Etude expérimentale de l'écoulement de Couette-Taylor avec modulation de fréquence

M. Gassa Feugaing, O. Crumeyrolle & I. Mutabazi

LOMC, FRE 3102, CNRS-Université du Havre, B.P. 540, 76058 Le Havre Cedex
gassam@univ-lehavre.fr

L'excitation paramétrique dans des systèmes hydrodynamiques fait l'objet de plusieurs études [2]. Nous avons revisité l'étude de l'écoulement de Couette-Taylor avec modulation de fréquence de rotation du cylindre intérieur $\Omega(t) = \Omega_0 \left[1 + \epsilon \cos\left(2\pi f t\right)\right]$. Le cylindre extérieur de rayon extérieur $b = 5.08$ cm est fixe. Une solution aqueuse avec 30% de glycérol de viscosité cinématique ν est confinée dans l'espace annulaire de largeur $d = 0.62$ cm. Les paramètres de contrôle de l'écoulement sont : le rapport des rayons $\eta = 0.878$, le rapport d'aspect $\Gamma = 97$, le nombre de Taylor $Ta = \left(\Omega_0 a d/\nu\right)\left(d/a\right)^{1/2}$, l'amplitude relative de la modulation ϵ et la fréquence de modulation $\sigma = 2\pi f d^2/\nu$.

Nous avons mené des études pour des valeurs de ϵ comprises entre 0.10 et 10. Les valeurs de σ varient de 4 à 192, bien au delà des valeurs expérimentales et numériques disponibles dans la littérature [1,3,4]. La visualisation de l'écoulement a permis de recenser différents états en fonction des paramètres de contrôle. Pour les basses fréquences de modulation ($\sigma < 16.98$), l'écoulement de Couette modulé bifurque vers des rouleaux de Taylor non stationnaires avec dislocations. Ces vortex apparaissent et disparaissent sur une période. Ils deviennent plus intenses lorsque le nombre de Taylor augmente au-delà du seuil. Pour de grandes valeurs de Ta, la nature et l'ordre d'apparition de l'instabilité dépendent de l'amplitude de la modulation. Dans le cas de hautes fréquences ($\sigma \geq 16.98$), l'instabilité primaire se manifeste par l'apparition de rouleaux de Taylor stationnaires axisymétriques. Les rouleaux sont plus énergétiques lorsque la vitesse du cylindre intérieur est maximale puis leur intensité décroît entre deux périodes consécutives sans se dissiper entièrement. La modulation de fréquence diminue le seuil d'apparition de la première instabilité, cette déstabilisation est mesurée par le paramètre $\Delta\left(\epsilon, \sigma\right) = \left[Ta_c\left(\epsilon, \sigma\right) - Ta_c\left(\epsilon = 0\right)\right]/Ta_c\left(\epsilon = 0\right) < 0$.

Ces résultats sont en accord avec les travaux expérimentaux de [4] et les données numériques de [1,3]. Pour de grandes valeurs de l'amplitude de modulation, la déstabilisation est indépendante de la fréquence de modulation, le nombre de Taylor critique $Ta_c\left(\epsilon, \sigma\right)$ augmente avec la fréquence de modulation jusqu'à une valeur plateau. Ceci est en accord avec les prédictions numériques de [3]. La fréquence des motifs ne dépend ni du nombre de Taylor, ni de l'amplitude de la modulation ; elle est synchronisée à la fréquence de modulation. Le nombre d'onde axial du motif diminue à la fois avec l'augmentation du nombre de Taylor et de la fréquence de modulation, tandis que le nombre d'onde azimutal augmente.

Références

1. C.F. Barenghi & C.A. Jones, Modulated Taylor-Couette flow, *J. Fluid. Mech.*, **208**, 127-160, (1989).
2. S. H. Davis, The stability of time-periodic flows, *Ann. Rev. Fluid. Mech.*, **8**, 57-74 (1976).
3. A. Ganske, T. Gebhardt & S. Grossmann, Taylor-Couette flow with modulated inner cylinder velocity, *Phys. Lett. A*, **192**, 75-78 (1994).
4. T.J. Walsh & R.J. Donnelly, Stability of modulated Couette flow, *Phys. Rev. Lett.*, **58**, 2543-2546, (1988a)