

Instabilité de Kelvin-Helmholtz et allée de Bénard-Von Karman en géométrie confinée

Paul Boniface¹, laurent Limat¹, luc Lebon¹, Mathieu Receveur¹, & Fabien Bouillet²

¹ Laboratoire Matière et Systèmes Complexes (MSC), UMR 7057 du CNRS, Université Paris Diderot, 10 rue Alice Domont et Léonie Duquet, 75013 Paris

² 39 Quai Lucien Lefranc, 93300 Aubervilliers
pbonifac@gmail.com

L'instabilité de Kelvin-Helmholtz peut apparaître au sein d'une phase liquide continue lorsque l'écoulement présente un point d'inflexion ou à l'interface entre deux fluides s'écoulant à des vitesses différentes. Un exemple typique de cette instabilité est la formation de vagues par le vent soufflant à la surface de l'eau. Ces phénomènes ont été largement étudiés depuis leur mise en évidence au XIXe siècle [1][2], mais très peu d'études ont été effectuées dans des géométries confinées, où la géométrie limite le développement de l'instabilité, et fermées, où la convection de l'instabilité est impossible. Quelques études ont été effectuées dans des géométries circulaires dans les années 80 [3], mais rien en géométrie rectangulaire.

Nous avons donc entraîné partiellement une étendue d'eau par sa surface, au milieu d'une cuve rectangulaire, à l'aide d'un tapis ou d'une corde. Selon les paramètres de l'écoulement, la recirculation peut prendre plusieurs formes. Lorsque la vitesse d'entraînement est faible, elle peut se faire par le fond de la cuve tandis que le tapis entraîne toute la surface. Lorsque la vitesse est assez élevée, la recirculation se fait principalement sur les côtés du tapis. Entre l'entraînement par le tapis et la recirculation latérale, le fort cisaillement peut créer deux instabilités de Kelvin-Helmholtz, de part et d'autre du tapis, pouvant sous certaines conditions se coupler. Ces instabilités sont en outre confinées latéralement par la présence des murs de la cuve [4].

On observe expérimentalement formation d'une allée tourbillonnaire de Von Karman sans le forçage traditionnel par un obstacle placé dans l'écoulement [5]. La stabilité de cette allée de vortex est modifiée par le confinement : une bande de stabilité continue remplace la condition sur la longueur d'onde prédite par Von Karman [6] en accord avec le calcul très ancien de Rosenhead [7], dont nous présentons la première vérification expérimentale. Par ailleurs, contrairement à ce que l'on observe dans le cas d'une allée de Von Karman classique formée derrière un obstacle, la dynamique de l'instabilité s'effectue ici en régime "absolu" et non "convectif", selon la terminologie émergeant de la théorie des écoulements ouverts [8].

Références

- [1] H. V. Helmholtz, "On discontinuous movements of fluids" *Philos. Mag.*, 36, 337-346 (1868)
- [2] L. Kelvin, "Hydrokinetic solutions and observations" *Philos. Mag.*, 42, 362-377 (1871)
- [3] M. Rabaud and Y. Couder, "A shear flow instability in a circular geometry", *J. Fluid Mech.* 136, 291-319 (1983)
- [4] P. Boniface, L. Lebon, L. Limat, M. Receveur, F. Bouillet, "Kelvin-Helmholtz instability in a confined geometry", *Bull. of the American Phys. Soc.*, 65th Annual Meeting of the APS Division of Fluid Dynamics, Vol. 57, Number 17, November 18-20, 2012; San Diego, California (2013).
- [5] L. Biancofiore and F. Gallaire, "The influence of shear layer thickness on the stability of confined two-dimensional wakes", *Phys. of Fluids*, 23, 034103 (2011)
- [6] T. Von Karman, H. Rubach, "Über den mechanismus des flüssigkeits-und luftwiderstandes". *Phys. Z*, 13, 49-59 (1912).
- [7] L. Rosenhead, "The Karman Street of Vortices in a Channel of Finite Breadth", *Phil. Trans. R. Soc. Lond. A* 228, 275-329 (1929).
- [8] P. Huerre, M. Rossi, "Hydrodynamic instabilities in open flows.", in "hydrodynamics and nonlinear instabilities" edited by C. Godrèche and P. Manneville, 81-294. (1998)