

I Chapitre EM1 : Sources du champ électromagnétique

Questions de cours

- Établir l'expression du courant électrique en fonction du vecteur densité de courant électrique en géométrie 1D cartésienne.
- Établir l'équation locale de conservation de la charge à une dimension cartésienne. Donner sans démonstration l'équation locale dans le cas général.
- Montrer en régime stationnaire que le flux du vecteur densité de courant volumique est nul à travers une surface fermée. Expliciter les conséquences associées.
- Déterminer l'expression de la conductivité électrique dans le cadre du modèle de Drüde. Citer un ordre de grandeur en régime stationnaire.
- Déterminer l'expression de la résistance électrique d'un conducteur cylindrique avec un courant axial.
- Déterminer l'expression de la puissance volumique cédée aux porteurs de charges mobiles et interpréter.

Savoir-faire exigibles

- Exprimer la densité volumique de charge et le vecteur densité de courant en fonction de la vitesse moyenne des porteurs de charge, de leur charge et de leur densité volumique. Relier l'intensité du courant et le flux du vecteur densité de courant.
- Établir l'équation traduisant la conservation de la charge dans le seul cas d'un problème unidimensionnel en géométrie cartésienne. Citer et utiliser une généralisation admise en géométrie quelconque utilisant l'opérateur divergence, son expression étant fournie.
- Exploiter le caractère conservatif du vecteur densité de courant en régime stationnaire ; relier cette propriété à la loi des noeuds de l'électrocinétique.
- Établir l'expression de la conductivité électrique à l'aide d'un modèle microscopique, l'action de l'agitation thermique et des défauts du réseau étant décrite par une force de frottement fluide linéaire. Discuter de l'influence de la fréquence sur la conductivité électrique.
- Établir l'expression de la résistance d'une portion de conducteur filiforme.
- Interpréter qualitativement l'effet Hall dans une géométrie parallélépipédique.
- Exprimer la puissance volumique dissipée par effet Joule dans un conducteur ohmique.

II Chapitre EM2 : Electrostatique

Questions de cours

- Symétries et invariances pour le champ électrostatique.
- Énoncer l'équation de Maxwell-Gauss et l'interpréter.
- Énoncer l'équation de Maxwell-Faraday en régime variable et la simplifier dans le cas de l'électrostatique. Citer les conséquences pour $\vec{E}$.
- Topographie du champ électrostatique : équipotentielles, lignes de champ, propriétés, exemples.
- Dipôle électrostatique : approximation dipolaire, moment dipolaire, expression du potentiel électrostatique, allure des équipotentielles et des lignes de champ.
- Dipôle électrostatique rigide dans un champ extérieur : à partir de l'expression de l'énergie potentielle du dipôle $E_p = -\vec{p} \cdot \vec{E}$, prévoir l'évolution du dipôle dans le champ. Application à la solvation des ions dans un solvant polaire.
- Présenter les différents types d'interactions électrostatiques pouvant exister entre des molécules. Définir la polarisabilité et en estimer un ordre de grandeur.
- Théorème de Gauss : énoncé et application à une distribution volumique au choix du colleur.
- Démontrer l'expression du champ électrique dans un condensateur plan (de manière complète !). En déduire l'expression de la capacité.
- Dans le cas du condensateur plan, démontrer l'expression de la densité volumique d'énergie électrique.
- Présenter l'analogie entre l'électrostatique et la gravitation. Appliquer le théorème de Gauss gravitationnel sur un exemple au choix.

