

Objectifs de l'UE**Au terme de cette UE, les étudiants seront capables de :**

- Identifier et expliquer les principales techniques de mesures utilisées dans le domaine de la mécanique des fluides et de l'énergétique, leur mise en œuvre et les incertitudes associées
- Définir la notion d'écoulement turbulent et décrire les caractéristiques principales des écoulements turbulents
- Expliquer la physique des écoulements turbulents et l'interaction entre les différentes échelles à travers la notion de cascade énergétique
- Utiliser les différents outils statistiques nécessaires à la description et à la modélisation de la turbulence
- Construire un modèle numérique approprié une problématique d'écoulements externes et internes incluant des phénomènes thermiques : optimisation du maillage, conditions aux limites, schémas de discrétisation, modèles de turbulence
- Mettre en place une démarche de validation et évaluer la pertinence d'un modèle numérique : comparaison entre résultats numériques et mesures, convergence et stabilité, étude sensibilité du modèle numérique
- Analyser les résultats d'une simulation numérique d'une problématique thermo-fluide au regard de la physique des phénomènes observés
- Rédiger un rapport scientifique décrivant la démarche utilisée en justifiant les choix faits et en critiquant les résultats obtenus
- Construire un document servant de base à la présentation orale d'un travail scientifique
- Défendre oralement un travail scientifique

Description des ECUE**METHODES DE MESURES**

Généralités sur la métrologie et les chaînes de mesure, calculs d'incertitudes, Présentation des types de capteurs pour la mesure ponctuelle des pressions, des débits, vitesses et de températures, Présentation des méthodes optiques de type LDA, PIV et pyrométrie.

CFD

Modélisation d'écoulements multiphysiques complexes : écoulements diphasiques, CHT, maillages mobiles. Sensibilité à la discrétisation spatiale et optimisation du maillage. Paramétrisation et automatisation des phases de pré-processing (géométrie, maillage), de simulation et de post-processing.

MODELISATION DE LA TURBULENCE

Généralités sur la nature des écoulements turbulents : diversité et caractéristiques de la turbulence, la cascade énergétique, les différentes échelles de la turbulence; Introduction des différentes classes de simulation de la turbulence : DNS, RANS et LES; La simulation numérique directe (DNS) : principe, coût en temps de calcul, quelques exemples de DNS; La modélisation statistique de la turbulence (RANS) : outils statistiques, équations du mouvement moyen, problème central de fermeture, modèles du 1er et 2nd ordre, exemples de simulations RANS illustrant le problème de la validation; La simulation des grandes échelles turbulentes (LES) : principe, coût en temps de calcul, séparation d'échelles et propriétés des filtres en espace, équations filtrées, problème de fermeture, modélisation de sous-maille; Conditions aux limites et modélisation de proche paroi; Stratégie globale de mise en œuvre et recommandations diverses

PHYSIQUE DE LA TURBULENCE

Introduction à la physique de la turbulence (irrégularité, diffusivité, grands nombres de Reynolds), Structure de la turbulence, Nombre de Reynolds (Équations de Navier-Stokes, Équations de transport de la quantité de mouvement (transport diffusif et transport convectif), Forme adimensionnelle des équations de Navier-Stokes), Origine de la turbulence (instabilités de cisaillement, instabilités centrifuges, instabilité des tourbillons, phénomènes de décollement, transition vers la turbulence), Propriétés de la turbulence, Lois de paroi, Viscosité turbulente et théories de similitudes, Structures turbulentes et dissipation d'énergie, Turbulence homogène et isotrope (transformée de Fourier, répartition spectrale de l'énergie, échelles de la turbulence), Moments en turbulence (RMS, coefficients de dissymétrie et d'aplatissement), Dynamique de la turbulence isotrope.

Pré-requis

Mécanique des Fluides (niveau M1), CFD (niveau M1), Transferts thermiques (niveau M1), Énergétique (niveau M1)

Bibliographie

Les capteurs en instrumentation industrielle, G. Asch, Dunod. -- An introduction to computational fluid dynamics, H.K. Versteeg and W. Malalasekera, Longman Scientific & Technical. -- Computational Methods for Fluid Dynamics. J.H. Ferziger et M. Peric, Springer. -- Numerical Computation of Internal and External flows, Vol 1 & 2, C. Hirsch, Wiley. -- Turbulence, Cristophe Bailly et Geneviève Comte-Bellot. CNRS Editions, Paris, 2003.