3EN4210 - Turbulence

Responsables : **Ronan VICQUELIN**

Langues d'enseignement : **FRANCAIS**

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

Nombre d'heures d'études élèves (HEE) : **25**

Nombre d'heures présentielles d'enseignement (HPE) : **15**

Année académique : **2024-2025**

Niveau avancé : **non**

Présentation, objectifs généraux du cours :

Les écoulements turbulents sont retrouvés dans la majeure partie des applications industrielles. La turbulence favorise en effet les différents types de transferts : quantité de mouvement, énergie, espèce. 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 démarré en séance permet également de se former rapidement à la mise en données d'un calcul RANS sous le logiciel Ansys Fluent.

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

SM11

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 ; Approches RANS LES et DNS
- TD : Coût DNS, décroissance THI

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 : Jet turbulent bidimensionnel + Démarrage projet, partie I

Séance 3 : 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 $k-\varepsilon$ standard
- TD : Suite projet, partie II

Séance 4 : 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/Zone Tampon/ Zone Logarithmique ; Loi de frottement $cf(Re)$ implicite
- TD : Suite projet, partie III

Séance 5 : 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 :

La note est liée à un rapport sur le projet réalisé en binôme.

Organisation de l'évaluation :

La note est liée à un rapport sur le projet réalisé en binôme.

Acquis d'apprentissage visés dans le cours :

A la fin de cet enseignement, l'élève sera capable de :

- Faire un dimensionnement grossier de quelques grandeurs-clé d'un écoulement turbulent
- Mener des simulations numériques (RANS) d'écoulements turbulents
- Analyser de telles simulations numériques et juger de la pertinence d'une approche de modélisation de la turbulence