

# Cahier de textes – Physique

## PCSI - 2

### Année 2018 – 2019

#### Lundi 3 Septembre :

Rentrée, prise de contact

#### Mardi 4 Septembre :

**Cours (3h00) :**

##### **Chapitre 0-I : Unités et ordres de grandeur en physique**

###### I. Introduction

1. Mise en place des concepts
2. La physique est une science expérimentale
3. Élaboration d'une théorie
4. Faire des prédictions ... et les vérifier
5. Domaine de validité d'une théorie

###### II. Les unités

1. Rôle des unités
2. Les unités fondamentales du SI
3. Les multiples
4. Les unités dérivées
5. Les unités hors système

###### III. Les équations aux dimensions

1. Définition
2. Intérêt
  - a. Fondamental
  - b. pratique

#### Jeudi 6 Septembre :

**Cours (2h00) :**

##### **Chapitre 0-II : Outils mathématiques pour la physique**

###### I. Fonctions à une variable

1. Dérivée d'une fonction
  - a. Définition
  - b. Notations
2. 1ère approche des différentielles
3. Règles de calculs

**TD Math-0 :** Exo 3 (début)

#### Vendredi 7 Septembre :

**Cours (3h00) :**

##### **Chapitre 0-II : Outils mathématiques pour la physique**

###### I. Fonctions à une variable

4. Développements limités
  - a. Linéarisation
  - b. A l'ordre  $n$
5. Primitives et intégrales
  - a. Primitives
  - b. Intégrales

##### **Chapitre A-I : Oscillateur harmonique – Outils mathématiques associés**

###### I. Oscillateur harmonique non amorti

1. Pendule élastique horizontal
  - a. Modélisation du problème
  - b. Équation différentielle du mouvement
  - c. Généralisation – forme canonique

**Cours (2h00) :**

**Chapitre A-I : Oscillateur harmonique – Outils mathématiques associés**

- I. Oscillateur harmonique non amorti
  - 2. Résolution de l'équation différentielle
    - a. Solutions particulières
    - b. Cas général – Bilan
  - 3. Analyse énergétique – Caractéristiques du mouvement
    - a. Conservation de l'énergie
    - b. Interprétation graphique
  - 4. Compléments éventuels
    - a. Équation du mouvement à partir de la conservation de l'énergie
    - b. Équation diff. avec second membre

**TD Math-0 :** Exo 3 (suite)

\*\*\*\*\*

**Mardi 11 Septembre :**

**Cours (2h00) :**

**Chapitre A-I : Oscillateur harmonique – Outils mathématiques associés**

- I. Oscillateur harmonique non amorti
  - 4. Compléments éventuels
    - b. Équation diff. avec second membre
- II. Outils mathématiques des fonctions sinusoïdales
  - 1. Généralités
    - a. Forme générale
    - b. Caractéristiques d'un signal sinusoïdal

**Chapitre 0-II : Outils mathématiques pour la physique**

- I. Fonctions à une variable
  - 6. Équations différentielles à variables séparables
    - a. Principe
    - b. Exemple

**TD Math-0 :** Exo 1, 2

**TD Signaux-1 :** Exos 3

**Jeudi 13 Septembre :**

**Soutien 2h :** TD Signaux-1 : Exos 4, 5, 6. Résolution du DM n°1

**Vendredi 14 Septembre :**

**Cours (3h00) :**

**Chapitre A-I : Oscillateur harmonique – Outils mathématiques associés**

- II. Outils mathématiques des fonctions sinusoïdales
  - 1. Généralités
    - b. Caractéristiques d'un signal sinusoïdal
  - 2. Représentation de Fresnel
    - a. Définition
    - b. Représentation des dérivées successives
    - c. Applications – Cas particuliers
  - 3. Notion de déphasage – Retard ou avance de phase
    - a. Définitions
    - b. Cas particuliers remarquables

**Chapitre 0-II : Outils mathématiques pour la physique**

- II. Fonctions à plusieurs variables
  - 1. Définitions
  - 2. Dérivées partielles
  - 3. Lien avec les différentielles

**Chapitre A-II : Propagation d'un signal**

- I. Notion d'onde progressive
  - 1. Exemples de domaines d'application
  - 2. Formalisation mathématique de la propagation

**TP 1 :** Ondes – I : Ondes ultra-sonores (séance 1/2)

## Samedi 15 Septembre :

**DS n°1 (2h00) :** Oscillateur harmonique et outils mathématiques

\*\*\*\*\*

## Mardi 18 Septembre :

**Cours (2h00) :**

### Chapitre A-II : Propagation d'un signal

- I. Notion d'onde progressive
  2. Formalisation mathématique de la propagation
  3. Mécanismes de propagation
- II. Ondes progressives sinusoïdales
  1. Définitions et notations
  2. Illustration pour les ondes E.M.
  3. Construction de Fresnel

**TD Signaux-1 :** Exo 7 et 8

## Vendredi 21 Septembre :

**Cours (3h00) :**

### Chapitre A-II : Propagation d'un signal

- III. Analyse de Fourier
  1. Approche mathématique
    - a. Cas d'un signal périodique
    - b. Cas d'un signal non périodique
  2. Applications, interprétations et contenu physique.
    - a. Synthèse d'un signal triangulaire et créneau
    - b. Cas de l'optique : spectres discrets et continus
    - c. Synthèse d'un son
    - d. Analyse d'un morceau de musique
    - e. Cas du bruit ou d'une impulsion courte

### Chapitre A-III : Superposition des ondes

- I. Phénomènes d'interférences
  1. Expériences introductives
  2. Interférences de deux ondes mutuellement cohérentes
    - a. Superposition de signaux sinusoïdaux
    - b. Amplitude et intensité résultante en M
  3. Les différents états d'interférence
    - a. Bilan – Notion d'ordre d'interférence

**TP 1 :** Ondes – I : Ondes ultra-sonores (séance 2/2)

\*\*\*\*\*

## Mardi 25 Septembre :

**Cours (2h00) :**

### Chapitre A-III : Superposition des ondes

- I. Phénomènes d'interférences
  3. Les différents états d'interférence
    - b. Cas particuliers d'états d'interférence
    - c. Exemple de situations plus simples
  4. Aspect géométrique des interférences à deux ondes
    - a. Observation et interprétations
      - Interférences sur l'axe des sources
      - Interférences à grande distance des sources (expression de  $d$  en fonction de la direction par rapport à la médiatrice des sources.)
      - Interprétations de l'effet de la fréquence, de l'écartement des sources, d'un déphasage initial.
    - b. Exercice : bruit d'hélicoptère

**TD Signaux-2 :** Exo 2,4, 5 et 6

## Vendredi 28 Septembre :

**Cours (3h00) :**

### Chapitre A-III : Superposition des ondes

- I. Phénomènes d'interférences

- 4. Aspect géométrique des interférences à deux ondes
    - b. Exercice : bruit d'hélicoptère
  - 5. Exemple de diviseur d'ondes en optique
  - 6. Cas des interférences à N ondes
  - II. Phénomènes de battements
    - 1. Fréquence des battements
    - 2. Interprétation des battements par la construction de Fresnel
    - 3. Complément – Approfondissements
      - a. Intensité d'une onde
      - b. Intensité dans le cas des battements
      - c. Cohérence mutuelle des deux sources
  - III. Ondes stationnaires
    - 1. Superposition de deux ondes se propageant en sens inverse
- TP 2 : Ondes – II : Interférences et ondes stationnaires (séance 1/2)**

## Samedi 29 Septembre :

**DS n°2 (3h00) : Oscillateur harmonique et ondes progressives**

\*\*\*\*\*

## Mardi 2 Octobre :

**Cours (2h00) :**

### Chapitre A-III : Superposition des ondes

- III. Ondes stationnaires
  - 1. Superposition de deux ondes se propageant en sens inverse
  - 2. Réalisations concrètes d'ondes stationnaires
  - 3. Fréquences propres d'une cavité
    - a. Étude générale
    - b. Modes propres
    - c. Application à la musique
    - d. Expérience de la corde de Melde
- IV. Quelques éléments concernant la diffraction
  - 1. Approche expérimentale et qualitative

**TD Signaux-3 : Exo 2 ; Exercices orgue; Introduction à la résolution de problèmes ; onde sur une corde de Melde.**

## Vendredi 5 Octobre :

**Cours (3h00) :**

### Chapitre A-III : Superposition des ondes

- IV. Quelques éléments concernant la diffraction
  - 2. Interprétation quantitative dans le cas d'une fente
  - 3. Applications : focalisation et structure d'un faisceau LASER.

