoires de sillage dans le « pinball fluide »

Deng Nan^{1,2}, Pastur Luc R.¹, Noack Bernd R.^{3,4}, Cornejo Maceda Guy², Lusseyran François², Loiseau Jean-Christophe⁵ & Morzyński Marek⁶

¹ IMSIA – UMR9219, ENSTA Paris, L’institut polytechnique de Paris, Palaiseau, France

² LIMSI – CNRS, Université Paris Saclay, Orsay, France

³ Harbin Institute of Technology, China

⁴ Technische Universität Berlin, Allemagne

⁵ Laboratoire DynFluid, École Nationale Supérieure d’Arts et Métiers, Paris, France

⁶ Poznań University of Technology, Poland

nan.deng@ensta-paris.fr

Dans ce travail, nous étudions numériquement la dynamique transitoire des forces induites par l’écoulement du « pinball fluide », et essayons d’obtenir un modèle de force basé sur les données. Nous présentons un modèle de moindre degré de liberté qui est dérivé des équations de Navier-Stokes pour un écoulement incompressible subissant deux bifurcations supercritiques successives, de Hopf et fourche, à nombre de Reynolds croissant, par simulations numériques directes (DNS) d’un écoulement de sillage bidimensionnel autour d’un groupe de trois cylindres disposés de façon équidistante sur les sommets d’un triangle équilatéral [1]. Les caractéristiques principales de la dynamique d’écoulement simulée par DNS sont reproduites par un système dynamique clairsemé de dimension cinq facilement interprétable. Pour mieux comprendre la dynamique transitoire, nous calculons les coefficients de portance C_L et de traînée C_D depuis l’état de base stationnaire symétrique instable jusqu’au champ moyen asymptotique, et étudions plus particulièrement les effets des degrés de liberté élémentaires du système dynamique sous-jacent sur les coefficients de traînée et de portance de l’écoulement fluide [2]. Basé sur l’équation de Poisson pour la pression [3], les degrés de liberté élémentaires ne contribuent qu’à l’un des coefficients de force C_L ou C_D , selon leur symétrie et l’asymétrie du champ d’écoulement. Un modèle de force basé sur la physique peut être dérivé de ces considérations de symétrie, puis les coefficients du modèle identifiées par une approche basée sur les données (caractéristiques des régimes transitoires et régression sous contrainte de modèle creux). Une méthode de régression clairsemée comme [4,5] est utilisée, la dynamique de force du système original est bien reproduite par le modèle, depuis la dynamique transitoire jusqu’au régime asymptotique permanent. Cette approche basée sur les données nous aide dans une certaine mesure à comprendre les contributions aux force des principaux modes et leurs termes croisés.

Références

1. N. Deng, B. R. Noack, M. Morzyński & L. R. Pastur, Low-order model for successive bifurcations of the pinball fluide, *J. Fluid Mech.* **884**, A37 (2020).
2. N. Deng, L. R. Pastur, B. R. Noack, G. Y. Cornejo Maceda, F. Lusseyran, J. C. Loiseau & M. Morzyński, Dynamiques transitoires du sillage en pinball fluide, 22m Rencontre du Non Linéaire, 15 (2019).
3. B. R. Noack, P. Papas & P. A. Monkewitz, The need for a pressure-term representation in empirical Galerkin models of incompressible shear flows, *J. Fluid Mech.* **523**, 339-365 (2005).
4. J. C. Loiseau, B. R. Noack & S. L. Brunton, Sparse reduced-order modelling : sensor-based dynamics to full-state estimation. *J. Fluid Mech.* **844**, 459-490 (2018).
5. S. L. Brunton, J. L. Proctor & J. N. Kutz, Discovering governing equations from data by sparse identification of nonlinear dynamical systems, *Proceedings of the national academy of sciences*, **113**(15), 3932-3937 (2016).