

5.0 crédits	30.0 h + 30.0 h	1q
-------------	-----------------	----

Enseignants:	Winckelmans Grégoire ; Deleersnijder Eric ;
Langue d'enseignement:	Français
Lieu du cours	Louvain-la-Neuve
Ressources en ligne:	 > http://icampus.uclouvain.be/claroline/course/index.php?cid=MECA2853
Préalables :	-- Mécanique des milieux continus -- Mécanique des fluides -- Eléments de théorie de la turbulence -- Eléments de simulation numérique en mécanique des fluides. NB: les références appropriées seront fournies aux étudiants n'ayant pas reçu une formation suffisante dans ces deux derniers domaines
Thèmes abordés :	Partant de rappels généraux sur la théorie de la turbulence (problématique, équations moyennées et modèles de base, turbulence avec paroi), le cours présentera une analyse détaillée de la physique de ce phénomène (turbulence homogène isotrope, écoulements cisailés libres) ainsi que diverses classes d'applications (écoulements industriels, aérodynamiques, environnementaux et géophysiques). Les principales méthodes de simulation numérique (RANS et LES) seront aussi présentées.
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 : -- Développer une théorie détaillée de la turbulence. -- 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'en géophysique. -- Présenter une introduction à la simulation numérique des écoulements turbulents. <i>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) ».</i>
Modes d'évaluation des acquis des étudiants :	Projet et examen écrit (éventuellement discussion par oral sur le projet ou sur une question préparée)
Méthodes d'enseignement :	Cours et quelques séances (exercices, projet)

Contenu :	<p>Généralités :</p> <p>Ecoulements turbulents, nature physique et caractéristiques de la turbulence, aspects instationnaires de la turbulence. Moyennes de Reynolds (moyennes temporelles, d'ensemble, etc.), équations de conservation pour les champs moyennés, tensions et flux de Reynolds: transferts turbulents de quantité de mouvement et de chaleur. Equations de conservation de l'énergie et de l'énergie cinétique de turbulence. Modèle linéaire de viscosité et de conductibilité effectives de turbulence (nombre de Prandtl turbulent), analogie de Reynolds.</p> <p>Turbulence avec paroi :</p> <p>Description de l'écoulement, couche limite turbulente, échelles de longueur et de vitesse, longueur de mélange, viscosité effective de turbulence. Zone interne (de paroi) et zone externe, sous-couche visqueuse, sous-couche inertielle, loi logarithmique, coefficient de frottement. Ecoulements en conduites, coefficient de pertes de charge. Effets de la rugosité de paroi.</p> <p>Turbulence homogène isotrope :</p> <p>Echelles de la turbulence, analyse de Fourier, spectre d'énergie, spectre de dissipation, cascade d'énergie, théorie de Kolmogorov, modèle de spectre de Pao, fonctions de structures, corrélations à deux points vitesses, comparaisons avec l'expérience.</p> <p>Ecoulement cisailés libres :</p> <p>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.</p> <p>--</p> <p>Effets de la stratification :</p> <p>Turbulence en présence de forces de volume. Equations 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.</p> <p>--</p> <p>Convection naturelle :</p> <p>Effets non-isothermes en turbulence. Echelles en présence de convection naturelle, approximation de Boussinesq, conservation de l'énergie. Convection atmosphérique et océanique.</p> <p>--</p> <p>Approche moyennée de Reynolds (RANS) :</p> <p>Equations de conservation moyennées et modèles classiques de viscosité effective de turbulence. Fermeture à une ou à deux équations (modèle de longueur de mélange, modèle k-epsilon, modèle k-omega). Calibration (HIT et turbulence avec paroi). Effet de la stratification, modèle de Mellor-Yamada. Modèle k-epsilon non-linéaire pour capture d'écoulement secondaires. Conditions aux limites.</p> <p>--</p> <p>Approche par simulation des grandes échelles (SGE, LES) :</p> <p>Troncature des échelles physiques et donc du spectre, échelles résolues et échelles non-résolues (échelles de sous-maille). Equations de conservation tronquées et contraintes effectives de sous maille. Modèle de Smagorinsky. Développements récents et modèles multi-échelles. Problèmes numériques. Exemples d'applications</p> <p>--</p> <p>Variabilité atmosphérique et océanique, circulation générale et tourbillons à la méso-échelle</p>
Bibliographie :	<p>--</p> <p>Tennekes H. and Lumley J.L., A First Course in Turbulence, The MIT Press, 1972</p> <p>--</p> <p>Pope S.B., Turbulent Flows, Cambridge University Press</p> <p>--</p> <p>Burchard H., Applied Turbulence Modelling in Marine Water, Springer Verlag</p> <p>--</p> <p>Cushman-Roisin B. and J.-M. Beckers, 2011 (2nd ed.), Introduction to Geophysical Fluid Dynamics, Academic Press</p> <p>--</p> <p>Transparents et documentation complémentaire, sur iCampus</p>
Cycle et année d'étude :	<p>> Master [120] en sciences physiques</p> <p>> Master [120] : ingénieur civil mécanicien</p>
Faculté ou entité en charge:	MECA