### Chapitre A-IV : Optique géométrique

- I. Nature de la lumière
  - 1. Historique
  - 2. Nature ondulatoire de la lumière
    - a. Structure de l'onde (polarisation rectiligne, lumière naturelle, indice)
    - b. Spectre des ondes EM (visible, différentes sources)
    - c. Aspects énergétiques (intensité, éclairnement)
    - d. Manipulation de la polarisation (Polariseur, analyse d'une polarisation rectiligne, loi de Malus)
  - 3. Des ondes lumineuses à l'optique géométrique
    - a. Notion de rayons lumineux
    - b. Sources lumineuse, objets éclairés
    - c. Mécanisme succinct de la vision

**TP 2 : Ondes – II : Interférences et ondes stationnaires (séance 2/2)**

\*\*\*\*\*

## Mardi 9 Octobre :

**Cours (2h00) :**

### Chapitre A-IV : Optique géométrique

- I. Nature de la lumière

- 3. Des ondes lumineuses à l'optique géométrique
    - d. Énoncés des postulats
    - e. Limites du modèle géométrique (diffraction et interférences)
    - f. Acoustique géométrique
  - II. Lois de la réflexion et de la réfraction
    - 1. Définition du problème
    - 2. Les lois de Descartes
      - a. Lois de la réflexion
      - b. Lois de la réfraction
      - c. Remarques
    - 3. Interprétations ondulatoires
    - 4. Angle de réfraction limite – réflexion totale
  - III. Quelques applications (parmi N)
    - 1. Mirage
    - 2. Fibre optique
    - 3. Arc en ciel
- TD Signaux-3** : Exo 5  
**TD Signaux-4** : Exo 1 et 2

## Vendredi 12 Octobre :

### Cours (3h00) :

#### Chapitre A-V : Applications de l'optique géométrique

- I. Vocabulaire des systèmes optiques
  - 1. Système optique
  - 2. Rayons incidents et émergents
  - 3. Objets et images
    - a. Définition
    - b. Réalité – virtualité
    - c. Construction d'une image
  - 4. Foyers
- II. Conditions de Gauss pour un système centré
  - 1. Énoncé des conditions de l'approximation de Gauss
    - a. Ouverture angulaire
    - b. Énoncé
  - 2. Notion de stigmatisme
    - a. Stigmatisme rigoureux et exemples
    - b. Stigmatisme approché (Définition et intérêt)
  - 3. Notion d'aplanétisme pour un système centré
    - a. Aplanétisme rigoureux
    - b. Aplanétisme approché
    - c. Conséquence (correspondance plan/plan et grandissement)
- III. Lentilles sphériques minces dans les conditions de Gauss
  - 1. Présentation
    - a. Différents types de lentilles
    - b. Lentilles sphériques minces
    - c. Position des foyers – distances focales
  - 2. Constructions
    - a. Règles
    - b. Construction d'une image
    - c. Cas d'un rayon quelconque
    - d. Objet et image à l'infini
  - 3. Relations de conjugaison
    - a. Origine aux foyers – relation de Newton
    - b. Origine au centre – relation de Descartes
    - c. Montage 4f

**TP 3** : Optique géométrique - I (séance 1/2)

\*\*\*\*\*

## Mardi 16 Octobre :

### Cours (2h00) :

#### Chapitre A-V : Applications de l'optique géométrique

- III. Lentilles sphériques minces dans les conditions de Gauss
    - 3. Relations de conjugaison
      - d. Lentilles accolées
  - IV. Fonctionnement de l'œil
    - 1. Description
    - 2. Modélisation de l'œil parfait
      - a. Modèle
      - b. Résolution angulaire
      - c. Accommodation
    - 3. Défauts de l'œil
    - 4. Vision directe / Utilisation d'une loupe
- TD Signaux-4** : Exo 4, 6 et 7  
**TD Signaux-5** : Exo 5 début

## Vendredi 19 Octobre :

### Cours (2h00) :

#### Chapitre A-VI : Circuits électriques dans l'ARQS

- I. Description des phénomènes électriques dans un circuit
    - 1. Mouvement de charges  
Analogie Gravitation / Electrostatique  $qE$  et  $mg$  ; Distinguer la cause (champ  $E$ ) de la conséquence (vitesse  $v$ ).
    - 2. Courant électrique
      - a. Définitions (conséquence)
      - b. Intensité du courant
      - c. Ordres de grandeurs
    - 3. Tension électrique
      - a. Définition (cause)
  - Potentiels, tensions
    - b. Analogie hydraulique
    - c. Ordres de grandeurs
  - 4. Aspect microscopique – Quantification de la charge
  - 5. Régimes particuliers
    - a. Régime continu
    - b. Approximation des régimes quasi-stationnaires (Manip ARQS)
  - II. Étude des circuits électriques
    - 1. Dipôles électrocinétiques
      - a. Définition
      - b. Conventions d'orientation
      - c. Caractéristique statique Courant/Tension
    - 2. Caractéristiques d'un circuit
      - a. Réseau électrique
      - b. Nœuds
      - c. Branches
      - d. Mailles
      - e. Masse et origine des potentiels
- TP 3** : Optique géométrique - I (séance 2/2)

## Samedi 20 Octobre :

**DS n°3** : Optique géométrique et ondes

\*\*\*\*\*  
**Vacances de la Toussaint**  
 \*\*\*\*\*

## Mardi 6 Novembre :

### Cours (2h00) :

#### Chapitre A-V : Applications de l'optique géométrique

- V. Fonctionnement d'un appareil photographique
  - 1. Schématisation et modélisation
  - 2. Influence des réglages
    - a. Durée d'exposition
    - b. Effet de l'ouverture

- c. Effet de la focale
- d. Caractéristiques techniques
- e. Profondeur de champ

**TD Signaux-5** : Exo 6

**TD Signaux-6** : Exo 2 début, Résolution de problème de l'ouverture d'un appareil photographique

## Vendredi 9 Novembre :

**Cours (3h00) :**

### Chapitre A-VI : Circuits électriques dans l'ARQS

- II. Étude des circuits électriques
  - 3. Dipôles en série et en parallèle
  - 4. Lois de Kirchhoff
    - a. Loi des nœuds
    - b. Loi des mailles
- III. Étude de quelques dipôles remarquables
  - 1. Résistances (résistors ou conducteurs ohmiques)
    - a. Définition – Loi d'Ohm intégrale
    - b. Effet Joule
    - c. Ordres de grandeurs
  - 2. Condensateur idéal
    - a. Relation caractéristique
    - b. Aspect énergétique
    - c. Modélisation d'un condensateur réel
  - 3. Bobine idéale
    - a. Relation caractéristique
    - b. Aspect énergétique
    - c. Modélisation d'une bobine réelle
  - 4. Générateur réel
    - a. Source idéale de tension
    - b. Source idéale de courant
    - c. Source réelle linéaire – Modèle de Thévenin
- IV. Méthodes pour les calculs de grandeurs électriques dans un circuit
  - 1. Association de résistances
    - a. En série
    - b. En parallèle
  - 2. Pont diviseurs
    - a. De tension

**TD Signaux-7** : Exo 3

**TP 4** : Ondes – III : Mesure d'une vitesse instantanée par effet Doppler (séance 1/2)

\*\*\*\*\*

## Mardi 13 novembre :

**Cours (2h00) :**

### Chapitre A-VI : Circuits électriques dans l'ARQS

- IV. Méthodes pour les calculs de grandeurs électriques dans un circuit
  - 2. Pont diviseurs
    - b. De courant
  - 3. Méthode générale de résolution (complément)
  - 4. Point de fonctionnement
    - a. Principe
    - b. Application au tracé de caractéristique
    - c. Exemple de la diode à jonction