Savoir-faire exigibles

- Exprimer le champ électrostatique et les potentiels créés par une distribution discrète de charges.
- Citer quelques ordres de grandeur de champs électrostatiques (en particulier, le champ disruptif de l'air).
- Exploiter des propriétés de symétrie des sources (symétrie plane, conjugaison de charges) et d'invariances (par translation, par rotation) pour prévoir des propriétés du champ créé.
- Citer les équations de Maxwell-Gauss et Maxwell-Faraday en régime variable et en régime stationnaire.
- Relier l'existence du potentiel scalaire électrique au caractère irrotationnel de $\vec{E}$.
- Exprimer une différence de potentiel comme une circulation du champ électrique.
- Justifier qu'une carte de champ puisse être ou non celle d'un champ électrostatique. Repérer, sur une carte de champ électrostatique, d'éventuelles sources du champ, et leur signe.
- Associer l'évasement des tubes de champ à l'évolution de la norme de E en dehors des sources.
- Représenter les lignes de champ connaissant les surfaces équipotentielles et inversement. Justifier l'orientation des lignes de champ dans le sens des potentiels décroissants. Évaluer la norme du champ électrostatique à partir d'un réseau de surfaces équipotentielles.
- Dipôle électrostatique : Citer les conditions de l'approximation dipolaire. Etablir l'expression du potentiel électrostatique. Comparer la décroissance du champ et du potentiel dans le cas d'une charge ponctuelle et dans le cas d'un dipôle. Tracer l'allure des lignes de champ électrostatique engendrées par un dipôle.
- Utiliser les expressions fournies de la résultante, du moment des actions subies et de l'énergie potentielle d'un dipôle rigide dans un champ électrostatique d'origine extérieure. Prévoir qualitativement l'évolution d'un dipôle rigide dans un champ électrostatique d'origine extérieure.
- Expliquer qualitativement la solvation des ions dans un solvant polaire. Associer la polarisabilité et le volume de l'atome en ordres de grandeur.
- Choisir une surface adaptée et utiliser le théorème de Gauss.
- Établir la relation entre l'énergie potentielle d'une charge ponctuelle et le potentiel.
- Exprimer l'énergie de constitution d'un noyau en construisant le noyau par adjonction progressive de charges apportées de l'infini.
- Établir le champ électrique créé par un plan infini uniformément chargé en surface.
- Etablir l'expression du champ créé par un condensateur plan, ainsi que sa capacité.
- Déterminer l'expression de la densité volumique d'énergie électrostatique dans le cas du condensateur plan, à partir de l'énergie du condensateur.
- Établir les analogies entre les champs électrique et gravitationnel.

III Chapitre EM3 : Magnétostatique (sans le théorème d'Ampère !)



L'utilisation du théorème d'Ampère ne fait pas partie du programme de colle.

Questions de cours

- Moment magnétique : intérêt d'introduire cette grandeur, allure des lignes de champ, action d'un champ extérieur sur un moment magnétique (l'énergie potentielle du moment magnétique est $E_p = -\vec{M} \cdot \vec{B}$).
- Modèle de Bohr : présentation, magnéton de Bohr. Ordre de grandeur du moment magnétique volumique pour un aimant permanent.
- Expérience de Stern et Gerlach : présentation et enjeux.
- Symétries et invariances pour une distribution de courant. Conséquences sur le champ magnétique.
- Équation de Maxwell-Thomson. Conséquences.
- Équation de Maxwell-Ampère, en régime variable puis en régime stationnaire. Interprétation des différents termes. Démonstration du théorème d'Ampère.

Savoir-faire exigibles

- Relier le moment magnétique d'un atome d'hydrogène à son moment cinétique. Construire en ordre de grandeur le magnéton de Bohr par analyse dimensionnelle.
- Évaluer l'ordre de grandeur maximal du moment magnétique volumique d'un aimant permanent.
- Utiliser les expressions fournies de la résultante et du moment des actions subies par un dipôle magnétique placé dans un champ magnétostatique d'origine extérieure. Utiliser l'expression fournie de l'énergie potentielle d'un dipôle rigide dans un champ magnétostatique d'origine extérieure. Prévoir qualitativement l'évolution d'un dipôle rigide dans un champ magnétostatique d'origine extérieure.
- Décrire l'expérience de Stern et Gerlach et expliquer ses enjeux.
- Exploiter les propriétés de symétrie et d'invariance des sources pour prévoir des propriétés du champ créé.
- Justifier qu'une carte de lignes de champ puisse ou non être celle d'un champ magnétostatique. Repérer, sur

une carte de champ magnétostatique, d'éventuelles sources du champ et leur sens. Associer l'évolution de la norme d'un champ magnétique à l'évasement des tubes de champ.