

La cloche électrostatique

Guillaume Martrou¹ & Marc Léonetti¹

Institut de Recherche sur les Phénomènes Hors Équilibres
guillaume.martrou@gmail.com

Lorsqu'un fluide sort d'un capillaire, en fonction du débit, deux régimes principaux peuvent être observés, le goutte à goutte ou le jet. Lors d'un écoulement goutte à goutte, l'application d'un champ électrique induit tout d'abord une augmentation de la fréquence d'émission des gouttes puis une transition du goutte à goutte vers le jet [1]. Ce jet peut ensuite se déstabiliser de plusieurs manières, pouvant conduire à de l'électrospinning [2][3] permettant de créer des fibres ou de l'électrospraying [4] utilisé par exemple pour le jet d'encre dans les imprimantes ou la spectrométrie de masse. Les résultats de la littérature montrent donc que les déstabilisations successives réduisent la taille caractéristique du système. Au contraire, si l'on place un bain liquide en dessous du capillaire, l'augmentation du champ électrique induit l'apparition d'une structure macroscopique, une connexion entre le bain et le capillaire dont la forme est celle d'une cloche.

Afin d'étudier ce phénomène, un nombre adimensionné représentant le rapport des effets diélectriques dus aux polarisabilités des fluides en présence sur les effets gravitationnels a d'abord été construit. Une approximation condensateur plan est utilisée pour exprimer le champ en fonction du potentiel électrique.

$$G_E = \frac{p_{es}}{p_{hs}} = \frac{\Delta\epsilon^2}{\Delta\rho g} \frac{\epsilon_1\epsilon_2}{(\epsilon_1h + \epsilon_2e)^3} U^2 \quad (1)$$

Ce phénomène a été étudié pour plusieurs fluides : variation des densités et des permittivités. Ainsi que dans différentes configurations : géométrie et sens de la gravité. Les résultats obtenus permettent de conclure que l'origine de la cloche est due aux forces diélectriques induites par les polarisabilités des deux fluides en présence. Nous montrons que la bifurcation menant à la cloche électrostatique est imparfaite et sous-critique [5].

Références

1. C. Clanet and J. C. Lasheras, "Transition from dripping to jetting," *Journal of Fluid Mechanics*, vol. 383, pp. 307–326, 1999.
2. A. Greiner and J. H. Wendorff, "Electrospinning : a fascinating method for the preparation of ultrathin fibers," *Angewandte Chemie International Edition*, vol. 46, no. 30, pp. 5670–5703, 2007.
3. C. L. Burcham and D. A. Saville, "Electrohydrodynamic stability : Taylor–Melcher theory for a liquid bridge suspended in a dielectric gas," *Journal of Fluid Mechanics*, vol. 452, pp. 163–187, 2002.
4. I. Marginean, P. Nemes, and A. Vertes, "Order-chaos-order transitions in electrosprays : The electrified dripping faucet," *Physical review letters*, vol. 97, no. 6, p. 064502, 2006.
5. G. Martrou, T. Trimaille, D. Gignes and M. Leonetti, "Electric field-induced fluid interface instability and electrostatic bell shape," *Soumis*, 2017.