







| | | |
|--------------|-----------------|----|
| 5.00 crédits | 30.0 h + 30.0 h | Q2 |
|--------------|-----------------|----|

| | |
|---|---|
| Enseignants | Papalexandris Miltiadis ; |
| Langue d'enseignement | Anglais > Facilités pour suivre le cours en français |
| Lieu du cours | Louvain-la-Neuve |
| Préalables | Les étudiants doivent avoir maîtrisé les bases de la thermodynamique, telles que couvertes dans les cours LMECA1855 ou LPHYS1343, ainsi que les bases de la mécanique des fluides telles que couvertes dans les cours LMECA1321 ou LPHY1213. |
| 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>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 • AA3.1, AA3.3 • AA5.1, AA5.2, AA5.6 • AA6.1, AA6.2, AA6.4, AA6.5 <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> |
| Modes d'évaluation des acquis des étudiants | <ul style="list-style-type: none"> • i) xamen. L'examen consistera des exercices. Il sera écrit avec des livres, notes de cours et notes personnelles. • ii) travaux pratiques (devoirs). • La note d'examen vaut 75% de la note finale. La note moyenne sur les devoirs compte pour 25% de la note finale. Note final = 0.5 x Exam + 0.25 x TP. • Les notes aux TPs compte également pour la 2ème session. • On réserve le droit de faire un examen oral de l'étudiant suite à un incident technique et des suspicions de fraudes. • Le non-respect des consignes méthodologiques définies sur moodle, notamment en matière d'utilisation de ressources en ligne ou de collaboration entre étudiant.es, entraînera une note globale de 0 pour tous les travaux pratiques. • L'utilisation d'outils d'intelligence artificielle (IA) pour les devoirs est autorisée uniquement comme assistant linguistique et moteur de recherche. Toute utilisation d'outils d'IA dans les devoirs doit être explicitement mentionnée. |
| Méthodes d'enseignement | <ul style="list-style-type: none"> • Cours magistral • Séances d'exercices • Cours en physique dans l'auditoire. |
| 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. |

| | |
|------------------------------|--|
| | <p>3. Etude des phénomènes thermoélectriques: effet Hall, effets Seebeck et Peltier, effets Nerst et Ettinghausen, chaleur de Thomson.</p> <p>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> <p>5. Introduction à la thermodynamique rationnelle. mémoire matérielle, objectivité, inégalité de Clausius-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>https://moodle.uclouvain.be/course/view.php?id=818</p> |
| Bibliographie | <ul style="list-style-type: none"> • G. Lebon, D. Jou & J. Casas-Vasquez, <i>Understanding Non-equilibrium Thermodynamics</i>, Springer, 2008. Mandatory, available on the e-books of the library in electronic form. • D. Kondepudi & I. Prigogine, <i>Modern Thermodynamics</i>, Wiley, 1999. Recommended. • S.R. De Groot and P. Mazur, <i>Non-equilibrium Thermodynamics</i>, 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 [60] en sciences physiques | PHYS2M1 | 5 | |  |
| Master [120] : ingénieur civil mécanicien | MECA2M | 5 | |  |
| Master [120] : ingénieur civil électromécanicien | ELME2M | 5 | |  |
| Master [120] : ingénieur civil en mathématiques appliquées | MAP2M | 5 | |  |
| Master [120] en sciences physiques | PHYS2M | 5 | |  |
| Master [120] : ingénieur civil en génie de l'énergie | NRGY2M | 5 | |  |