


5 crédits	30.0 h + 30.0 h	Q1
-----------	-----------------	----

Enseignants	Duponcheel Matthieu ;Winckelmans Grégoire ;
Langue d'enseignement	Anglais
Lieu du cours	Louvain-la-Neuve
Préalables	Les étudiants doivent maîtriser les compétences suivantes: les bases de la mécanique des milieux continus, telles que couvertes dans le cadre du cours LMECA1901, les bases de la thermodynamique, telles que couvertes dans le cadre du cours LMECA1855, et les bases de la mécanique des fluides et du transfert de chaleur, telles que couvertes dans le cadre du cours LMECA1321
Thèmes abordés	<ul style="list-style-type: none"> • Écoulements compressibles : écoulement isentropique en conduite ou canal de section variable, régimes d'écoulement (subsonique et supersonique), onde de choc, tuyère ; écoulement adiabatique avec frottement en section constante (Fanno). • Calcul pratique des pertes de charge en circuits : pertes réparties et pertes singulières • Convection naturelle : approximation de Boussinesq, solution pour la couche limite laminaire le long d'une plaque verticale et coefficients de transfert, solution pour une enceinte avec deux parois verticales et gradient thermique horizontal, instabilité (Rayleigh) pour un espace confiné horizontal avec gradient thermique vertical et cellules de convection (Bénard). Convection naturelle autour d'un cylindre horizontal. • Calcul pratique des coefficients de transfert de chaleur et de masse (aussi l'évaporation) : corrélations en convection forcée et en convection naturelle, en écoulements laminaires et en écoulements turbulents. • Échangeurs de chaleur : co-courants, contre-courants, courants croisés ; méthode epsilon-NTU. • Tension superficielle : concept, exemples, angle(s) de contact, notion de mouillage. • Ébullition et condensation : modes d'ébullition, courbe de Nukiyama, ébullition en convection forcée, condensation en film. • Rayonnement thermique : principes physiques, rayonnement de surface, rayonnement dans les gaz. • Écoulements incompressibles et irrotationnels : potentiels complexes, écoulement sans et avec circulation autour d'un cylindre, transformation conforme, écoulement avec circulation autour d'un profil aérodynamique de Joukowski, portance.
Acquis d'apprentissage	<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, AA2.4, AA2.5 • AA3.1, AA3.2 • AA4.1, AA4.2, AA4.3, AA4.4 • AA5.4, AA5.5, AA5.6 • AA6.1, AA6.2 <p>1</p> <p>Ce cours fait suite au cours "Mécanique des Fluides et Transferts I", avec lequel il couvre la matière de base dans ces deux disciplines. Les cours I et II forment ainsi un tout et leurs objectifs sont communs : intégration de la mécanique des fluides et des transferts; prise en compte de l'observation physique et approche phénoménologique; développements mathématiques rigoureux; place accrue pour le traitement de la turbulence. L'organisation des cours I et II est faite de telle façon que les fondements soient vus dans le cours I et les matières plus spécifiques dans le cours II.</p> <p>----</p> <p><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></p>
Modes d'évaluation des acquis des étudiants	Evaluation de travaux (homework) à faire hors des séances tutorées, rapport de laboratoire, et examen écrit.
Méthodes d'enseignement	<p>Cours : Il y a 13 cours de 2 heures en salle (26 heures).</p> <p>Les travaux pratiques comportent des exercices en salle, quelques exercices à faire hors séance (homework), et au moins un laboratoire.</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>

