Instabilité du pont capillaire

Gounséti Paré[1] & Jérôme Hoepffner[2]

Upmc, Institut Jean Le Rond D'Alembert
gounseti.pare@etu.upmc.fr

L'adhésion capillaire est un mécanisme physique permettant de maintenir en contact deux corps par capillarité, par l'intermédiaire d'un ligament liquide. Le pont capillaire est une idéalisation de cette adhésion capillaire. Nous allons nous intéresser dans cette étude au cas classique de l'étude de la stabilité de cette adhésion capillaire mais aussi à une configuration un peu plus complexe en imaginant un flux dans pont capillaire comme c'est le cas par exemple de la dynamique du cou d'un ligament liquide dans sa rétractation sous l'effet de la capillarité (voir [1]). Le système étudié est constitué d'un volume liquide axisymétrique tendu entre deux anneaux circulaires, coaxiaux, parallèles et identiques (voir les expériences sur les films de savon [2]).

Nous nous intéressons à la stabilité du système sans gravité. Deux cas sont ainsi étudiés, le cas statique et le cas dynamique. Dans le cas statique, le système dépend de deux paramètres adimensionnés, le rapport d'aspect L/R du pont définit par le quotient de la longueur entre les deux anneaux et le rayon des anneaux, et le rapport de volume $V = V_0/\pi R^2 L$ définit par le quotient entre le volume réel de fluide V_0 et le volume du cylindre de longueur L et de rayon R entre les deux anneaux. Dans le cas dynamique où on induit une vitesse égale à l'entrée et à la sortie des anneaux, en plus des deux paramètres précédents le système va dépendre du nombre de Weber, $W_e = \rho R U^2/\sigma$, où σ, ρ sont respectivements la tension de surface, la densité du liquide entre les deux anneaux.

Les résultats présentés sont obtenus par simulations numériques grâce au logiciel libre, Gerris Flow Solver (voir [3]). Nous nous focalisons en premier sur le cas où V est inférieur à 1 : le venturi capillaire. Dans la configuration statique le diagramme de stabilité du pont capillaire obtenu dans le repère du rapport de volumes versus le rapport d'aspect est en parfait accord avec les résultats de Slobozhanin (voir [4]). Dans le cas dynamique nos résultats seront comparés à ceux obtenus par un code matlab basé sur les équations 1 D de Eggers (voir[5]).
Dans le diagramme de stabilité (rayon du cou du pont versus le nombre de Weber), on note trois régimes différents. Pour des rapports de volumes assez petits ($V < 0,7$) le rayon du cou du pont diminue progressivement et va à la rupture. Un régime intermédiaire survient pour ($0,7 < V < 0,9$) où le rayon du cou du pont décroît progressivement, passe par un minimum et croît pendant une gamme de nombres de Weber pour se rompre ensuite brutalement. Pour des rapports de volume proche de 1 on note un état d'oscillation non linéaire du cou du pont avant sa brutale rupture.

Références

1. Jérôme Hoepffner, Gounséti Paré, Recoil of a liquid filament : escape from pinch-off through creation of a vortex ring *J. Fluid Mech.*, **734**, pp 183-197 (Oct. 2013)
2. Joseph Plateau, Statique expérimentale et théorique des liquides soumis aux seules forces moléculaires, *Gauthier-Villars, Paris*, (1873)
3. Stéphane Popinet, An accurate adaptive solver for surface-tension-driven interfacial flows, *J. Comp. Phys*, **228**, pp. 5838-5866 (2009)
4. Lev A. Slobozhanin, José M. Perales, Stability of liquid bridges between equal disks in an axial gravity field, *Phys. Fluids*, **5**, No. 6, (Jun. 1993)
5. Jens Eggers, Todd F. Dupont, Drop formation in a one-dimensional approximation of the Navier-Stokes equation, *J. Fluid Mech.*, **262**, pp. 205-221 (1994)