

Effet du mouillage sur l'écoulement d'un fluide à travers un trou

Jérémy Ferrand, Valérie Vidal & Éric Freyssingeas

Laboratoire de Physique, Université de Lyon, École Normale Supérieure de Lyon - CNRS
46 Allée d'Italie, 69364 Lyon cedex 07, France
jeremy.ferrand@ens-lyon.fr

L'écoulement d'un fluide newtonien ou complexe à travers un orifice est un processus rencontré dans la vie quotidienne, dans des phénomènes naturels comme la circulation sanguine [1] ou dans l'industrie. Certains industriels s'intéressent notamment à des recherches sur la forme du réservoir et de l'orifice permettant d'optimiser l'écoulement [2]. L'étude d'un tel système a commencé il y a presque 400 ans avec la publication de Torricelli [3] de la loi qui porte aujourd'hui son nom. Cette loi a ensuite été corrigée notamment avec un coefficient de compressibilité par Boussinesq [4], Helmholtz [5] et Kirchhoff [6]. Des études plus récentes tendent à préciser le domaine de validité de ces lois [7,8], tracer numériquement les champs de vitesse [9], observer l'écoulement pour un trou non cylindrique [10], analyser la surface libre [11] ou encore utiliser des fluides complexes [12]. Cependant, les mécanismes physiques à l'origine des observations restent encore inexpliqués.

Notre démarche s'inscrit dans la volonté de comprendre et de caractériser entièrement ce système. Nous avons construit un réservoir pouvant se vider à travers un orifice et permettant de modifier facilement la taille, la forme du trou ainsi que le matériau dans lequel il est percé. Nous mettons notamment en évidence que le modèle du fluide parfait peut s'appliquer à condition de considérer un rayon effectif pour le trou et une hauteur initiale effective de fluide. Ces paramètres effectifs dépendent de nombreuses grandeurs physiques comme la viscosité mais également de deux grandeurs qui n'ont pas été étudiées jusqu'ici : la tension de surface liquide-air et le mouillage du liquide sur la surface où est percé le trou. De plus, une instabilité du jet se développe lorsque la hauteur initiale de fluide est assez grande. Nous montrons que l'apparition de cette instabilité dépend également de tous ces paramètres.

Références

1. J. HOLEN, R. C. WAAG, R. GRAMIAK, M. R. VIOLANTE & S. A. ROE, Doppler ultrasound in orifice flow. In vitro studies of the relationship between pressure difference & fluid velocity, *Ultrasound Med. Biol.* **11**, 261-266 (1985).
2. R. OUZIAUX & J. PERRIER, Mécanique des fluides appliquée - Tome 1 - Fluides incompressibles, *Dunod Paris* (1966).
3. E. TORRICELLI, De motu gravium, *Opera Geometrica*, 191-204 (1644).
4. J. BOUSSINESQ, Essai sur la théorie de l'écoulement d'un liquide par un orifice en mince paroi, *C. R. Académie des Sciences* **114**, 704-710 (1870).
5. H. VON HELMHOLTZ, Monatsberichte der akad. der wissenschaften, *Berlin* (1963).
6. G. KIRCHHOFF, Vorlesungen ber mathematische physik, *Forchheimer, Hydraulik*, p. 341 (1876).
7. G. F. DAVIDSON, Experiments on the flow of viscous fluids through orifices, *Proc. R. Soc. Lond.* **89**, 91-99 (1913).
8. C. CLANET, Clepsydrae, from Galilei to Torricelli, *Phys. Fluids* **12**, 2743-2751 (2000).
9. E. ALENIUS, Mode switching in a thick orifice jet, an LES and dynamic mode decomposition approach, *Comput. Fluids* **90**, 191-196 (2014).
10. P. SHARMA & T. FANG, Breakup of liquid jets from non-circular orifices, *Exp. Fluids* **55** 1666 (2014).
11. S. COURRECH DU PONT & J. EGGERS, Sink flow deforms the interface between a viscous liquid and air into a tip singularity, *Phys. Rev. Lett.* **96**, 034501 (2006).
12. T. TOPLAK, H. TABUTEAU, J. R. DE BRUYN & P. COUSSOT, Gravity draining of a yield-stress fluid through an orifice, *Chem. Eng. Sci.* **62**, 6908-6913 (2007).