### Chapitre A-VII : Circuits linéaires du premier ordre

- I. Exemples de circuits du premier ordre
  - 1. Mise en équation – Forme canonique
    - a. Circuit RC

**TD Signaux-7** : Exo 1, 2, 4, 5, 9 et 12

## Vendredi 16 Novembre :

**Cours (3h00) :**

## Chapitre A-VII : Circuits linéaires du premier ordre

### I. Exemples de circuits du premier ordre

1. Mise en équation – Forme canonique
  - b. Circuit RL
  - c. Régime libre et réponse indicielle ou à un échelon (définitions et réalisations pratiques).
2. Résolution de la forme canonique du premier ordre
  - a. Équation homogène
  - b. Équation avec second membre constant
3. Circuits équivalents en régime continu
  - a. Détermination du régime permanent continu
  - b. Détermination des CI – Continuité
4. Régime libre du circuit RC
  - a. Forme des solutions
  - b. Représentations graphiques
  - c. Tangentes à l'origine
  - d. Interprétations physiques (résolution sans équation, « portrait de phase »)
5. Réponse indicielle du circuit RC
  - a. Forme des solutions
  - b. Représentations graphiques
  - c. Tangentes à l'origine
  - d. Interprétations physiques (résolution sans équation, « portrait de phase »)
6. Régime libre d'un circuit RL – Étincelle de rupture

**TD Signaux-7** : Exo 15

**TD Signaux-8** : Exo 1

**TP 4** : Ondes – III : Mesure d'une vitesse instantanée par effet Doppler (séance 2/2)

\*\*\*\*\*

## Mardi 20 novembre :

**Cours (2h00) :**

### Chapitre A-VII : Circuits linéaires du premier ordre

#### II. Propriétés générales d'un système du premier ordre

1. Résolution
    - a. Mise en équation – Conditions initiales
    - b. Forme générale de la solution
- En fonction de  $X_i$  et  $X_f$ -Représentation graphique  
Propriété de la tangente à l'origine, temps de réponse
- c. Analyse qualitative – Portrait de phase
  2. Régimes transitoire et permanent – Stabilité
    - a. Critère de stabilité
    - b. Analyse qualitative de la stabilité
  3. Exemple à deux mailles

#### III. Analyses énergétiques

1. Cas du circuit RC
  - a. Régime libre
  - b. Réponse à un échelon
2. Cas du circuit RL

**TD Signaux-8** : Exo 2. Préparation exos 4 et 5

## Vendredi 23 Novembre :

**Cours (3h00) :**

### Chapitre A-VIII : Systèmes du second ordre – Régime transitoire

#### I. Exemples de systèmes du second ordre

1. Circuit RLC série
2. Oscillateur harmonique amorti
3. Analogies électromécaniques
4. Forme canonique (puls. propre facteur de qualité)

#### II. Réponse temporelle d'un système du second ordre

1. Régime libre
  - a. Régime aperiodique
  - b. Régime critique
  - c. Régime pseudo périodique

\*\*\*\*\*

## Mardi 27 Novembre :

### Cours (2h00) :

#### Chapitre A-VIII : Systèmes du second ordre – Régime transitoire

- II. Réponse temporelle d'un système du second ordre
  - 2. Réponse indicielle – Cas général
  - 3. Temps caractéristique du régime transitoire
  - 4. Analyse expérimentale et interprétations physiques
    - a. Oscillateur mécanique
    - b. Circuit RLC série (force de l'analogie)
- III. Aspect énergétique – Portrait de phase
  - 1. Bilan énergétique
    - a. Circuit RLC série
    - b. Oscillateur mécanique
  - 2. Utilisation d'un portrait de phase
    - a. Interprétation qualitative
    - b. Lien avec l'aspect énergétique

#### Chapitre A-IX : Systèmes du second ordre – Régime sinusoïdal forcé.

- I. Réponse fréquentielle d'un système du second ordre
  - 1. Exemples de systèmes du second ordre en régime forcé (expériences introductives)
    - a. Circuit RLC série

**TD Signaux-9** : Exo 2 et 5 : Transfert de charges entre condensateurs (2<sup>nd</sup> ordre)

## Jeudi 29 Novembre :

### Cours (2h00) :

#### Chapitre A-IX : Systèmes du second ordre – Régime sinusoïdal forcé.

- I. Réponse fréquentielle d'un système du second ordre
  - 1. Exemples de systèmes du second ordre en régime forcé (expériences introductives)
    - b. Oscillateur harmonique amorti
  - 2. Régime transitoire – Régime sinusoïdal forcé
  - 3. Recherche de la solution particulière sinusoïdale
    - a. Représentation complexe
    - b. Lien avec la représentation de Fresnel
    - c. Application :

Recherche de la solution particulière de l'équation différentielle : elle devient une équation algébrique sur l'exemple de l'oscillateur mécanique.

- d. Bilan
- II. Cas des réseaux électriques en régime sinusoïdal forcé
  - 1. Idée générale
  - 2. Impédances complexes en électricité
    - a. Définition
    - b. Dipôles remarquables

**Informatique (2h00)** : Traitement de type A des incertitudes partie I (séance 1 et 2/3)

## Vendredi 30 Novembre :

### Cours (3h00) :

#### Chapitre A-IX : Systèmes du second ordre – Régime sinusoïdal forcé.

- II. Cas des réseaux électriques en régime sinusoïdal forcé
  - 3. Transposition des lois en régime sinusoïdal forcé
    - a. Description générale
    - b. Lois de Kirchhoff
    - c. Associations d'impédances en RSF
    - d. Transposition des relations du continu au RSF
  - 4. Liens avec l'équation différentielle
- III. Phénomènes de résonance (retour aux expériences)
  - 1. Mise en équation du circuit RLC série
  - 2. Résonance en intensité (ou en vitesse)
    - a. Expression canonique de l'amplitude complexe

- b. Réponse en amplitude
  - c. Réponse en phase
  - d. Cas de l'oscillateur mécanique
  - e. Bilan
3. Résonance en élongation ou réponse en charge
- a. Réponse en charge dans le RLC série
  - b. Analogie avec l'élongation de l'oscillateur mécanique
  - c. Résonance en élongation

**TP 5 : Électricité - I (séance 2/2)**

## Samedi 1 Décembre :

**DS n°4 (3h00) : Électricité et optique**

\*\*\*\*\*

## Mardi 4 Décembre :

**Cours (2h00) :**

**Chapitre A-IX : Systèmes du second ordre – Régime sinusoïdal forcé.**

III. Phénomènes de résonance (retour aux expériences)

3. Résonance en élongation ou réponse en charge
- d. Réponse en phase
  - e. Bilan

IV. Aspect énergétique en régime sinusoïdal

1. Définitions
- a. Puissance instantanée
  - b. Puissance moyenne pour un signal périodique
  - c. Cas d'un condensateur
  - d. Cas d'une résistance
2. Grandeur efficace d'un signal
- a. Définition
  - b. Cas d'un signal constant
  - c. Cas d'un signal sinusoïdal
  - d. Cas d'un signal périodique quelconque
  - e. Conclusion sur la puissance dissipée dans une résistance
3. Cas des dipôles linéaires en régime sinusoïdal

**Chapitre A-X : Introduction au traitement du signal : filtrage linéaire**

I. Généralités et définitions

1. Quadripôle linéaire
- a. Définitions
  - b. Propriétés générales des quadripôles linéaires

**TD Signaux-10 : Exo 1, 2, 4 et 5 (mise en forme)**

## Jeudi 6 Décembre :

**Informatique (2h00) : Traitement de type A des incertitudes partie I (séances 3/3)**

## Vendredi 7 Décembre :

**Cours (3h00) :**

**Chapitre A-X : Introduction au traitement du signal : filtrage linéaire**

I. Généralités et définitions

1. Quadripôle linéaire
- c. Impédances d'entrée et de sortie
2. Fonction de transfert en régime harmonique
- a. Définition
  - b. Propriétés
3. Filtres linéaires
- a. Définitions
  - b. Nature des filtres
  - c. Gain en décibel
  - d. Diagramme de Bode

II. Exemples de filtres linéaires

1. Filtre passe-bas du premier ordre – Exemple du filtre RC

- a. Comportement asymptotique
- b. Fonction de transfert
- c. Diagramme de Bode
- d. Caractère intégrateur

