

Transition vers l'écoulement chaotique induit par la stratification de la viscosité : Evolution non-linéaire de l'amplitude des stries

Bahrani Seyed Amir, Lefèvre Alain, Esmael Ahmed & Nouar Chérif

LEMMA UMR 7563 CNRS Université de Lorraine, 2 avenue de la Forêt de Haye, 54518 Vandoeuvre Cedex
 cherif.nouar@univ-lorraine.fr

Les systèmes dissipatifs non linéaires, tels que ceux rencontrés en dynamique des fluides, peuvent atteindre un état chaotique lorsque le paramètre qui mesure le degré de non linéarité est important. Dans le cas des fluides Newtoniens, le degré de non linéarité est représenté par le nombre de Reynolds qui est le rapport entre les termes non linéaires d'inertie $(\mathbf{U} \cdot \nabla)\mathbf{U}$ et les termes de contraintes visqueuses $\nabla \cdot \boldsymbol{\tau}$. Les équations gouvernant les écoulements de fluides non Newtoniens font apparaître une non linéarité supplémentaire via l'équation constitutive. Pour des écoulements de fluides viscoélastiques, cette non linéarité peut conduire à un état chaotique à très faible Reynolds [1, 2].

Les écoulements de fluides purement visqueuse rhéofluidifiant se caractérisent d'une part par une stratification radiale de la viscosité (la viscosité diminue de l'axe de la conduite vers la paroi) et d'autre part par la variation nonlinéaire de la viscosité en fonction du cisaillement. Il est alors naturel de se demander dans quelle mesure, l'interaction entre cette non linéarité et celle des termes d'inertie peut conduire à un état chaotique. Ce point a été abordé théoriquement pour un fluide rhéofluidifiant dans le cas d'un problème de Rayleigh-Bénard [3] et celui de Taylor-Couette entre deux cylindres coaxiaux [4].

Dans cette étude, nous présentons les résultats obtenus lors de transition vers la turbulence pour un fluide rhéofluidifiant dans un écoulement de poiseuille cylindrique. Les observations expérimentales identifient clairement deux étapes dans le régime transitionnel. La première n'existe pas dans le cas Newtonien. Elle correspond à un état non linéaire caractérisée par une structure cohérente robuste avec un nombre d'onde azimutal $m = 1$, et qui se traduit par une asymétrie des profils moyens (moyen au sens temporel) de la composante axiale de la vitesse. Des stries de haute vitesse et de basse vitesse sont clairement mises en évidence. La deuxième étape correspond à l'apparition des spots classiques (puffs) de turbulence. Elle intervient à un nombre de Reynolds nettement plus élevé que celui observé en Newtonien. L'objectif de ce travail est de quantifier l'évolution de l'amplitude des stries A_{exp} , définie par

$$A_{exp} = (1/2 \cdot U_B) [\max_{r,\theta}(U(t, r, \theta)) - \min_{r,\theta}(U(t, r, \theta))]$$

en fonction du nombre de Reynolds et de la position axiale.

Pour une position axiale donnée, A_{exp} augmente d'abord linéairement avec Re , ensuite sature et se stabilise. De la même façon, pour un nombre de Reynolds donné, A_{exp} augmente avec la position axiale z/D , ensuite sature et se stabilise. Nous pensons que cette stabilisation, résulte d'une instabilité inflectionnelle des stries. La rétroaction des termes non linéaires, en particulier ceux provenant de l'expression de la viscosité en fonction du cisaillement, pourraient régénérer les stries (Waleffe [5]).

Références

- [1] R.G. Larson, Nature, **405**, 27-28 (2000).
- [2] A. Groisman and V. Steinberg, Nature, **405**, 53-55 (2000).
- [3] R.E. Khayat, J. Non-Newtonian Fluid Mech. **63**, 153-178, (1996).
- [4] N. Ashrafi and R. E. Khayat, Phys. Rev. E. **61**, 1455-1467, (2000).
- [5] F. Waleffe, Phys. Fluids. **9**, 883-900, (1997).