

MODÉLISATION DE L'INTÉRACTION ENTRE FILAMENT VISQUEUX ET ÉCOULEMENT TOURBILLONNAIRE

La fabrication de matériaux fibreux non-tissés pour des applications telles que la filtration, l'absorption ou encore l'isolation, repose notamment sur le principe du *melt-blowing*; ce procédé consiste à étirer une série de filaments liquides en les accélérant dans des jets turbulents avant leur solidification [1]. La conception et l'optimisation de ce procédé requièrent une compréhension fine des mécanismes physiques sous-tendant l'interaction entre le filament et l'écoulement, ainsi qu'un modèle d'interaction suffisamment simple pour appliquer des méthodologies d'optimisation.

La dynamique du filament visqueux est fortement influencée par la multitude d'échelles présentes dans l'écoulement étirant [2], ce qui se traduit notamment par l'émergence de déformations à grande échelle (voir figure 1a). La manipulation des structures cohérentes naturellement présentes dans l'écoulement turbulent étirant apparaît alors comme un moyen efficace de contrôler l'étirage du filament. Cela ouvre la voie à une réduction de la consommation énergétique du procédé ainsi qu'une maîtrise accrue des performances des produits. Cela nécessite au préalable de mieux comprendre les mécanismes d'interaction entre ces structures et un filament visqueux, et d'en élaborer des modèles simplifiés afin d'établir des stratégies de contrôle et d'optimisation.

L'objectif de cette thèse est d'étudier par des méthodes théoriques et numériques l'interaction entre un filament visqueux et des écoulements tourbillonnaires, d'élaborer et de mettre en œuvre des stratégies de contrôle de l'étirage du filament en manipulant ces écoulements. Pour cela, le doctorant ou la doctorante pourra s'appuyer sur l'expertise du laboratoire Pprime dans des domaines de la dynamique des fluides tels que l'analyse de stabilité linéaire [4, 9], la modélisation des structures cohérentes en turbulence [5, 7, 8, 6] et le contrôle des écoulement turbulents [12, 10, 11].

Localisation et encadrement: la thèse sera basée à l'institut Pprime situé à Poitiers. Elle sera réalisée en collaboration avec Saint-Gobain Recherche Paris où des réunions de travail se tiendront régulièrement.

Profil recherché: le candidat ou la candidate devra faire preuve d'autonomie dans la conduite de son projet de recherche, tout en étant capable de discuter et d'ajuster l'orientation du projet en concertation avec l'équipe encadrante et le partenaire industriel. Une rigueur scientifique élevée est attendue, tant dans l'analyse des résultats que dans la formalisation des hypothèses et des modèles. Le candidat ou la candidate devra également posséder des connaissances solides en mécanique des fluides et des notions en stabilité linéaire.

Contacts: les personnes candidatant à cette offre de thèse doivent adresser un CV à

- Peter Jordan (peter.jordan@univ-poitiers.fr)
- Eduardo Martini (eduardo.martini@ensma.fr)
- Sara Quiligotti (sara.quiligotti@saint-gobain.com).

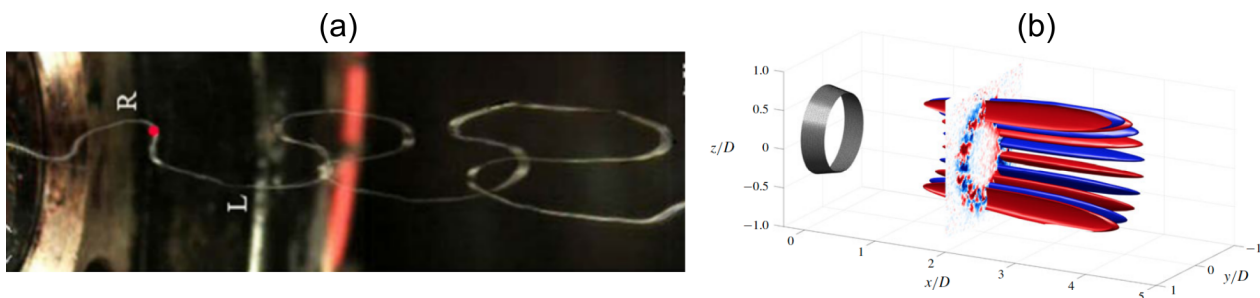


Figure 1: (a) Photographie du procédé melt-blowing où l'on observe un filament de polymère liquide étiré dans un jet turbulent [3]. (b) Visualisation des structures de type *streaks* dans la couche cisailée d'un jet rond étudié dans le contexte de la réduction du bruit généré par des turbines aéronautiques [8]

References

- [1] Drabek, J. & Zatloukal, M. (2019) *Meltblown technology for production of polymeric microfibers/nanofibers: A review*. Physics of Fluids 31. DOI: 10.1063/1.5116336
- [2] Wieland, M., Arne, W., Marheineke, N. & Wegener, R. (2019) *Melt-blowing of viscoelastic jets in turbulent airflows: Stochastic modeling and simulation*. Applied Mathematical Modelling 76, 558–577. DOI: 10.1016/j.apm.2019.06.023
- [3] Xie, S., Zheng, Y. & Zeng, Y. (2014) *Influence of Die Geometry on Fiber Motion and Fiber Attenuation in the Melt-Blowing Process*. Ind. Eng. Chem. Res. 53, 12866–12871. DOI: 10.1021/ie5025529
- [4] Martini E, Caillaud C, Lehnasch G, Jordan P, Schmidt O. (2024) *Perturbation amplification near the stagnation point of blunt bodies*. Theoretical and Computational Fluid Dynamics, 38(6):937-51.
- [5] Jordan, P. & Colonius, T. (2013) *Wave packets and turbulent jet noise*. Ann. Rev. Fluid Mech. **45**
- [6] Karban, U., Martini, A. Cavalieri, A.V.G., Lesshafft, L. & Jordan, P. (2022) *Self-similar mechanisms in wall turbulence studied using resolvent analysis*. J. Fluid Mech. Vol. 939
- [7] Cavalieri, A.V.G., Jordan, P. & Lesshafft, L. (2019) *Wave-packet models for jet dynamics and sound radiation*. Applied Mechanics Reviews **71(2)**
- [8] Nogueira, P., Cavalieri, A.V.G., Jordan, P. Jaunet, V. (2019) *Large-scale streaky structures in turbulent jets*. J. Fluid Mech **873**
- [9] Martini E, Cavalieri AV, Jordan P. (2019) *Acoustic modes in jet and wake stability*. Journal of fluid mechanics, 867:804-34.
- [10] Martini, E., Jung, J., Cavalieri, A.V.G., Jordan, P., Towne, A. (2022) *Resolvent-based tools for optimal estimation and control via the Wiener-Hopf formalism*. Jnl. Fluid Mech. Vol. 937
- [11] Martini, E., Cavalieri, A.V.G, Jordan, P., Towne, A., Lesshafft, L. (2020) *Resolvent-based optimal estimation of transitional and turbulent flows*. Jnl. Fluid Mech. Vol. 900
- [12] Audiffred, D. B. S., Cavalieri, A. V. G., Maia, I. A., Martini, E. Jordan, P. (2024) *Reactive experimental control of turbulent jets*. Journal of Fluid Mechanics 994, A15. DOI: 10.1017/jfm.2024.569