


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 (7 hrs) Écoulements compressibles : équation de Bernoulli pour écoulements isentropiques, 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>Écoulements incompressibles et irrotationnels 2D (5 hrs) 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> <p>Évaporation (2 hrs) Transfert de masse en couche limite pour un mélange binaire fortement dilué, et corrélations. Évaporation d'un liquide. Corrélations pour le transfert de chaleur et de masse en convection forcée, en écoulements laminaires et turbulents.</p> <p>Échangeurs de chaleur (5 hrs) Principales configurations des échangeurs, incidence du sens de circulation des fluides (co-courants, contre-courants, courants croisés). Résistance thermique convective et conductive. Calcul du coefficient d'échange global. Calcul de l'aire d'échange. Méthode LMTD. Efficacité d'un échangeur. Solutions adimensionnelles par la méthode epsilon-NTU (efficacité - nombre d'unités de transfert).</p> <p>Ébullition et condensation (2 hrs) Ébullition : les différents modes d'ébullition, nucléation, courbe de Nukiyama; ébullition en convection forcée. Condensation: condensation en film, théorie de Nusselt.</p> <p>Rayonnement thermique (5 hrs) Lois physiques de base. Propriétés des surfaces (émissivité et absorptivité, directionnelles ou hémisphériques, spectrales ou totales). Échange entre surfaces noires. Facteur de forme. Échange entre surfaces réelles (cas particulier des surfaces diffuses et grises). Analogie électrique du réseau de résistance équivalent.</p>
Ressources en ligne	http://moodleucl.uclouvain.be/enrol/index.php?id=8509
Bibliographie	<ul style="list-style-type: none"> • G. Winckelmans, "Compressible flows", lecture notes • G. Winckelmans, "Incompressible and irrotational flows", lecture notes • M. Duponcheel, Slides on heat exchangers, Boiling and condensation, and Radiative heat transfer • T. Bergman, A. Lavine, F. Incropera, D. Dewitt, Fundamentals of Heat and Mass Transfer, 7th Edition, Wiley, 2011 (recommended) • 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. • T. Bergman, A. Lavine, F. Incropera, D. Dewitt, Fundamentals of Heat and Mass Transfer, 7th Edition, Wiley, 2011(conseillé) • M. N. O'zsisik, Heat Transfer, a Basic Approach, McGraw-Hill, 1985 • Y. Cengel, Heat Transfer, a Practical Approach, 2nd Edition, McGraw-Hill, 2003 • N. Todreas & M. Kazimi, Nuclear Systems, Volume 1, Thermal Hydraulics Fundamentals, 2nd Edition, CRC Press, 2011 • M. F. Modest, Radiative Heat Transfer, 2nd Edition, Academic Press, 2003
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		