



## Etude expérimentale de l'anomalie dissipative dans un écoulement turbulent

**Spécialité** Hydrodynamique

**Niveau d'étude** Bac+5

**Formation** Master 2

**Unité d'accueil**

**Candidature avant le** 07/03/2018

**Durée** 4 mois

**Poursuite possible en thèse** oui

**Contact** [DUBRULLE Berengere](mailto:berengere.dubrulle@cea.fr)  
+33 1 69 08 72 47  
[berengere.dubrulle@cea.fr](mailto:berengere.dubrulle@cea.fr)

### Résumé

Le projet de ce stage, qui se prolonge en sujet de thèse, est de participer à la mise en place du programme expérimental en PIV-3D, puis au post-traitement et à l'analyse des données expérimentales pour mettre en évidence d'éventuelles singularités du champs de vitesse (cf Problème du Millenium).

### Sujet détaillé

L'anomalie de dissipation, discuté par G.I. Taylor dès 1935, traduit le fait que la dissipation d'énergie ne décroît pas avec la viscosité, ou lorsqu'on augmente la turbulence, mais au contraire, tend vers une valeur asymptotique constante, a priori non universelle. Cette observation est à la base de la théorie de Kolmogorov de la turbulence. Elle a été utilisée en 1949 par Onsager pour tirer une conclusion remarquable: dans la limite de viscosité nulle, le champ de vitesse ne reste pas différentiable. Cela signifie que l'anomalie dissipative pourrait être connectée à l'existence de singularités dans l'équation de Navier-Stokes.

Les "singularités" sont définies comme des points où la vitesse du fluide n'est plus assez régulière pour satisfaire les équations de Navier-Stokes, i.e. n'est plus deux fois dérivable. Des travaux récents [D00] prouvent que cette question n'est pas que d'un intérêt purement mathématique, puisqu'ils mettent en évidence une dissipation d'énergie non visqueuse au voisinage de singularités. Cela pourrait expliquer en partie l'anomalie de dissipation, comme l'avait déjà fait remarquer Onsager [O49]. La quête des singularités dans les équations de Navier-Stokes représente un problème non résolu (cf. AMS Millenium Clay Prize), mais les récentes avancées, tant au niveau numérique qu'expérimental, rendent ce problème de nouveau d'actualité. En effet, en utilisant les progrès récents dans la visualisation des écoulements expérimentaux turbulents, il est maintenant possible de sonder un écoulement turbulent à l'échelle de Kolmogorov, et de mesurer ses trois composantes avec une bonne statistique.

Un projet de recherche ANR a été obtenu en 2016 avec le Laboratoire de Mécanique de Lille et l'équipe SPHINX du CEA Saclay (B. Dubrulle, F. Daviaud) pour étudier les structures dissipatives et tenter de détecter la présence de singularités dans un écoulement turbulent de von Karman. L'équipe SPHINX possède une longue expérience avec ce type d'écoulement qui est un candidat idéal pour l'étude des singularités potentielles des équations de Navier Stokes.

---

Nous proposons dans cette thèse d'utiliser cet écoulement forcé avec différents types de turbines, en particulier fractales. L'idée est de forcer le fluide à différentes échelles et fréquences d'excitation de manière à favoriser le développement d'éventuelles singularités. Nous essaierons d'obtenir des mesures directes des champs de vitesse en zoomant à plusieurs échelles, pour chercher dans l'espace des échelles les différentes structures responsables de l'anomalie dissipative. Dans le cadre de l'ANR, des mesures de Particle Image Velocimetry 2D et 3D seront réalisées et une nouvelle méthode d'analyse multi-échelles similaire à la transformée en ondelettes sera développée.

Ce stage et cette thèse, financée par le projet ANR, sera réalisée en étroite collaboration avec l'équipe SPHINX du CEA. Le programme de la thèse sera déroulé en parallèle de plusieurs thèses théorique, numérique & expérimentales déjà engagées sur la même problématique de singularités des équations de Navier Stokes. Le projet de cette thèse est de participer à la mise en place du programme expérimental en PIV-3D, puis au post-traitement et à l'analyse des données expérimentales. La thèse, co-dirigée par J-P Laval (CNRS) et J.-M. Foucaut (Prof. Centrale Lille), requiert une solide formation théorique en mécanique des fluides et si possible en mécanique statistique, ainsi qu'un goût prononcé pour l'expérimentation et l'analyse numérique. Des compétences en numérique (Fortran, C Matlab ou Python seront appréciées).

### **Mots clés**

Turbulence, mathématique, physique statistique

### **Compétences**

Stage et thèse, co-dirigés par J-P Laval (CNRS) et J.-M. Foucaut (Prof. Centrale Lille), requièrent une solide formation théorique en mécanique des fluides et si possible en mécanique statistique, ainsi qu'un goût prononcé pour l'expérimentation et l'analyse numérique. Des compétences en numérique (Fortran, C Matlab ou Python seront appréciées).

### **Logiciels**

Fortran, C Matlab ou Python

---

## Summary

## Full description

## Keywords

## Skills

## Softwares

Fortran, C Matlab ou Python