

Optique géométrique

Outils mathématiques : différentielles et incertitudes expérimentales

Cas d'une fonction d'une seule variable $f(x)$

- 1) Développement limité de $f(x)$
- 2) Différentielle de $f(x)$
- 3) Incertitudes de mesure et précision d'un résultat expérimental

I) Lois de Descartes

- A) Notion de rayon lumineux
- B) Réflexion et réfraction d'un rayon lumineux

II) Le miroir plan

- 1) Objet et image
- 2) Propriétés
 - a) stigmatisme rigoureux
 - b) relation de conjugaison
 - c) aplanétisme

III) Miroir sphérique dans l'approximation de Gauss

- A) Relation de conjugaison
- B) Points particuliers et constructions
 - 1) points particuliers
 - 2) constructions géométriques
 - 3) relations de conjugaison et grandissement
 - 4) Cas général : constructions

IV) Lentilles minces dans l'approximation de Gauss

- A) Définition et points particuliers
- B) Principe des constructions géométriques
- C) Relations de conjugaison et grandissement
- D) Construction de l'image

Electrocinétique (1^{ère} partie)

Outils mathématiques : équations différentielles

- I) linéaires à coefficients constants du 1^{er} ordre
 - A) équation homogène
 - B) équation avec second membre constant
- II) linéaires à coefficients constants du 2nd ordre
- III) Equation différentielle du 1^{er} ordre à variables séparables

Chapitre 1 : lois générales dans le cadre de l'approximation des régimes quasi-stationnaires (ARQS)

- I) Courant
 - A) en régime continu
 - B) ARQS

II) Tensions

III) Puissances

Chapitre 2 : circuits linéaires

- I) Dipôles passifs
 - A) dipôles R, L et C
 - B) association en série et en parallèle
 - C) aspects énergétiques
- II) Modélisations linéaires d'un dipôle actif
 - A) générateur de courant (représentation de Norton)
 - B) générateur de tension (représentation de Thévenin)
 - C) association de dipôles actifs en série et en parallèle
 - D) Théorème de superposition
- III) Circuit RLC soumis à un échelon de tension
 - A) RC série
 - B) RL série
 - C) RLC série soumis à un échelon de tension
 - 1) montage
 - 2) analyse dimensionnelle

- 3) résolution exacte
- E) Bilan énergétique du RLC série en régime libre

Mécanique 1^{ère} partie

Chapitre 1 : cinématique

- I) Référentiel d'observation
 - 1) repère
 - 2) horloge
 - 3) référentiel
- II) Description du mouvement d'un point mobile
 - 1) définitions
 - 2) bases cartésiennes et bases cylindro-polaires
 - A) bases cartésiennes (fixes)
 - B) bases cylindro-polaires (mobiles)

Chapitre 2 : dynamique du point en référentiel galiléen

- I) Lois de Newton
 - 1) définitions
 - 2) référentiel galiléen et principe d'inertie
 - 3) les trois lois de Newton
 - 4) équation du mouvement
- II) Applications
 - 1) mouvement d'une masse accrochée à un ressort dont l'autre extrémité est fixe (oscillateur harmonique)
 - 2) mouvement dans le champ de pesanteur uniforme sans résistance de l'air
 - 3) mouvement dans le champ de pesanteur uniforme avec résistance de l'air
 - a) frottement fluide : solution analytique
 - b) Frottement proportionnel au carré de la vitesse : exemple de résolution numérique (méthode d'Euler)
 - 4) Fils, poulies et liaisons

III) Aspects énergétiques

- 1) Puissance et travail d'une force dans un référentiel R
- 2) Théorème de l'énergie cinétique

Chapitre 3 : Problèmes à un degré de liberté

I) Energie potentielle dans les problèmes à un degré de liberté

- A) Energie potentielle et énergie mécanique
 - 1) Energie potentielle de pesanteur
 - 2) Energie potentielle élastique
 - 3) Généralisation
 - 4) Energie mécanique
- B) Exemples de problèmes conservatifs
 - 1) Le pendule simple
 - a) équation du mouvement avec la conservation de l'énergie
 - b) équation du mouvement avec la loi fondamentale de la dynamique
 - c) résolution dans le cas des petits angles
 - 2) L'oscillateur harmonique sans frottement
 - a) Résolution
 - b) énergies moyennes
 - 3) remarque sur les cas à plusieurs degrés de liberté : retour sur le tir dans le vide
- C) Energie potentielle et trajectoire
- D) Equilibre et stabilité
 - 1) Positions d'équilibre
 - 2) Stabilité
 - 3) Petits mouvements au voisinage d'une position d'équilibre stable
- E) Portrait de phase

