UCL Université catholique de Louvain

LMECA2853

2015-2016

Turbulence

5.0 crédits	30.0 h + 30.0 h	1q

Enseignants:	Winckelmans Grégoire ; Deleersnijder Eric ;
Langue d'enseignement:	Anglais
Lieu du cours	Louvain-la-Neuve
Ressources en ligne:	> http://moodleucl.uclouvain.be/enrol/index.php?id=5583
Thèmes abordés :	Partant de rappels généraux sur la turbulence (problématique, écoulements turbulents en canal ou en conduite, écoulements avec couche limite turbulente, modèles de base), le cours présentera une analyse détaillée de la physique de ce phénomène pour diverses classes d'écoulements canoniques (turbulence homogène isotrope, écoulements cisaillés libres, écoulements cisaillés avec parois). Les principales méthodes de simulation numérique (RANS et LES) seront abordées. Diverses applications seront considérées (écoulements industriels, aérodynamiques, atmosphériques, océaniques).
Acquis d'apprentissage	Eu égard au référentiel AA du programme « Master ingénieur civil mécaniciens », ce cours contribue au développement, à l'acquisition et à l'évaluation des acquis d'apprentissage suivants : -- AA1.1, AA1.2, AA1.3 -- AA2.1, AA2.4, AA2.5 -- AA3.1, AA3.3 -- AA4.1, AA4.2, AA4.3, AA4.4 -- AA5.4, AA5.5, AA5.6 -- AA6.1, AA6.3 Plus précisément, au terme du cours, l'étudiant sera capable de : -- Présenter une théorie détaillée de la turbulence pour des cas canoniques (turbulence homogène isotrope, écoulements cisaillés libres, écoulements cisaillés avec paroi). -- Faire le point sur les modèles existants et leurs limites. -- Appliquer la théorie ainsi développée à la modélisation de divers phénomènes de mécanique des fluides, tant en ingénierie qu'aux écoulements géophysiques et environnementaux (atmosphère, océans, estuaires, etc.). -- Présenter une introduction à la simulation numérique des écoulements turbulents (RANS et LES). *La contribution de cette UE au développement et à la maîtrise des compétences et acquis du (des) programme(s) est accessible à la fin de cette fiche, dans la partie « Programmes/formations proposant cette unité d'enseignement (UE) ».*
Modes d'évaluation des acquis des étudiants :	Rapport du projet et examen écrit, et éventuellement rapport d'un devoir. Eventuellement discussion par oral sur le projet et/ou sur une question préparée.
Méthodes d'enseignement :	Typiquement 13 cours (26 heures) et un projet. Il peut aussi y avoir quelques séances d'exercices et/ou un devoir (homework).
Contenu :	Introduction et généralités : Ecoulements turbulents, nature physique et caractéristiques de la turbulence. Moyennes de Reynolds (moyennes temporelles, moyennes d'ensemble), équations de conservation pour les champs moyennés, tensions et flux de Reynolds: transferts turbulents de quantité de mouvement et de chaleur. Modèles avec viscosité effective et conductivité effective de turbulence. Ecoulements cisaillés turbulents avec paroi : écoulements turbulents en canal ou en conduite, écoulements avec couche limite turbulente, échelles caractéristiques, vitesse de frottement, température de frottement-conduction, viscosité effective et conductivité effective de turbulence. Profils : zone interne (de paroi) avec sous-couche visqueuse, zone tampon avec profil logarithmique (von Karman), zone externe avec profil composite (Coles). Effet de la rugosité de paroi.

	Turbulence homogène isotrope (HIT) : Grandes échelles, échelle internielles, petites échelles (échelle de Kolmogorov), analyse spectrale, spectre d'énergie, cascade d'énergie, théorie de Kolmogorov, modèle de spectre de Pao, fonctions de structures, corrélations à deux points, échelles de Taylor. Simulation numérique de la HIT, et comparaison avec la théorie et avec des résultats expérimentaux. Ecoulements cisaillés turbulents libres : Jets et couches de cisaillement : description phénoménologique et visualisation, structure cohérentes en turbulence, résultats expérimentaux et de simulations numériques (taux de croissance, viscosité effective de turbulence), analyse de similarité et profils similaires. Effets de la rotation et de la stratification : Turbulence en présence de forces de volume. Variabilité de l'atmosphère et de l'océan, équations géohydrodynamiques, couches d'Ekman, énergétique de la turbulence en milieu stratifié stable ou instable, expérience de Kato-Phillips, couches limites atmosphériques et océaniques. Problèmes d'environnement. Convection naturelle : Effets non-isothermes en turbulence. Echelles en présence de convection naturelle, approximation de Boussinesq, conservation de l'énergie. Convection atmosphérique et océanique. Approche moyennée de Reynolds (RANS) : Equations de conservation moyennées et modèles de viscosité effective et de conductivité effective de turbulence. Equation pour l'énergie cinétique de turbulence, k. Fermeture à une ou à deux équations (modèle de longueur de mélange, modèle k-epsilon, modèle k-omega). Calibration (sur de la HIT et sur de la turbulence avec paroi). Effet de la stratification, et modèle de Mellor-Yamada. Conditions aux limites. Approche par simulation des grandes échelles (SGE, LES) : Troncature des échelles physiques et donc du spectre, échelles résolues et échelles non-résolues (échelles de sous-maille). Equations de conservation pour les champs tronqués, contraintes effectives et transfert de chaleur effectif de sous maille. Modèle de Smagorinsky et sa calibration en HIT. Développements récents et modèles multi-échelles. LES d'écoulements avec paroi. Exemples d'applications. LES avec filtre explicite en plus de la troncature (champs filtrés et tronqués).
Bibliographie :	-- Tennekes H. and Lumley J. L., A First Course in Turbulence, The MIT Press, 1972 -- Pope S. B., Turbulent Flows, Cambridge University Press (conseillé) -- Burchard H., Applied Turbulence Modelling in Marine Water, Springer Verlag -- Cushman-Roisin B. and J.-M. Beckers, Introduction to Geophysical Fluid Dynamics, Academic Press, 2011 -- Transparents et documentation/notes complémentaires des titulaires.
Faculté ou entité en charge:	MECA

Programmes / formations proposant cette unité d'enseignement (UE)

Intitulé du programme	Sigle	Crédits	Prérequis	Acquis d'apprentissage
Master [120] en sciences physiques	PHYS2M	5	-	
Master [120] : ingénieur civil des constructions	GCE2M	5	-	
Master [120] : ingénieur civil mécanicien	MECA2M	5	-	
Master [120] : ingénieur civil électromécanicien	ELME2M	5	-	