

Transitions, hystérésis et instationnarité d'un écoulement de von Kármán turbulent

Brice Saint-Michel

April 10, 2013

SPHYNX, SPEC, CEA Saclay

La géométrie compacte et relativement simple des écoulements de von Kármán, constitués d'un cylindre rempli de fluide forcé inertiuellement par deux turbines contra-rotatives, permet de générer facilement des écoulements pleinement turbulents qui ont permis de tester diverses facettes de la turbulence.

Nous allons étudier un tel écoulement de von Kármán possédant des pales courbes, en s'intéressant aux mesures de couples et de vitesses au niveau des turbines ainsi qu'aux champs de vitesses issus de vélocimétrie par imagerie de particules (PIV). Il a déjà été montré que l'histoire de l'écoulement a un impact essentiel sur l'écoulement et les couples stationnaires observés en régime turbulent lorsque l'écoulement toroïdal – suivant le sens de rotation des turbines – était dominant [1]. Cette hystérèse, valable lorsque la vitesse des turbines est imposée, disparaît au profit de régimes instationnaires lorsque le couple exercé sur les turbines est imposé [2]. Cette différence de comportement ressemble à une inéquivalence d'ensemble, parfois observée dans les systèmes possédant des interactions à longue portée [3].

Pour des écoulements plutôt poloïdaux, qui recirculent du fait du pompage des turbines, les mesures de couple semblent montrer une absence d'hystérèse, et donc une équivalence d'ensemble. Les mesures de PIV montrent, quant à elles, la présence d'une transition statistique qui possède des traits communs à la transition ferro/paramagnétique du modèle d'Ising [4, 5].

Cet exposé va décrire le comportement de l'écoulement dans les deux sens de rotation, préciser les transitions observées et va tenter d'apporter un cadre théorique à leur description.

References

- [1] Florent Ravelet, Louis Marié, Arnaud Chiffaudel, and François Daviaud. Multistability and memory effect in a highly turbulent flow: Experimental evidence for a global bifurcation. *Phys. Rev. Lett.*, 93:164501, Oct 2004.
- [2] Brice Saint-Michel, Bèrèngère Dubrulle, Florent Ravelet, and François Daviaud. Forcing-dependent stability of steady turbulent states. *sur ArXiv, soumis à Phys. Rev. Lett.*, 2013.
- [3] Julien Barré, David Mukamel, and Stefano Ruffo. Inequivalence of ensembles in a system with long-range interactions. *Phys. Rev. Lett.*, 87:030601, Jun 2001.
- [4] P.-P. Cortet, A. Chiffaudel, F. Daviaud, and B. Dubrulle. Experimental evidence of a phase transition in a closed turbulent flow. *Physical Review Letters*, 105:214501, 2010.
- [5] P-P Cortet, E Herbert, A Chiffaudel, F Daviaud, B Dubrulle, and V Padilla. Susceptibility divergence, phase transition and multistability of a highly turbulent closed flow. *Journal of Statistical Mechanics: Theory and Experiment*, 2011(07):P07012, 2011.