




Au vu du contexte sanitaire lié à la propagation du coronavirus, les modalités d'organisation et d'évaluation des unités d'enseignement ont pu, dans différentes situations, être adaptées ; ces éventuelles nouvelles modalités ont été -ou seront- communiquées par les enseignant-es aux étudiant-es.

5 crédits	30.0 h + 30.0 h	Q2
-----------	-----------------	----

Enseignants	Papalexandris Miltiadis ;
Langue d'enseignement	Anglais
Lieu du cours	Louvain-la-Neuve
Thèmes abordés	Partant de la théorie cinétique des gaz, d'une part, et de la thermodynamique classique, d'autre part, il s'agit d'élaborer une théorie générale des processus irréversibles. Le cours fera ainsi le point sur les diverses approches de la thermodynamique, depuis la théorie classique de Prigogine et Onsager jusqu'aux théories plus générales développées par (i) Truesdell et Noll, (ii) Jou, Lebon et (iii) Müller
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 • AA3.1, AA3.3 • AA5.1, AA5.2, AA5.6 • AA6.1, AA6.2, AA6.3, AA6.4 <p>1</p> <p>Plus précisément, au terme du cours, l'étudiant sera capable de :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Proposer une approche originale et moderne de la thermodynamique du non-équilibre. • Présenter une description unifiée des processus thermiques, mécaniques, visqueux et électromécaniques en vue de renforcer chez l'étudiant l'esprit de synthèse. <p>Appliquer la théorie ainsi développée à la modélisation de divers phénomènes de mécanique des fluides et des solides, tant en ingénierie qu'en géophysique.</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	En raison de la crise du COVID-19, les informations de cette rubrique sont particulièrement susceptibles d'être modifiées. Examen : écrit avec livres, notes de cours et notes personnelles. La note d'examen sera la note finale au cours.
Méthodes d'enseignement	En raison de la crise du COVID-19, les informations de cette rubrique sont particulièrement susceptibles d'être modifiées. <ul style="list-style-type: none"> • Cours magistral • Séances d'exercices
Contenu	<ol style="list-style-type: none"> 1. Rappel de la thermodynamique à l'équilibre: premier principe thermodynamique (principe de conservation de l'énergie), température et entropie absolues, deuxième axiome thermodynamique, relation de Gibbs, équations d'Euler & Duhem, potentiels thermodynamiques et transformées de Legendre, stabilité des états d'équilibre, principes d'évolution, thermochimie. 2. Théorie classique de la thermodynamique des processus irréversibles (théorie d'Eckart-Onsager-Prigogine): équilibre local, lois d'évolution et relations constitutives, production d'entropie, flux et forces thermodynamiques, relations réciproques. Applications: équations de Fourier-Navier-Stokes pour des fluides Newtoniens, thermodiffusion. 3. Etude des phénomènes thermoélectriques: effet Hall, effets Seebeck et Peltier, effets Nerst et Ettinghausen, chaleur de Thomson. 4. Théorie cinétique des gaz. Dérivation de l'équation de Boltzmann, opérateur des collisions. Relations entre les variables macroscopiques et la théorie cinétique. Théorème H de Boltzmann. Invariants des collisions, distribution de Maxwell-Boltzmann and dérivation des lois de bilan hydrodynamiques. Justification de l'hypothèse d'équilibre local. Théorie des fluctuations d'Einstein. Dérivation des relations réciproques d'Onsager-Casimir.

	<p>5. Introduction à la thermodynamique rationnelle. mémoire matérielle, objectivité, inégalité de Clasius-Duhem, principe d'indifférence de cadre de référence, relations constitutives. Application dans les matériaux thermo-élastiques, comparaison avec la théorie linéaire de Eckart-Onsager-Prigogine. La méthode de Liu des multiplicateurs de Lagrange et des théories étendues.</p> <p>6. États stationnaires: critères de production minimale d'entropie et minimum d'énergie dissipée. Introduction à la théorie de la stabilité. L'instabilité de Rayleigh-Bénard.</p>
Ressources en ligne	<p>http://moodleucl.uclouvain.be/enrol/index.php?id=6793</p>
Bibliographie	<ul style="list-style-type: none"> • M.V Papalexandris, Thermodynamics of Irreversible Phenomena: Lecture notes, 2018. Hand-written notes and exercices (in English). Mandatory, available on the moodle site of the course. • G. Lebon, D. Jou & J. Casas-Vasquez, Understanding Non-equilibrium Thermodynamics, Springer, 2008. Mandatory, available on the e-books of the library in electronic form. • Additional notes on the kinetic theory of gases from the book of Chapman & Cowling, Recommended, available on the moodle site of the course. • D. Kondepudi & I. Prigogine, Modern Thermodynamics, Wiley, 1999. Recommended. • S.R. De Groot and P. Mazur, Non-equilibrium Thermodynamics, Dover, 1984. Recommended.
Faculté ou entité en charge:	<p>MECA</p>

Programmes / formations proposant cette unité d'enseignement (UE)				
Intitulé du programme	Sigle	Crédits	Prérequis	Acquis d'apprentissage
Master [120] : ingénieur civil mécanicien	MECA2M	5		
Master [120] : ingénieur civil en mathématiques appliquées	MAP2M	5		
Master [120] : ingénieur civil électromécanicien	ELME2M	5		
Master [120] en sciences physiques	PHYS2M	5		