



HAL
open science

Cloche fluide électrostatique

Guillaume Martrou, Marc Leonetti, Thomas Trimaille

► **To cite this version:**

Guillaume Martrou, Marc Leonetti, Thomas Trimaille. Cloche fluide électrostatique. CFM 2015 - 22ème Congrès Français de Mécanique, Aug 2015, Lyon, France. <hal-03444682>

HAL Id: hal-03444682

<https://hal.science/hal-03444682v1>

Submitted on 23 Nov 2021

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



HAL Authorization

Cloche fluide électrostatique

G. MARTROU^a, T. TRIMAILLE^b, M. LÉONETTI^a

a. Aix-Marseille Université, CNRS, Centrale Marseille, IRPHE UMR 7342, 13384 Marseille, France,
leonetti@irphe.univ-mrs.fr

b. Aix-Marseille Université, CNRS, ICR UMR 7273, 13397 Marseille, France.

Résumé :

La forme de l'interface d'un fluide en sortie d'un capillaire varie suivant les paramètres du système. Elle est notamment caractérisée par la transition goutte à goutte - jet. Il a été montré que l'application d'un champ électrique intense entre le capillaire et une électrode plane décale la transition en favorisant le jet qui ensuite peut se déstabiliser de diverses manières. Dans le cadre de cette étude en considérant des fluides polarisables faiblement conducteurs, nous montrons que le scénario est plus complexe avec la création inattendue d'une cloche fluide connectant les deux électrodes au lieu d'un jet. Cette bifurcation originale est analysée.

Abstract :

The interface shape of the output of a fluid flowing in a capillary tube can vary with the system parameters. It can be characterised by the dripping - jetting transition. It has been showed that a strong electric field between the capillary tube and a plane electrode can shift the transition in favor to jetting which can, later on, become unstable in few different ways. Using poorly conductors and highly polarizable fluids we show that the outcome is even more complex with an unexpected creation of a fluid bell connecting both electrodes instead of a jet. This original bifurcation is here analysed.

Mots clefs : Interfaces, instabilité, électrohydrodynamique, bifurcation.

1 Introduction

Lorsqu'un fluide sort d'un capillaire, en fonction du débit, deux régimes peuvent être observés, le goutte à goutte ou le jet. Dans un régime de goutte à goutte, l'application d'un champ électrique induit une émission plus rapide des gouttes puis une transition du goutte à goutte vers le jet [?]. Ce jet peut ensuite se déstabiliser de plusieurs manières, pouvant conduire à de l'électrospinning [?, ?] permettant de créer des fibres ou de l'électrospraying [?] utilisé par exemple pour le jet d'encre dans les imprimantes ou la spectrométrie de masse. Lorsqu'une interface solide est placée sous le capillaire, il est possible de créer un pont liquide entre ce dernier et l'interface. En se plaçant sous champ électrique, il est possible de stabiliser ce pont [?]. Si, au contraire, l'interface est liquide, le champ peut avoir pour effet la remontée partielle de cette dernière [?]. Dans le cadre de cette étude, nous montrons que les effets de polarisabilité des fluides en présence peut mener à la formation d'une cloche fluide connectant les électrodes. Ce phénomène peut être visualisé sur la figure 1.

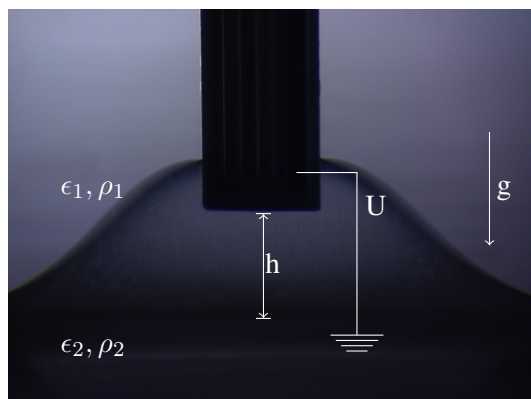


FIGURE 1: Description du dispositif expérimental.

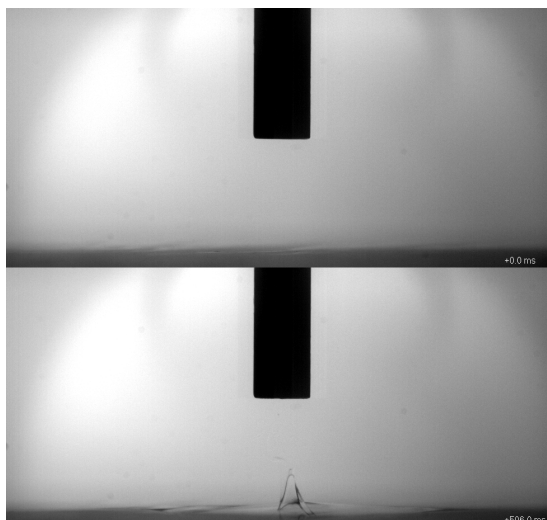


FIGURE 2: Phénomène décrit dans la littérature pour une configuration similaire à notre étude. Le glycérol a été rendu conducteur par une dissolution à 1% de LiCl.

