

3CV3050 - Turbulence et couche limite

Responsables : **Ronan VICQUELIN**

Langues d'enseignement : **FRANCAIS**

Campus où le cours est proposé : **CAMPUS DE PARIS - SACLAY**

Nombre d'heures d'études élèves (HEE) : **40**

Nombre d'heures présentielles d'enseignement (HPE) : **21**

Année académique : **2024-2025**

Niveau avancé : **non**

Présentation, objectifs généraux du cours :

Les écoulements turbulents sont retrouvés dans la majeure partie des applications industrielles. Dans les écoulements internes ou de type jets, la turbulence favorise les différents types de transferts : quantité de mouvement, énergie, espèce. Il en est de même pour les écoulements externes autour de profils où une couche limite turbulente se développe. Ces propriétés peuvent être appréciées (amélioration du mélange par exemple) ou pénalisantes (augmentation de la traînée et des pertes de charge). La compréhension et la modélisation de la turbulence est, de plus, reconnue comme l'un des problèmes les plus difficiles de la physique classique.

Le cours aborde plusieurs traits caractéristiques des écoulements turbulents : mécanismes fondamentaux, cascade de Kolmogorov, équations-bilans, cas des écoulements en configuration simple. Les différentes approches (RANS, LES, DNS) liées à la nécessaire description et modélisation de la turbulence sont également présentées et contextualisées dans le cadre d'applications industrielles et académiques.

Le projet fil-rouge du cours comporte plusieurs parties démarrées en séance. Ce projet permet de se familiariser avec la mise en données d'un calcul RANS sous le logiciel Ansys Fluent, d'étudier des configurations canoniques pour retrouver les propriétés classiques de certains écoulements turbulents particuliers (couche limite, jet). La dernière partie du projet est l'occasion de mener une analyse critique sur un écoulement complexe.

Période(s) du cours (n° de séquence ou hors séquence) :

SM10

Prérequis :

aucun

Plan détaillé du cours (contenu) :

Séance 1 : Mécanismes fondamentaux, Cascade de Kolmogorov

- Cours : Introduction & Généralités ; Production, Dissipation, Transfert entre échelles ; Echelles énergétiques et dissipatives ; Cascade de Kolmogorov
- TD : Coût DNS, décroissance TH1

Séance 2 : Equations-bilan moyennées

- Cours : Simulation numérique directe (DNS) ; Décomposition de Reynolds ; Equations bilan moyennées (RANS) ; Problème de fermeture, Tenseur de Reynolds ; Flux de transfert turbulent (chaleur, espèces)
- TD : Démarrage du projet

Séance 3 : TD Jet turbulent bidimensionnel

Séance 4 : Modèles de fermeture RANS

- Cours : Propriétés tenseur de Reynolds ; Hypothèse de Boussinesq, Diffusion turbulente ; Viscosité turbulente et totale/effective ; Hypothèse diffusion gradient ; Nombres de Prandtl et Schmidt turbulents ; Modèles algébriques, à une équation, à deux équations ; Modèle k- ϵ standard
- TD : Suite du Projet

Séance 5 : Ecoulements turbulents pariétaux

- Cours : Ecoulements de canal (Régime établi ...) ; Structure couches limites mécanique et thermique ; Contrainte et flux totaux ; Vitesse et température de frottement ; Zone externe/interne ; Sous-couche visqueuse/ZoneTampon/ Zone Logarithmique ; Loi de frottement $cf(Re)$ implicite

Séance 6 : Projet

Séance 7 : Analyse spectrale et Simulation aux grandes échelles

Cours : Spectre d'énergie cinétique turbulente, de dissipation, de production ; Zone inertielle du spectre ; Transfert entre échelles ; Simulation aux grandes échelles (LES) ; Définitions de filtres ; Equations filtrées, modèles de sous-maille ; Modèle de Smagorinsky ; Avantages/Inconvénients LES, modèles de paroi et approches hybrides

- TD : Support au projet

Déroulement, organisation du cours :

Il est recommandé d'avoir suivi le cours de CFD qui comprend la formation à l'utilisation d'Ansys Fluent. Une formation préalable à Fluent n'est néanmoins pas obligatoire dans la mesure où son utilisation pour réaliser le projet est présentée en cours.

- 7 séances de cours + 20 min. de soutenance lors d'un créneau quelques semaines après la dernière séance.

Organisation de l'évaluation :

La note est déterminée à partir d'une soutenance sur le projet final qui permet d'évaluer les capacités d'analyse.

Acquis d'apprentissage visés dans le cours :

- A la fin de cet enseignement, l'élève sera capable de :
- Faire un dimensionnement grossier des grandeurs-clé d'un écoulement turbulent
- Juger les avantages/inconvénients d'une approche de modélisation de la turbulence
- Reconnaître les propriétés fondamentales d'un écoulement turbulent simple : jet, couche limite sans gradient de pression
- Mener et analyser des simulations numériques d'écoulements turbulents

