

Instabilités thermiques et hydrodynamiques des écoulements parallèles.

Y. Requile, S. Hirata & M.N. Ouarzazi

Laboratoire de Mécanique de Lille, UMR CNRS 8107, Université Lille 1, BLd. Paul Langevin, 59655 Villeneuve d'Ascq Cedex, France
 yjl.requile@ed.univ-lille1.fr

Ce travail réalisé dans le cadre d'une thèse porte sur l'influence de la dissipation visqueuse sur l'apparition d'instabilités convectives dans un fluide soumis à un gradient de température vertical et à un écoulement horizontal. Deux types d'écoulements parallèles sont considérés. La première configuration concerne l'écoulement de Poiseuille induit par la présence d'un gradient horizontal de pression, alors que la deuxième configuration consiste en un écoulement de Couette plan, obtenu par la mise en mouvement des plaques horizontales délimitant le milieu fluide. Ces deux configurations sont souvent reconnues dans la littérature comme le problème de Rayleigh-Bénard-Poiseuille (RBP) et celui de Rayleigh-Bénard-Couette respectivement.

Les équations qui régissent le problème sont les équations de Navier-Stokes pour un fluide incompressible vérifiant l'approximation de Boussinesq et l'équation de conservation de l'énergie où apparaît le terme de dissipation visqueuse $\Phi = \tau_{ij}u_{i,j}$ où \mathbf{u} est le vecteur vitesse et τ_{ij} le tenseur des contraintes de cisaillement :

$$\rho_0 C_v \left(\frac{\partial T}{\partial t} + \mathbf{u} \cdot \nabla T \right) = \lambda \nabla^2 T + \Phi \quad (1)$$

En l'absence d'un gradient de température vertical induit par des conditions de température isotherme imposées sur les parois, les effets de la dissipation visqueuse sur les caractéristiques linéaires de l'instabilité ont été largement discutés dans [1] pour un écoulement de Poiseuille et dans [2] pour un écoulement de Couette. L'objectif de ce travail est l'extension de [1] et [2] avec prise en compte du gradient vertical de température dans l'état de base. Pour l'étude de stabilité de cet état de base, une transformation de Squire est introduite qui permet de déduire les propriétés linéaires des instabilités tridimensionnelles à partir de celles trouvées dans le cas du problème bidimensionnel. Cette transformation nous a permis de focaliser l'étude sur deux principales formes d'instabilités convectives : d'une part les rouleaux transversaux (RT) dont l'axe est perpendiculaire à l'écoulement principal et d'autre part aux rouleaux longitudinaux (RL) dont l'axe est parallèle à l'écoulement principal. La résolution numérique du problème aux valeurs propres montre que la dissipation visqueuse a un effet négligeable lorsque l'instabilité est structurée en RT. En revanche, les résultats ont mis en évidence un effet déstabilisant sur l'émergence des RL. Cette déstabilisation est d'autant plus forte que le nombre de Prandtl est élevé. Un résultat remarquable qui se dégage de cette étude est qu'au delà d'une valeur critique de la dissipation visqueuse, des structures convectives sous la forme de RL peuvent se développer, y compris dans la situation où le canal est chauffé par le haut. Les mécanismes physiques de ces instabilités ont été élucidés grâce à une analyse énergétique, qui montre qu'au fur et à mesure que l'écoulement principal s'intensifie, l'énergie thermique cédée par le gradient vertical imposé aux frontières observe une chute au profit d'une augmentation de l'énergie liée à la dissipation visqueuse. L'effet déstabilisant de la dissipation visqueuse se produit aussi bien dans la configuration de RBP que dans celle de RBC, tant pour un fluide newtonien que viscoléastique.

Références

1. A. Barletta, M. Celli, D. A. Nield, On the onset of dissipation thermal instability for the poiseuille flow of a highly viscous fluid in a horizontal channel, *Journal of Fluid Mechanics* 681 (2011) 499-514.
2. A. Barletta, D. A. Nield, Convection-dissipation instability in the horizontal plane couette flow of a highly viscous fluid, *Journal of Fluid Mechanics* 662 (2010) 475-492.