2 Dispositif expérimental

Dans une cuve de 30 cm de côté, un capillaire métallique (de diamètre $100 \mu\text{m} < D < 5 \text{mm}$) est utilisé pour délivrer un fluide, identifié par l'indice 1 et plongé dans un fluide identifié par l'indice 2. Une épaisseur de fluide 1 est déjà présente dans la cuve avant le début de l'expérience. Un générateur haute tension Technix 0-30kV permet d'appliquer une différence de potentiel entre le capillaire et le fluide 1 déjà déposé dans la cuve. Le système peut être utilisé à l'envers et ainsi avoir le champ de gravité dans les deux sens $1 \rightarrow 2$ et $2 \rightarrow 1$. Pour mettre en évidence les effets diélectriques, de grandes différences de permittivités sont nécessaires entre les fluides 1 et 2. Une distance h sépare la pointe du capillaire de l'interface.

3 Étude du phénomène

Dans cette configuration, en se plaçant au dessus d'une interface liquide, le phénomène répertorié dans la littérature est la formation d'un lien aussitôt déstabilisé en un nuage de gouttelettes [?]. La comparaison des phénomènes peut être visualisée sur la figure . En utilisant seulement des fluides bien moins conducteurs, nous obtenons un comportement tout autre, une cloche fluide. On peut comparer ces phénomènes sur les figures 2 et 3.

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. Cela nous amène à :

$$\alpha = \frac{E_{el}}{E_g} = \frac{\Delta\epsilon.U^2}{\Delta\rho.g.h^3}$$

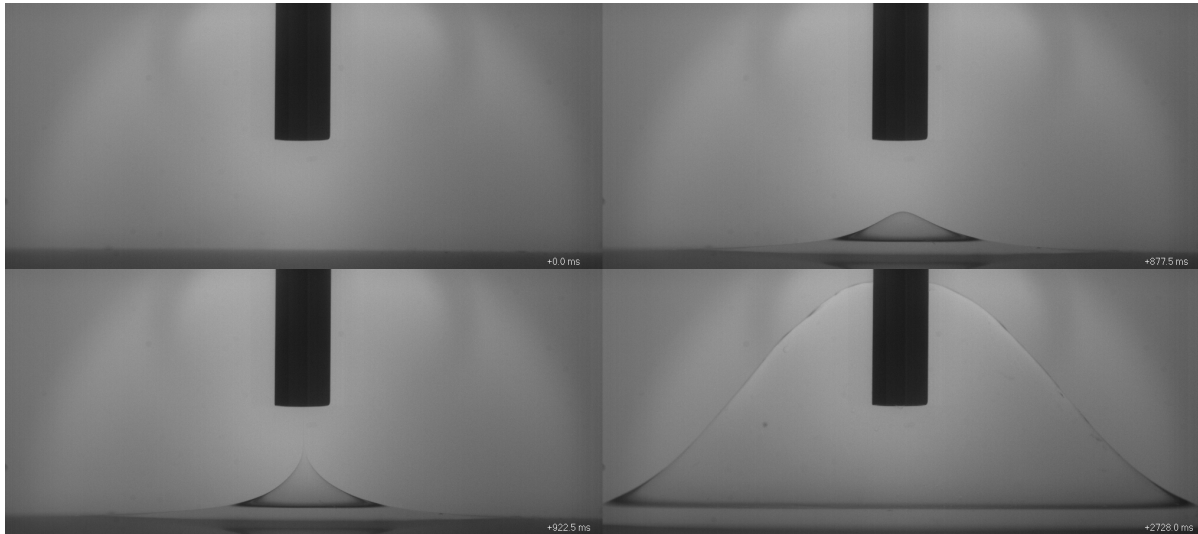


FIGURE 3: Description du phénomène de remontée de l'interface jusqu'à la formation de la cloche liquide de glycérol dans un bain d'huile minérale.

