

# Instabilité viscoélastique dans le régime Képlérien comme analogue de l'instabilité magnéto-rotationnelle

Innocent MUTABAZI, Yang BAI & Olivier CRUMEYROLLE

Laboratoire Ondes et Milieux Complexes, UMR 6294, CNRS-Université du Havre, 76058 Le Havre Cedex  
 innocent.mutabazi@univ-lehavre.fr

L'instabilité magnéto-rotationnelle (MRI) d'un fluide conducteur dans un champ magnétique a fait l'objet de plusieurs études théoriques depuis que Balbus et Hawley [1] ont montré qu'elle était l'un des mécanismes susceptibles d'expliquer le transport de moment turbulent dans les disques d'accrétion en Astrophysique. De récents travaux d'Ogilvie et collaborateurs [2,3] ont ouvert une possibilité de réalisation d'une expérience analogique permettant d'illustrer cette instabilité en utilisant les liquides viscoélastiques. En effet, l'étirement de longues chaînes polymériques est équivalent à celui des lignes de champ magnétique ; et les équations décrivant les écoulements des liquides viscoélastiques dans le modèle d'Oldroyd-B sont identiques à celles de la magnétohydrodynamique dans la limite des grands nombres de Weissenberg  $Wi$  et de Reynolds magnétique  $Rm$ . Boldyrev [4] ont mené une expérience préliminaire mais dans des conditions éloignées de la théorie développée par Ogilvie et al. [3].

Nous rapportons les résultats d'une étude systématique expérimentale et théorique de l'instabilité d'un liquide viscoélastique (de masse volumique  $\rho$  et de viscosité  $\mu_0$ ) dans le système de Couette-Taylor de longueur  $L$  et de largeur  $d$  lorsque les deux cylindres de rayons  $a$  et  $b = a + d$  sont en corotation de type Képlérien avec des vitesses angulaires  $\Omega_1$  et  $\Omega_2$  respectivement. Nous avons utilisé des solutions de polymères avec des temps de relaxation  $\lambda$  qui ont une viscosité totale quasi-constante vis-à-vis du cisaillement, mimant le modèle d'Oldroyd-B. Les paramètres de contrôle variables du système sont le nombre de Taylor  $Ta = [\rho|\Omega_1 - \Omega_2|ad/\mu] (d/a)^{1/2}$ , le nombre élastique  $E = \lambda\mu/(\rho d^2)$  et le rapport des viscosités  $S = \mu_p/mu_0$  où  $\mu_p$  est la contribution du polymère à la viscosité du solvant. L'expérience est réalisée dans un système de rapport d'aspect  $\Gamma = L/d = 45$  et de rapports de rayons  $\eta = a/b = 0.8$ .

Pour chaque solution de polymère, nous avons détecté l'apparition d'une instabilité et mesuré les principaux paramètres caractérisant le motif correspondant : valeur seuil de  $Ta$ , spectre de longueur d'onde et de fréquence. Une étude de stabilité linéaire a permis de déterminer les différents seuils d'instabilité pour différentes solutions étudiées et un diagramme d'états critiques  $Ta_c(ES)$  a été établi. Les principaux résultats obtenus sont les suivants : lorsque les cylindres sont en corotation Képlérienne, pour une valeur donnée de  $ES$ , l'écoulement devient instable et le seuil  $Ta_c$  décroît avec  $ES$  ; la nature de l'instabilité dépend de la valeur du produit  $ES$ . Pour de valeurs de  $E > 1$  quelque soit  $S$ , l'instabilité est de nature purement élastique avec un large spectre de nombres d'onde et de fréquences. Pour de faibles valeurs de  $E$ , l'instabilité se manifeste soit sous forme de vortex axisymétriques stationnaires ou de vortex non axisymétriques oscillants.

Une analyse théorique a permis d'étendre le modèle d'Ogilvie par la généralisation du critère de stabilité de Rayleigh aux fluides viscoélastiques, ainsi que la construction de champs de vecteurs à partir du tenseur de contraintes viscoélastiques. Ces champs de vecteurs jouent un rôle analogue à celui du champ magnétique. Cette extension a permis de considérer que les vortex axisymétriques observés dans l'expérience sont les analogues de l'instabilité magnéto-rotationnelle azimutale alors que les vortex non axisymétriques seraient les analogues de l'instabilité magnéto-rotationnelle hélicoédale [?].

## Références

1. S.A. BALBUS AND J.F. HAWLEY, *Rev. Mod. Phys.*, **70**, 1 (1998).
2. G.I. OGILVIE AND A. T. POTTER, *Phys. Rev.Lett.*, **100**, 074503 (2008).
3. G.I. OGILVIE AND M.R.E. PROCTOR, *J. Fluid Mech.*, **476**, 389 (2003).
4. S. BOLDYREV, D.HUYNH AND V. PARIEV, *Phys.Rev. E*, **80**, 066310 (2009).