II) Oscillateur harmonique à 1 degré de liberté amorti par frottement visqueux en régime libre

- A) Equation canonique et analogie électromécanique
- B) Résolution

Electrocinétique (2^{ème} partie)

I) Signaux sinusoïdaux

- 1) Signaux réels
- 2) Séries de Fourier
- 3) Notation complexe
- 4) Equations différentielles linéaires avec 2nd membre sinusoïdal

II) Etude du circuit R, L, C série

- 1) Régime transitoire et régime sinusoïdal forcé
- 2) Résonance
 - a) Résonance en intensité
 - b) Résonance de la tension aux bornes du condensateur

III) Généralisation aux circuits linéaires en régime sinusoïdal forcé

- 1) Impédance et admittance complexes
- 2) Lois de Kirchhoff en notation complexe
- 3) Lois des nœuds en terme de potentiels

IV) Aspects énergétiques

- 1) Puissance instantanée
- 2) Puissance moyenne
- 3) Valeur efficace
- 4) Facteur de puissance
- 5) Aspects énergétiques du circuit RLC série
 - a) bilan moyen
 - b) résonance en puissance

V) Filtres

- 1) Filtres passifs d'ordre 1
 - a) Exemple du RC passe-bas, fonction de transfert
 - b) Diagramme de Bode
 - c) Exemple de filtre passe-haut du 1^{er} ordre
- 2) Filtres actifs d'ordre 1
 - a) Définition et exemple simple
 - b) Montage intégrateur
 - c) Montage dérivateur
- 3) Filtres du 2^{ème} ordre
 - a) filtre passe-bas
 - b) filtre passe-haut
 - c) filtre passe-bande
 - d) filtre réjecteur de bande
- 4) Lien entre fonction de transfert et équation différentielle
- 5) Critère de stabilité pour les systèmes du 1^{er} et du 2^{ème} ordre

Mécanique (2^{ème} partie)

Outils mathématiques

Coordonnées sphériques

I) Oscillations forcées à un seul degré de liberté

- 1) Analogie électromécanique
- 2) Régime transitoire et régime sinusoïdal forcé
- 3) Résonance

II) Théorème du moment cinétique

- 1) Moment d'une force
- 2) Moment cinétique
- 3) Théorème du moment cinétique
- 4) Application au pendule simple

III) Mouvement dans un champ de forces centrales conservatives

- A) Forces centrales conservatives
 - 1) Définition et énergie potentielle associée
 - 2) Forces de gravitation entre deux masses ponctuelles
 - 3) Forces électrostatiques entre deux charges ponctuelles
- B) Lois générales de conservation

- 1) Conservation du moment cinétique par rapport au centre de forces
 - a) conservation et planéité du mouvement
 - b) intégrale première du moment cinétique
 - c) interprétation cinématique : loi des aires
- 2) Conservation de l'énergie
 - a) intégrale première de l'énergie
 - b) énergie potentielle effective
 - c) états liés et états de diffusion
- C) Mouvement dans un champ de forces centrales newtonien
 - 1) Equation des trajectoires
 - a) intégrale première de Runge – Lenz
 - b) équation des trajectoires
 - c) autres méthodes d'obtention des trajectoires
 - 2) Présentation des coniques
 - a) ellipses
 - b) hyperboles
 - c) parabole
 - 3) Nature des trajectoires
 - a) relation entre l'excentricité et l'énergie mécanique
 - b) énergie mécanique et nature des trajectoires
 - c) cas d'une force répulsive
 - 4) Vitesse de libération
 - 5) Lois de Kepler
 - 6) Etude directe des trajectoires circulaires

IV) Changements de référentiel

- A) Cinématique
 - 1) Dérivée temporelle d'un vecteur
 - 2) Application aux vitesses
 - 3) Application aux accélérations
- B) Dynamique en référentiel non galiléen
 - 1) Référentiels galiléens
 - 2) Loi fondamentale de la dynamique en référentiel non galiléen
 - 3) Théorème du moment cinétique
 - 4) Théorème de l'énergie cinétique
- C) Caractère galiléen approché de quelques référentiels
 - 1) Référentiels usuels
 - 2) Effets du caractère non galiléen de R_T
 - a) force de Coriolis
 - b) phénomènes de marées