Afin de valider nos hypothèses théoriques, des expérimentations sur de nombreux fluides ont été effectuées. Le système est d'autant plus stable que l'un des fluides est très faiblement conducteur et l'autre polarisable mais ne favorisant pas les réactions électrolytiques aux électrodes. C'est le cas du couple glycérol/huile. Pour ce dernier une courbe de h en fonction de $U^{2/3}$ est visible sur la figure 4. La droite ainsi obtenue permet de valider nos hypothèses théoriques sur une gamme de tension jusqu'à 30kV.

4 Conclusion

En nous plaçant dans une configuration déjà fortement étudiée, nous avons mis en évidence la formation d'un phénomène original, la formation d'une cloche fluide entre un capillaire métallique et une interface fluide. 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.

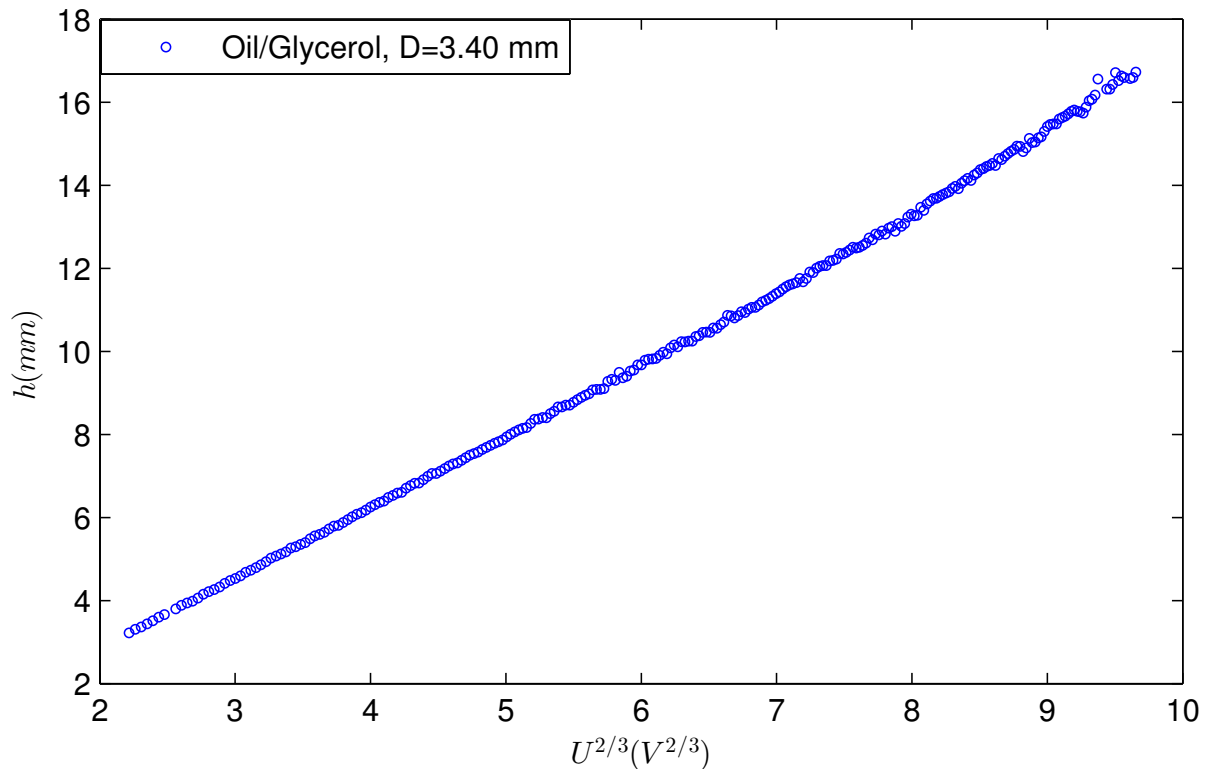


FIGURE 4: Hauteur de formation de la cloche électrostatique en fonction de $U^{2/3}$.

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 ultra-thin 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] C. L. Burcham and D. A. Saville, “The electrohydrodynamic stability of a liquid bridge : microgravity experiments on a bridge suspended in a dielectric gas,” *Journal of Fluid Mechanics*, vol. 405, pp. 37–56, 2000.
- [6] H. Kawamoto and S. Umezu, “Electrohydrodynamic deformation of water surface in a metal pin to water plate corona discharge system,” *Journal of Physics D : Applied Physics*, vol. 38, no. 6, p. 887, 2005.
- [7] L. Oddershede and S. R. Nagel, “Singularity during the Onset of an Electrohydrodynamic Spout,” *Physical Review Letters*, vol. 85, pp. 1234–1237, Aug. 2000.