**TD Signaux-12** : Exo 1 (illustration du cours)

**TP 6** : Électricité - II (séance 1/2)

\*\*\*\*\*

## Mardi 11 Décembre :

**Cours (2h00)** :

**Chapitre A-X : Introduction au traitement du signal : filtrage linéaire**

II. Exemples de filtres linéaires

2. Filtre passe-haut du premier ordre – Exemple du filtre RC
  - a. Comportement asymptotique
  - b. Fonction de transfert
  - c. Diagramme de Bode
  - d. Caractère dérivateur
3. Déphaseur – Atténuateur (exercice)
4. Filtre passe-bas du second ordre – Exemple du filtre RLC
  - a. Comportement asymptotique
  - b. Fonction de transfert
  - c. Diagramme de Bode

**TD Signaux-12** : Exo 2 (illustration du cours)

## Jeudi 13 Décembre :

**Informatique (2h00)** : Traitement de type A des incertitudes partie II (séance 1 et 2/3)

## Vendredi 14 Décembre :

**Cours (3h00)** :

**Chapitre A-X : Introduction au traitement du signal : filtrage linéaire**

II. Exemples de filtres linéaires

5. Filtre passe bande du second ordre – Exemple du filtre RLC
  - a. Comportement asymptotique
  - b. Fonction de transfert
  - c. Diagramme de Bode

III. Applications des filtres linéaires

1. Principe général du filtrage
  - a. Cas d'un signal sinusoïdal
  - b. Superposition de deux fréquences
  - c. Cas d'un signal périodique quelconque
2. Filtrage d'un créneaux (cf. PPT)
  - a. Passe-bas ordre 1
  - b. Passe-haut ordre 1
  - c. Passe-bande sélectif

**TP 6** : Électricité - II (séance 2/2)

\*\*\*\*\*

## Mardi 18 Décembre :

**Cours (2h00)** :

**Chapitre A-X : Introduction au traitement du signal : filtrage linéaire**

III. Applications des filtres linéaires

2. Filtrage d'un créneaux (cf. PPT)
  - d. Passe-bande peu sélectif
3. Opérations fondamentales
  - a. Moyenneur
  - b. Suppression de la composante continue (Mode AC)
  - c. Intégrateur
  - d. Dérivateur

IV. Conception de filtres et contraintes pratiques

1. Notion de gabarit

- a. Définition
  - b. Exemple
  - 2. Produit de fonctions de transfert
    - a. Filtres en cascade
    - b. Utilisation d'un montage suiveur
  - 3. Réalisations pratiques
  - V. Conclusion : ouverture sur le non linéaire  
Redressement ; Insister sur l'apparition de fréquences nouvelles.
- TD Signaux-12** : Exo 3 et 6

## Jeudi 20 Décembre :

**Informatique (2h00)** : Traitement de type A des incertitudes partie II (séances 3/3)

## Vendredi 21 Décembre :

**Cours (3h00)** :

### Chapitre B-I : Introduction – Cinématique

Préliminaire : Systèmes de coordonnées – Bases de projections

- 1. Espace vectoriel – Espace affine
- 2. Coordonnées cartésiennes
- 3. Coordonnées polaires
- 4. Coordonnées cylindriques
- 5. Coordonnées sphériques

**TP 7** : Électricité - III (séance 1/2)

\*\*\*\*\*  
**Vacances de Noël**  
 \*\*\*\*\*

## Mardi 8 Janvier :

**Cours (2h00)** :

### Chapitre B-I : Introduction – Cinématique

I. Introduction

- 1. Bref historique
- 2. Cadre de la mécanique classique

II. Description du mouvement d'un point matériel

- 1. Distinction solide – Point matériel
  - a. Solide
  - b. Point matériel
- 2. Notion de référentiel
  - a. Repère d'espace
  - b. Repère de temps
  - c. référentiel
  - d. Notion de relativité du mouvement
- 3. Position – équation horaire – trajectoire
- 4. Vitesse et hodographe
- 5. Accélération
- 6. Base locale de Frenet ou trièdre de Frenet (Compléments)

III. Utilisation des différents systèmes de coordonnées

- 1. Coordonnées cartésiennes
- 2. Coordonnées cylindriques

**TD Signaux-12** : Exo 7 et 8

## Jeudi 10 Janvier :

**Informatique (2h00)** : Intégration numérique d'équations différentielles – Partie I (séance 1 et 2/3)

## Vendredi 11 Janvier :

**TP 7** : Électricité - III (séance 2/2)

\*\*\*\*\*

## Mardi 15 Janvier :

**Cours (2h00) :**

### Chapitre B-I : Introduction – Cinématique

- III. Utilisation des différents systèmes de coordonnées
  - 3. Coordonnées sphériques
  - 4. Trièdre de Frenet(Compléments)
  - 5. Distinction entre base de projection – référentiel et repère
- IV. Exemples de mouvements de points matériels
  - 1. Définitions
  - 2. Mouvement rectiligne
    - a. Mouvement uniformément accéléré
    - b. Mouvement rectiligne uniforme
    - c. Mouvement sinusoïdal
  - 3. Mouvement à vecteur accélération constant
  - 4. Mouvement circulaire

**TD Méca-1** : Exo 1, 3 et 5

## Jeudi 17 Janvier :

**Informatique (2h00)** : Intégration numérique d'équations différentielles – Partie I (séance 3/3)

## Vendredi 18 Janvier :

**Cours (3h00) :**

### Chapitre B-I : Introduction – Cinématique

- V. Exemples de mouvements d'un solide
  - 1. Translation
  - 2. Rotation autour d'un axe fixe

### Chapitre B-II : Lois de base de la mécanique newtonienne

- I. Les lois de Newton
  - 1. Introduction : notion de masse d'inertie
  - 2. Référentiels galiléens et principe d'inertie
  - 3. Principe fondamental de la dynamique
  - 4. Principe des actions réciproques
  - 5. Déterminisme classique
  - 6. Mouvement relatif de deux référentiels galiléens.
- II. Classification des forces :
  - 1. Actions à distance
    - a. Les 4 interactions fondamentales de l'Univers
    - b. Loi d'interaction gravitationnelle
    - c. Notion de champ
    - d. Poids d'un corps

**TP 8** : Électricité - IV-1 (séance 1/2)

## Samedi 19 Janvier :

**DS n°5 (3h00)** : Électricité et mécanique.

\*\*\*\*\*

## Classe de neige

\*\*\*\*\*

## Lundi 21 Janvier :

**Cours (3h00) :**

### Chapitre B-II : Lois de base de la mécanique newtonienne

- II. Classification des forces :
  - 2. Actions macroscopiques de contact :
    - a. Définitions
    - b. Action exercée par un fil
    - c. Action exercée par un ressort
    - d. Action exercée par un support solide
    - e. Action d'un fluide sur un corps solide
- III. Méthodes de résolutions
  - 1. Généralité

- 2. Mouvement d'un point matériel dans le champ de pesanteur
  - a. Mise en équation
  - b. Trajectoire dans le vide
  - c. Influence de la résistance de l'air
- 3. Esquimaux sur son igloo

**TD Méca-2** : Exo 5, 6

## Mardi 22 Janvier :

**Cours (3h00) :**

**Chapitre B-II : Lois de base de la mécanique newtonienne**

III. Méthodes de résolutions

- 4. Cas des systèmes composés

IV. Théorème de la quantité de mouvement

- 1. Définition
- 2. Énoncé du théorème
- 3. Cas d'un système de point
  - a. Centre d'inertie ou centre de masse
  - b. Quantité de mouvement ou résultante cinétique
  - c. Théorème du mouvement du centre d'inertie

**TD Méca-2** : Exo 10

## Jeudi 31 Janvier :

**DS n°5 (3h30)** : Électricité et mécanique.

## Vendredi 1<sup>er</sup> Février :

**Cours (3h00) :**

**Chapitre B-II : Lois de base de la mécanique newtonienne**

V. Aspects énergétiques : travail, puissance, énergie

- 1. Travail et puissance d'une force
  - a. Travail élémentaire
  - b. Cas d'un déplacement fini
  - c. Puissance d'une force
- 2. Théorème de l'énergie cinétique
  - a. Définition
  - b. Théorème
  - c. Théorème de la puissance cinétique

