

5.00 crédits	30.0 h + 30.0 h	Q1
--------------	-----------------	----

Enseignants	Legat Vincent ;Winckelmans Grégoire ;
Langue d'enseignement	Français
Lieu du cours	Louvain-la-Neuve
Préalables	<p>Ce cours suppose acquises les notions de</p> <ul style="list-style-type: none"> • mathématiques telles qu'enseignées dans les cours LEPL1101, LEPL1102, LEPL1103 et LEPL1105, • de physique (partie mécanique) telles qu'enseignées dans les cours LEPL1201 et LEPL1202, • de mécanique des milieux continus telles qu'enseignées dans le cours LMECA1901.
Thèmes abordés	<p>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 coefficient de frottement, profil de température et coefficient de transfert de chaleur.</p>
Acquis d'apprentissage	<p>A la fin de cette unité d'enseignement, l'étudiant est capable de :</p> <p>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 :</p> <ul style="list-style-type: none"> • AA1.1, AA1.2, AA1.3 • AA2.1, AA2.2, AA2.3 • AA3.2, AA3.3 • AA5.5, AA5.6 • AA6.1, AA6.2 <p>¹ 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).</p>
Modes d'évaluation des acquis des étudiants	<p>L'évaluation consiste en un examen écrit portant sur l'ensemble de la matière couverte aux cours et en TPs. La note obtenue pour les petits travaux (homeworks) n'intervient que comme un bonus dans le calcul de la note finale, et pour 10%.</p>

Méthodes d'enseignement	<p>Cours : Il y a 13 cours de 2 heures en salle.</p> <p>Les travaux pratiques comportent des séances d'exercices (TPs) en salle et avec assistant. Des petits travaux (homeworks) à faire hors des séances tutorées, et non obligatoires (mais fortement conseillés), sont proposés tout au long du quadrimestre.</p> <p>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).</p> <p>Lorsque la situation sanitaire ne permet pas d'avoir tous les étudiants présents en auditoire pour le cours et/ou pour les séances d'exercice, ceux-ci sont organisés en mode "co-modal" (formule d'alternance de semaines en présentiel et en distanciel). La répartition des étudiants en deux cohortes est faite par l'EPL, et ce de façon concertée pour tous les cours de Q5. Si la situation sanitaire ne permet pas l'organisation en mode "co-modal", le cours et les séances sont organisés en distanciel.</p>
Contenu	<p>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</p> <p>Conduction: équation de la chaleur et conduction 1-D, parois planes et cylindriques, notions de résistance thermique et de coefficient global de transfert.</p> <p>Transfert de masse: Equations de conservation, loi de Fick et flux massique des espèces. Diffusion en milieu stagnant.</p> <p>Écoulements 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. Écoulements instationnaires : transitoire de démarrage en conduite, écoulement cyclique en conduite avec gradient de pression oscillant, plaque oscillante. Écoulements rampants : écoulement autour d'une sphère (traînée), lubrification hydrodynamique et cas du palier plat.</p> <p>Couches limites laminares 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.</p> <p>Introduction aux écoulements turbulents en écoulement incompressible : 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 coefficient de frottement, profil de température et coefficient de transfert de chaleur.</p>
Ressources en ligne	<p>https://perso.uclouvain.be/vincent.legat/zouLab/meca1321.php</p>
Bibliographie	<ul style="list-style-type: none"> • 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
Filière en Mécanique	FILMECA	5		
Master [120] : ingénieur civil en mathématiques appliquées	MAP2M	5		
Mineure en Mécanique	LMINOMECA	5		
Mineure Polytechnique	MINPOLY	5		