

Programme de khôlle semaine n°8

Physique-chimie MPI/MPI*

Du 2 au 6 novembre 2026

Mécanique

	Cours	Exemples et exercices
5	Champ gravitationnel • De la force gravitationnelle au champ gravitationnel, gradient et potentiel gravitationnel • Rayonnement gravitationnel d'une masse ponctuelle • Théorème de Gauss gravitationnel (admis)	Tout exercice • Rayonnement gravitationnel d'une planète sphérique homogène, continuité du champ et du potentiel • Oscillation d'un véhicule soumis à l'attraction gravitationnelle dans un tunnel terrestre sans frottement, discussion du profil énergétique • Champ dans une cavité sphérique creusée dans une boule homogène La nullité de certaines composantes du champ gravitationnel est anticipée grâce aux invariances via le gradient.

Électromagnétisme

	Cours	Exemples et exercices
2	Étude qualitative du champ électrostatique • Rayonnement d'une source ponctuelle : champ électrostatique, isotropie, lignes de champ, additivité • Distributions volumique, surfacique et linéique de charges	Exercices simples seulement
3	Rayonnement électrostatique • Équation de Maxwell-Gauss, théorème de Gauss • Équation de Maxwell-Faraday électrostatique, potentiel électrostatique • Relation avec la mécanique : $\vec{F} = q\vec{E}$ et $E_p = qV$ • Analogie formelle avec le champ gravitationnel • Régularité du champ et du potentiel électrostatiques pour les diverses distributions, relation de passage • Équations de Poisson et Laplace	Tout exercice • Théorème de Gauss pour la boule chargée, le cylindre plein ou creux, le fil rectiligne, le plan infini et le condensateur plan • Vérification de la relation de passage pour le cylindre creux et le plan infini • Potentiel rayonné par le cylindre plein par équation de Poisson / Laplace • Modèle de Thomson • Potentiel de Yukawa
4	Électrostatique et électricité • Tension électrique définie comme la circulation de $\vec{E}$, différence de potentiel, loi des mailles (formulations : par relation de Chasles, intégrale, locale) • Condensateur plan : capacité, densité volumique d'énergie électrostatique • Notion de porteur de charge libre dans un conducteur • Courants volumiques : densité volumique de courant, intensité définie comme un flux, cohérence avec dq/dt, loi des nœuds (formulations : par bilan de courant, intégrale et locale) • Courants surfaciques (densité surfacique de courant), courants linéiques • Modèle de Drude dans un conducteur en régime statique, loi d'Ohm locale, loi d'Ohm intégrale et expression de la résistance pour un conducteur cylindrique • Conducteur parfait : nullité du champ et de la densité volumique de charge à l'intérieur, charges surfaciques à sa surface, orthogonalité des lignes de champ à sa surface	Tout exercice • Capacité du condensateur cylindrique • Accélération d'une charge par une tension • Courant radial entre deux cylindres • Effet Hall
5	Dipôle électrostatique • Notion de barycentres de charge dans un édifice neutre • Dipôle électrostatique : moment dipolaire, potentiel et champ rayonnés à grande distance, lignes de champ et équipotentielles • Force, moment et énergie potentielle d'un dipôle dans un champ électrostatique uniforme (prouvées) et non uniforme (admises)	Exercices simples seulement • Moment dipolaire d'une molécule par addition des moments des liaisons • Oscillations angulaires d'un dipôle dans un condensateur plan
6	Champ magnétostatique • Équation de Maxwell-Thomson • Équation de Maxwell-Ampère magnétostatique • Caractère pseudovectoriel de $\vec{B}$ • Théorème d'Ampère magnétostatique • Densité volumique d'énergie magnétostatique	Exercices simples seulement • Champ rayonné par un fil rectiligne infini • Champ rayonné par un solénoïde infini, induction propre

