UCL Université catholique de Louvain

LMECA1321

2015-2016

Mécanique des fluides et transferts I

5.0 crédits	30.0 h + 30.0 h	2q

Enseignants:	Winckelmans Grégoire ; Legat Vincent ;
Langue d'enseignement:	Français
Lieu du cours	Louvain-la-Neuve
Ressources en ligne:	LMECA1321 sur moodleucl.uclouvain.be
Thèmes abordés :	Rappels de mécanique des milieux continus : cinématique et lois de conservation. Equations de constitution du fluide visqueux newtonien. Adimensionalisation des équations et nombres adimensionnels, cas limites. Notions de fluide non-newtonien. Conduction de la chaleur et loi de Fourier. Diffusion massique et loi de Fick. Ecoulements incompressible, laminaires et établis de fluides visqueux (solutions de Poiseuille et de Couette). Transfert de chaleur en écoulements établis. Etablissement d'un écoulement laminaire en canal ou en conduite. Ecoulements rampants : sphère, lubrification hydrodynamique et cas du palier plat. Couches limites laminaires (équations de Prandtl), et solution de Blasius pour le cas avec vitesse extérieure constante. Coefficient de frottement. Equation intégrale de von Karman pour le cas général. Couches limites thermiques et solution pour le cas avec vitesse extérieure constante, effet du nombre de Prandtl et solutions, coefficient de transfert de chaleur, analogie de Reynolds. Introduction aux écoulements turbulents : moyennes de Reynolds et équations de conservation pour les champs moyennés ; écoulements turbulents établis en canal et en conduite (cas hydrauliquement lisse, mixte, rugueux) : profil de vitesse (zone interne (proche paroi), zone tampon logarithmique (von Karman), zone externe avec profil composite (Coles), pertes de charge, profil de température et coefficient de transfert de chaleur; couches limites turbulentes avec vitesse extérieure constante : profil de vitesse et coefficent de frottement, profil de température et coefficient de transfert de chaleur.
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, AA2.2, AA2.3 -- AA3.2, AA3.3 -- AA5.5, AA5.6 -- AA6.1, AA6.2 Le cahier des charges se justifie par la volonté d'intégrer la mécanique des fluides et les transferts; par la nécessité d'assurer à ces disciplines des fondements rigoureux tout en développant un certain nombre de solutions simplifiées dont l'usage est fréquent; par la volonté de cultiver des approches phénoménologiques tout autant que de développer des modèles différentiels rigoureux, les deux approches étant nécessaires, complémentaires et s'éclairant mutuellement; par la nécessité enfin de réserver une place plus importante au traitement de la turbulence. La globalité des matières forme un ensemble cohérent dans le cadre de la mécanique des fluides et des transferts de chaleur et de masse. Tandis que les cours de mécanique des fluides et transferts I et II reprennent, ensemble, la matière de base dans ces disciplines, le premier cours (I) est essentiellement consacré aux notions fondamentales : lois physiques, modèles principaux, solutions classiques, méthodologie (analyse dimensionnelle, équations simplifiées et solutions simplifiées). *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 :	Evaluation de travaux (homework) à faire hors des séance tutorées, et examen écrit.
Méthodes d'enseignement :	Cours : Il y a 13 cours de 2 heures en salle (26 heures). Les travaux pratiques comportent des exercices en salle, quelques exercices à faire hors séance (homework), et potentiellement un laboratoire. Les exercices seront tantôt des applications directes de la théorie (l'objectif étant d'initier aux procédures de calcul pratique et de familiariser aux ordres de grandeur), tantôt des exercices faisant appel à la créativité en vue de prolonger les approches vues explicitement au cours (l'objectif étant d'utiliser les concepts vus au cours et de les appliquer à d'autres cas ou dans le cadre d'autres méthodes).