V) Système formé de deux points matériels

- A) Eléments cinétiques
 - 1) Centre de masse
 - 2) Quantité de mouvement
 - 3) Moment cinétique
 - 4) Energie cinétique
 - 5) Référentiel barycentrique
 - 6) Théorèmes de Koenig
- B) Dynamique du système
 - 1) Théorème de la quantité de mouvement (du centre de masse)
 - 2) Théorème du moment cinétique
 - 3) Cas d'un référentiel non galiléen
 - 4) Puissance des forces intérieures
 - 5) Théorème de l'énergie cinétique dans un référentiel galiléen
 - 6) Energie potentielle
 - 7) Energie mécanique
- C) Système isolé de deux points matériels
 - 1) Conservation de la quantité de mouvement
 - 2) Caractère galiléen du référentiel barycentrique R^*
 - 3) Lois de conservation
 - 4) Réduction du problème à deux corps à un problème à un corps

Thermodynamique

Outils mathématiques

- I) Différentielle d'une fonction de 2 variables
 - 1) Dérivées partielles
 - 2) Différentielle
 - 3) Incertitude expérimentale d'un résultat dépendant de 2 mesures
- II) Intégrale d'une fonction de deux variables
- III) Forme différentielle

I) Du gaz parfait monoatomique aux fluides réels et aux phases condensées

- A) Les gaz parfaits
 - 1) Exemple du gaz parfait monoatomique. Vocabulaire de la thermodynamique.
 - a) gaz monoatomique
 - b) définition du gaz parfait
 - c) gaz parfait monoatomique
 - d) vocabulaire de la thermodynamique
 - 2) Distribution des vitesses moléculaires
 - 3) Définition cinétique de la température
 - 4) Définition cinétique de la pression
 - 5) Equation d'état du gaz parfait
 - 6) Energie interne et capacité thermique à volume constant
 - a) gaz parfait monoatomique
 - b) gaz parfait polyatomique
 - B) Fluides réels
 - 1) Propriétés des gaz aux faibles pressions. Thermomètre à gaz parfait.
 - 2) Equation d'état de Van der Waals
 - a) covolume
 - b) pression moléculaire
 - 3) Dilatation et compressibilité d'un fluide
 - C) Phase condensée incompressible et indilatable
- ### II) Statique des fluides dans le champ de pesanteur
- 1) L'état fluide
 - a) ordres de grandeurs
 - b) forces surfaciques et volumiques dans un fluide
 - c) équivalent volumique des forces de pression à une dimension
 - 2) Equation fondamentale de la statique des fluides
 - 3) Application à l'atmosphère isotherme dans le modèle du gaz parfait. Facteur de Boltzmann.
 - 4) Statique des fluides homogènes incompressibles
 - a) relation fondamentale
 - b) applications
 - c) cas de deux fluides homogènes incompressibles non miscibles
 - d) forces exercées par un fluide au repos
 - 5) Poussée d'Archimède
- ### III) Premier principe ; bilans d'énergie
- 1) Système et transformations
 - a) Système
 - b) Transformation d'un système
 - c) Transformation lente (quasi-statique)
 - 2) Premier principe de la thermodynamique
 - a) énergie d'un système
 - b) énoncé du premier principe
 - 3) Travail des forces de pression
 - 4) Calcul du transfert thermique Q à l'aide du premier principe
 - 5) Enthalpie H
 - a) Transformation monobare et fonction enthalpie
 - b) Capacité thermique à pression constante
 - c) Transfert thermique lors d'une transformation monobare
 - d) Cas du gaz parfait. Relation de Mayer

- e) enthalpie d'une phase condensée incompressible et indilatable
- 6) Détente de Joule - Gay Lussac
- 7) Détente de Joule – Thompson (Joule – Kelvin)
- IV) Deuxième principe de la thermodynamique. Bilans d'entropie**
- 1) Evolution d'un système isolé : nécessité d'un deuxième principe.
- 2) Réversibilité et irréversibilité
- 3) Deuxième principe de la thermodynamique
- 4) Identité thermodynamique fondamentale. Définitions thermodynamiques de la température et de la pression.
- 5) Entropie du gaz parfait
- 6) Loi de Laplace
- 7) Entropie d'une phase condensée
- 8) Bilans d'entropie et causes d'irréversibilité
 - a) transformation réversible à la limite quasi-statique
 - b) Transformation fondamentalement irréversible : détente de Joule – Gay Lussac
- 9) Troisième principe de la thermodynamique
- 10) Interprétation statistique de l'entropie
 - a) état macroscopique et états microscopiques
 - b) état macroscopique le plus probable
 - c) entropie statistique

V) Machines thermiques

- 1) exemples de machines thermiques dithermes
- 2) applications des deux premiers principes de la thermodynamique aux machines thermiques cycliques dithermes
 - a) bilan énergétique
 - b) bilan entropique
 - c) impossibilité d'un moteur monotherme
 - d) Rendement d'un moteur ditherme. Théorème de Carnot
 - e) efficacité d'une machine frigorifique ditherme
 - f) efficacité d'une pompe à chaleur ditherme