**DM-6** : Séance travaux dirigés

\*\*\*\*\*

## Mardi 29 Janvier :

**Cours (2h00) :**

**Chapitre B-II : Lois de base de la mécanique newtonienne**

V. Aspects énergétiques : travail, puissance, énergie

- 3. Énergie potentielle
  - a. Champ de forces
  - b. Champ de forces conservatif – Énergie potentielle
  - c. Cas particulier d'une force conservative
  - d. Propriétés
  - e. Interprétations
- 4. Gradient d'un champ scalaire
  - a. Définition
  - b. Expression dans les différents systèmes de coordonnées
  - c. Surfaces de niveau
  - d. Exemple
- 5. Calculs d'énergies potentielles
  - a. Méthode générale

**TD Méca-2** : Exo 3, 4, 7

## Mercredi 30 Janvier :

**TD Méca-2** : Exo 11

## Jeudi 31 Janvier :

**Informatique (2h00) :** Intégration numérique d'équations différentielles – Partie II (séance 1 et 2/3)

## Vendredi 1<sup>er</sup> Février :

**Cours (3h00) :**

### **Chapitre B-II : Lois de base de la mécanique newtonienne**

V. Aspects énergétiques : travail, puissance, énergie

5. Calculs d'énergies potentielles
  - a. Méthode générale
  - b. Énergie potentielle de pesanteur
  - c. Cas d'un champ de forces uniforme
  - d. Énergie potentielle élastique à 3D
  - e. Énergie potentielle gravitationnelle

### **Chapitre B-III : Mécanique des systèmes à un degré de liberté**

I. Oscillateur harmonique non amorti

1. Généralités (révisions)
2. Pendule élastique vertical
  - a. Équation du mouvement
  - b. Analyse énergétique
  - c. Interprétation graphique

II. Étude générale d'un problème à un degré de liberté

1. Généralités
  - a. Définitions
  - b. Présentation du problème
  - c. Équation du mouvement
2. Positions d'équilibre et stabilité
  - a. Positions d'équilibre
  - b. Stabilités
  - c. Analyse à l'aide de l'énergie potentielle
  - d. Bilan
3. Propriétés du mouvement
  - a. Positions accessibles
  - b. Analyse d'un mouvement

**TD Méca-3 :** Exo 2

**TP 8 :** Électricité – IV-1 (séance 2/2)

\*\*\*\*\*

## Mardi 5 Février :

**Cours (2h00) :**

### **Chapitre B-III : Mécanique des systèmes à un degré de liberté**

II. Étude générale d'un problème à un degré de liberté

3. Propriétés du mouvement
  - a. Positions accessibles
  - b. Analyse d'un mouvement
  - c. Mouvement au voisinage d'un équilibre stable
  - d. Présence de frottement
4. Portrait de phase
  - a. Définitions
  - b. Propriétés générales
  - c. Cas d'un système conservatif
  - d. Exemple de l'oscillateur harmonique non amorti

III. Étude d'un sismographe

1. Principe et modélisation

**TD Méca-3 :** Exo 1 et 6

## Jeudi 7 Février :

**Informatique (2h00) :** Intégration numérique d'équations différentielles – Partie II (séance 3/3)

## Vendredi 8 Février :

### Cours (3h00) :

#### Chapitre B-III : Mécanique des systèmes à un degré de liberté

##### III. Étude d'un sismographe

2. Étude du régime libre
3. Portrait de phase
4. Régime forcé

##### IV. Cas du pendule simple

1. Mise en équation
2. Étude qualitative
3. Étude du mouvement pendulaire
  - a. Mouvement de faible amplitude
  - b. Période du mouvement pendulaire
4. Portrait de phase

#### Chapitre B-IV : Mouvement d'une particule chargée dans un champ électrique et magnétique uniforme et indépendant du temps

##### I. Relations générales

1. Interaction électrostatique : champ, potentiel et énergie potentielle électrostatique

#### TP 9 : Électricité – IV-2 (séance 1/2)

## Samedi 9 février :

### DS n°6 : Mécanique

\*\*\*\*\*

## Mardi 12 Février :

### Cours (2h00) :

#### Chapitre B-IV : Mouvement d'une particule chargée dans un champ électrique et magnétique uniforme et indépendant du temps

##### I. Relations générales

1. Interaction électrostatique : champ, potentiel et énergie potentielle électrostatique
2. Champ électromagnétique et force de Lorentz
3. Travail de la force de Lorentz
4. Ordres de grandeur
5. Théorème de l'énergie cinétique

##### II. Mouvement dans un champ E uniforme et stationnaire

1. Mise en équation et résolution
2. Accélération linéaire
3. Déviations de particules

##### III. Mouvement dans un champ B uniforme et stationnaire

1. Mise en équation
2. Propriétés générales
3. Description du mouvement

#### TD Méca-3 : Exo 7

## Vendredi 15 février :

### Cours (3h00) :

#### Chapitre B-IV : Mouvement d'une particule chargée dans un champ électrique et magnétique uniforme et indépendant du temps

##### III. Mouvement dans un champ B uniforme et stationnaire

3. Description du mouvement
4. Cas particuliers ( $v_0 // B$  ou  $v_0$  orthogonal à B)
5. Applications

##### IV. Applications à l'accélération de particules chargées

1. Généralités
2. Cyclotron
3. Limitations

#### Chapitre A-XI : Introduction au monde quantique

##### I. Émergence des fondements de la physique quantique (approche documentaire)

1. Optique : onde ou particule au fil de l'histoire des sciences
2. Apparition de la notion de photon

- a. Effet Photo électrique
- b. Effet Compton
- c. Bilan
- 3. Dualité onde-particule
  - a. Lien entre puissance, intensité lumineuse et photons

**TD-Signaux 13** : Exo 1

**TP 9** : Électricité – IV-2 (séance 2/2)

\*\*\*\*\*

## Mardi 19 février :

**Cours (2h00) :**

**Chapitre A-XI : Introduction au monde quantique**

I. Émergence des fondements de la physique quantique (approche documentaire)

- 3. Dualité onde-particule
  - a. Lien entre puissance, intensité lumineuse et photons
  - b. Détections de coïncidences
  - c. Expérience d'interférence photon par photon
  - d. Dualité onde-particule et principe de complémentarité de Bohr

II. Notion d'onde de matière

- 1. Idée de Louis de Broglie
  - a. Relations de De Broglie
  - b. Calculs d'ordres de grandeur
  - c. Bilan

**TD-Méca 5** : Exo 3 et 4

**TD-Signaux 13** : Exo 4, 5

## Vendredi 22 février :

**Cours (3h00) :**

**Chapitre A-XI : Introduction au monde quantique**

II. Notion d'onde de matière

- 1. Idée de Louis de Broglie
  - c. Bilan
- 2. Confirmations expérimentales
  - a. Davisson et Germer (approche documentaire)
  - b. Interférences atomiques de Carnal et Mlynek
  - c. Laser à atomes
- 3. Nature de l'onde de matière
  - a. Retour sur interférences lumineuses
  - b. Définition de la fonction d'onde (de matière)
  - c. Quelques précautions encore .