Électronique et traitement du signal

	Cours	Exemples et exercices
2	Décomposition de Fourier d'un signal périodique • Série de Fourier, fréquence des harmoniques, composante continue, fondamental • Composante continue et valeur moyenne • Nullité de certains coefficients selon la parité du signal, rendre un signal impair en jouant sur sa composante continue • Représentation graphique du spectre	Exercices proches du cours seulement • Décomposition d'un signal harmonique • Décomposition d'un signal créneau, décroissance en $1/n$ des harmoniques
3	Synthèse de Fourier • Notion de convergence uniforme, réalisée si les coefficients décroissent strictement plus vite que $1/n$ • Rôle des harmoniques haute fréquence dans l'existence de discontinuités	Exercices proches du cours seulement Exploration avec Python : • Cas du triangle : décroissance rapide en $1/n^2$, convergence uniforme et continuité • Cas du créneau : décroissance lente en $1/n$, convergence ponctuelle et apparition de discontinuités, phénomène de Gibbs
4	Action d'un filtre linéaire sur un signal périodique • Conservation du spectre par un filtre linéaire • La fonction de transfert amplifie par son module et déphase par son argument • Action de la fonction de transfert sur chaque harmonique séparément • Raisonnement par approximation : négliger les harmoniques hors bande passante devant celles qui sont dedans (quand c'est possible)	Tout exercice • Passe-bande qui sélectionne une seule harmonique d'un créneau, discussion de l'approximation en comparant les amplitudes des harmoniques voisines • Passe-bande où toutes les harmoniques du créneau sont dans la région haute fréquence, atténuation avec intégration • Coupe-bande éliminant une ou deux harmoniques d'un créneau • Modulation en amplitude, démodulation par filtrage

Analyse vectorielle

	Cours	Exemples et exercices
2	Champs scalaires et champs vectoriels : - Champ scalaire, courbes ou surfaces équipotentielles - Champ vectoriel, lignes de champ	Cours seulement - Sphères équipotentielles d'une masse ponctuelle - Lignes du champ de force gravitationnelle de la Terre
3	Gradient d'un champ scalaire - Relation fondamentale du gradient $df = \overrightarrow{\text{grad}}(f) \cdot d\vec{l}$ - Expression du gradient en cartésiennes, nabla - Expressions en cylindriques et en sphériques - Champ de gradient, forces conservatives et énergie potentielle, orthogonalité des lignes de champ et des surfaces équipotentielles	Petits exercices de calcul seulement - Connaître par cœur le gradient en cartésiennes (formulaire fourni en cylindriques et sphériques) - Calcul du gradient à partir du champ scalaire ou du champ scalaire à partir du gradient
4	Géométrie des surfaces : - Surface ouverte, surface fermée - Volume admettant une surface fermée pour frontière - Surface ouverte admettant un contour fermé pour frontière - Orientation d'un contour ou d'une surface - Règle du tire-bouchon ou du bonhomme d'Ampère	Pas d'exercice sur ce chapitre - Orientation d'un circuit électrique (courant et surface) - Orientation sortante d'un cylindre fermé par deux disques - Orientation entrante d'une sphère
5	Principe de Curie et invariances - Distinction entre un champ rayonné et sa source, principe de Curie - Invariance par translation le long d'un axe ou par rotation autour d'un axe - Choix du système de coordonnées à partir des invariances de la source - Simplification des champs scalaires ou vectoriels rayonnés - Limitations : problème des effets de bord	Exercices simples seulement - Fil rectiligne infini homogène rayonnant un champ magnétique et un champ de température - Plan chargé infini homogène rayonnant un champ électrique qui est un champ de gradient - Étoile sphérique homogène rayonnant un champ gravitationnel (gradient), un champ magnétique et un champ de température Pour les champs de gradient, la nullité de certaines composantes est anticipée via le principe de Curie appliqué à son potentiel scalaire associé.
6	Intégrales multiples - Interprétation géométrique d'une intégrale linéique comme un découpage sur l'intervalle d'intégration - Intégrale double (découpage d'une surface), cas d'un intégrant uniforme - Intégrale triple (découpage d'un volume), cas d'un intégrant uniforme	Petits exercices de calcul seulement - Charge totale d'une surface uniformément chargée - Masse totale d'une boule homogène
7	Intégrales multiples et séparation des variables - Intégrale d'une fonction à variables séparées - Décomposition de l'intégrale multiple en un produit d'intégrales simples	Exercices de calcul simples se limitant à des intégrales simples indépendantes - Surface d'un disque à partir de la surface élémentaire en polaires - Volume d'une boule à partir du volume élémentaire en sphériques - Volume d'un cylindre à partir du volume élémentaire en cylindriques
8	Intégrale de flux - Définition, notation pour une surface fermée, flux entrant et flux sortant - Cas d'un champ vectoriel uniforme, cas du flux magnétique $\phi = \vec{B} \cdot \vec{S}$ vu en MP2I	Exercices simples seulement - Rail de Laplace : flux du champ magnétique à travers un circuit orthogonal - Flux du champ de pesanteur à travers une surface inclinée - Flux du champ gravitationnel rayonné par une masse ponctuelle à travers une surface - Flux d'un champ électrique donné à travers un cylindre de hauteur finie

