

Sujet thèse / PhD subject 2026

Titre Thèse	Impact de micro jet et formation de ressaut circulaire	
PhD Title	Micro jet impact and circular hydraulic jump formation	
(Co)-Directeur	Alexis Duchesne	E-mail : alexis.duchesne@univ-lille.fr
(Co)-Directeur	Farzam Zoueshtiagh	E-mail : farzam.zoueshtiagh@univ-lille.fr
(Co)-Encadrant (s)		E-mail :
Laboratoire	IEMN	Web : https://www.iemn.fr/
Groupe(s)	AIMAN - FILMS	Web : https://films.univ-lille.fr/
Projet phare principal	ENERGY	
Financement acquis Oui ☐ NonX Partiel ☐	Si acquis (total ou partiel), préciser : (contrat, organisme, Université étrangère...) :	
Financement demandé	Contrat Doctoral Etablissement	ULille X Centrale Lille ☐ JUNIA ☐
	Région ou Autre ☐ Préciser :	Co financement (Préciser l'origine, demande en cours, et si acquis ou pas) :

Résumé (français)

a. Contexte scientifique

Avec l'utilisation massive des imprimantes à jet d'encre et la récente démocratisation des imprimantes 3D, la question de l'impact d'une goutte sur un substrat solide a donné lieu à de très nombreux travaux. Curieusement l'étude d'un point de vue fondamental de l'impact d'un jet liquide continu et submillimétrique (10-500 microns) n'a que peu attiré l'attention des chercheurs jusqu'à présent. Il apparaît pourtant que les jets liquides sont particulièrement utilisés pour refroidir les surfaces (en particulier en microélectronique) et l'on peut espérer qu'une connaissance fondamentale de la physique du problème permettra d'améliorer les vitesses d'impression des imprimantes 3D.

Dans ce cadre nous nous intéressons à l'impact d'un jet vertical sur une surface plane. Aux échelles où ce phénomène a été étudié par le passé (jet de plusieurs millimètres de diamètre), on peut observer la formation d'un ressaut circulaire hydraulique.



b. Objectifs

L'objectif de cette thèse est d'étudier théoriquement et expérimentalement les conditions de formation d'un ressaut circulaire résultant de l'impact d'un jet submillimétrique. Il s'agira en outre de comprendre l'objet physique ainsi formé car si la gravité joue un rôle important dans la formation du ressaut circulaire classique (jets millimétriques), on peut s'attendre dans cette configuration (jets submillimétriques) à ce que la tension de surface joue un rôle prépondérant.

Nous aborderons cette question de **l'influence de la tension de surface** à l'aide d'un ensemble d'expériences permettant de répondre à cette question :

- Observation des lois rayon-débit pour des jets submillimétriques.
- Etude de l'influence de tensioactifs
- Impact sur des plaques aux propriétés de mouillage bien contrôlées.

Dans un deuxième temps nous chercherons à **élargir notre compréhension des mécanismes de formation du ressaut** en étudiant les débits critiques de disparition/apparition du ressaut, la formation d'un ressaut depuis une plaque sèche ou encore l'impact sur des surfaces infusées.

c. Environnement

La thèse se déroulera au sein de l'IEMN (campus scientifique de l'université de Lille). L'accès à la centrale de micro fabrication de l'institut (une des plus importante de France) permettra de construire les dispositifs adaptés mais également la maîtrise de la mouillabilité et de l'état de surface des substrats impactés.

References

- [1] E. J. Watson. *J. Fluid Mech.*, 20: 481–499, 1964.
- [2] A. Duchesne, L. Lebon, & L. Limat. *EPL (Europhysics Letters)*, 107(5): 54002, 2014.
- [3] A. Duchesne, A. Andersen & T. Bohr, *Phys. Rev. Fluids*. 4.084001, 2019
- [4] A. Duchesne, L. Limat, *J. Fluid Mech. (Rapids)*, 937, R2 (2022)
- [5] A. Goerlinger, M. Baudoin, F. Zoueshtigh & A. Duchesne, *Phys. Rev. Letters* 131, 194001(2023).

Abstract

a. Scientific context

With the widespread use of inkjet printers and the recent democratization of 3D printers, the question of droplet impact on a solid substrate has generated extensive research. Curiously, a fundamental study of the impact of a continuous submillimetric liquid jet (10–500 microns) has attracted relatively little attention from researchers so far. Yet liquid jets are widely used for surface cooling (particularly in microelectronics), and a fundamental understanding of the physics of this problem could help improve the printing speeds of 3D printers.

In this context, we focus on the impact of a vertical jet onto a flat surface. At the scales previously studied (jets several millimeters in diameter), the formation of a circular hydraulic jump can be observed.

b. Objectives



Circular hydraulic jump

The objective of this thesis is to theoretically and experimentally investigate the conditions leading to the formation of a circular hydraulic jump resulting from the impact of a submillimetric jet. In addition, the aim is to understand the physical nature of the object formed, since gravity plays a major role in the formation of the classical circular hydraulic jump (millimetric jets), whereas in this configuration (submillimetric jets) surface tension is expected to play a dominant role.

We will address the influence of surface tension through a set of experiments designed to answer this question:

- Observation of radius–flow rate scaling laws for submillimetric jets
- Study of the influence of surfactants
- Impact on plates with well-controlled wetting properties

In a second stage, we will seek to broaden our understanding of the mechanisms governing hydraulic jump formation by studying the critical flow rates for jump appearance/disappearance, the formation of a jump on a dry plate, and the impact on infused surfaces.

c. Environment

The thesis will be carried out at IEMN (scientific campus of the University of Lille). Access to the institute's microfabrication facility (one of the largest in France) will enable the construction of suitable experimental devices, as well as precise control of wettability and surface properties of the impacted substrates.

References

- [1] E. J. Watson. *J. Fluid Mech.*, 20: 481–499, 1964.
- [2] A. Duchesne, L. Lebon, & L. Limat. *EPL (Europhysics Letters)*, 107(5): 54002, 2014.
- [3] A. Duchesne, A. Andersen & T. Bohr, *Phys. Rev. Fluids*. 4.084001, 2019
- [4] A. Duchesne, L. Limat, *J. Fluid Mech. (Rapids)*, 937, R2 (2022)
- [5] A. Goerlinger, M. Baudoin, F. Zoueshtiagh & A. Duchesne, *Phys. Rev. Letters* 131, 194001(2023).