

## 2P003 : Energie et entropie

**Responsable de l'UE :** **Annie GROSMAN**  
*Institut des Nanosciences de Paris*  
[annie.grosman@upmc.fr](mailto:annie.grosman@upmc.fr)

### 1. Descriptif de l'UE

*Volumes horaires globaux :* **CM : 26h , TD : 50h, TP : 20h, Colle : 2h**

*Nombre de crédits de l'UE :* **9 ECTS**

*Mention :* **physique.**

*Période où l'enseignement est proposé :* **1<sup>ère</sup> période**

### 2. Présentation pédagogique de l'UE

L'enseignement « Energie et entropie », dispensé au 1<sup>er</sup> semestre du L2 pour le parcours MIPI, est une initiation à la mécanique des fluides, aux phénomènes de transport et à la thermodynamique. L'accent est mis sur une approche phénoménologique s'appuyant sur des situations concrètes de la vie quotidienne. Les lois et concepts permettant de comprendre ces phénomènes sont développés en cours, en travaux dirigés et en travaux pratiques.

#### a) Thèmes abordés

##### ❖ *Cours :*

##### **Cours 1 à 3 – Mécanique des fluides**

- Hydrostatique macroscopique, poussée d'Archimède
- Hydrodynamique : bilans macroscopiques de matière, d'énergie – théorème de Bernoulli
- Introduction aux fluides visqueux, écoulements complexes, nombre de Reynolds

##### **Cours 4 à 6 – Théorie cinétique et phénomènes de transport**

- Modèle microscopique du gaz parfait – distribution des vitesses – température cinétique et équation d'état - ouverture sur les gaz réels
- Diffusion moléculaire, description macroscopique, bilan de matière
- Température, chaleur, diffusion thermique – notion sur la convection et le rayonnement

##### **Cours 7 à 13 – Thermodynamique**

- Travail, chaleur, énergie interne et énoncé du 1<sup>er</sup> principe de la thermodynamique ; mise en œuvre du premier principe : loi de Laplace, cycle thermodynamique
- Introduction à l'entropie statistique sans facteur de Boltzmann – la détente de Joule, loi Gaussienne, l'information et l'entropie, macro-état/micro-état
- Second principe de la thermodynamique, réversibilité/irréversibilité, identité fondamentale, bilans entropiques
- Machines thermiques, moteur et réfrigérateur, cycle de Carnot
- Transitions de phase des corps purs : phénoménologie, chaleur latente, introduction aux lois d'évolution des systèmes : potentiels thermodynamiques G et F, relation de Clapeyron - étude de l'équilibre liquide/vapeur

##### ❖ *Travaux dirigés :*

Deux séances de travaux dirigés sont prévues chaque semaine. La première séance (2h) sera consacrée à un TD classique. La seconde séance (2h) sera consacrée à une **résolution de problème (RP)**. Au cours de ces séances les étudiants travaillent par groupes de quatre sur un exercice : l'objectif à atteindre est toujours bien précis mais le chemin à suivre n'est pas indiqué. Il s'agit donc pour l'étudiant de mobiliser ses connaissances, capacités et compétences. Les sujets sont conçus pour permettre une acquisition progressive des compétences nécessaires pour résoudre seul un problème.

**Les séances de Résolution de Problème sont obligatoires et notées.**

### ❖ **Travaux pratiques :**

L'UE comportent 5 séances de travaux pratiques de 4h et une soutenance orale en fin de semestre.

**Les séances de Travaux Pratiques et la soutenance sont obligatoires et notées.**

#### **TP1- Mesures de masses volumiques**

Objectifs :

- contenu physique: mesurer la masse volumique d'échantillons métalliques en utilisant différentes méthodes
- compétences : prise de mesures avec incertitudes, tracé de courbes avec barres d'erreurs, exploitation de courbes, présentation de résultats

#### **TP2 - Ecoulement dans une conduite**

Objectifs :

- contenu physique: vérification de la loi de Poiseuille – mise en évidence des différents types d'écoulement et du régime de transition (nombre de Reynolds)
- compétences : Elaboration, justification, amélioration, description d'un protocole expérimental adapté

#### **TP3 - Calorimétrie**

Objectifs :

- contenu physique: bilans thermiques - mesures de capacités thermiques - vérification de la loi de Dulong et Petit
- compétences : rédaction d'un compte-rendu de TP

#### **TP4 – Moteur de Stirling**

Objectifs :

- contenu physique: identification des sources chaude et froide et des transformations subies par le gaz, mesure de la pression et du volume d'un gaz au cours d'un cycle moteur
- compétences : formalisation d'un cycle idéal, analyse des résultats expérimentaux et des écarts à l'idéalité

#### **TP5 - Changement d'état : la vaporisation de l'eau**

Objectifs :

- contenu physique: mise en évidence de l'équilibre des phases à pression et température fixées – mesure de la chaleur latente de vaporisation
- compétences : retour sur l'ensemble des compétences travaillées au cours du semestre

#### **Soutenance**

Le semestre se conclura par une soutenance individuelle orale sur une des expériences réalisées au cours des 5 TP.

### **b) Acquis attendus**

- Comprendre la notion de système macroscopique/mésoscopique/microscopique et de grandeurs thermodynamiques : **pression, température, énergie interne**
- résoudre des problèmes simples de **statique des fluides** dans un champ de pesanteur uniforme
- Mettre en œuvre un **bilan de masse**, de quantité de mouvement, d'énergie pour des écoulements sans dissipations
- connaître la **définition de la viscosité** et reconnaître sa signature dans le cas des écoulements non parfaits
- connaître les éléments fondamentaux de **la théorie cinétique des gaz**
- établir **l'équation de la diffusion** pour des systèmes unidimensionnels et la résoudre en régime stationnaire
- utiliser les **équations d'états**, les **coefficients calorimétriques** ou les tables thermodynamiques pour déterminer les propriétés thermodynamiques d'un corps pur
- mettre en œuvre le **premier et le second principe** pour des transformations simples ou des applications courantes (machines thermiques, turbines,...)
- comprendre comment **l'irréversibilité macroscopique** surgit de la complexité microscopique
- interpréter et exploiter un **diagramme de phase** de corps pur

### **c) Livres de référence**

- Y. Simon, *Energie et entropie*, A. Colin
- E. Hecht, *Physique*, De Boeck