Contenu	<p>Écoulements compressibles (5 hrs)</p> <p>Écoulements compressibles isentropiques : équivalent, en compressible, de l'équation de Bernoulli, comparaison entre écoulement incompressible et écoulement compressible à faible nombre de Mach. Écoulement isentropique en conduite ou canal de section variable (convergent, col, divergent), régimes subsonique et supersonique, débit maximum. Choc droit et relations de choc (Hugoniot). Modes opératoires d'une tuyère. Écoulement adiabatique avec frottement en conduite ou canal de section constante (Fanno).</p> <p>Calcul pratique des pertes de charges en circuits (1hr)</p> <p>Rappel des pertes de charge réparties en conduite ou en canal (lisse, rugueux, mixte), diamètre hydraulique et corrélations. Pertes de charge singulières (entrée, sortie, élargissement brusque, diffuseur, rétrécissement brusque (venna contracta), coude, etc.).</p> <p>Convection naturelle (4 hrs)</p> <p>Approximation de Boussinesq et justification (par analyse dimensionnelle), vitesse caractéristique de convection naturelle. Couche limite laminaire le long d'une plaque verticale : solution de similarité pour les profils de vitesse et de température, coefficients de transfert (locaux et globaux) et corrélations, corrélations pour les cas avec couche limite en partie turbulente. Espace confiné entre deux plaques verticales avec gradient thermique horizontal. Espace confiné entre deux plaques horizontales (ou bien une plaque et une surface libre) avec gradient thermique vertical: instabilité hydrodynamique (Rayleigh) et cellules de Bénard. Convection naturelle autour d'un cylindre horizontal.</p> <p>Calcul pratique des coefficient de transfert de chaleur et de masse (aussi l'évaporation) (2 hrs)</p> <p>Transfert de masse en couche limite laminaire pour un mélange binaire fortement dilué, et corrélations. Évaporation d'un liquide. Corrélations pour le transfert de chaleur et de masse en convection forcée et en convection naturelle, en écoulements laminaires et en écoulements turbulents.</p> <p>Echangeurs de chaleur (3 hrs)</p> <p>Principales configurations des échangeurs, incidence du sens de circulation des fluides (co-courants, contre-courants, courants croisés), calcul de l'aire d'échange. Efficacité d'un échangeur. Solutions adimensionnelles par la méthode epsilon-NTU (efficacité - nombre d'unités de transfert).</p> <p>Tension superficielle (2hrs)</p> <p>Concept d'interface et de tension superficielle, exemples (bulle, goutte pendue à un tube), angles de contact : 3 fluides, 2 fluides et un solide et notion de mouillage.</p> <p>Ebullition et condensation (2 hrs)</p> <p>Ebullition : les différents modes d'ébullition, nucléation, courbe de Nukiyama; ébullition en convection forcée. Condensation: condensation en film, théorie de Nusselt.</p> <p>Rayonnement thermique (4 hrs)</p> <p>Lois physiques de base. Propriétés des surfaces. Échange entre surfaces noires, aire d'échange direct (facteur de forme, cas particulier 2-D). Échange entre surfaces réelles. Rayonnement des gaz (en l'absence de dispersion).</p> <p>Écoulements incompressibles et irrotationnels (4 hrs)</p> <p>Singularités monopoles fondamentales : singularité de circulation, singularité de débit. Singularités multipoles. Obtention d'écoulements via les potentiels complexes $f(z)$, et exemples d'écoulements simples. Écoulement sans et avec circulation autour d'un cylindre, transformations conformes, écoulement autour d'un profil aérodynamique (via la transformation de Joukowski) et condition de Kutta-Joukowski pour déterminer la circulation, portance et théorème de Blasius</p>
Ressources en ligne	http://moodleucl.uclouvain.be/enrol/index.php?id=8509
Bibliographie	<ul style="list-style-type: none"> • Notes 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. • P. A. Thompson, "Compressible-fluid dynamics", advanced engineering series, Maple Press, 1984. • H. Lamb, "Hydrodynamics", sixth edition, Cambridge University Press 1932, Dover Publications (paperback). • L. Rosenhead, "Laminar boundary layers", Oxford University Press 1963, Dover Publications (paperback). • P. G. Drazin and W. H. Reid, "Hydrodynamic stability", Cambridge University Press 1985. • M. Van Dyke, "An album of fluid motion", The Parabolic Press, 1982. • A. Bejan, "Heat transfer", Wiley, 1993. • R.B. Bird, W.E. Stewart., E.N. Lighfoot , "Transport phenomena", Wiley int. ed., 1960. • Schlichting, "Boundary-layer theory", Mc Graw-Hill, NY, 1986. • L. Prandtl and O.G. Tietjens, "Fundamentals of hydro- and aero-mechanics", Dover, NY, 1957. • J. Happel and H. Brenner, "Low Reynolds number hydrodynamics", Noordhoff int. publ., Leyden, 1973. • D.J. Tritton, "Physical fluid dynamics", Clarendon Press, 1988. • R. Siegel and J. Howell, "Thermal radiation heat transfer", 2nd ed., McGraw-Hill, NY, 1981. • F. P. Incropera, D. P. Dewitt, T. L. Bergman, A. S. Lavine, « Fundamental of Heat and Mass Transfer », 6th ed., Wiley, 2007. (conseillé)
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 électromécanicien	ELME2M	5		
Master [120] : ingénieur civil mécanicien	MECA2M	5		