

# Etude expérimentale de l'interaction entre une paroi et un jet par des techniques de flot optique et de suivi 3D de trajectoires

Claire MONIN et Laurent ZIMMER

Laboratoire EM2C, CNRS, CentraleSupélec, Université Paris-Saclay, 3, rue Joliot Curie, 91192 Gif-sur-Yvette cedex, France

Email auteur correspondant : laurent.zimmer@cnrs.fr

Les forces exercées par un fluide sur une paroi contribuent à l'usure des parois. Il convient de disposer de mesures précises des forces sur des parois, parois peuvent éventuellement être intégralement immergées dans un fluide. Il convient de pouvoir mesurer le plus précisément possible les gradients de vitesse au proche voisinage de la paroi. Des techniques de corrélation croisée, dont la taille et la géométrie de fenêtre peuvent être adaptées aux gradients [1] présentent généralement un volume de mesure de l'ordre de 8 à 12 pixel. Pour une même résolution spatiale, l'utilisation d'algorithmes de type flot optique [2] peut en théorie fournir une résolution spatiale plus faible, de l'ordre du pixel. Le maillage est à chaque fois défini au préalable. Une alternative consiste à utiliser le suivi de particules comme méthode de mesure de vitesse. La résolution spatiale est de l'ordre de la taille de la tâche de la particule. Le résultat de ce suivi est un champs de trajectoires de particules, dont la distance entre deux vecteurs est variable en temps et en espace. Il est possible d'utiliser des approches de suivi en trois dimensions pour mieux caractériser les interactions entre une paroi et un jet. Une expérience fondamentale est proposée pour déterminer expérimentalement la dynamique de jet en interaction avec des parois. Le dispositif expérimental est visible dans la figure 1. Un jet d'air dont la section de sortie  $d_0$  vaut 20 mm vient impacter une paroi, dont la distance est avec la sortie de la buse est de  $h$ . L'écoulement d'air peut être soumis à des variations périodiques forcées. Pour ce faire, une partie de l'écoulement d'air passe dans une vanne électro-magnétique (MOOG). Celle-ci est pilotée par un signal sinusoïdal de fréquence, d'amplitude et d'offset variable. Typiquement, un offset de 0 V est utilisé avec une amplitude de 700 mV et une fréquence de 30 Hz pour générer des tourbillons en sortie de buse. Ces tourbillons sont d'abord caractérisés en absence de plaque plane par flot optique et méthode de suivi de particules. Deux types de mesures sont effectuées.

D'une part, des mesures avec un système avec deux laser impulsions (8 ns - 105 mJ) couplé à une caméra ayant une résolution spatiale de 4 MPx. La caméra est équipée d'un objectif 105 mm avec une bague de contrôle de défocalisation. Le système est utilisé à une fréquence d'environ 10 Hz. Un programme Labview permet de générer des délais variables entre la vanne et le laser afin de pouvoir mesurer des points dans l'ensemble des phases d'un cycle. Pour chaque paire d'images, le délai entre la vanne et le signal laser étant enregistré, il est possible de connaître précisément la phase. En parallèle, des approches de POD [3] sont utilisées pour déterminer les modes les plus énergétiques afin d'en décrire l'évolution moyenne en cours d'un cycle. D'autre part, un laser continu à 20 W (532 nm) est couplé à une caméra rapide pour enregistrer des séries d'images à des fréquences pouvant être supérieures à 10 kHz. Ces séries permettent en plus de traiter les aspects temporels en combinant des approches de POD et de DMD [4].

Deux types d'images sont acquises à basse et haute cadence : des images focalisées et défocalisées des gouttes d'ensemencement. Lorsque la défocalisation est utilisée, un espace annulaire [5] est inséré entre l'objectif et le capteur pour limiter le taux de chevauchement des tâches de diffraction. Les images défocalisées sont aussi acquises pour une illumination volumique de la zone d'intérêt. Une lentille divergente est simplement placée dans le chemin optique pour venir éclairer une région cylindrique d'environ 1 cm de diamètre. Un résultat typique pour une décomposition modale par POD des lignes de courant obtenu par flot optique dans le plan principal de l'écoulement est présenté dans la figure 2 pour le cas d'une distance  $h/d_0$  de 2. On peut y constater la bonne symétrie du jet et des tourbillons générés en amont. Une comparaison entre la dynamique mesurée par flot optique et par suivi 3D est proposée pour caractériser les effets des gradients de vitesse sur les différentes mesures.

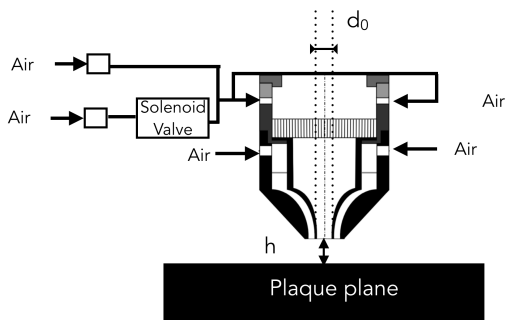


Figure 1: Schéma du dispositif expérimental.

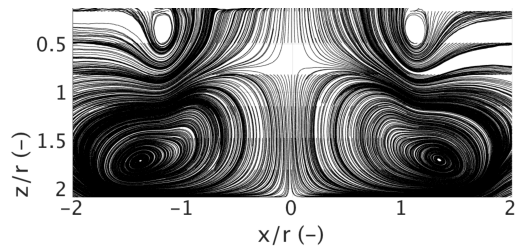


Figure 2: R sultat typique de ligne de courant obtenu par flot optique.

## References

- [1] F. Scarano. Iterative image deformation methods in piv. *Measurement Science and Technology*, 13:R1–R19, 2002.
- [2] Deqing Sun, Stefan Roth, and Michael J. Black. A quantitative analysis of current practices in optical flow estimation and the principles behind them. *International Journal of Computer Vision*, 106(2):115–137, 2014.
- [3] G. Berkooz, P. Holmes, and J.L. Lumley. The proper orthogonal decomposition in the analysis of turbulent flows. *Annual Review of Fluid Mechanics*, 25:539–575, 1993.
- [4] P.J. Schmid. Dynamic mode decomposition of numerical and experimental data. *Journal of Fluid Mechanics*, 656, 2010.
- [5] R. Baudoin and L. Zimmer. Procédé et système optique de détection de particules dans un écoulement. French Patent N 13-61580, Dec 2015.