

# Transition vers la turbulence en conduite cylindrique pour un fluide non Newtonien : Effet de la non linéarité de la loi de comportement

Lopez<sup>1</sup>, Jenny<sup>1</sup>, & Nouar<sup>1</sup>

LEMETA, 2 Avenue de la Forêt de Haye BP160, 54504 Vandoeuvre les Nancy  
cherif.nouar@ensem.inpl-nancy.fr

La transition vers la turbulence en conduite cylindrique pour un fluide non Newtonien a été peu étudiée en dépit de l'importance de ce problème dans de nombreux secteurs industriels. Comparativement au cas Newtonien, les résultats existants dans la littérature font état d'une part d'un retard à la transition vers la turbulence [1] et d'autre part de l'apparition d'une asymétrie dans les profils moyens (au sens temporel) de la vitesse axiale [2,3,4,5]. Le comportement rhéofluidifiant, *i.e.*, la décroissance de la viscosité avec le cisaillement, est la propriété rhéologique commune à la majorité des fluides non Newtoniens. La présente communication se propose alors d'étudier la transition vers la turbulence en conduite cylindrique pour un fluide purement visqueux rhéofluidifiant. Les écoulements de ces fluides 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. Le comportement rhéologique des fluides considérés est supposé être décrit par le modèle de Carreau-Yasuda :  $\mu = [1 + (\lambda\dot{\gamma})^a]^{(n-1)/a}$ , où  $\lambda$  est une constante de temps,  $0 < n < 1$  l'indice de rhéofluidification et  $\dot{\gamma}$  le deuxième invariant du tenseur des taux de déformation. Il est évident que l'ordre de nonlinéarité dans la relation  $\mu(\dot{\gamma})$  est beaucoup plus important que la nonlinéarité quadratique des termes d'inertie. Le but de cette étude est précisément d'examiner l'influence de cette nonlinéarité sur la typologie des mécanismes de transition vers la turbulence. Une approche numérique est adoptée. Les équations du mouvement sont traitées par une approche pseudo-spectrale du type Petrov-Galerkin similaire à celle proposée par Meseguer [6]. La vitesse est décrite par une série de Fourier dans les directions azimutale et axiale et par des polynômes de Chebychev (satisfaisant les conditions de régularité) suivant la direction radiale. La discrétisation temporelle utilise un schéma semi-implicite d'Adams-Bashforth d'ordre 4. Les termes nonlinéaires visqueux et d'inertie sont traités en explicite. L'écoulement de base est d'abord supposé complètement établi, et à l'instant  $t = 0$ , une perturbation sous forme de rouleaux longitudinaux est imposée. Les résultats obtenus montrent que la nonlinéarité  $\mu(\dot{\gamma})$  conduit à : (i) une réduction de la dissipation visqueuse et (ii) à un spectre de modes très large dès le premier pas de temps. Bien que le niveau d'énergie des modes générés par la nonlinéarité de la viscosité soit très faible (deux ordres de grandeur plus faible par rapport à ceux induits par les termes nonlinéaires inertiels) ils modifient de manière significative la réorganisation de l'écoulement.

## Références

1. M. Escudier, F. Presti, S. Smith. Drag reduction in the turbulent pipe flow of polymers. *J. non-Newtonian Fluid Mech.* 81, 197-213 (1999).
2. M. Escudier, R. Poole, F. Presti, C. Dales, C. Nouar, C. Desaubry, L. Graham, Pullum, L. Observations of asymmetrical flow behaviour in transitional pipe flow of yield-stress and other shear-thinning liquids. *J. Non-Newtonian Fluid Mech.* 127, 143-155 (2005).
3. J. Pexinho, C. Nouar, C. Desaubry, B. Théron. Laminar transitional and turbulent flow of yield-stress fluid in a pipe. *J. Non-Newtonian Fluid Mech.* 128, 172-184 (2005).
4. A. Esmael, C. Nouar. Transitional flow of a yield-stress fluid in a pipe : Evidence of a robust coherent structure. *Phys. Rev. E.* 77, 057302 (2008).
5. M. Escudier, S. Rosa, R. Poole. Asymmetry in transitional pipe flow of drag-reducing polymer solutions. *J. non-Newtonian Fluid Mech.* 161, 19-29 (2009).
6. A. Meseguer. breakdown instability in pipe Poiseuille flow. *Phys. Fluids.* 15, 1203-1213 (2003).