9	Divergence d'un champ vectoriel • Expression en cartésiennes avec nabla • Formulaire fourni en cylindriques et en sphériques • Théorème de Green-Ostrogradsky (de la divergence), divergence du champ gravitationnel et preuve du théorème de Gauss gravitationnel • Champ à flux conservatif	Petits exercices de calcul seulement • Divergence du champ gravitationnel d'une masse ponctuelle • $\text{div}(f\vec{D})$, $\text{div}(\vec{r})$, $\text{div}(\vec{u}_r)$ en sphériques
10	Rotationnel d'un champ vectoriel • Expression en cartésiennes avec nabla • Formulaire fourni en cylindriques et en sphériques • Un champ est un gradient si et seulement s'il est à rotationnel nul	Petits exercices de calcul seulement • $\text{div}(\vec{\text{rot}}(\vec{D})) = \vec{0}$ • $\vec{\text{rot}}(f\vec{D})$ • Nullité du rotationnel de quelques forces conservatives
11	Opérateurs différentiels d'ordre 2 • Laplacien d'un champ scalaire, action en cartésiennes avec nabla, formulaire fourni dans les autres systèmes • Laplacien d'un champ vectoriel, l'action en cartésiennes revient à prendre le laplacien des composantes	Petits exercices de calcul en cartésiennes seulement
12	Circulation d'un champ vectoriel • Vecteur $d\vec{l}$ tangent à une courbe • Intégrale de circulation d'un champ vectoriel le long d'un contour orienté • Cas d'un champ de gradient • Formule de Stokes • Champ à circulation conservative : rotationnel nul, circulation le long d'un contour ouvert ou fermé	Exercices simples seulement • Travail d'une force, cas d'une force conservative comme le poids • Circulation du champ magnétique rayonné par un fil (expression donnée) le long d'un cercle
13	Symétries et antisymétries d'une source • Plan de symétrie d'une source (masse, charge ou courant) • Plan d'antisymétrie d'une source (charge ou courant)	Exercices simples seulement • Boule massive homogène • Fil rectiligne parcouru par un courant • Cylindre chargé en volume • Condensateur plan
14	Vecteurs vrais et pseudovecteurs • Action d'une symétrie plane sur un vecteur vrai ou un pseudovecteur • Origine du problème : le produit vectoriel. • Le sens d'un pseudovecteur n'a pas de signification physique intrinsèque (dépend d'une convention d'orientation). • Produit vectoriel entre vecteurs vrais et/ou pseudovecteurs	Cours seulement • Vecteurs vrais : position, vitesse, force, gradient, champ gravitationnel, champ électrique • Pseudovecteurs : moment cinétique, moment de force, champ magnétique
15	Principe de Curie et symétries • Vecteur vrai en un point d'un plan de symétrie • Vecteur vrai en un point d'un plan d'antisymétrie • Pseudovecteur en un point d'un plan de symétrie • Pseudovecteur en un point d'un plan d'antisymétrie	Exercices simples seulement • Champ électrostatique d'un plan chargé • Champs électrique et magnétique de courants volumiques tournants • Champ magnétostatique d'un fil rectiligne