

## Analyse expérimentale des équations de Navier-Stokes à deux points dans la turbulence non homogène et application à la simulation numérique grandes échelles

Paul BEAUMARD

Travaux dirigés par Christos VASSILICOS, Jean-Marc FOUCAUT et Christophe CUVIER

Laboratoire de Mécanique des Fluides de Lille - Kampé de Fériet (LMFL), Boulevard Paul Langevin, 59655 Villeneuve d'Ascq

Mardi 05 décembre, 10h00

La soutenance aura lieu dans la salle de réunion du **bâtiment M6** et simultanément en **visio-conférence**

**Résumé :** Des expériences PIV (Particle Image Velocimetry) résolues en temps sont réalisées dans un réservoir mélangeur avec de l'eau agitée par quatre pales en rotation. Ce montage expérimental est utilisé pour générer et mesurer différents écoulements non homogènes avec des propriétés turbulentes différentes.

La cascade d'énergie turbulente est analysée grâce aux équations de Navier-Stokes à deux points qui permettent d'analyser sans approximation le taux d'énergie échangé entre les échelles et dans l'espace dans des écoulements non homogènes.

Dans les écoulements non homogènes sans rotation, la théorie de Chen et Vassilicos 2022 est améliorée et utilisée pour justifier théoriquement les résultats de type Kolmogorov mesurés malgré la non-homogénéité présente. Les mesures PIV dans ces écoulements vont dans le sens des prédictions de cette théorie.

Dans les écoulements non homogènes avec rotation, les fonctions de structures et les statistiques à deux points sont quantifiées et ont des résultats qualitativement différents.

Enfin, l'équation exacte du tenseur de sous-maille de Germano est utilisée. Cette équation fait partie du cadre théorique général de Germano, étudié dans cette thèse, et est utilisé comme référence pour construire un nouveau modèle LES.

### Experimental analysis of two-point Navier-Stokes equations in non-homogeneous turbulence and application to Large Eddy Simulation

**Abstract:** Time-resolved 2D2C PIV (Particle Image Velocimetry) measurements are carried out in a water tank agitated by four rotating blades. This experimental set-up is used to generate and measure different non-homogeneous turbulent flows with different turbulent properties. The turbulent energy cascade is analysed in a framework based on two-point Navier-Stokes equations which allows transfer rates of energy across scales and through space to be analysed in non-homogeneous flows without assumptions/approximations.

In non-rotating non-homogeneous flows, the Chen and Vassilicos 2022 theory is improved and used to explain theoretically the Kolmogorov-like results measured in the presence of significant non-homogeneity. The PIV measurements in these flows support the predictions of this theory.

In non-homogeneous flows with rotation, structure function and two-point statistics results are quantified and are found to be qualitatively different.

Finally, Germano's exact subfilter stress equation, which is part of the Germano two-point framework, analysed in this thesis, is used as the basis of a new Large Eddy Simulation (LES) model.

#### Composition du jury proposé :

Rapporteur	Mickaël BOURGOIN	Directeur de Recherche, CNRS, ENS de Lyon
Rapporteur	George PAPADAKIS	Professeur, Imperial College London
Examinatrice	Léonie CANET	Professeure, Université Grenoble Alpes, LPMML
Examinatrice	Luminita DANAILA	Professeure, Université de Rouen, M2C
Examineur	Eric LAMBALLAIS	Professeur, Université de Poitiers, Pprime
Directeur	Christos VASSILICOS	Directeur de Recherche, CNRS, LMFL
Co-Directeur	Jean-Marc FOUCAUT	Professeur, Centrale Lille Institut, LMFL
Co-Encadrant	Christophe CUVIER	Maître de conférences, Centrale Lille Institut, LMFL