



## Transitions dans des systèmes turbulents hors équilibre

**Spécialité** Physique des liquides

**Niveau d'étude** Bac+5

**Formation** Master 2

**Unité d'accueil** [SPEC/SPHYNX](#)

**Candidature avant le** 04/04/2019

**Durée** 6 mois

**Poursuite possible en thèse** oui

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

**Autre lien** <http://iramis.cea.fr/Pisp/francois.daviaud/>

### Résumé

Le but de ce stage est d'aborder les transitions hors équilibre à l'aide d'expériences modèles. Une partie du travail reposera sur un écoulement cisailé dans un cylindre fermé forcé par deux turbines et très fortement turbulent. Dans ce type d'écoulement, on peut observer des structures moyennes de différentes symétries qui peuvent coexister pour certaines valeurs des paramètres de contrôle. On peut alors assister, via des dynamiques temporelles complexes et lentes, à des transitions entre ces modes. Au delà des études expérimentales, un des objectifs du stage sera également de comparer les dynamiques et les transitions observées à des résultats récents obtenus en mécanique statistique et dans des modèles non-linéaires ou stochastiques.

### Sujet détaillé

Des transitions brutales sont observées de nombreux systèmes naturels : atmosphère, océan, climat, champ magnétique terrestre... Ces systèmes sont complexes : ils comportent de nombreuses échelles spatiales et temporelles en interaction et sont sujets à de très fortes fluctuations à toutes ces échelles. On peut y définir des structures moyennes telles les alizées, le Gulf-Stream ou les périodes glaciaires et interglaciaires. Ces structures peuvent apparaître, disparaître ou se transformer par des transitions qui mettent en jeu des brisures spontanées des symétries du système et peuvent être comparées à des transitions de phase ou des bifurcations. Ces phénomènes restent pourtant à l'heure actuelle mal compris alors qu'ils sont d'une importance capitale par exemple pour la dynamique du système climatique. Dans cette thèse, nous proposons d'étudier expérimentalement un système modèle turbulent/fluctuant, où l'on peut observer des transitions sur certaines observables moyennes ou globales.

Les transitions de phase dans les systèmes modèles proches de l'équilibre thermodynamiques sont parfaitement connues et la physique des instabilités et du chaos a permis de réaliser des avancées considérables au cours de ces 30 dernières années pour les systèmes à petit nombre de degrés de liberté. De même, l'influence du bruit sur une transition a été étudiée avec succès dans de nombreux systèmes. Ce n'est pas le cas pour les systèmes complexes situés loin de l'équilibre dans lesquels les fluctuations sont du même ordre que les grandeurs moyennes. En effet, si

---

des expériences de laboratoire ont récemment mis en évidence des transitions dans des systèmes turbulents, un cadre conceptuel reste encore à développer.

Le but de ce stage est d'aborder cette problématique à l'aide d'expériences modèles. Une partie du travail reposera sur un écoulement cisaillé dans un cylindre fermé forcé par deux turbines et très fortement turbulent. Dans ce type d'écoulement, on peut observer des structures moyennes de différentes symétries qui peuvent coexister pour certaines valeurs des paramètres de contrôle. On peut alors assister, via des dynamiques temporelles complexes et lentes, à des transitions entre ces modes. Au delà des études expérimentales, un des objectifs du stage sera également de comparer les dynamiques et les transitions observées à des résultats récents obtenus en mécanique statistique et dans des modèles non-linéaires ou stochastiques.

Le cœur de ce stage est expérimental, mais des développements théoriques sur la physique hors-équilibre via le formalisme multi-fractal et les ondelettes pourront être effectués. Cette thèse sera co-encadrée par F. Daviaud (CEA) et B. Dubrulle (CNRS). Le sujet stage requiert une solide formation de physicien, en particulier en physique statistique, ainsi qu'un goût prononcé pour l'expérimentation. Il pourra éventuellement déboucher sur une thèse sur une thématique voisine.

### **Mots clés**

Turbulence -physique statistique

### **Compétences**

Particle Image Velocimetry Wavelets

### **Logiciels**

Matlab

---

## **Transitions in out-of-equilibrium systems**

### **Summary**

This internship aims at studying transitions between non-equilibrium steady states, from an experimental point of view. The experiment will be the von Karman experiment, a vessel filled with water, in which spontaneous and forced bifurcations of the mean flow topology have been observed. The goal is to understand the conditions in which these transitions take place, and, if possible, establish a link with recent progress in theory of out-equilibrium systems, to generalize normal thermodynamics. The final aim is to understand whether such transitions take place in climate, and whether we would be even more concern with climate change taking place under the shape of tipping point and brutal transitions.

### **Full description**

#### **Keywords**

Turbulence -statistical physics

#### **Skills**

Particle Image Velocimetry Wavelets

#### **Softwares**

Matlab