

3P011 – THERMODYNAMIQUE et THERMOSTATISTIQUE

Responsable de l'UE : Xavier Leyronas

Laboratoire de Physique Statistique – E238
Ecole Normale Supérieure
24 rue Lhomond
75231 Paris Cedex 05
Téléphone : +33 1 44 32 34 76
leyronas@lps.ens.fr

1. Descriptif de l'UE

Dans une première partie, ce module présente de façon approfondie les concepts de la thermodynamique des systèmes à l'équilibre et développe le formalisme pour décrire les transformations d'un système entre deux états d'équilibre. Ces notions seront appliquées à l'étude des transitions de phase et à une introduction à la physique des solutions diluées. La seconde partie du module sera consacrée à l'introduction des concepts de base de la physique statistique afin de montrer le lien entre les descriptions microscopique et macroscopique d'un système.

Volumes horaires globaux : 12 cours de 2 h, 12 TD de 2h

Nombre de crédits de l'UE : 6 ECTS

Mention : Physique

Période où l'enseignement est proposé : 1^{ère} période (S5) (pour le parcours à distance, voir 2d)

Pré-requis : Éléments de mécanique classique : bilan de forces, travail d'une force, énergie cinétique et énergie potentielle. Éléments de thermodynamique : notions de travail et chaleur, premier principe. Outils mathématiques : fonctions à plusieurs variables, dérivée de fonction composée, bases de dénombrement.

2. Présentation pédagogique de l'UE

a) Thèmes abordés

Première partie : Thermodynamique (7 ou 8 cours)

- Description classique d'un système thermodynamique. Notion d'énergie interne. Exemples de travail (forces de pression et autres). « Travail chimique » et introduction du potentiel chimique.
- Etat d'équilibre d'un système. Transformation thermodynamique. Premier principe.
- Entropie. Second principe. Notion d'irréversibilité. Identité thermodynamique. Définition des grandeurs intensives. Équilibre entre deux systèmes.
- Techniques de la thermodynamique : fonctions de plusieurs variables, coefficients calorimétriques.
- Fonctions thermodynamiques : enthalpie, énergie libre, enthalpie libre
- Transitions de phase des corps purs : équilibre liquide-vapeur et autres exemples.
- Solutions diluées. Pression osmotique. Description thermodynamique des réactions chimiques.

Deuxième partie : Introduction à la physique statistique (4 ou 5 cours)

On étudiera essentiellement le cas des gaz de particules.

- Description microscopique classique d'un système. Collisions. Libre parcours moyen. Section efficace. Thermalisation.
- Distribution gaussienne des vitesses. Vitesse moyenne. Énergie moyenne. Interprétation cinétique de la température et de la pression.
- Loi des grands nombres. Théorème centrale limite. Fluctuations.
- Introduction du facteur de Boltzmann, exemple du système à deux niveaux.
- Description statistique d'un système : état macroscopique vs micro-états, définition statistique de l'entropie

b) Acquis attendus

- Connaître les ordres de grandeurs associés à la description microscopique d'un système thermodynamique (masse et vitesse des particules, distance entre particules) pour des gaz, liquides et solides.
- Connaître les notions de base de la thermodynamique : état d'équilibre, transformation quasi-statique, réversible ou irréversible, grandeurs extensives et intensives, coefficients calorimétriques.
- Savoir appliquer les principes de la thermodynamique à des exemples simples.
- Connaître les fonctions thermodynamiques usuelles et leur rôle. Relation de Gibbs-Duhem.
- Savoir manipuler les fonctions de plusieurs variables (dérivées de fonction composées,
- Décrire l'équilibre entre plusieurs phases. Connaître la notion de chaleur latente et la relation de Clapeyron
- Savoir écrire le potentiel chimique d'un corps dans un mélange. Connaître la notion pression osmotique.
- Connaître la définition microscopique de la température et de la pression.
- Connaître la distribution des vitesses dans un gaz. Comprendre les notions de valeur moyenne et de fluctuation.
- Connaître le facteur de Boltzmann, calculer les grandeurs thermodynamiques pour un système à deux niveaux.
- Connaître la définition statistique de l'entropie.

c) Modalité d'évaluation

Contrôle continu (40/100) et examen final (60/100). Pour le parcours présentiel, la note de contrôle continu comprend une note de questionnaires à choix multiple (WIMS) (10/100) et un partiel écrit (30/100).

Pour le parcours à distance la note de CC se décompose en 2 parties (expériences en laboratoire (TP) 30/100 et devoirs maison 20/100).

d) Enseignement à distance

Pour la formation à distance, l'enseignement se déroule sur l'année.

Volumes horaires globaux : 2 séances de P de 4h au mois de janvier, avec compte rendu ; 3 devoirs maison; examen en juin.

les notes de cours seront détaillées dans un fascicule fourni aux étudiants. Le contenu est identique à celui de l'UE en présentiel (mais l'ordre présenté ici ne sera pas forcément celui du fascicule).

L'étudiant(e) dispose également d'une série d'exercices corrigés. Il(elle) aura 3 devoirs à préparer à la maison, à rendre à échéances fixes : généralement début février, début mars et début avril. Ces 3 devoirs sont corrigés et un corrigé détaillé est renvoyé une dizaine de jours après. Une plateforme web avec un forum interactif est aussi mise à disposition. L'étudiant(e) peut y poser ses questions, interagir avec l'équipe enseignante et avec d'autres étudiant(e)s.