III. Inégalités de Heisenberg

- 1. Cas des photons
- 2. Cas des particules
  - a. Comparaison avec le cas du photon
  - b. Lien avec la diffraction

IV. Bilan et applications

- 1. Bilan et interprétations modernes des relations
- 2. Pression de radiation

**TD-Signaux 13** : Exo 6 et 8

**TP 10-11** : Optique-II et III (séance 1/4)

\*\*\*\*\*

## Vacances de Février

\*\*\*\*\*

## Mardi 12 Mars :

**Cours (2h00) :**

**Chapitre A-XI : Introduction au monde quantique**

IV. Bilan et applications

- 3. Quantification de l'énergie
  - a. Cas d'un puits de potentiel infini
  - b. Énergie minimale d'un oscillateur harmonique

## Chapitre B-V : Moment cinétique en mécanique – Solide en rotation

### I. Théorème du moment cinétique pour un point matériel

1. Moment d'une force
  - a. Par rapport à un point

**TD-Signaux 13** : Exo 3 et 9

## Vendredi 15 Mars :

### Cours (3h00) :

## Chapitre B-V : Moment cinétique en mécanique – Solide en rotation

### I. Théorème du moment cinétique pour un point matériel

1. Moment d'une force
  - a. Par rapport à un point
  - b. Par rapport à un axe orienté
2. Moment cinétique
  - a. Par rapport à un point
  - b. Par rapport à un axe orienté
3. Théorèmes du moment cinétique
  - a. Par rapport à un point fixe
  - b. Par rapport à un axe fixe
  - c. Conclusion
4. Conservation du moment cinétique
5. Exemple du pendule

### II. Théorème du moment cinétique pour un système de points matériels

1. Moment cinétique
  - a. Par rapport à un point
  - b. Par rapport à un axe orienté
2. Bilan des actions sur un système de points
  - a. Notion de système de forces
  - b. Résultante d'un système de forces
  - c. Moment résultant par rapport à un point
  - d. Notion de glisseur – Point d'application
  - e. Notion de couple
  - f. Cas général
  - g. Moment résultant par rapport à axe orienté
3. Théorème du moment cinétique
  - a. Par rapport à un point fixe
  - b. Par rapport à un axe fixe.
  - c. Conservation du moment cinétique
  - d. Conclusion

**TP 10-11** : Optique-II et III (séance 2/4)

## Samedi 16 Mars :

**DS n°7 (3h00)** : Mécanique – Physique Quantique

\*\*\*\*\*

## Mardi 19 Mars :

### Cours (2h00) :

## Chapitre B-V : Moment cinétique en mécanique – Solide en rotation

### III. Théorème du moment cinétique pour un solide en rotation autour d'un axe fixe

1. Caractéristiques d'un solide
  - a. Passage discret – continu
  - b. Degrés de liberté
  - c. Moment d'inertie d'un solide par rapport à un axe
2. Équilibre d'un solide
  - a. Mouvement d'ensemble
  - b. Mouvement relatif
  - c. Exemples
3. Solide en rotation autour d'un axe fixe
  - a. Cinématique et paramétrage
  - b. Quantité de mouvement ou résultante cinétique

- c. Moment cinétique par rapport à l'axe de rotation
- d. Théorème du moment cinétique par rapport à l'axe de rotation
- e. Interprétations et analogies

**TD-Signaux 13** : Exo 10

**TD-Meca 6** : Exo 1 et début du 3

## Vendredi 22 Mars :

**Cours (3h00) :**

### Chapitre B-V : Moment cinétique en mécanique – Solide en rotation

#### IV. Applications aux dispositifs rotatifs

1. Étude générale
  - a. Liaisons pivot et pivot idéale
  - b. Stratégie de résolution
  - c. Moteurs et freins
2. Pendule de torsion
  - a. Description du dispositif
  - b. Bilan des actions – Couple de torsion
  - c. Équation du mouvement
3. Pendule pesant
  - a. Équation du mouvement
  - b. Analogies avec le pendule simple
  - c. Calcul de la réaction sur l'axe

#### V. Aspect énergétique de la rotation d'un solide autour d'un axe fixe

1. Énergie cinétique d'un solide en rotation
2. Puissance d'une force (ou système de forces) appliquée sur un solide en rotation

**TP 10-11** : Optique-II et III (séance 3/4)

\*\*\*\*\*

## Mardi 26 Mars :

**Cours (2h00) :**

### Chapitre B-V : Moment cinétique en mécanique – Solide en rotation

#### V. Aspect énergétique de la rotation d'un solide autour d'un axe fixe

3. Théorème de l'énergie cinétique.
4. Intégrales premières du mouvement

#### VI. Cas d'un système déformable

1. Exemples
2. Travail des forces intérieures

### Chapitre B-VI : Mouvement à force centrale – Cas des champs Newtoniens

#### I. Définition du problème

1. Force centrale
  - a. Définition
  - b. Cas d'un champ de forces conservatif
  - c. Exemples
2. Interactions Newtoniennes
  - a. Définition
  - b. Énergie potentielle
3. Bilan

#### II. Conséquences du caractère central de la force

1. Conservation du moment cinétique en O
2. Conséquences sur la nature de la trajectoire
  - a. Type de mouvement

**TD-Méca 6** : Exo 2, 3, 5 et 8

## Vendredi 29 Mars :

**Cours (3h00) :**

### Chapitre B-VI : Mouvement à force centrale – Cas des champs Newtoniens

#### II. Conséquences du caractère central de la force

2. Conséquences sur la nature de la trajectoire
  - b. Paramétrage
3. Loi des aires

#### III. Conservation de l'énergie

1. Conservation de l'énergie mécanique
  2. Énergie potentielle effective
    - a. Définition
    - b. Interprétation physique du terme cinétique
  3. Cas d'une interaction newtonienne
    - a. Interaction attractive
    - b. Interaction répulsive
  - IV. Détermination de la trajectoire
    1. Méthode générale
      - a. Équations du mouvement
      - b. Détermination de la trajectoire
      - c. Remarque sur les constantes d'intégration
    2. Cas d'une interaction newtonienne
      - a. Expression générale en coordonnées polaires
      - b. Trajectoire circulaire
      - c. Trajectoire elliptique
- Étude qualitative de la courbe et lien avec l'équation polaire, lien avec  $E_p(\text{eff})$ , relation énergie mécanique et grand axe, lien entre vitesse et distance au foyer, 3eme loi de Kepler)
- d. Autres trajectoires – lien avec  $E_p(\text{eff})$
- TP 10-11** : Optique-II et III (séance 4/4)

\*\*\*\*\*

## Mardi 2 Avril :

### Cours (2h00) :

#### Chapitre B-VI : Mouvement à force centrale – Cas des champs Newtoniens

- V. Application à la gravitation
  1. Position du problème
  2. Mouvement des planètes – Lois de Kepler
  3. Cas des satellites terrestres
    - a. Satellites géostationnaires
    - b. Lancement de satellites
    - c. Première vitesse cosmique et vitesse de libération
- VI. Applications à la structure de l'atome
  1. Modèle de l'électron élastiquement lié
  2. Diffusion de Rutherford (exercice du TD)
  3. Modèle de Bohr de l'atome d'hydrogène.

**TD Méca-7** : Exo 4, 5 et 6.

## Mercredi 3 Avril :

### Cours (2h00) :

#### Chapitre B-VII : Éléments de statique des fluides

Préliminaires : Intégrales multiples

1. Signification de l'intégrale
2. Intégrales doubles
3. Intégrales triples
- I. Description d'un fluide au repos
  1. Modélisation d'un fluide
    - a. État fluide
    - b. Modélisation continue
    - c. Fluide au repos
  2. Champ de forces dans un fluide au repos
    - a. Forces volumiques
    - b. Forces surfaciques

## Vendredi 5 Avril :

### Cours (3h00) :

#### Chapitre B-VII : Éléments de statique des fluides

- I. Description d'un fluide au repos
  3. Forces de pression
    - a. Définition
    - b. Unités

- c. Expression sous forme de densité volumique de force
  - 4. Équation fondamentale de la statique des fluides
  - II. Applications aux fluides incompressibles et homogènes
    - 1. Hypothèses
    - 2. Équation barométrique
      - a. Champ de pression
      - b. Surfaces isobares et surfaces libres(cas d'une interface)
      - c. Interprétation physique
    - 3. Applications
      - a. Principe des vases communicants
      - b. Mesures de pressions
      - c. Presse hydraulique – Vérins
      - d. Plongée sous marine
  - III. Cas des fluides compressibles
    - 1. Modèle de l'atmosphère isotherme
    - 2. Ordres de grandeur
    - 3. Interprétation statistique – Facteur de Boltzmann
      - a. Densité particulaire
      - b. Interprétation qualitative
- TP 12 : Électricité – V (séance 1/2)**

