

Instabilité de solutions semi-diluées ou diluées de polymères dans un écoulement de Couette-Taylor : suppression des harmoniques de couplage.

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

LMPG, université du Havre, 53 rue de Prony, BP 540, 76058 Le Havre cedex
faycal.kelai233@univ-lehavre.fr

Les écoulements viscoélastiques de solutions de polymères dans le système de Couette-Taylor font l'objet d'études expérimentales depuis environ quarante ans. L'absence d'équation universelle pour les liquides viscoélastiques et les motivations industrielles pour la prédiction des écoulements viscoélastiques ont largement motivé les nombreux travaux. En laboratoire on cherche à employer des systèmes hydrodynamiques modèles. C'est le cas du système de Couette-Taylor, qui est formé d'une couche de fluide emprisonnée dans l'entrefer formé par deux cylindres coaxiaux en rotation. Les solutions de polymères de forte masse molaire constituent, elles, des liquides viscoélastiques modèles. En effet il est possible de contrôler les propriétés viscoélastiques en variant la concentration du polymère ou la nature du solvant.

Nous caractérisons l'écoulement de solutions de polyoxyéthylène (POE, Aldrich, 8.106 g/mol) soit en solution peu visqueuse (0,93 mPa.s) mais semi-diluée (1200 ppm de POE en masse), noté " A ", soit en solution plus visqueuse (45 mPa.s) mais diluée (50 ppm), noté " B ". Cette dernière approche est plus proche des travaux antérieurs. (e.g. [1]). Dans le cas A les solutions sont rhéofluidifiantes et la viscosité sous cisaillement peut être décrite par la loi de Carreau. Dans le cas B les solutions présentent une rhéofluidification négligeable. La géométrie de Couette-Taylor employée est constituée de deux cylindres coaxiaux. L'étude est conduite à cylindre extérieur fixe. Le cylindre intérieur est noir, de rayon $a = 4$ cm. Le cylindre extérieur, de rayon $b = 5$ cm, est transparent. Le rapport d'aspect est de 45,9 et le rapport des rayons vaut $d/a = (b - a)/a = 0,8$. On ajoute à nos solutions 2% (en volume) de Kalliroscope AQ1000 (une solution diluée de plaquettes réfléchissantes anisotropes). La visualisation de l'écoulement est obtenue par une coupe laser verticale de l'entrefer de 11 à 17 cm de haut. Une caméra CCD 2D (Basler A641f) enregistre l'intensité lumineuse $I(r, z, t)$ à la cadence de 11 images par seconde pendant 15 minutes. A partir de ces acquisitions, on peut extraire des diagrammes spatio-temporels $I(z, t)$ à r fixé ou $I(r, t)$ à z fixé, qui sont étudiés par traitement du signal.

Dans les deux cas, le premier mode d'instabilité observé est un régime formé d'ondes spirales axialement contrapropagatives, comparable aux régimes nommés SW ou RSW dans la littérature [1,2,3]. Ce type de régime est dit inertio-élastique. Dans le cas A le seuil est observé à un nombre de Taylor $Ta = \sqrt{d/a} \cdot Re = 40,5$, où Re est le nombre de Reynolds effectif (viscosité rhéofluidifiée) dans l'entrefer. Dans le cas B le seuil est observé à une valeur proche de $Ta = 38,5$. Les nombres de Weissenberg ($We =$ temps de relaxation/temps de cisaillement) sont proches de 10 dans les deux cas. Les nombres élastiques $E = We/Re$ sont dans l'intervalle $[0, 1; 0, 3]$.

A l'aide de la démodulation complexe nous caractérisons le mode critique d'instabilité et rapportons les différences observées entre les deux cas. En particulier des harmoniques de couplages (c.f. [3]) sont bien présentes dans le cas A, mais presque absentes dans le cas B. Ce dernier point est cohérent avec les résultats des travaux antérieurs des équipes [1] et [2], qui n'avaient pas mis en évidence les harmoniques de couplages. L'amplitude des différents modes est rapportée dans chaque cas, et ceci pour différentes position radiales. Dans le cas B on observe, outre les spirales, une faible harmonique de couplage, uniquement en espace, et seulement près du cylindre extérieur. Les comportements dans la direction radiale sont aussi étudiés.

Références

1. A. GROISMAN & V. STEINBERG, *Europhys. Lett.*, **43**(2), 165-170 (1998).
2. B.M. BAUMERT & S.J. MULLER, *Phys. Fluids*, **9**(3), 566-586 (1997).
3. O. CRUMEYROLLE, I. MUTABAZI & M. GRISEL, *Phys. Fluids*, **14**(5), 1681-1688 (2002).