Sciences Physiques

PCSI$_2$

Année 2024 – 2025

– *Lundi 2 Septembre* 1 h –

Prise de contact : présentation du cours de physique, de l'organisation générale, des attentes. Premiers conseils pour bien débuter l'année.

– *Mardi 3 Septembre* 2 h –

Partie **RP**

Ecriture d'un résultat en Physique

RP$_1$ Homogénéité et Cohérence

I Homogénéité d'un résultat
1. Dimensions fondamentales
2. Dimension et unité
3. Vérifier l'homogénéité d'un résultat
   a. Intérêt
   b. Cas simples
   c. Cas plus complexes

II Cohérence d'un résultat
1. Intérêt
2. Chiffres significatifs (C.S.)

– *Mercredi 4 septembre* 2 h –

Partie OS

Ondes et Signaux

OS_1 – A Lumière, sources et guidage

I Sources lumineuses

1. Sources
2. Spectre électromagnétique et lumière visible
   a. Notion de spectre
   b. Lumière blanche
   c. Spectres de raies
   d. Lumière monochromatique
3. Indice de réfraction

II Modèle de l'optique géométrique

1. Notion de rayon lumineux
2. Hypothèses de l'optique géométrique
3. Limites du modèle, approche expérimentale
4. Changement de milieu, lois de Snell Descartes
   a. Approche expérimentale

– ***Jeudi 5 Septembre*** **2 h** –

   b. Généralisation, lois de Snell Descartes
   c. Cas limites

– ***Jeudi 5 Septembre*** **1 h** –

Travaux Dirigés RP_1

– ***Lundi 9 Septembre*** **4 h** –

TP cours RP_2 Incertitudes

I Valeur mesurée et incertitude type (mesurage)

1. Variabilité de la mesure d'une grandeur physique
2. Meilleur estimateur et incertitude type associés à un mesurage
3. Approche algorithmique, méthode de Monte Carlo
   a. Principe
   b. Expériences avec variabilité observée (incertitude de type A)
   c. Ecriture du résultat d'une mesure
   d. Expériences sans variabilité observée (incertitude de type B)
4. Comparaison de deux résultats de mesure
   a. Ecart normalisé (z - score)
   b. Justification graphique et mise en application
   c. Que faire en cas d'incompatibilité ?

II Composition des incertitudes

1. Contexte et mise en application
2. Approche mathématique, loi de composition des incertitudes
3. Recours à une simulation Monte Carlo

III Validation d'une loi affine

1. Contexte et mise en application
2. Régression linéaire
3. Un premier contrôle " visuel "
4. Recours à une simulation Monte Carlo
5. Validation d'une régression linéaire
6. Cas d'un modèle vraiment linéaire

TP Premières mesures au labo — 4 h

– ***Mardi 10 Septembre*** **2 h** –

Contrôle RP_1 — 10 min

III Application à la fibre optique à saut d'indice

1. Approche expérimentale
2. Modèle simplifié de la fibre à saut d'indice
3. Ouverture numérique
4. Dispersion intermodale
5. Corrections apportées

OS_1 – B Miroir plan et lentilles minces

I Miroir plan

1. Cadre de l'étude
2. Image d'un objet ponctuel

– ***Mercredi 11 Septembre*** **2 h** –

3. Relation de conjugaison, stigmatisme rigoureux
   a. Relation de conjugaison du miroir plan
   b. Stigmatisme rigoureux du miroir plan
   c. Protocole de tracé des rayons réfléchis
4. Cas des objets étendus

II Lentilles minces

1. Généralités

Devoir Maison n°1 — pour jeudi 19 Septembre

– *Jeudi 14 Septembre* 1 h –

2. Image d'un objet ponctuel, stigmatisme approché
3. Conditions de Gauss

– *Jeudi 14 Septembre* 1 h –

Travaux Dirigés — OS_1 – A

– *Lundi 16 Septembre* 4 h –

TP cours — RP_2 Incertitudes

I Valeur mesurée et incertitude type (mesurage)

1. Variabilité de la mesure d'une grandeur physique
2. Meilleur estimateur et incertitude type associés à un mesurage
3. Approche algorithmique, méthode de Monte Carlo
   a. Principe
   b. Expériences avec variabilité observée (incertitude de type A)
   c. Ecriture du résultat d'une mesure
   d. Expériences sans variabilité observée (incertitude de type B)
4. Comparaison de deux résultats de mesure
   a. Ecart normalisé (z - score)
   b. Justification graphique et mise en application
   c. Que faire en cas d'incompatibilité ?

II Composition des incertitudes

1. Contexte et mise en application
2. Approche mathématique, loi de composition des incertitudes
3. Recours à une simulation Monte Carlo

III Validation d'une loi affine

1. Contexte et mise en application
2. Régression linéaire
3. Un premier contrôle " visuel "
4. Recours à une simulation Monte Carlo
5. Validation d'une régression linéaire
6. Cas d'un modèle vraiment linéaire

– *Mardi 17 Septembre* 2 h –

Contrôle OS_1 – A 10 min

4. Applanétisme approché
5. Foyers et plans focaux.
   a. Cas d'un objet à l'infini, foyer principal image, plan focal image
   b. Cas d'une image à l'infini, foyer principal objet, plan focal objet
   c. Application au tracé d'un rayon quelconque

– *Mercredi 18 Septembre* 2 h –

6. Nature de l'objet et de l'image
7. Construction de l'image d'un objet étendu
8. Formules du grandissement et relations de conjugaison
   a. Grandissement et formule de Descartes avec origine au centre optique
   b. Grandissement et formule de Newton avec origine aux foyers

