

Modélisation de la transition vers la turbulence dans un écoulement en conduite de fluide rhéofluidifiant : approche par calcul d'ondes non linéaires

Nicolas ROLAND¹, Emmanuel PLAUT², & Chérif NOUAR³

LEMTA Nancy-Université & CNRS, 2 Avenue de la Forêt de Haye 54516 Vandoeuvre Cedex^{1,2,3}
nicolas.roland@ensem.inpl-nancy.fr

La compréhension de la transition vers la turbulence en conduite cylindrique pour les fluides newtoniens est un problème ancien [1]. Des progrès récents ont été accomplis par la découverte de nouvelles solutions numériques [2], [3]. Ces solutions, des ondes non linéaires 3D, constituent le squelette de l'attracteur turbulent. Elles peuvent être considérées comme des structures cohérentes et ont été observées expérimentalement [4]. Ces découvertes ont été rendues possibles par des travaux antérieurs en canal plan, notamment ceux de Waleffe [5].

Le problème de la transition vers la turbulence pour des fluides non newtoniens importe également car de tels fluides sont utilisés par l'industrie pétrolière, du papier, en cosmétique, etc. Dans le cas de ces fluides, les effets non newtonien modifient les mécanismes de transition. Une dissymétrie a été observée dans le profil moyen (en temps) de vitesse durant la transition pour un fluide rhéofluidifiant avec ou sans contrainte seuil [6], [7]. Cette dissymétrie a également été mise en évidence numériquement par Rudman [8]. Il attribue la présence de cette asymétrie au caractère rhéofluidifiant du fluide.

Dans notre équipe, des structures cohérentes ont été mise en évidence expérimentalement pour une solution de Carbopol [9]. C'est pourquoi guidés par ces résultats, nous recherchons une famille d'ondes non linéaires présentant les mêmes symétries. Nous considérons l'écoulement d'un fluide obéissant à la loi de Carreau dans une conduite cylindrique supposée infinie. Cette recherche s'effectue en utilisant une méthode pseudo-spectrale [10] et de continuation.

Références

1. O. REYNOLDS, An experimal investigation of the circumstances which determine wether the motion of water shall be direct or sinuous, and of the law of resistance in parallel channels, *Phil. Trans. Roy. Soc. Lond.* **174**, 935 (1883).
2. H. FAISST & B. ECKHARDT, Traveling waves in pipe flow, *Phys. Rev. Lett.* **91**, 224502, 1-4 (2003).
3. H. WEDIN & R. R. KERSWELL, Exact coherent structures in pipe flow : travelling wave solutions, *J. Fluid Mech.* **508**, 333-371 (2004).
4. B.HOF *et al*, Experimental observation of nonlinear traveling waves in turbulent pipe flow, *Science* **305**,1594 (2004).
5. F. WALEFFE, Three-Dimensional Coherent States in Plane Shear Flows, *Phys. Rev. Let.* **81**, 4140-4143 (1998).
6. M. P. ESCUDIER *et al*, Observations of asymmetrical flow behaviour in transitional pipe flow of yield-stress and other shear-shinning liquids, *J. Non-Newtonnian Fluid Mech.* **127**, 143 (2005).
7. J. PEIXINHO *et al*, Laminar transitional and turbulent flow of yield stress fluid in a pipe, *J. Non-Newtonnian Fluid Mech.* **128**, 172 (2005).
8. M. RUDMAN *et al*, Turbulent pipe flow of shear-thinning fluids, *J. Non-Newtonnian Fluid Mech.* **118**, 33 (2004).
9. A. ESMAËL & C. NOUAR , Transitional flow of a yield-stree fluid in a pipe : Evidence of a robust coherent structure, *Phys. Rev. E* **77**, 057302 (2008).
10. A. MESEGUER & F. MELLIBOVSKY , On a solenoïdal Fourier-Chebyshev spectral method or stability analysis of the Hagen-Poiseuille flow, *Applied Numerical Mathematics* **57**,920 (2007).