MP$_2$ Année 2026-2027

Programme de colles de la semaine 10 (du 23 au 27 novembre)

Electrostatique

Loi de coulomb et notion de champ électrique. Champ créé par une charge ponctuelle, principe de superposition, distributions continues de charges (en longueur, en surface et en volume).

Propriétés de symétrie : principe de curie et utilisations (recherche de plans de symétrie de la distribution de charges pour déterminer la direction du champ) et invariances (recherche de transformations laissant la distribution de charges invariante pour déterminer de quelles coordonnées dépend le champ).
Exemples : plan infini uniforme, géométries sphérique et cylindrique.

Théorème de gauss : flux d'un champ de vecteur au travers d'une surface, formulation du théorème de gauss, utilisation pour calculer des champs électriques (fil infini, cylindre infini, plan infini, sphère uniformément chargée en volume et en surface).

Analogie avec la gravitation : transposition de tous les résultats précédents à la gravitation, en particulier si l'on considère la terre comme sphérique alors son champ de gravitation est le même que si toute sa masse était concentrée en son centre.

Potentiel électrique : notion de circulation d'un champ de vecteurs le long d'une courbe, la circulation du champ électrique le long d'une courbe fermée est nulle en électrostatique, définition du potentiel électrique (la circulation du champ électrique est égale à une différence de potentiel).

Expression du potentiel créé par une charge ponctuelle puis par diverses distributions, exemples de calculs.
Relations entre champ et potentiel, énergie potentielle associée à la force électrique, calcul de la vitesse acquise par une charge accélérée par une ddp U.
Condensateur plan : relation entre charge et ddp, définition et calcul de la capacité.

Dipôle électrique : exemples de dipôles permanents (molécules polaires) ou induits (atome), définition du moment dipolaire, calcul du potentiel et du champ à grande distance. Action d'un champ extérieur sur un dipôle (alignement du dipôle sur le champ et déplacement selon le gradient de champ électrique), couple et énergie potentielle.

Questions de cours :

1. Calcul du champ électrique créé par un fil infini uniformément chargé en longueur
2. Calcul du champ électrique créé par un plan infini uniformément chargé en surface
3. Calcul du champ électrique créé par une sphère uniformément chargée en volume
4. Théorème de gauss pour la gravitation et application au calcul du champ de gravitation terrestre
5. Calcul du potentiel créé par une sphère uniformément chargée en volume
6. Calcul du potentiel créé par un fil infini uniformément chargé en longueur
7. Vitesse d'une charge (q,m) accélérée par une ddp U
8. Condensateur plan (description, calcul de la capacité)
9. Calcul du champ créé à grande distance par un dipôle électrique
10. Couple et énergie potentielle associés à un dipôle dans un champ extérieur

Champs magnétiques en régime stationnaire

Notions sur les courants électriques : description sommaire d'un métal comme un gaz d'électrons libres dans un réseau d'ions positifs, ordres de grandeur, vecteur densité de courant, définition de l'intensité comme le flux de la densité de courant, conservation de la charge et loi des nœuds, expression de la conductivité en régime stationnaire, loi d'ohm locale et lien avec la loi d'ohm intégrale.

Propriétés du champ magnétique en régime stationnaire : théorème d'ampère (formulation pour des courants filiformes), le flux au travers d'une surface fermée est nul, propriétés de symétrie du champ magnétique (et des « pseudo-vecteurs » en général).

Exemples de champs magnétiques : fil infini, cylindre infini avec densité de courant uniforme, expression (admise) du champ sur l'axe d'une boucle de courant (et allure en dehors de l'axe), application aux bobines, approximation du solénoide infini, bobine torique.

Dipôles magnétiques : modélisation par une boucle de courant, moment magnétique, expression du champ créé à grande distance (admise, à « retrouver » par analogie avec le dipôle électrique), quelques notions sur les aimants permanents, actions subies dans un champ magnétique extérieur, applications (boussole, interactions entre aimants).

Questions de cours :

1. Ordres de grandeur pour la charge (libre) volumique, la densité de courant et la vitesse des électrons pour une situation usuelle (conducteur en cuivre de section $1mm^2$ avec un courant de 1A)
2. Conductivité en régime stationnaire, loi d'ohm locale et intégrale (on se limite à une géométrie simple et un champ électrique uniforme), ordre de grandeur de la résistance d'un morceau de fil usuel
3. Calcul du champ magnétique créé par un fil infini parcouru par un courant
4. Calcul du champ magnétique créé par un cylindre infini parcouru par une densité de courant uniforme
5. Allure du champ magnétique créé par une boucle de courant sur son axe, expression du champ sur l'axe (admise), ordre de grandeur du champ au centre
6. Calcul du champ magnétique dans l'approximation du solénoide infini, en supposant le champ nul à l'extérieur
7. Calcul du champ magnétique créé par une bobine torique
8. Donner l'allure du champ magnétique pour un aimant droit, un aimant en U, indiquer les pôles et les directions et sens des moments magnétiques ; allure, sens et ordre de grandeur du champ magnétique terrestre
9. Définition du moment magnétique associé à une spire, ordre de grandeur du moment magnétique et du moment magnétique volumique pour une bobine
10. Effet d'un champ magnétique uniforme sur un dipôle magnétique, application aux boussoles ; cas d'un champ non uniforme, application à l'interaction entre deux aimants