---

– *Jeudi 19 Septembre* 1 h –

   c. Quelles relations utiliser et comment ?
9. Former une image réelle d'un objet réel

– *Jeudi 19 Septembre* 1 h –

Travaux Dirigés OS_1 – B

– *Lundi 23 Septembre* 4 h –

TP Lois de Snell Descartes 2 h

TP Formation d'une image par une lentille mince 2 h

– *Mardi 24 Septembre* 2 h –

Contrôle OS_1 – B 10 min

OS_1 – C Modèles de quelques dispositifs optiques

I Étude succincte de l'œil
1. Description et modélisation
2. Accommodation
3. Résolution angulaire

II Appareil photo
1. Modélisation
2. Réglages de l'appareil photo
   a. Distance focale
   b. Durée d'exposition
   c. Ouverture du diaphragme

– *Mercredi 25 Septembre* 2 h –

3. Profondeur de champ

III Associations de lentilles
1. Lunette astronomique et lunette terrestre (de Galilée)
2. Microscope

– *Jeudi 21 Septembre* 1 h –

OS_2 – A Bases de l'électrocinétique

I Grandeurs électriques, lois de Kirchhoff
1. Description d'un circuit électrique, un peu de vocabulaire
2. Charge électrique q
3. Courant électrique, lois des nœuds
   a. Déplacement des porteurs de charge
   b. Intensité du courant i

– *Lundi 30 Septembre* 4 h –

TP Lois de Snell Descartes	2 h
TP Formation d'une image par une lentille mince	2 h

– *Mardi 1er Octobre* 2 h –

Contrôle OS_1 – C 10 min

c. Loi des nœuds
d. Approximation des régimes quasi-stationnaires

4. Tension électrique u, loi des mailles
   a. Notion de potentiel électrique v, tension électrique u.
   b. Loi des mailles
5. Convention d'orientation des dipôles
6. Puissance électrique p

– *Mercredi 2 Octobre* 2 h –

II Résistors (conducteur ohmique ou "résistance")

1. Caractéristique, loi d'Ohm
2. Ordres de grandeur, cas particuliers
3. Effet Joule, puissance
4. Association série de deux résistors, résistor équivalent
5. Association parallèle de deux résistors, résistor équivalent
6. Simplification d'une association de résistors

III Générateurs

1. Générateurs idéaux
2. Générateurs réels
3. Modélisation Thévenin

– *Jeudi 3 Octobre* 1 h –

OS$_2$ – B Circuits linéaires en régime continu

I Circuits à une maille

1. Point de fonctionnement d'un circuit
2. Loi des mailles en terme de courant

– *Jeudi 3 Octobre* 1 h –

– *Lundi 7 Octobre* 4 h –

TP Instruments d'optique et application à la focométrie 2 h

TP Mesure d'indice au goniomètre à prisme 2 h

– *Mardi 8 Octobre* 2 h –

Contrôle OS$_2$ – A 10 min

3. Loi de Pouillet
4. Pont diviseur de tension

II Circuits à deux mailles

1. Simplification du circuit
2. Pont diviseur de courant
3. Utilisation des lois de Kirchhoff

– *Mercredi 9 Octobre* 2 h –

Correction du DS n°1

4. Loi des nœuds en terme de potentiels

III Circuits plus complexes

1. Exemple d'utilisation des méthodes précédentes
2. Exemple de résolution par application des lois de Kirchhoff

---

– *Jeudi 10 Octobre* 1 h –

OS_3 Circuit linéaire du premier ordre

I Deux nouveaux dipôles

1. Condensateur
   a. Constitution
   b. Relation constitutive
   c. Continuité de la tension $u_C(t)$

– *Jeudi 10 Octobre* 1 h –

TRAVAUX DIRIGÉS OS_2 – A

– *Lundi 14 Octobre* 4 h –

TP INSTRUMENTS D'OPTIQUE ET APPLICATION À LA FOCOMÉTRIE 2 h

TP MESURE D'INDICE AU GONIOMÈTRE À PRISME 2 h

– *Mardi 15 Octobre* 2 h –

Contrôle OS_2 – B 10 min

   d. Comportement en régime continu
   e. Aspect énergétique, puissance
2. Bobine (inductance, self-inductance ou encore solénoïde.)
   a. Constitution
   b. Relation constitutive
   c. Continuité de l'intensité du courant $i_L(t)$
   d. Comportement en régime continu
   e. Aspect énergétique, puissance

II Réponse d'un circuit RC à un échelon de tension

1. Circuit, condition initiale et étude qualitative
2. équation différentielle en $u_C(t)$

– *Mercredi 16 Octobre* 2 h –

3. Intermède mathématique : résolution de l'équation différentielle.
4. Mise en application : charge du condensateur
5. Tracé
6. Durée du régime transitoire
7. Intensité du courant dans le circuit
   a. Expression
   b. Tracé
8. Aspect énergétique
   a. énergie emmagasinée dans le condensateur
   b. énergie dissipée par le résistor
   c. énergie fournie par le générateur
   d. Répartition de l'énergie
   e. évolution des énergies au cours du temps
9. Réponse libre d'un circuit RC
   a. Circuit et condition "initiale"
   b. Equation différentielle en $u_C(t)$
   c. Résolution de l'équation différentielle : décharge du condensateur

---

– *Jeudi 17 Octobre* 1 h –

   d. Tracé

III Réponse d'un circuit RL à un échelon de tension

1. Circuit et conditions initiales
2. équation différentielle en $i(t)$
3. Résolution de l'équation différentielle : établissement du courant
4. Tracé
5. Tension aux bornes de la bobine

