

Tourbillons élastiques supercritiques observés dans l'écoulement de Couette-Taylor de solutions de polymères.

F. Kelai, N. Abcha, O. Crumeyrolle & I. Mutabazi

Laboratoire d'Ondes et Milieux Complexes (LOMC), FRE-3102 CNRS-Université du Havre, 76058 Le Havre
faycal.kelai@univ-lehavre.fr

L'écoulement de Couette-Taylor est observé pour un liquide confiné entre deux cylindres coaxiaux en rotation différentielle. Il constitue un système hydrodynamique modèle. Une avancée majeure dans le domaine des écoulements viscoélastiques a été effectuée par [1] quand ces auteurs ont mis en évidence dans l'écoulement de Couette-Taylor de solution polyisobutylène/polybutène l'existence d'une instabilité dite « purement élastique ». En effet, si dans le cas purement Newtonien ce sont les forces d'inerties qui déstabilisent l'écoulement de base, les effets élastiques peuvent dans certains cas déstabiliser ce dernier pour des vitesses de rotation arbitrairement faibles, *i.e.* des forces d'inerties négligeables. Le mécanisme de l'instabilité a été étudié plus avant par [2], qui ont montré qu'au seuil de l'instabilité $K_c^2 = (\tau\dot{\gamma})^2(d/a)(\eta - \eta_s)/\eta$ est constant (avec η la viscosité de la solution, η_s la viscosité du solvant, τ le temps de relaxation moléculaire, $\dot{\gamma}$ le taux de cisaillement dans l'entrefer, d l'épaisseur de l'entrefer et a le rayon du cylindre intérieur). On note que dans [2], l'instabilité purement élastique a été observée sous la forme d'une transition *sous-critique* vers un mode supérieur (appelé « oscillations désordonnées » dans [2]), et que les « paires de tourbillons » élastiques isolées, qui délimitent l'écoulement en domaines et sont supposées être le mode d'instabilité élastique primaire, ne sont observées que moyennant de réduire le paramètre de contrôle une fois le seuil franchi.

Nous rapportons les observations d'une transition *supercritique* depuis l'écoulement de base vers un régime de paires irrégulièrement espacées de tourbillons dans des solutions aqueuses de polyoxyéthylène de forte masse molaire et de polyéthylène glycol de petite masse molaire.

La rhéofluidification de ces solutions est négligeable. Le ratio $S = (\eta - \eta_s)/\eta_s$ varie de 0,16 à 0,28 et τ de 0,1 s à 0,37 s. Les solutions sont placées dans une cellule de Couette-Taylor verticale. Le rapport d'aspect est de 45,9 et le rapport des rayons vaut $a/(a + d) = 0,8$. Le cylindre extérieur est fixe. La visualisation de l'écoulement est obtenue par une coupe laser verticale de l'entrefer. Afin de mesurer les champs de vitesses, nous avons aussi utilisé la technique de vélocimétrie par imagerie de particules (PIV).

Les motifs d'écoulement observés et les profils extraits après traitement des données sont très semblables aux résultats antérieurs sur les motifs d'écoulements purement élastiques (paire de tourbillon isolés [2], *flame pattern* [3]). Le seuil de l'instabilité est caractérisé par K_c variant de 0,8 à 1 tandis que le Taylor $Ta_c = \sqrt{d/a} \cdot Re_c$ décroît fortement de 30,2 à 6,3 (avec $Re_c = \dot{\gamma}d^2\rho/\eta$ le nombre de Reynolds). À l'opposé, dans le cas où le premier mode d'instabilité est observé sous forme d'ondes contrapropagatives inertioélastiques ([4], S environ 0,1 ou moins), K_c croît jusqu'à 0,8 tandis que Ta_c varie faiblement de 46,1 à 42,2.

On peut donc conclure que nous avons bien observé une transition super-critique vers un régime élastique.

Références

1. R. G. LARSON, E. S. G. SHAQFEH & S. J. MULLER, *J. Fluid Mech.*, **218**, 573-600 (1990).
2. A. GROISMAN & V. STEINBERG, *Europhys. Lett.*, **43**(2), 165-170 (1998).
3. B.M. BAUMERT & S.J. MULLER, *Phys. Fluids*, **9**(3), 566-586 (1997).
4. F. KELAI, O. CRUMEYROLLE & I. MUTABAZI, *10^e Rencontre du non linéaire*, 67-72 (2007).