



Dissipation, cascades et singularités en turbulence

Spécialité Hydrodynamique

Niveau d'étude Bac+5

Formation Master 2

Unité d'accueil

Candidature avant le 02/03/2017

Durée 4 mois

Poursuite possible en thèse oui

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

Résumé

Le but de la thèse est de tester une nouvelle description de la cascade d'énergie, basée sur l'hypothèse que la turbulence contient des singularités dans la limite de la viscosité tendant vers zéro, en utilisant le code SFEMaNS, qui sera testé par comparaisons avec les mesures expérimentales.

Sujet détaillé

La turbulence est un état atteint par la majeure partie des fluides dans des conditions "extrêmes" -fortes vitesses ou températures, grande taille du système-. Elle se manifeste dans de nombreux domaines industriels (turbines), aéronautiques (avions, fusées), géophysiques (atmosphère, océan) ou astrophysiques (étoiles, galaxies). Comprendre les phénomènes de turbulence constitue donc un enjeu scientifique, technologique et économique important. Soumis à une agitation mécanique, un fluide visqueux convertit le travail appliqué en chaleur via un processus complexe: son écoulement se structure en mouvements tourbillonnaires qui se ramifient sur plusieurs échelles allant de la taille du système (océan, lac, récipient ...) à l'échelle la plus fine, fonction de la viscosité. L'énergie injectée dans le fluide est finalement dissipée par effet de viscosité. Depuis près de 80 ans, on décrit ce processus par un modèle de cascade auto-similaire, dû à Kolmogorov. Ce modèle sert de base à presque tous les modèles actuels de turbulence, et permet de reproduire extrêmement bien la majeure partie des grandes échelles des écoulements turbulents. Cependant, ce modèle devient de plus en plus mauvais au fur et à mesure que l'on descend vers les petites échelles, et ne permet pas de comprendre le comportement très intermittent de la dissipation d'énergie. Cela limite considérablement la modélisation des processus impliquant la turbulence à petite échelle, comme la combustion (problème pour simuler les moteurs) ou la condensation de gouttes (problème pour simuler la pluie en météo ou en climat).

Le but de la thèse est de tester une nouvelle description de la cascade d'énergie, basée sur l'hypothèse que la turbulence contient des singularités dans la limite de la viscosité tendant vers zéro. La quête des singularités dans les équations d'Euler ou de Navier-stokes représente un problème bien connu (cf. AMS Millenium Clay Prize), mais les récentes avancées, tant au niveau numérique qu'expérimental, remettent ce problème de nouveau d'actualité. En particulier, notre groupe a récemment mis en évidence, dans un écoulement turbulent de laboratoire, l'existence d'événements intenses de dissipation d'énergie non-visqueuse qui pourraient être associés aux singularités

recherchées par les mathématiciens (Saw et al, Nature Communication 7, 12466 (2016)). Ces évènements ne sont pas décrits par le modèle de Kolmogorov, et pourraient servir de base à de nouvelles modélisations plus fidèles à petite échelle.

Nous proposons dans cette thèse une étude détaillée des processus de cascade et de dissipation d'énergie en utilisant le code SFEMaNS, qui sera testé par comparaisons avec les mesures expérimentales. Ce code utilise des éléments finis et une décomposition spectrale ainsi que des méthodes avancées de pénalisation, pour reproduire fidèlement l'expérience de laboratoire utilisée au SPEC (cf. Figure).

Le coeur de cette thèse est numérique, mais il aura des ramifications théoriques et mathématiques (une étape dans la résolution du prix Clay) et expérimentales (validation et extrapolation de mesures physiques). C'est un sujet adapté pour une poursuite de carrière aussi bien dans la recherche académique, que dans la recherche privée ou dans une industrie impliquant la turbulence (e .g. DASSAULT, AIRBUS, RENAULT, SAINT-GOBAIN). La thèse se déroulera à cheval entre le SPEC, CEA Saclay et le LIMSI (U-Paris Saclay), avec des séjours possibles à College Station au Texas. Cette thèse sera co-encadrée par B. Dubrulle (SPEC, CNRS) et C. Nore (LIMSI, Professeur UPSud), et sera menée en collaboration avec J-L. Guermond (Texas A&M University). Le sujet de thèse requiert une solide formation de physicien/mécanicien, en particulier en mécanique des fluides, ainsi qu'un goût prononcé pour le numérique.

CONTACT: B. Dubrulle / berengere.dubrulle@cea.fr et C. Nore Caroline.Nore@limsi.fr

Mots clés

Turbulence, simulations numériques

Compétences

Éléments finis et décomposition spectrale

Logiciels

C++, Matlab, FORTRAN

Summary

Full description

Keywords

Skills

Softwares

C++, Matlab, FORTRAN