Devoir Maison Méthode d'Euler — pour Mercredi 9 Novembre 2024

– *Jeudi 17 Octobre* 1 h –

Travaux Dirigés — OS_2 – B

– *Samedi 19 Octobre* 3 h –

Devoir Surveillé n°2 — 3 h

Vacances d'automne

– *Lundi 4 Novembre* 4 h –

TP Réalisation et étude d'instruments d'optique 2 h

TP Spectrogoniomètre 2 h

– *Mardi 5 Novembre* 4 h –

Contrôle OS_3 10 min

OS_4 – A Oscillateurs en régime transitoire

I Oscillateur harmonique

1. Régime libre
   a. Circuit électrique et conditions initiales
   b. Equation différentielle
   c. Résolution numérique de l'équation différentielle
   d. Intermède mathématique : caractéristiques d'une fonction sinusoïdale.
2. Réponse à un échelon de tension
   a. Circuit électrique et conditions initiales
   b. Equation différentielle
   c. Résolution numérique
3. Deux autres exemples en mécanique
   a. Pendule simple
   b. Système masse ressort vertical
4. Equation canonique d'un oscillateur harmonique
   a. Forme générale

– *Mercredi 6 Novembre* 2 h –

   b. Intermède mathématique : résolution
5. Résolution formelle des équations précédentes
   a. Circuit LC en régime libre
   b. Réponse à un échelon de tension du circuit LC
   c. Système masse ressort
6. Etude énergétique
   a. Circuits LC en régime libre
   b. Système masse ressort
   c. Généralisation à tout oscillateur harmonique

II Oscillateurs amortis

1. Circuit *RLC* série en régime libre
   a. Circuit et conditions initiales
   b. Equation différentielle en $u_C(t)$
   c. Résolution numérique
   d. Approche énergétique

– *Jeudi 7 Novembre* 1 h –

2. Circuit *RLC* soumis à un échelon de tension
   a. Circuit et conditions initiales
   b. Equation différentielle en $u_C(t)$
   c. Résolution numérique
   d. Approche énergétique
3. Oscillateur mécanique amorti par frottements fluides

TRAVAUX DIRIGÉS OS_3

– *Mardi 12 Novembre* 2 h –

4. Equation canonique d'un oscillateur amorti
   a. Forme générale
   b. Intermède mathématique : résolution
5. Résolution formelle des équations précédentes
   a. Cas du régime libre

– *Mercredi 13 Novembre* 2 h –

   b. Réponse à un échelon
6. Cas d'un circuit RLC parallèle
   a. Circuit et conditions initiales
   b. Équation différentielle en $u_C(t)$
   c. Comparaison avec le *RLC* série

OS_4 – B Oscillateurs en régime sinusoïdal forcé

I Régime sinusoïdal forcé (RSF)

1. Système en RSF
2. Utilisation des complexes
   a. Amplitude complexe
   b. Intermède mathématiques : les complexes

– *Jeudi 14 Novembre* 1 h –

c. Calculs sur des grandeurs sinusoïdales à l'aide de complexes

---

– *Jeudi 14 Novembre* 1 h –

Travaux Dirigés — OS_4 – A

– *Lundi 18 Novembre* 4 h –

TP Réalisation et étude d'instruments d'optique — 2 h

TP Spectrogoniomètre — 2 h

– *Mardi 19 Novembre* 2 h –

Contrôle OS_4 – A — 10 min

II Dipôles linéaires en RSF

1. Loi d'Ohm généralisée
2. Impédance complexe de dipôles passifs
   a. Impédance complexe d'un résistor
   b. Impédance complexe d'une bobine parfaite
   c. Impédance complexe d'un condensateur parfait
3. Dipôles actifs
4. Association de dipôles linéaires
   a. Association série
   b. Association parallèle

III Lois et Théorèmes de l'électrocinétique en RSF

1. Lois de Kirchhoff
   a. Loi des noeuds en notation complexe
   b. Loi des mailles en notation complexe
   c. Mise en application
2. Théorèmes de l'électrocinétique

– *Mercredi 20 Novembre* 2 h –

IV Circuit RLC en régime sinusoïdal forcé, résonances.

1. Impédance complexe du circuit
2. Résonance en intensité

– *Jeudi 21 Novembre* 1 h –

3. Résonance en tension aux bornes du condensateur ?

– *Jeudi 21 Novembre* 1 h –

Travaux Dirigés — OS_4 – A fin et début OS_4 – B

– *Samedi 23 Novembre* 4 h –

Devoir Surveillé n°3 — 3 h

– *Lundi 25 Novembre* 4 h –

TP Instrumentation en électrocinétique — 4 h

– *Mardi 26 Novembre* 2 h –

4. Exemple en mécanique

OS_5 – A Filtres linéaires d'ordre un

I Signaux périodiques

1. Caractéristiques
   a. Définition et premier exemple
   b. Autres exemples
   c. Valeur moyenne
   d. Valeur efficace

– *Mercredi 27 Novembre* 2 h –

2. Décomposition d'un signal périodique
   a. Exemples
   b. Généralisation
   c. Valeur efficace
   d. Spectre d'un signal périodique

II Filtre passe bas du premier ordre

1. Cahier des charges
2. Exemple du circuit RC avec C en sortie ouverte
3. Comportement asymptotique

– *Jeudi 28 Novembre* 1 h –

4. Fonction de transfert
5. Bande passante
6. Gain en décibels

– *Jeudi 28 Novembre* 1 h –

Travaux Dirigés — OS_4 – B

– *Lundi 2 Décembre* 4 h –

TP Instrumentation en électrocinétique — 4 h

– *Mardi 3 Décembre* 2 h –

Contrôle OS_4 – B — 10 min

7. Diagrammes de Bode
   a. Intérêts
   b. Utilisation du papier semi-logarithmique
   c. Diagramme asymptotique
8. Effets du filtre sur un signal
   a. Sinusoïde

– *Mercredi 4 Décembre* 2 h –

   b. Signaux plus complexes
9. Compléments sur le filtre passe-bas du premier ordre
   a. Caractère pseudo-intégrateur du filtre
   b. Impédance d'entrée et impédance de sortie

III Filtre passe-haut du premier ordre.