Contenu :	Equations de conservation et de constitution : rappels de mécanique des milieux continus : cinématique et lois de conservation (formulation locale et bilan sur volume de contrôle). Equations de constitution : fluide visqueux newtonien, loi de Fourier et conductivité thermique. Equations de Navier-Stokes, écoulements incompressibles, écoulements compressibles y compris le cas du gaz idéal. Adimensionalisation des équations, nombres adimensionnels et similitude, cas limites.Introduction aux fluides visqueux non-newtoniens Conduction: équation de la chaleur et conduction 1-D, parois planes et cylindriques, notions de résistance thermique et de coefficient global de transfert. Transfert de masse: Equations de conservation, loi de Fick et flux massique des espèces. Diffusion en milieu stagnant. Ecoulements incompressibles avec hypothèses simplificatrices: Découplage des équations dans le cas à viscosité constante, écoulements visqueux établis 2-D et axisymétriques : écoulement de Poiseuille et pertes de charge, écoulement de Couette, écoulement annulaire. Transfert thermique en écoulement établi; entrée thermique en écoulement établi. Etablissement d'un écoulement laminaire en canal ou en conduite : zone d'entrée et longueur d'établissement. Ecoulements instationnaires : transitoire de démarrage en conduite, écoulement cyclique en conduite avec gradient de pression oscillant, plaque oscillante. Ecoulements rampants : écoulement autour d'une sphère (traînée), lubrification hydrodynamique et cas du palier plat. Couches limites laminaires en écoulement incompressible : Analyse dimensionnelle et obtention des équations de la couche limite (Prandtl), solution pour le cas avec vitesse extérieure constante (Blasius), épaisseurs de déplacement et de quantité de mouvement, coefficient de frottement. Equation intégrale de von Karman pour le cas général. Couches limites thermiques avec vitesse extérieure constante : cas Pr=1 (Crocco), cas Pr général avec dissipation visqueuse négligeable, coefficient de transfert de chaleur, analogie de Reynolds. Introduction aux écoulements turbulents : moyennes de Reynolds et équations de conservation pour les champs moyennés ; écoulements turbulents établis en canal et en conduite (cas hydrauliquement lisse, mixte, rugueux) : profil de vitesse (zone interne (proche paroi), zone tampon logarithmique (von Karman), zone externe avec profil composite (Coles)), pertes de charge, profil de température et coefficient de transfert de chaleur; couches limites turbulentes avec vitesse extérieure constante : profil de vitesse et coefficent de frottement, profil de température et coefficient de transfert de chaleur.
Bibliographie :	Notes de cours et/ou transparents des titulaires. G.K. Batchelor, "An introduction to fluid dynamics", Cambridge University Press 1967 (reprinted paperback 1994). F. M. White, "Viscous fluid flow" second edition, Series in Mechanical Engineering, McGraw-Hill, Inc., 1991. H. Lamb, "Hydrodynamics", sixth edition, Cambridge University Press 1932, Dover Publications (paperback). L. Rosenhead, "Laminar boundary layers", Oxford University Press 1963, Dover Publications (paperback). M. Van Dyke, "An album of fluid motion", The Parabolic Press, 1982. A. Bejan, "Heat transfer", John Wiley, Inc., 1993. R.B. Bird, W.E. Stewart., E.N. Lighfoot , "Transport phenomena", Wiley int. ed., 1960. H. Schlichting, "Boundary-layer theory", Mc Graw-Hill, NY, 1986. L.D. Landau and E.M. Lifschitz, "Fluid mechanics", Course of Theoretical Physics vol. 6, Pergamon Press, London, 1959. L. Prandtl and O.G. Tietjens, "Fundamentals of hydro- and aero-mechanics", Dover publ., NY, 1957. J. Happel and H. Brenner, "Low Reynolds number hydrodynamics", Noordhoff int. publ., Leyden, 1973. D.J. Tritton, "Physical fluid dynamics", Van Nostrand Reinhold, UK, 1985.
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] : ingénieur civil en mathématiques appliquées	MAP2M	5	-	
Mineure en sciences de l'ingénieur : mathématiques appliquées	LMAP100I	5	-	
Mineure en sciences de l'ingénieur : mécanique	LMECA100I	5	-	