

Transition sous-critique vers la turbulence : ce que la transition vitreuse peut nous apprendre

Dauchot¹ & Bertin²

¹ UMR Gulliver, ESPCI-ParisTech, 10 rue Vauquelin, 75005 Paris

² Université de Lyon, Laboratoire de Physique, ENS Lyon, CNRS, 46 Allée d'Italie, 69007 Lyon, France
olivier.dauchot@espci.fr

La transition globalement sous-critique vers la turbulence [4] est particulièrement délicate à comprendre en raison de son caractère abrupt et des dynamiques spatio-temporelles complexes – nucléation, croissance et décroissance de domaines turbulents – qu'elle présente. Récemment, plusieurs observations expérimentales et numériques [6,8] ont induit une proposition audacieuse selon laquelle la turbulence des écoulements cisailés pourrait être transitoire jusqu'à un nombre de Reynolds arbitrairement grand. Ces observations, qui concernent la statistiques des temps de vies turbulents, sont en contradiction apparente avec d'autres observations obtenues précédemment. Ces résultats contradictoires ont à leur tour motivé la conduite d'un nombre impressionnant d'études numériques, expérimentales et théoriques (voir [3] pour une revue complète). Il en est notamment ressorti une meilleure compréhension des mécanismes en jeu dans la dynamique de coexistence, ainsi qu'une meilleure connaissance de l'organisation de l'espace des phases, impliquant de nombreuses solutions instables de l'équation de Navier-Stokes.

Nous explorons l'analogie entre la transition vers la turbulence sous-critique et la transition vitreuse, en remarquant que la présence dans l'espace de phase de nombreuses solutions instables et l'existence de temps de relaxation fini, mais extrêmement grands, sont des phénomènes caractéristiques de la physique des verres [1]. Nous discutons d'abord les limites des procédures de fit dans l'évaluation de la divergence de la durée des temps de vie turbulent dans un écoulement de Taylor-Couette [2], en s'inspirant des discussions similaires qui ont animé pendant longtemps la communauté des verres [7]. Nous proposons ensuite une adaptation d'un modèle simplifié, le "Random Energy Model" [5], proposé par B. Derrida, qui a grandement inspiré la physique de verre, afin de pouvoir éventuellement mieux comprendre les mécanismes statistiques en jeu dans la transition sous critique vers la turbulence. Nous obtenons ainsi une estimation des temps de vie turbulents en fonction du nombre de Reynolds proche de la transition, une estimation qui concorde qualitativement étonnamment bien avec la phénoménologie observée.

Références

1. L. Berthier and G. Biroli. Theoretical perspective on the glass transition and amorphous materials. *Review of Modern Physics*, **83**(2) :587, 2011.
2. D. Borrero-Echeverry, M. F. Schatz, and R. Tagg. Transient turbulence in Taylor-Couette flow. *Phys. Rev. E*, **81** :025301, 2010.
3. O. Dauchot and E. Bertin. Subcritical transition to turbulence : What we can learn from the physics of glasses. *Phys. Rev. E*, **86**(3) :036312, 2012.
4. O. Dauchot and P. Manneville. Local versus global concepts in hydrodynamic stability theory. *Journal de Physique II*, **7**(2) :371–389, 1997.
5. B. Derrida. Random-Energy Model : Limit of a Family of Disordered Models. *Phys. Rev. Lett.*, **45** :79–82, 1980.
6. B. Hof, J. Westerweel, T. M. Schneider, and B. Eckhardt. Finite lifetime of turbulence in shear flows. *Nature*, **443**(7107) :59–62, 2006.
7. D. Kivelson, G. Tarjus, X. Zhao, and S. A. Kivelson. Fitting of viscosity : Distinguishing the temperature dependences predicted by various models of supercooled liquids. *Phys. Rev. E*, **53** :751–758, 1996.
8. T. M. Schneider, F. De Lillo, J. Buehrle, B. Eckhardt, T. Dörnemann, K. Dörnemann, and B. Freisleben. Transient turbulence in plane Couette flow. *Phys. Rev. E*, **81**(1), 2010.