1. Montage et comportement asymptotique
2. Fonction de transfert
3. Fréquence de coupure :

– *Jeudi 5 Décembre* 1 h –

4. Diagrammes de Bode
   a. Réponse en gain
   b. Réponse en phase
5. Caractère dérivateur du filtre

OS_5 – B Filtres linéaires plus complexes

I Utilisation du circuit *RLC* série

1. Filtre passe-bas d'ordre deux
   a. Montage
   b. Comportement asymptotique

– *Jeudi 5 Décembre* 1 h –

Travaux Dirigés — OS_5 – A

– *Lundi 9 Décembre* 4 h –

TP Mesure de résistances et adaptation d'impédance — 2 h

TP Système du premier ordre en régime transitoire — 2 h

– *Mardi 10 Décembre* 2 h –

   c. Fonction de transfert
   d. Diagrammes de Bode
   e. Comparaison avec un filtre passe-bas du premier ordre
2. Filtre passe-bande d'ordre deux
   a. Cahier des charges
   b. Montage
   c. Comportement asymptotique
   d. Fonction de transfert

– *Mercredi 11 Décembre* 2 h –

   e. Diagrammes de Bode
   f. Application

II Mise en cascade de filtres du premier ordre

1. Cahier des charges
2. Association directe
   a. Principe
   b. Exemple
3. Utilisation d'un suiveur
   a. Principe
   b. Exemple

III Introduction à l'ALI et quelques applications

1. Présentation succincte
   a. Le composant
   b. ALI idéal
   c. ALI idéal en régime linéaire
2. Utilisation en suiveur
   a. Montage
   b. Fonction de transfert
   c. Applications
3. Utilisation en amplificateur non inverseur
   a. Montage
   b. Fonction de transfert (gain en tension)
   c. Application

– *Jeudi 12 Décembre* 1 h –

4. Utilisation en amplificateur inverseur
   a. Montage
   b. Fonction de transfert (gain en tension)
   c. Méthode classique de mise en équation
5. Applications

– *Jeudi 12 Décembre* 1 h –

TRAVAUX DIRIGÉS — OS_5 – B

– *Samedi 14 Décembre* 3 h –

Devoir Surveillé n°4 — 3 h

– *Lundi 16 Décembre* 4 h –

TP MESURE DE RÉSISTANCES ET ADAPTATION D'IMPÉDANCE — 2 h

TP SYSTÈME DU PREMIER ORDRE EN RÉGIME TRANSITOIRE — 2 h

– ***Mardi 17 Décembre*** **2 h** –

OS_6 – A Propagation d'un signal

I Exemples de signaux

1. Notion de signal
2. Nature du signal
3. Exemple d'un signal sinusoïdal
4. Superposition de deux signaux sinusoïdaux de fréquences voisines
   a. Mise en évidence expérimentale
   b. Principe de superposition
   c. Approche numérique
   d. Calcul dans un cas particulier
   e. Applications

II Propagation d'un signal

1. Ondes progressives $s(M,t)$
2. Exemples
3. Caractéristiques
   a. Célérité c

– ***Mercredi 18 Décembre*** **2 h** –

4. Expression mathématique
5. Cas sinusoïdal
   a. Intérêt
   b. Exemples
   c. Forme mathématique
   d. Différentes représentations

OS_6 – B Phénomènes d'interférences

I Ondes acoustiques ou mécaniques synchrones

1. Approche expérimentale
   a. Dispositif
   b. Observations
   c. Cas des ondes sonores
2. Etude quantitative
   a. Expression du signal somme reçu en M : $s(M,t)$
   b. Amplitude S_m de $s(M,t)$
   c. Expressions du déphasage $\Delta\varphi$, différence de marche
   d. Conclusion
   e. Cas particuliers
   f. Cas général

– ***Jeudi 19 Décembre*** **1 h** –

II Ondes lumineuses

1. Approche expérimentale
   a. Dispositif des trous de Young
   b. Observations
2. Etude quantitative
   a. Similitudes avec l'étude précédente
   b. Formule de Fresnel
   c. Chemin optique
   d. Calcul de la différence de marche
   e. Eclairement et interfrange

Devoir Maison Filtrage linéaire — pour Mercredi 8 Janvier

– *Jeudi 19 Décembre* 1 h –

Travaux Dirigés — OS_6 – A

Vacances de Noël

– *Lundi 6 Janvier* 4 h –

TP Oscillateur électrique amorti — 4 h

– *Mardi 7 Janvier* 2 h –

OS_6 – C Ondes stationnaires mécaniques

I Ondes stationnaires

1. Réflexion d'une onde progressive, onde incidente et onde réfléchie
2. Superposition, onde stationnaire
3. Corde vibrante, modes propres
4. Dispositif expérimental, la corde de Melde

