



[30h+15h exercices] 4 crédits

Cette activité se déroule pendant le 2ème semestre

**Enseignant(s):** François Dupret, Miltiadis Papalexandris  
**Langue d'enseignement :** français  
**Niveau :** cours de 2ème cycle

#### Objectifs (en terme de compétences)

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.

Appliquer la théorie ainsi développée à la modélisation de divers phénomènes de mécanique des fluides et des solides, tant en ingénierie qu'en géophysique.

#### Objet de l'activité (principaux thèmes à aborder)

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 théories 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 Müller et (iii) Grmela, Öttinger, Beris et Edwards.

#### Résumé : Contenu et Méthodes

##### 1. Approche cinétique :

Rappels de théorie cinétique des gaz (Maxwell-Boltzmann). Liens entre grandeurs macroscopiques et théorie cinétique : dérivation des principales fonctions matérielles pour les gaz (viscosité, conductibilité thermique, coefficient de diffusion, équation d'état, énergie interne, chaleurs spécifiques, entropie). Limites de la théorie continue (gaz raréfiés, plasmas). Eventail des problèmes spécifiques aux liquides (macromolécules) et aux solides (plasticité).

##### 2. Approche continue :

Rappels de thermodynamique : loi de conservation de l'énergie, second principe, température absolue et entropie, potentiels thermodynamiques, thermochimie et électrochimie, équations de Gibbs et de Gibbs-Duhem, changements de phase, interfaces.

##### 3. Théorie classique des phénomènes irréversibles (théorie linéaire d'Onsager-Prigogine) :

Equilibre local, production d'entropie, flux et forces thermodynamiques, relations de réciprocité, lois d'évolution et de comportement. Etats stationnaires : critères de production d'entropie minimum et d'énergie dissipée minimum. Couplage entre phénomènes thermiques, mécaniques et électromagnétiques : effets thermoélectriques et thermomagnétiques.

##### 4. Introduction aux théories modernes :

Thermodynamique rationnelle : mémoire; objectivité; inégalité de Clausius-Duhem; équations de comportement; application aux fluides non-newtoniens et aux solides viscoélastiques.

Thermodynamique "étendue" (Extended Irreversible Thermodynamics) : hypothèses de base; causalité; application à la conduction thermique; second son; comparaison avec la théorie classique de Prigogine.

Dynamique hamiltonienne irréversible; crochets de Poisson et crochets dissipatifs.

#### Autres informations (Pré-requis, Evaluation, Support, ...)

##### Pré-requis :

Mécanique des milieux continus.

Thermodynamique générale.

Mécanique des fluides.

Matière associée :

Thermodynamique et énergétique (50.19).

**Autres crédits de l'activité dans les programmes**

<b>ELME22/E</b>	Deuxième année du programme conduisant au grade d'ingénieur civil électro-mécanicien (énergie)	(4 crédits)	
<b>MECA23</b>	Troisième année du programme conduisant au grade d'ingénieur civil mécanicien	(4 crédits)	
<b>PHYS22/T</b>	Deuxième licence en sciences physiques (Physique de la terre, de l'espace et du climat)	(4.5 crédits)	Obligatoire