

---

*Application de l'holographie numérique deux couleurs à la caractérisation 3D de gouttelettes micrométriques produites par la rupture d'un filament viscoélastique.*

---

De nombreux écoulements, comme ceux de l'industrie agro-alimentaire ou pharmaceutique, sont viscoélastiques. L'étude de la dynamique du filament d'une solution de polymères a été abordée dans le cadre d'un projet LabEX porté conjointement par le LOMC et le CORIA. Le rhéomètre, de type CABER<sup>2</sup>, conçu dans le cadre de ce projet est l'instrument de référence pour cette étude. C'est une géométrie où deux plateaux étirent un filament viscoélastique de manière contrôlée. Il s'agissait de visualiser, au moyen d'un dispositif holographique, le phénomène de perles-sur-ficelle généré par l'étirement d'un fluide viscoélastique par le rhéomètre extensionnel (CABER).

Les configurations observées ont pu être répertoriées en fonction des paramètres expérimentaux. Pour certaines concentrations de polymères et certains paramètres d'étirage, on a observé l'apparition de petites gouttes (ou perles) en mouvement sur le filament, soit la formation de ladite structure de perles-sur-ficelle.

L'holographie numérique permet d'accéder à la position 3D, d'objets micrométriques transportés dans les écoulements.<sup>3</sup> Le laboratoire bénéficie d'une expérience de plus de deux décennies sur le sujet.<sup>4</sup> Dans sa configuration à deux longueurs d'ondes il est possible - comme l'a montré l'étude de faisabilité du travail de thèse de S. GRARE (2016) - d'accéder à des mesures précises de la vitesse dans un volume donné sans avoir une connaissance préalable de la position 3D des objets, ce qui est un atout considérable car plusieurs plans d'un même volume peuvent être enregistrés simultanément et analysés a posteriori.<sup>5</sup>

L'objet de cette thèse consiste à poursuivre cette étude en déstabilisant le filament par un jet d'air contrôlé. La rupture du ligament liquide pourra ainsi conduire à la génération de gouttelettes micrométriques qu'il sera possible de suivre dans les trois directions de l'espace par holographie numérique. Une expérience préliminaire a déjà

---

<sup>2</sup> *Capillary Breakup Extensional Rheometer*

<sup>3</sup> S. Coëtmellec, C. Buraga-Lefebvre, D. Lebrun and C. Özkul, "Application of in-line Digital Holography to multiple plane velocimetry", *Measurement Science and Technology*, Vol. 12, 1392-1397, (2001)

<sup>4</sup> D. Allano, M. Malek, F. Walle, F. Corbin, G. Godard, S. Coëtmellec, B. Lecordier, J.M. Foucaut and D. Lebrun, " Three-dimensional Velocity near-wall measurements by digital in-line holography: calibration and results", *App. Optics*, Vol. 52(1), A9-A17, (2013)

<sup>5</sup> S. Grare, D. Allano, S. Coëtmellec, G. Perret, F. Corbin, M. Brunel, G. Gréhan, D. Lebrun, "Dual wavelength digital holography for 3D Particle Image Velocimetry: experimental validation", *App.Optics.*, Vol. 55 (3), A49-A53, (2016), doi: [10.1364/AO.55.000A49](https://doi.org/10.1364/AO.55.000A49)

montré des résultats intéressants.<sup>8</sup> En effet, comme le montrent les images de la figure 1, il est possible de réactualiser la mise au point sur les images d'une goutte au cours du temps et donc d'en déduire les trajectoires 3D empruntées par ces gouttelettes.

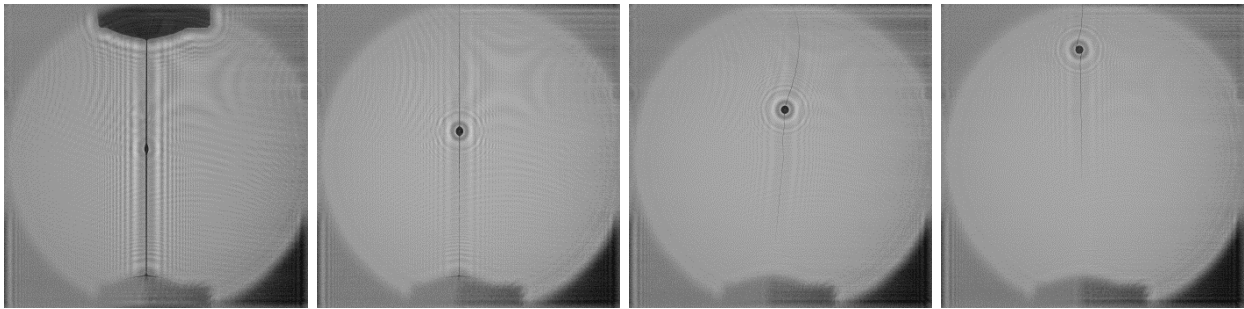


Fig. 1 – Images holographiques de la rupture d'un filament viscoélastique étiré par le rhéomètre extensionnel du CORIA ( $t=t_0$ ,  $t_0+5s$ ,  $t_0+9s$ ,  $t_0+11s$ )

Ce sujet s'inscrit très naturellement dans des objectifs de recherche appliquée. La génération de sprays contrôlés nécessite de se doter d'outils de diagnostics performants et en particulier d'instruments optiques connus pour leurs propriétés non invasives.

Par ailleurs, ce sujet constitue un enjeu sociétal prioritaire puisqu'il permet de diagnostiquer avec précision l'atomisation de fluides viscoélastiques, fluides dont les caractéristiques se retrouvent dans les mécanismes d'expulsion et de dispersion de gouttelettes issues du corps humain. La compréhension et la modélisation de ces aérosols doit s'appuyer sur un socle de diagnostics expérimentaux qu'il est urgent de développer.<sup>12</sup>

### Expérience et formation souhaitées du candidat :

Le(la) candidat.e devra avoir une formation en physique générale. En particulier, des connaissances en optique et/ou en métrologie des fluides seront appréciées. Goût pour le traitement numérique des images et le développement d'expériences de métrologie optique.

### Contacts :

Denis LEBRUN, [denis.lebrun@coria.fr](mailto:denis.lebrun@coria.fr)

Marie-Charlotte RENOULT, [renoulm@coria.fr](mailto:renoulm@coria.fr)

[https://www.coria.fr/fiche\\_annuaire/denis-lebrun/](https://www.coria.fr/fiche_annuaire/denis-lebrun/)

<sup>8</sup> M. Kozulic, M. Mirzaei, G. Godard, D. Lebrun, O. Crumeyrolle, MC. Renoult. 3D monitoring of a pearling instability. *APS Division of Fluid Dynamics*, 2019, Portland, United States. ([hal-02418339](https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-02418339)) V0034, 72th Annual Meeting of the APS Division of Fluid Dynamics (November 23, 2019 – November 26, 2019). DOI: <https://doi.org/10.1103/APS.DFD.2019.GFM.V0034>

<sup>12</sup> MITTAL, Rajat, MENEVEAU, Charles, et WU, Wen. A mathematical framework for estimating risk of airborne transmission of COVID-19 with application to face mask use and social distancing. *Physics of Fluids*, 2020, vol. 32, no 10, p. 101903.