II Lien avec le vocabulaire de la musique

1. Son pur : diapason
2. Instruments à corde
3. Instruments à vent

– *Mercredi 8 Janvier* 2 h –

Partie MI

Mouvement et interactions

MI_1 Description et paramétrage du mouvement d'un point

I Repérage dans l'espace et dans le temps

1. Repères, référentiel
   a. Nécessité
   b. Référentiels d'observation
   c. Relatif ou absolu
   d. Mécanique relativiste
2. Intermède mathématique : les vecteurs.
   a. Produit scalaire
   b. Projection d'un vecteur sur un axe
   c. Composantes d'un vecteur
3. Systèmes usuels de coordonnées, vecteur position
   a. Définition
   b. Coordonnées cartésiennes (x, y, z)
   c. Coordonnées cylindro polaires (ou cylindriques) : (r, θ, z)
   d. Coordonnées polaires : (r, θ)

– *Jeudi 9 Janvier* 1 h –

   e. Coordonnées sphériques : (r, θ, φ)
4. Vecteur vitesse d'un point M
   a. Définition
   b. Expression de $\vec{v}$ en coordonnées cartésiennes
   c. Expression de $\vec{v}$ en coordonnées cylindro-polaires
   d. Expression de $\vec{v}$ en coordonnées sphériques

– *Jeudi 9 Janvier* 1 h –

Travaux Dirigés OS_6 – B

– *Lundi 13 Janvier* 4 h –

TP Oscillateur électrique amorti 4 h

– *Mardi 14 Janvier* 2 h –

5. Vecteur accélération
   a. Définition
   b. Direction de $\vec{a}$
   c. Expression de $\vec{a}$ en coordonnées cartésiennes
   d. Expression de $\vec{a}$ en coordonnées cylindropolaires et polaires

II Exemples de mouvements

1. Mouvement uniformément accéléré
   a. Hypothèses de départ
   b. Vitesse
   c. Equations horaires
   d. Trajectoire
   e. Cas particuliers
2. Mouvement circulaire
   a. Vecteur position
   b. Vecteur vitesse
   c. Accélération du mobile
   d. Cas du mouvement circulaire uniforme
3. Cas particulier où la trajectoire est connue, repère de Frenet
   a. Abscisse curviligne
   b. Repère de Frenet
   c. Vecteur vitesse
   d. Vecteur accélération

– *Mercredi 15 Janvier* 2 h –

MI_2 Lois de Newton

I Quantité de mouvement

1. Cas d'un point matériel
2. Cas d'un système matériel $\mathcal{S}$

II Forces

1. Principe d'inertie (1ère loi de Newton)
2. Exemple de l'interaction gravitationnelle
3. Principe des actions réciproques (3ième loi de Newton)
4. Propriétés
5. Loi de la quantité de mouvement (2nde loi de Newton)

– *Jeudi 16 Janvier* 1 h –

III Autres forces usuelles / applications

1. Poids / chute libre sans frottement
   a. Poids d'un point matériel
   b. Poids d'un système
   c. Application à la chute libre d'un point matériel
2. Frottements fluides
   a. Force de frottements fluides

– *Jeudi 16 Janvier* 1 h –

Travaux Dirigés — OS_6 – C

– *Lundi 20 Janvier* 4 h –

TP Découverte de l'ALI — 2 × 2 h

– *Mardi 21 Janvier* 4 h –

   b. Application à la chute avec frottements linéaires
   c. Prise en compte de frottements quadratiques
   d. Conclusion
3. Frottement solide
   a. Observations et notations
   b. Lois de Coulomb
   c. Application au plan incliné

– *Mercredi 22 Janvier* 2 h –

4. Force de rappel élastique / position d'équilibre et oscillateur amorti.
   a. Force de rappel élastique, loi de Hooke
   b. Application à l'oscillateur amortis
5. Tension d'un fil / pendule simple
   a. Tension d'un fil
   b. Application à l'étude du pendule simple

– *Jeudi 23 Janvier* 1 h –

MI_3 Approche énergétique du mouvement d'un point matériel

I Grandeurs et théorèmes énergétiques

1. Puissance d'une force et théorème de la puissance cinétique
   a. Puissance d'une force par rapport à un référentiel $\mathcal{P}(\vec{F}/\mathcal{R})$
   b. Démonstration et énoncé du théorème de la puissance cinétique
   c. Application au glissement sans frottement sur un plan incliné

– *Jeudi 23 Janvier* 1 h –

Travaux Dirigés MI_1

– *Samedi 25 Janvier* 3 h –

Devoir Surveillé n°5 3 h

– *Lundi 27 Janvier* 2 h –

2. Travail d'une force et théorème de l'énergie cinétique
   a. Travail élémentaire δW et travail W de $\vec{F}$
   b. Cas particuliers assez courants
   c. Démonstration et énoncé du théorème de l'énergie cinétique
   d. Application au calcul de la vitesse en un point
3. Forces conservatives, énergie potentielle
   a. Gradient
   b. Relation entre force et énergie potentielle
   c. Interprétation physique de l'E_p
   d. Travail d'une force conservative
4. Exemples de forces conservatives
   a. Le poids
   b. Force de rappel élastique d'un ressort
   c. Force gravitationnelle créée par un astre ponctuel
   d. Force électrostatique créée par une charge ponctuelle

– *Mardi 28 Janvier* 2 h –

5. Forces non conservatives
6. Théorème de l'énergie mécanique
   a. Démonstration et énoncé
   b. Application à la détermination d'une position pour une certaine vitesse
   c. Théorème de la puissance mécanique
   d. Cas particulier du mouvement conservatif

II Application à des systèmes à un degré de liberté

1. Définition et exemples
2. Utilisation des théorème énergétiques
   a. Théorème de la puissance cinétique
   b. Théorème de l'énergie cinétique
   c. Théorèmes de l'énergie et de la puissance mécanique

– *Mercredi 29 Janvier* é h –

3. Utilisation de méthodes graphiques
   a. Profil énergétique $E_p(x)$
   b. Positions d'équilibres et stabilité
   c. Petits mouvements autour d'une position d'équilibre stable

---

– *Jeudi 30 Janvier* 1 h –

4. Application au pendule simple
   a. Description
   b. Etude énergétique
   c. Equation différentielle
   d. Résolution
   e. Résolution numérique

Première présentation TIPE

– *Jeudi 30 Janvier* 1 h –

Travaux Dirigés	MI_2

– *Lundi 3 Février* 4 h –

TP tournants.