## Samedi 6 Avril :

**DS n°8 (3h00) : Mécanique**

## Mardi 9 Avril :

**Cours (2h00) :**

### **Chapitre B-VII : Éléments de statique des fluides**

- III. Cas des fluides compressibles
  - 3. Interprétation statistique – Facteur de Boltzmann
    - c. Généralisation
- IV. Actions exercées par les fluides au repos
  - 1. Actions exercées sur une surface immergée
    - a. Résultante et moment des forces de pression
    - b. Point d'application
    - c. Forces exercées sur les parois d'un récipient
    - d. Actions exercées sur un barrage
  - 2. Théorème d'Archimède
  - 3. Applications
    - a. Cas des corps flottants
    - b. Glaçon dans un verre

### **Chapitre C-I : Aspect macroscopique de la thermodynamique**

- I. Du microscopique au macroscopique – Champ d'étude de la thermodynamique
  - 1. Exemples de processus
  - 2. Nécessité du point de vue macroscopique
  - 3. Historique rapide
- II. Description d'un système thermodynamique
  - 1. Système thermodynamique
    - a. Définitions
    - b. Qualificatifs
  - 2. États de la matière
    - a. Corps pur
    - b. Divers états physiques
    - c. Classification des états physiques
  - 3. Variable d'état – Équilibre thermodynamique
    - a. Description d'un système thermodynamique par des variables d'état
    - b. Variables intensives locales ou globales
    - c. Notion de phase
    - d. Équilibre thermodynamique

**TD Méca-8 : Exo 2, 3 et 5**

## Vendredi 12 Avril :

### Cours (3h00) :

#### Chapitre C-I : Aspect macroscopique de la thermodynamique

##### II. Description d'un système thermodynamique

3. Variable d'état – Équilibre thermodynamique
- e. Équation d'état

##### 4. Complément culturel : Principe « zéro » de la thermodynamique – définition « historique » de la température

- a. Équilibre thermique – Principe zéro
- b. Repérage de la température – Échelles empiriques
- c. Température absolue – Échelle légale
- d. Mesure pratique des températures

##### 5. Evolution d'un système thermodynamique – Transformations

- a. Définitions
- b. Transformations particulières
- c. Transformations à un paramètre constant

##### III. Approximations courantes de l'équation d'état d'un corps

1. Modèle du gaz parfait
2. Mélange de gaz – Pression partielle – Cas du gaz parfait
3. Approximation des phases condensées

##### IV. Étude descriptive des états d'un corps pur

##### 1. Notion de transition de phase

- a. Préliminaires
- b. Transitions de phases
- c. Interprétations microscopiques

##### 2. Étude de l'équilibre liquide-vapeur

- a. Compression isotherme d'un gaz parfait
- b. Mise en évidence d'une transition de phase
- c. Pression de vapeur saturante
- d. Isothermes d'Andrews
- e. Passage au diagramme (P,T)

##### 3. Généralisation : courbes de coexistence des phases

- a. Notion succincte de variance
- b. Diagramme d'équilibre – Diagramme (P,T)
- c. Cas particulier de l'eau

##### 4. Retards aux transitions de phases

**TD Thermo-1** : Exo 2 et 6

**TP 12** : Électricité – V (séance 2/2)

\*\*\*\*\*

## Mardi 16 Avril :

### Cours/TD(2h00) :

#### Chapitre C-I : Aspect macroscopique de la thermodynamique

##### IV. Étude descriptive des états d'un corps pur

##### 5. Composition d'un mélange diphasé – Théorème des moments

- a. Titre massique
- b. Théorème de moments
- c. Stockage des fluides

##### 6. Équilibre liquide-vapeur d'eau en présence d'une atmosphère inerte

- a. Évaporation et vaporisation
- b. Degré d'hygrométrie

#### Chapitre C-II : Aspect microscopique de la thermodynamique – Théorie cinétique des gaz

##### I. Hypothèse de la théorie cinétique des gaz

1. Définition du problème
2. Chaos moléculaire – Libre parcours moyen

**TD Thermo-1** : Exo 4, 5 et 8

## Vendredi 19 Avril :

### Cours (3h00) :

#### Chapitre C-II : Aspect microscopique de la thermodynamique – Théorie cinétique des gaz

##### I. Hypothèse de la théorie cinétique des gaz

2. Chaos moléculaire – Libre parcours moyen
  3. Modèle du gaz parfait monoatomique
  4. Homogénéité de la densité moléculaire
  5. Distribution des vitesses
    - a. Définitions
    - b. Propriétés de la distribution des vitesses
  6. Valeurs moyennes remarquables
    - a. Principe du calcul
    - b. Calcul des moyennes remarquables
- II. Passage du monde microscopique au monde macroscopique
1. Calcul de la pression cinétique
    - a. Principe du calcul
    - b. Modélisation « simpliste »
    - c. Complément éventuel : amélioration du modèle
  2. Définition cinétique de la température
    - a. Lien avec l'équation des gaz parfaits
    - b. Ordres de grandeur
    - c. Énergie cinétique moyenne et définition de la température
  3. Énergie interne d'un gaz parfait monoatomique
    - a. Définition
    - b. Capacité thermique isochore

**Chapitre C-III : Bilan énergétique au cours d'une transformation thermodynamique – 1er principe**

- I. Premier principe de la thermodynamique – Conservation de l'énergie
1. Énergie totale – Énergie interne
  2. Premier principe de la thermodynamique et conséquences
    - a. Énoncé
    - b. interprétations
  3. Fonction d'état énergie interne
    - a. Cas général d'un corps pur – Capacité thermique isochore
    - b. Énergie interne de changement d'état

**TD Thermo-1** : Exo 8

**TP 13-14** : Calorimétrie et moment d'inertie (séance 1/4)

\*\*\*\*\*

**Vacances de Pâques**

\*\*\*\*\*

**Mardi 7 Mai :**

**Cours (2h00) :**

**Chapitre C-III : Bilan énergétique au cours d'une transformation thermodynamique – 1er principe**

- I. Premier principe de la thermodynamique – Conservation de l'énergie
3. Fonction d'état énergie interne
    - c. Énergie interne d'un gaz parfait
    - d. Énergie interne d'une phase condensée.
  4. Conservation de l'énergie
    - a. Cas général
    - b. Transfert sous forme de travail
    - c. Transfert thermique
    - d. Expression de la conservation de l'énergie
    - e. Système isolé
  5. Conclusion
- II. Différents types de transferts énergétiques
1. Travail des forces de pression
    - a. Système modèle – le piston
    - b. Travail élémentaire des forces de pression
    - c. Cas d'une transformation finie
    - d. Cas d'une transformation quasistatique, mécaniquement réversible
  2. Exemples d'autres formes de travail
  3. Transferts thermiques
    - a. Phénoménologie des transferts thermiques
    - b. Transformations adiabatiques
    - c. Principe de calcul

- d. Cas d'une transformation isochore (lien avec l'approximation des phases condensées)
  - 4. Notion de thermostat
- On travaille dans l'approximation des phases condensées.
- III. Fonction d'état enthalpie H
- 1. Définition de l'enthalpie H
    - a. Préliminaire
    - b. Cas d'une transformation monobare
  - 2. Capacités thermiques
    - a. Définitions
    - b. Cas d'un gaz parfait
    - c. Cas des phases condensées
- TD Thermo-2** : Exo 2  
**TD Thermo-3** : Exo 1, 2 et 3

## Vendredi 10 Mai :

### Cours (3h00) :

#### Chapitre C-III : Bilan énergétique au cours d'une transformation thermodynamique – 1er principe

- III. Fonction d'état enthalpie H
- 3. Application à la calorimétrie
    - a. Mesure de capacités thermiques (cf TP et exos)
    - b. Thermostat sous pression atmosphérique
  - 4. Diagramme P-H
    - a. Présentation
    - b. Enthalpie de changement d'état
    - c. Généralisation du théorème des moments
    - d. Approximation des GP et phases condensées.
- IV. Bilans énergétiques dans le cas d'un gaz parfait
- 1. Formules de base – Lois de Joules
    - a. Formules utiles
    - b. Lois de Joules et conséquences
    - c. Réalisation pratique des transformations
  - 2. Transformations au contact d'un thermostat
    - a. Transformation monotherme
    - b. Cas d'une isotherme réversible
    - c. Comparaison
  - 3. Transformations adiabatiques
    - a. Cas non réversibles
    - b. Adiabatique réversibles – Loi de Laplace (démonstration en complément, non exigible)
  - 4. Détente de Joule/Gay-Lussac
- V. Application aux systèmes en écoulement en régime permanents
- 1. Motivation et présentation
  - 2. Équation des systèmes en écoulement stationnaires
    - a. Définition du système fermé
    - b. Bilan de masse

