

Influence de la condition limite sur les instabilités dans un écoulement tournant avec surface libre, à faible Reynolds.

A. Faugaret^{1,2}, L. Martin Witkowski^{2,3}, Y. Duguet² & Y. Fraigneau²

¹ Sorbonne Université, Collège Doctoral, F-75005 Paris, France

² LIMSI-CNRS, Université Paris-Saclay, F-91405 Orsay, France

³ Sorbonne Université, Faculté des Sciences et Ingénierie, UFR d'Ingénierie, F-75005 Paris, France

antoine.faugaret@limsi.fr

L'écoulement engendré par un fond tournant dans un cylindre fixe, avec la surface supérieure libre, est le siège de plusieurs instabilités. Si les plus spectaculaires, relatives à la déformation de la surface libre, ne se présentent qu'à haut nombre de Reynolds, S. Poncet [1] a montré l'existence de très élégants modes d'instabilité, à des Reynolds beaucoup plus faibles. L. Kahouadji [2] a par la suite reproduit numériquement ces instabilités, démontrant une concordance surprenante avec les résultats expérimentaux, pour une certaine gamme de facteur de forme.

Nous nous intéressons ici à ces modes d'instabilités, et en particulier au nombre de Reynolds critique auquel ils apparaissent. Le Reynolds utilisé est basé sur la vitesse angulaire du disque ω , la hauteur de fluide h au dessus de celui-ci, et la viscosité cinématique du fluide ν :

$$Re = \frac{h^2 \omega}{\nu}$$

L'emploi combiné d'un banc expérimental équipé pour des mesures LDV et de méthodes numériques (analyse de stabilité linéaire), a fait apparaître des écarts conséquents entre nos seuils expérimentaux et numériques, de l'ordre de 300%. Les investigations menées pour tenter de comprendre ces écarts nous ont conduit à utiliser une nouvelle condition limite à la surface libre. Cette nouvelle condition a permis, d'une part, d'abaisser le Reynolds critique, et d'autre part, grâce à des simulation DNS 3D, de mettre en évidence une seconde famille d'instabilité, qualitativement plus proche de ce qui peut être observé dans les expériences.

Ces résultats, couplés à des mesures expérimentales réalisées avec de l'eau ou des mélanges eau-glycérol de différentes concentrations, nous ont amené à proposer une nouvelle modélisation de la condition limite à la surface, en remplaçant la condition de Neumann (surface libre) et la condition de Dirichlet (surface gelée) sur la vitesse radiale, par une condition de Robin pondérée par un paramètre α . Cette nouvelle définition a ainsi complètement redessiné le diagramme de bifurcation, ramenant le nombre de Reynolds à des valeurs toujours plus faibles (et plus proches de l'expérience) et faisant apparaître un point de co-dimension deux au croisement des deux branches instables.

Références

1. S. PONCET and M. CHAUVE, "Shear-layer instability in a rotating system", *J. Flow Visual. Image Process.*, vol. 14, no. 1, pp. 85–105, 2007.
2. L. KAHOUADJI, *Analyse de stabilité linéaire d'écoulements tournants en présence de surface libre*. PhD thesis, Université Pierre et Marie Curie, Paris, France, October 2011.