TP Chute dans un champ de pesanteur uniforme	2 h
TP Ondes ultrasonores	2 h
TP Ondes stationnaires	2 h
TP Oscillateur mécanique linéaire amortis par frottements RSF	2 h
TP Spectre d'une onde sonore	2 h

– *Mardi 04 Février* 2 h –

MI_4 Mouvement de particules chargées dans des champs uniformes et stationnaires

I Position du problème, forces en présence

1. Notion de champ
   a. Champ électrique $\vec{E}$
   b. Champ magnétique $\vec{B}$
2. Force de Lorentz
   a. Intermède mathématique, le produit vectoriel
   b. Définition de la Force de Lorentz

II Particule chargée dans un champ $\vec{E}$ seul

1. Trajectoire : application du PFD.
2. Application : déviation d'un faisceau de particules.

– *Mercredi 5 Février* 2 h –

MI_5 Moment cinétique

I Moment cinétique

1. Moment cinétique d'un point matériel M par rapport à un point A
3. Détermination de v, aspect énergétique
4. Cas des particules de haute énergie

III Particule chargée dans un champ $\vec{B}$ seul

1. Aspect énergétique : conservation de l'énergie cinétique
2. Trajectoire : utilisation du PFD.
3. Applications
   a. Chambres à bulles
   b. Spectromètres de masse
   c. Cyclotron

– *Jeudi 6 Février* 1 h –

2. Moment cinétique de M par rapport à un axe orienté Δ
3. Moment cinétique d'un système de points

II Moment d'une force

1. Moment d'une force $\vec{F}$ par rapport à un point A : $\vec{\mathcal{M}}_A(\vec{F})$.
2. Moment d'une force $\vec{F}$ par rapport à un axe orienté Δ : $\mathcal{M}_\Delta(\vec{F})$

– *Jeudi 6 Février* 1 h –

Travaux Dirigés MI_3

Devoir Maison Equation différentielle du 2nd ordre non-linéaire pour Mercredi 26 Février

---

Vacances de février

– *Lundi 24 Février* 4 h –

TP tournants.

TP Chute dans un champ de pesanteur uniforme	2 h
TP Ondes ultrasonores	2 h
TP Ondes stationnaires	2 h
TP Oscillateur mécanique linéaire amortis par frottements RSF	2 h
TP Spectre d'une onde sonore	2 h

– *Mardi 25 Février* 2 h –

III Loi du moment cinétique

1. Démonstration
2. Enoncé
3. Version scalaire, théorème scalaire du moment cinétique (TSMC)
4. Cas particulier des forces centrales, conservation du moment cinétique

MI$_6$ Mouvements dans un champ de force centrale conservatif

I Forces centrales conservatives, généralités

1. Force centrale
   a. Rappels

– *Mercredi 26 Février* 2 h –

   b. Planéité du mouvement
   c. Loi des aires
   d. Conclusion
2. Force centrale conservative
   a. Rappels
   b. Conservation de l'énergie mécanique, énergie potentielle effective
3. Exemples
   a. Oscillateur harmonique plan
   b. Forces nucléaires

II Cas des champs newtoniens

1. Loi de force
   a. Définition
   b. Interaction gravitationnelle : force de gravitation
   c. Interaction électrostatique : force coulombienne
2. Energie potentielle

– *Jeudi 27 Février* 1 h –

3. Energie potentielle effective, discussion graphique de l'évolution radiale
   a. Interaction attractive : $k > 0$
   b. Interaction répulsive : $k < 0$
   c. Trajectoires possibles : admis
4. Trajectoire circulaire et applications
   a. Utilisation de la conservation du moment cinétique $\Rightarrow v$ constante.
   b. Application du principe fondamental de la dynamique $\Rightarrow$ valeur de v et T

– *Jeudi 27 Février* 1 h –

Travaux Dirigés	MI_4

– *Lundi 3 Mars* 4 h –

TP tournants.

TP Chute dans un champ de pesanteur uniforme	2 h
TP Ondes ultrasonores	2 h
TP Ondes stationnaires	2 h
TP Oscillateur mécanique linéaire amortis par frottements RSF	2 h
TP Spectre d'une onde sonore	2 h

– *Mardi 4 Mars* 2 h –

   c. Energie mécanique $\Rightarrow v$ par méthode énergétique.
   d. Cas particulier d'un satellite géostationnaire
5. Trajectoires elliptiques
   a. Lois de Kepler
   b. Caractéristiques des trajectoires elliptiques
   c. Energie mécanique
   d. Etude de la vitesse
   e. Seconde loi de Kepler
   f. Utilisation de la troisième loi de Kepler
6. Trajectoire parabolique, deuxième vitesse cosmique
7. Mouvement hyperbolique
   a. Cas attractif

b. Cas répulsif, exemple de la diffusion de Rutherford
c. Energie mécanique $\Rightarrow v$ par méthode énergétique.
d. Cas particulier d'un satellite géostationnaire

– *Mercredi 5 Mars* 2 h –

MI_7 Mouvement d'un solide

I Description du mouvement d'un solide
1. Solides
2. Translations
3. Rotation autour d'un axe fixe