**TP 13-14** : Calorimétrie et moment d'inertie (séance 2/4)

## Samedi 11 Mai :

**DS n°9 (3h00)** : Statique de fluides et thermodynamique

\*\*\*\*\*

## Mardi 14 Mai :

### Cours (2h00) :

#### Chapitre C-III : Bilan énergétique au cours d'une transformation thermodynamique – 1er principe

- V. Application aux systèmes en écoulement en régime permanents
- 2. Équation des systèmes en écoulement stationnaires
    - b. Bilan de masse
    - c. Bilan énergétique
    - d. Expressions équivalentes
    - e. Complément éventuel : Bilan simplifié
  - 3. Détente de Joule-Thomson ou de Joule-Kelvin
    - a. Mise en équation simplifiée

- b. Application au détenteur
  - 4. Étude d'un compresseur
  - Chapitre C-IV : Evolution des systèmes thermodynamiques : Deuxième principe**
  - I. Problème de l'évolution des systèmes thermodynamiques
    - 1. Nécessité d'un second principe
      - a. Constat préliminaire
      - b. Evolution mécanique
      - c. Evolution thermique
      - d. Détente de Joule/Gay-Lussac
      - e. Moteurs de première et de seconde espèces
    - 2. Irréversibilité et Evolution
      - a. Transformations Réversibles/irréversibles
      - b. Critères généraux de réversibilité
      - c. Causes mécaniques d'irréversibilité
      - d. Causes thermiques
      - e. Conclusion
  - II. Introduction statistique au second principe
    - 1. Microscopique/Macroscopique : utilisation des statistiques
      - a. État macroscopique ou macroétat
      - b. État microscopique ou microétat
      - c. Nombre de complexion
      - d. Hypothèse microcanonique et conséquences
- TD Thermo-3** : Exo 5, 7, 8, discussion 9 et 10

## Jeudi 16 Mai :

### Cours (1h00) :

#### Chapitre C-IV : Evolution des systèmes thermodynamiques : Deuxième principe

- II. Introduction statistique au second principe
  - 2. Des balles dans une boîte à la transformation de Joule/Gay-Lussac
    - a. Définition du problème
    - b. Distribution de probabilité des macroétats
    - c. Fluctuations autour de l'état le plus probable
    - d. Conclusion

**TD Thermo-3** : Exo 8, 14 discussion 17

## Vendredi 17 Mai :

### Cours (3h00) :

#### Chapitre C-IV : Evolution des systèmes thermodynamiques : Deuxième principe

- III. Aspect macroscopique du second principe
  - 1. Énoncé du second principe
    - a. Définitions et énoncé
    - b. Interprétations
    - c. Cas d'un système isolé
    - d. Transformations adiabatiques réversibles
  - 2. Définition statistique de l'entropie
    - a. Préliminaires
    - b. Définition
    - c. Propriétés
    - d. Retour sur la transformation de Joule/Gay-Lussac
  - 3. Lien avec la théorie de l'information – Entropie et information manquante
    - a. Principe
    - b. Théorie de l'information
  - 4. Entropie d'un corps pur
    - a. Construction de l'entropie  
Un mot sur ce qu'on ne fait pas. Éviter le « on prend un chemin réversible... »
    - b. Cas général – Diagramme (P,h)
  - 5. Approximation du gaz parfait
    - a. Expressions
    - b. Loi de Laplace
    - c. Isentropiques dans le diagramme de Clapeyron du GP
    - d. Complément éventuel : aspect microscopique

- 6. Approximation d'une phase condensée
- 7. Entropie de changement d'état
  - a. Définition
  - b. Lien avec l'enthalpie de changement d'état
  - c. Entropie d'un mélange diphasé
- IV. Exemples de bilan d'entropie
  - 1. Méthode générale
  - 2. Mise en contact thermique avec un thermostat
    - a. Contact d'un solide avec un thermostat
    - b. Cas d'un GP en évolution isochore
    - c. Équilibre thermiques entre deux corps

**TP 13-14 : Calorimétrie et moment d'inertie (séance 3/4)**

\*\*\*\*\*

## Mardi 21 Mai :

**Cours (2h00) :**

### Chapitre C-IV : Evolution des systèmes thermodynamiques : Deuxième principe

- IV. Exemples de bilan d'entropie
  - 2. Mise en contact thermique avec un thermostat
    - d. Evolution monobare d'un gaz au contact d'un thermostat.
  - 3. Evolution d'un GP au contact d'un thermostat
    - a. Dispositif expérimental
    - b. Evolution isotherme
    - c. Evolution monotherme brutale
  - 4. Détente de Joule/Gay-Lussac
    - a. Expression de l'entropie créée
    - b. Cas d'une série de transformations
  - 5. Conclusion

### Chapitre C-V : Machines thermiques

- I. Conséquences des deux principes
  - 1. Présentation d'une machine thermique
    - a. Description formelle
    - b. Bilan énergétique
    - c. Bilan d'entropie
  - 2. Énoncé de Clausius
    - a. Énoncé
    - b. Démonstration
    - c. Conclusion

**TD Thermo-3 : Exo 17**

**TD Thermo-4 : Exo 4**

## Jeudi 23 Mai :

**TD Thermo-4 : Approche documentaire**

**Informatique TD n°3 : Dynamique statistique (1 et 2 /2)**

## Vendredi 24 Mai :

**Cours (3h00) :**

### Chapitre C-V : Machines thermiques

- I. Conséquences des deux principes
  - 3. Énoncé de Lord Kelvin (ou de Thomson)
    - a. Travail maximal récupérable
    - b. Énoncé de Kelvin
    - c. Récepteur monotherme
  - 4. Conclusion
- II. Différents types de machines dithermes
  - 1. Généralités – Diagramme de Raveau
    - a. Notations
    - b. Diagramme de Raveau
  - 2. Moteur dithermes
    - a. Principe de Carnot
    - b. Rendement – Théorème de Carnot

- c. Interprétation – Cycle de Carnot
  - 3. Récepteurs dithermes
    - a. Principe de fonctionnement
    - b. Machine frigorifique
    - c. Pompe à chaleur
  - III. Structures des machines réelles
    - 1. Moteur à explosion
      - a. Description
      - b. Cycle réel
      - c. Modélisation – Cycle de Beau de Rochas
      - d. Calcul du rendement
      - e. Complément et améliorations techniques
    - 2. Moteur diesel
    - 3. Machine de Stirling
- TP 13-14 : Calorimétrie et moment d'inertie (séance 4/4)**

\*\*\*\*\*

**Mardi 28 Mai :**

**Cours (2h00) :**

**Chapitre C-V : Machines thermiques**

- III. Structures des machines réelles
  - 3. Machine de Stirling
  - 4. Machine frigorifique (Exercice Diagramme P--h)

**Chapitre D-I : Effets mécaniques du champ magnétique**

- I. Force de Lorentz et champ magnétique
  - 1. Les différents types d'actions magnétiques
    - a. Actions entre aimants
    - b. Expérience d'Oersted
    - c. Analogie entre aimant et bobine
    - d. Réciprocités des actions
    - e. Conclusion
  - 2. Description des phénomènes magnétiques
    - a. Notion de champ magnétique
    - b. Force de Lorentz
    - c. Unités et ordres de grandeurs
- II. Création, caractérisation et propriétés générales du champ magnétique.
  - 1. Expression du champ magnétique
    - a. Cas d'un circuit quelconque
    - b. Cas d'une spire circulaire
  - 2. Géométrie des lignes de champ
    - a. Propriétés générales
    - b. Liens entre l'orientation des lignes de champ et des courants
  - 3. Flux du champ magnétique
    - a. Orientation d'une surface ouverte
    - b. Notion de flux (définition d'un débit massique)

**TD Thermo-5 : Exo 1 et 3**

\*\*\*\*\*