

## **Thèse, Onera/INRIA, Palaiseau, France:**

### **« Estimation tridimensionnelle du mouvement de fluides turbulents »**

Nous proposons une bourse de thèse Onera/INRIA de 3 ans. La recherche effectuée durant la thèse s'intéressera à l'estimation tri-dimensionnelle de mouvement de fluides turbulents à partir d'images (voir la section « Contexte scientifique » pour plus de détails). La thèse sera co-encadrée par Frédéric Champagnat (Onera) et Cédric Herzet (Inria).

#### **Contexte scientifique**

Mesurer avec précision le mouvement de fluides turbulents en 3 dimensions (3D) est l'un des problèmes fondamentaux de l'étude de la dynamique des fluides. Il est en effet intéressant à plus d'un titre : sur le plan théorique, il reste l'un des problèmes majeurs en physique, et sur le plan pratique, il présente de nombreuses applications prometteuses en ingénierie.

L'accès à une information quantitative de la turbulence en 3 dimensions peut être réalisé par des techniques dites de simulation numérique directe (SND). Cette approche consiste à résoudre numériquement les équations de Navier-Stokes, gouvernant le mouvement du fluide. Malheureusement, la SND se révèle impossible à mettre en œuvre pour des fluides turbulents, puisque dans ce cas, la gamme des échelles physiques devant être résolues augmente de façon significative.

Pour surmonter ce problème, de nouvelles technologies basées sur l'analyse de séquences d'images ont été récemment proposées [1]. Ces nouvelles approches couplent des techniques de vision par ordinateur à des modèles issus de la physique des fluides afin d'obtenir des estimateurs précis du champ de mouvement. Ces techniques suscitent un grand intérêt en raison de la quantité importante de données image disponibles à bas prix et de l'étendue des domaines d'applications possibles : météorologie, océanographie, aérodynamisme etc...

Les méthodes tridimensionnelles de mesure de mouvement fluide se sont considérablement développées durant la dernière décennie [2][3]. Elles sont généralement scindées en deux étapes dont la première est une reconstruction tomographique qui détermine les positions de particules entraînées dans le fluide à partir d'images de caméras en mode stéréo.

Durant sa thèse, le/la candidat(e) s'intéressera à ce problème particulier de la reconstruction de l'estimation de la position 3D des particules ensemençées dans le fluide à partir des images acquises par le système de caméras. Ce problème nécessite l'inversion de systèmes de grandes dimensions et très mal conditionnés. L'étudiant(e) se penchera sur la conception de méthodes d'optimisation non convexes de la famille  $l_0$  pour promouvoir la parcimonie du volume de particules. Dans la continuité des derniers travaux réalisés dans l'équipe [4], basés sur des techniques d'optimisation modernes telles que les méthodes proximales [5] ou ADMM [6], une ligne de travail pourra être la dérivation et la mise en œuvre de techniques de « screening » [7,8] permettant une réduction drastique la dimensionnalité du problème considéré.

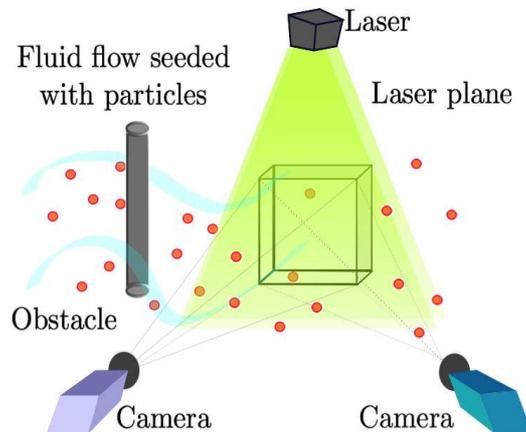
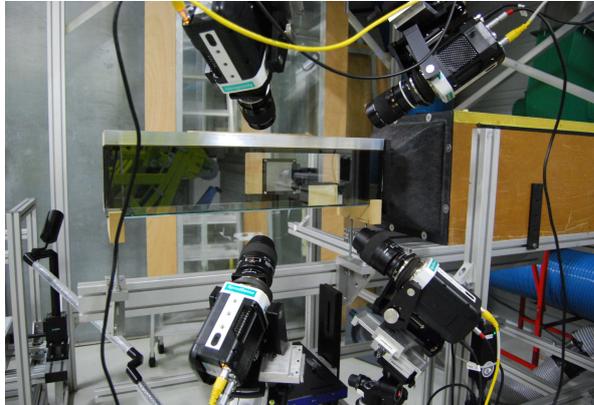