II Théorème scalaire du moment cinétique
1. Moment cinétique d'un solide
2. Moment résultant de forces appliquées
   a. Expressions générales
   b. Exemple du poids
   c. Cas particulier d'un couple de forces
   d. Cas des forces intérieures
   e. Liaison pivot

– *Jeudi 6 Mars* 1 h –

3. Théorème scalaire du moment cinétique
4. Application au pendule de torsion
   a. Définitions et exemples
   b. Equation différentielle
   c. Analogie avec l'oscillateur harmonique
   d. Intégrale première du mouvement
5. Application au pendule pesant
   a. Définition et exemples
   b. Equation différentielle du mouvement
   c. Analogie avec le pendule simple

– *Jeudi 6 Mars* 1 h –

TRAVAUX DIRIGÉS MI_5

– *Samedi 8 Mars* 3 h –

Devoir Surveillé n°5 3 h

– *Lundi 10 Mars* 4 h –

TP tournants.

TP Chute dans un champ de pesanteur uniforme	2 h
TP Ondes ultrasonores	2 h
TP Ondes stationnaires	2 h
TP Oscillateur mécanique linéaire amortis par frottements RSF	2 h
TP Spectre d'une onde sonore	2 h

– *Mardi 11 Mars* 2 h –

III Approche énergétique du solide en rotation

1. Energie cinétique du solide en rotation
2. Théorèmes énergétiques
   a. Puissance et travail d'une force s'exerçant sur un solide en rotation
   b. Théorème de la puissance cinétique
   c. Théorème de l'énergie cinétique
3. Energies potentielles
   a. Energie potentielle du couple de torsion
   b. Energie potentielle de pesanteur
4. Energie mécanique et intégrales premières du mouvement
   a. Energie mécanique et théorèmes
   b. Application au pendule de torsion
   c. Application au pendule pesant
5. Cas d'un système déformable, tabouret d'inertie
   a. Bilan énergétique du tabouret d'inertie
   b. Généralisation à tout système déformable
   c. Théorèmes énergétiques pour un système déformable

– *Mercredi 12 Mars* 1 h –

Partie E

L'énergie : conversion et transfert

E_1 Descriptions microscopique et macroscopique d'un système à l'équilibre

I Système thermodynamique

1. Généralités
   - a. Définitions
   - b. Convention thermodynamique
   - c. Différentes échelles de description
2. Echelle microscopique
   - a. Libre parcours moyen
   - b. Limitations de la description microscopique
3. Echelle macroscopique
   - a. Equilibre thermodynamique
   - b. Paramètres d'état
   - c. Equations d'état, exemples
   - d. Pression p

– *Jeudi 14 Mars* 2 + 1 h –

   - e. Température T
4. Echelle mésoscopique
   - a. Particule de fluide
   - b. Exemples de grandeurs statistiques

II Corps purs monophasés

1. Gaz parfait monoatomique
   - a. Modèle
   - b. Détermination de la pression, modèle simplifié avec choc frontal
2. Température absolue T d'un GPM
   - a. Energie cinétique moyenne $< e_c >$ d'une particule d'un GPM
   - b. Température cinétique T d'un GPM
3. Extension aux gaz parfaits polyatomiques : GPP
4. Du gaz réel au gaz parfait
   - a. Principe de l'étude expérimentale
   - b. Réseaux d'isothermes en coordonnées de Clapeyron : $p(v = \frac{V}{m})$ à différentes T
   - c. Réseaux d'isothermes dans le diagramme d'Amagat $pV = f(p)$
   - d. Conclusion
5. Compressibilité d'un fluide
6. Phases condensées

– *Jeudi 14 Mars* 1 h –

Travaux Dirigés MI_6

– *Lundi 18 Mars* 4 h –

TP tournants.

TP Chute dans un champ de pesanteur uniforme	2 h
TP Ondes ultrasonores	2 h
TP Ondes stationnaires	2 h
TP Oscillateur mécanique linéaire amortis par frottements RSF	2 h
TP Spectre d'une onde sonore	2 h

puis, avec M. Limal, en SI

TP Introduction aux Raspberry Pi pico	2 h

– *Mercredi 19 Mars* 2 h –

III Corps purs polyphasés

1. Changements d'état
2. Diagramme d'état d'un corps pur (p, T)
   a. Définition et tracé
   b. Point triple et point critique
   c. Cas particulier de l'eau
3. Etude particulière de l'équilibre liquide - vapeur
   a. Diagramme de Clapeyron $(p, v = \frac{V}{m})$
   b. Point critique C
   c. Titre en vapeur

– *Jeudi 20 Mars* 1 h –

4. Equilibre liquide-vapeur d'eau en présence d'une atmosphère inerte

$E_{2,3}$ Premier principe. Bilans d'énergie

I Energie interne

1. Notion d'énergie totale E et décomposition
2. Fonction d'état U
3. Capacité thermique à volume constant C_V
4. Energie interne d'un gaz
   a. Gaz parfait

– *Jeudi 20 Mars* 1 h –

Travaux Dirigés	MI_7

– *Lundi 24 Mars* 4 h –

TP tournants.