VI) Changements d'états du corps pur

- 1) Diagramme (P,T)
 - a) rappel sur les phases d'un système thermodynamique
 - b) transitions de phase
 - c) point critique
 - d) point triple
 - e) courbe de refroidissement
- 2) Enthalpie et entropie de changement d'état
 - a) enthalpie de changement d'état
 - b) entropie de changement d'état
- 3) Cas de l'équilibre liquide – vapeur : diagramme (P, V) de Clapeyron
 - a) diagramme de Clapeyron
 - b) théorème des moments

Electromagnétisme

Outils mathématiques

- I) Sommes d'une grandeur physique élémentaire : intégrales multiples, intégrales curvilignes
 - 1) Calcul de charge répartie en volume
 - 2) Calcul de charge surfacique
 - 3) Calcul de charge linéique
 - 4) Circulation d'un champ de vecteurs
 - 5) Flux d'un champ de vecteurs
- II) Gradient d'une fonction scalaire
 - 1) Définition
 - 2) Propriétés

Chapitre 1 : Electrostatique

I) Distributions de charge

- 1) La charge électrique
- 2) Distributions macroscopiques de charge

3) Symétries des distributions de charges

II) Champ électrostatique

1) Loi de Coulomb

2) Champ d'une distribution de charges

3) Topographie du champ

4) Propriétés de symétrie du champ

5) Exemples de haute symétrie

a) champ sur l'axe d'un disque uniformément chargé

b) champ dans le plan médiateur d'un segment uniformément chargé

III) Potentiel électrostatique

1) Circulation du champ électrostatique

2) Potentiel électrostatique

3) Topographie du potentiel électrostatique

4) Energie potentielle d'interaction électrostatique

a) Energie potentielle d'une charge ponctuelle placée dans un champ extérieur

b) Energie potentielle d'interaction de deux charges ponctuelles

IV) Théorème de Gauss

1) Flux du champ électrostatique

2) Théorème de Gauss

3) Calcul de champ à l'aide du théorème de Gauss

a) plan illimité uniformément chargé

b) le condensateur plan

c) fil rectiligne infini uniformément chargé

4) Champ de gravitation

V) Dipôle électrostatique

1) Le modèle du dipôle

a) moment dipolaire

b) objets polaires

c) unités du moment dipolaire

2) Potentiel et champ créés par un dipôle

a) approximation dipolaire

b) potentiel du dipôle

c) champ du dipôle

d) topographie de \mathbf{E} et V

3) Action d'un champ électrostatique extérieur uniforme sur un dipôle

a) force totale

b) moment des forces

c) énergie potentielle d'interaction d'un dipôle dans un champ extérieur, effet d'un champ non uniforme sur un dipôle rigide

Chapitre 2 : Mouvement des particules chargées dans les champs \mathbf{E} et \mathbf{B}

I) La force de Lorentz

1) Expression

2) Puissance de la force de Lorentz

II) Mouvement d'une particule chargée dans un champ électrostatique uniforme

1) Rôle accélérateur de \mathbf{E}

2) Limite de la mécanique newtonienne

3) Mouvement dans \mathbf{E} uniforme

4) Application

III) Mouvement dans \mathbf{B} uniforme et indépendant du temps

1) étude du mouvement

2) Applications

a) spectrographe de Bainbridge

b) un accélérateur de particules : le cyclotron

IV) Mouvement d'une particule chargée dans un conducteur, loi d'Ohm locale

1) Densité de courant électrique

2) Loi d'Ohm locale dans un métal

3) Lien avec la loi d'Ohm intégrale

V) Effet Hall et forces de Laplace

1) Effet Hall dans un conducteur métallique rectiligne de section rectangulaire

2) Forces de Laplace

Chapitre 3 : Magnétostatique

I) Distributions de courants filiformes

- 1) Courants filiformes
- 2) Symétries

II) Champ magnétostatique

- 1) Loi de Biot et Savart
- 2) Topographie
- 3) Propriétés de symétrie de **B**
- 4) Cartes de champ

III) Flux et circulation de **B : théorème d'Ampère**

- 1) Flux de **B**
- 2) Circulation de **B** : théorème d'Ampère

IV) Exemples de calcul de **B**

- 1) Champ d'un fil rectiligne illimité
- 2) Champ sur l'axe d'une spire circulaire
- 3) Champ sur l'axe d'un solénoïde circulaire
- 4) Limite du solénoïde infini
- 5) Champ magnétique créé par un dipôle magnétique
- 6) Conclusion : comparaison des propriétés de **E** et **B**