Fig. 1 : Système d'acquisition d'images de particules évoluant dans un fluide turbulent. A gauche : photo du système expérimental. A droite : représentation schématique de ce dernier.

### Environnement de travail

Durant son doctorat, l'étudiant sera intégré au Département Traitement de l'Information et Modélisation de l'ONERA Palaiseau. L'ONERA (<http://www.onera.fr>) est le centre français de la recherche aéronautique, spatiale et de défense. L'Office compte environ 2000 collaborateurs dont près de 250 doctorants.

Le doctorant sera coencadré par Cédric Herzet de l'équipe *Fluminance* (<http://www.inria.fr/fluminance/>), du centre de recherche Inria Rennes – Bretagne Atlantique. L'Inria (<http://www.inria.fr/en/>) est l'institut national de recherche en informatique et automatique. Il compte actuellement plus 2700 employés diplômés des plus grandes universités mondiales. L'équipe Fluminance est une équipe de recherche Inria dont l'objectif est la mesure et l'étude de fluides turbulents à partir de séquences d'images.

### Intéressé(e) par le sujet de thèse?

Envoyer votre candidature par e-mail à:

Dr. Frédéric Champagnat  
ONERA, Palaiseau  
e-mail : [Frederic.Champagnat@onera.fr](mailto:Frederic.Champagnat@onera.fr)

Dr. Cédric Herzet, (<http://people.rennes.inria.fr/Cedric.Herzet/Cedric.Herzet/>)  
INRIA Rennes-Bretagne Atlantique  
e-mail : [cedric.herzet@inria.fr](mailto:cedric.herzet@inria.fr)

### Références

- [1] T. Corpetti, E. Mémin, and P. Perez, « Dense estimation of fluid flows, » in *IEEE Trans. on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, vol. 24, no. 3, pp. 365-380, March 2002.
- [2] G. E. Elsinga, F. Scarano, B. Wieneke, and B. W. van Oudheusden, « Tomographic particle image velocimetry, » in *Experiments in Fluids*, vol. 41, pp. 933-947.
- [3] C. H. Atkinson, « Reconstruction techniques for tomographic PIV (tomo-PIV) of turbulent boundary layer, » in *14th Int. Symp. on Applications of Laser Techniques to Fluid Mechanics*, Lisbon, Portugal, July 2008.

- [4] I. Barbu, « Tridimensional Estimation of Turbulent Fluid Velocity, » Thèse de l'Université de Rennes 1, Dec. 2014.
- [5] N. Parikh and S. Boyd, « Proximal algorithms, » in Foundations and Trends in Optimization, vol. 1, no. 3, pp. 127-239, 2014.
- [6] S. Boyd, N. Parikh, E. Chu, B. Peleato, and J. Eckstein, « Distributed optimization and statistical learning via the alternating direction method of multipliers, » in Foundations and Trends R in Machine Learning, vol. 3, no. 1, pp. 1-122, 2011.
- [7] L. El Ghaoui, V. Viallon, and T. Rabbani, « Safe feature elimination in sparse supervised learning, » Tech. Report. UC/EECS-2010-126, EECS Dept., Berkeley, USA
- [8] Bonnefoy et al., Dynamic Screening : Accelerating First-Order Algorithms for the Lasso and Group-Lasso, IEEE TSP, 2015