TP Chute dans un champ de pesanteur uniforme	2 h
TP Ondes ultrasonores	2 h
TP Ondes stationnaires	2 h
TP Oscillateur mécanique linéaire amortis par frottements RSF	2 h
TP Spectre d'une onde sonore	2 h

puis, avec M. Limal, en SI

TP Introduction aux Raspberry Pi pico	2 h

– *Mardi 25 Mars* 2 h –

   b. Gaz réels
5. Energie interne d'une phase condensée
6. Energie interne d'un système diphasé

II Transformations d'un système

1. Généralités
2. Transformation quasi-statique (mécaniquement réversible)
3. Transformation réversible
4. Transformation irréversible
5. Cas particuliers : on fixe un paramètre d'état
   a. Température : transformations isothermes / monothermes
   b. Pression : transformations isobares / monobares
   c. Volume : transformations isochores.
   d. Cas des changements d'état
6. Transformation adiabatique

III Travail des forces de pression

1. Travail élémentaire des forces de pression
2. Travail fini des forces de pression

– *Mercredi 26 Mars* 2 h –

3. Représentation graphique du travail des forces de pression

IV Premier principe

1. De la mécanique à la thermodynamique
2. Enoncé général
3. Enoncé usuel
4. Conséquences immédiates
   a. Transformation adiabatique
   b. Transformation cyclique
   c. Transformation isochore
5. Enoncé enthalpique
   a. Enthalpie H
   b. Nouvelle version du premier principe
   c. Capacité thermique à pression constante C_p

V Application au calcul des transferts thermiques

1. Cas général
2. Cas des phases condensées, calorimétrie
   a. Enthalpie molaire H_m
   b. Capacité thermique C
   c. Application à la calorimétrie

– *Jeudi 27 Avril* 1 h –

3. Cas des gaz parfaits
   a. Ce que l'on sait déjà
   b. Relation de Mayer et rapport γ
   c. Cas d'une transformation isotherme d'un gaz parfait
   d. Tableau de synthèse pour un gaz parfait
   e. Cas des transformations adiabatiques quasi-statique et mécaniquement réversibles

---

– *Jeudi 27 Avril* 1 h –

TRAVAUX DIRIGÉS E_1

– *Lundi 31 Mars* 4 h –

TP CALORIMÉTRIE 4 h

– *Mardi 1er Avril* 1 h 30 h –

4. Changements d'état (transition de phase)
   a. Nature de la transformation
   b. Enthalpie massique de transition de phase
   c. Utilisation de diagrammes
   d. Application au calcul du transfert thermique

E_3 Deuxième principe. Bilans d'entropie

I Nécessité d'un second principe

1. Sens d'évolution des transformations
2. De l'hétérogénéité à l'homogénéité, notion d'entropie
3. Formule de Boltzmann

II Second principe de la thermodynamique

1. Enoncé
2. Entropie d'échange
3. Entropie de création
4. Cas des transformations adiabatiques

Exercice PPMS

– *Mercredi 2 Avril* 2 h –

III Variation d'entropie d'un système

1. Phases condensées : solides et liquides
   a. Entropie des phases condensées
   b. Variation d'entropie d'une phase condensée
   c. Variation d'entropie d'une phase condensée au contact d'un thermostat
   d. Variation d'entropie d'un thermostat
2. Gaz parfaits
   a. Entropie d'un Gaz Parfait
   b. Variation d'entropie
   c. Lois de Laplace

– *Jeudi 3 Avril* 1 h –

3. Cas des changements d'état
   a. Nature de la transformation et échanges énergétiques
   b. Entropie massique de changement d'état
   c. Lectures graphiques

– *Jeudi 3 Avril* 1 h –

Travaux Dirigés E_{23}

– *Samedi 5 Avril* 3 h –

Devoir Surveillé n°7 3 h

Vacances de printemps

– *Lundi 31 Mars* 4 h –

Lundi férié

– *Mardi 22 Avril* 2 h –

E_5 Machines thermiques

I Différents types de machines

1. Généralités
2. Bilans sur un cycle, (in)égalité de Clausius
3. Cycle monotherme
4. Cycle ditherme
   a. Représentation
   b. Bilans, inégalité de Clausius
   c. Diagramme de Raveau.
   d. Performance d'une machine thermique

II Etude de moteurs dithermes

1. Représentation, principe de Carnot
2. Rendement du moteur ditherme
3. Cycle moteur de Carnot
4. Machine thermique réelle : moteur de Beau de Rochas

– *Mercredi 23 Avril* 2 h –

5. Cogénération

III Etude de récepteurs dithermes

1. Exemples
2. Efficacité (cœfficient de performance) d'un récepteur
   a. Réfrigérateur ou climatiseur
   b. Pompe à chaleur
   c. Commentaires
3. Etude de l'écoulement stationnaire
   a. Organe d'une machine
   b. Premier principe "industriel"

– *Jeudi 24 Avril* 1 h –

4. Application au réfrigérateur
   a. Principe
   b. Description
   c. Tracé du cycle dans le diagramme des frigoristes $P(h)$
   d. Détermination du coefficient de performance

Début du TD E_5

– *Jeudi 24 Avril* 1 h –

TRAVAUX DIRIGÉS — FIN $E_{2,3}$

– *Lundi 28 Avril* 4 h –

TP Calorimétrie 4 h

– *Mardi 29 Avril* 2 h –

E_6 Statique des fluides

I Relation de la statique des fluides

1. Position du problème, notion de champ
2. Forces extérieures appliquées sur une particule fluide
   a. Forces volumiques
   b. Forces surfaciques
3. Relation de la statique des fluides
4. Application à la statique des fluides incompressibles
   a. Relation de l'hydrostatique
   b. Applications
5. Statique des fluides compressibles : cas de l'atmosphère isotherme
   a. Modèle
   b. Variation de p avec l'altitude

– *Mercredi 30 Avril* 2 h –

   c. Distribution de Boltzmann
6. Equation locale de la statique des fluides
   a. Equivalent volumique des forces de pression
   b. Application à la statique des fluides

II Actions d'un fluide au repos

1. Résultante des forces de pression exercées sur une paroi
   a. Principe

À suivre ...