Programme de colle

Semaine 10 (du 23/11 au 27/11)

Les colles se déroulent en trois parties : une (au moins, il peut y en avoir plusieures) question de cours tirée de la liste ci–dessous, puis un exercice imposé parmi ceux listés et enfin, si le temps le permet, un exercice au choix du colleur.

Partie 1 – Questions de cours

Magnétostatique

- Définir le vecteur densité de courant électrique (lien avec l'intensité du courant), démontrer son expression en fonction de la vitesse des porteurs de charge, leur densité et leur charge
- Énoncer les propriétés de symétries et d'invariances du champ magnétostatique, exemples
- Définir les lignes de champ magnétostatique, donner leurs propriétés
- Définir le flux du champ magnétostatique, donner ses propriétés, application à un tube de champ
- Définir la circulation du champ magnétostatique, énoncer le théorème d'Ampère
- Exemples de calcul de champ : fil infini, solénoïde infini
- Dipôle magnétostatique : définition, moment dipolaire magnétique, approximation dipolaire, effets qualitatifs d'un champ extérieur

Équations de Maxwell

- Établir l'équation locale de conservation de la charge
- Énoncer les Théorèmes de Green-Ostrogradski et Stokes (non démontrés)
- Énoncer les équations de Maxwell, retrouver les formulations intégrales généralisées
- Établir les équations de Poisson et de Laplace pour le potentiel électrostatique
- Établir les équations de propagation des champs électrique et magnétique dans une zone vide de charge et de courants
- Aspects énergétiques :
  - Densité volumique de force électromagnétique, puissance volumique cédée aux charges
  - loi d'Ohm locale, densité volumique de puissance Joule
  - Densité volumique d'énergie électromagnétique
  - Vecteur de Poynting (signification de son flux, définition à partir de $\vec{E}$ et $\vec{B}$)
  - Bilan d'énergie électromagnétique (équation locale de Poynting non exigible)

Partie 2 – Exercices imposés

Exercice 1 Décharge d'un conducteur dans l'air

On considère une boule conductrice de rayon R, placée en O, qui porte ue charge initiale Q_0 uniformément répartie sur sa surface. Elle est abandonnée dans l'air de conductivité γ supposé initialement neutre en tout point à l'extérieur de la boule : $\rho(M, t = 0) = 0$.

1. Déterminer $\vec{E}(M, t = 0)$ à l'extérieur de la boule à l'instant initial.
2. Déterminer $\vec{B}(M, t)$ à l'extérieur de la boule.
3. En utillisant l'équation locale de Poynting $\dfrac{\partial u_{em}}{\partial t} + \text{div}\vec{\Pi} + \vec{j} \cdot \vec{E} = 0$, trouver le champ électrique $\vec{E}(M, t)$ à l'extérieur de la boule.
4. Montrer que $\rho(M, t) = 0$ à l'extérieur de la boule.
5. Déterminer la charge $Q(t)$ portée par la boule à l'instant t.
6. Calculer, de deux manière différentes, l'énergie totale dissipée dans le milieu pendant un temps infini depuis l'instant initial. Commenter.

Lycée Jean Bart Physique-Chimie Colle

Exercice 2 Bilan d'énergie dans un conducteur ohmique

Un conducteur ohmique cylindrique d'axe (Oz), de rayon a et de conductivité électrique γ, est parcouru par un courant constant de densité volumique $\vec{j} = j\vec{e}_z$ uniforme d'intensité totale I.

1. Calculer le champ électrique $\vec{E}$ et le champ magnétique $\vec{B}$ en tout point du conducteur.
2. En déduire le flux du vecteur de Poynting à travers la surface latérale d'une portion de longueur L de ce conducteur. Préciser la signification physique de ce terme.
3. Calculer la puissance cédée par le champ électromagnétique à la matière à l'intérieur de ce même conducteur et la comparer au flux du vecteur de Poynting précédent.
4. Comment est dissipée la puissance cédée par le champ électromagnétique à la matière ? Commenter.

Exercice 3 Champ électrique induit par un solénoïde

Un solénoïde très long comporte n spires jointives bobinées par unité de longueur sur un cylindre de rayon a et d'axe (Oz). Le solénoïde est parcouru par un courant d'intensité $i(t)$ sinusoïdal de pulsation ω. On suppose que $\omega a \ll c$.

1. Montrer que, dans ces conditions, on peut appliquer le théorème d'Ampère.
2. Par des considérations de symétrie, donner la forme du champ magnétique.
3. En supposant que le champ magnétique est nul à l'extérieur du solénoïde, déterminer l'expression du champ magnétique à l'intérieur du solénoïde.
4. Montrer que le champ électrique dans l'espace est orthoradial. Déterminer alors dans tout l'espace le champ électrique induit par le courant variable circulant dans le solénoïde. Commenter.
5. Déterminer le vecteur de Poynting dans tout l'espace.
6. Effectuer un bilan d'énergie électromagnétique à l'intérieur du solénoïde, commenter.

Partie 3 – Exercices supplémentaires

Magnétostatique

- Application du principe de superposition et/ou du théorème d'Ampère
- Analyse de figure de lignes de champ
- Dipôles magnétostatiques (la formule générale du champ créé est donnée, de même que les actions exercée par un champ extérieur)

Équations de Maxwell

- Manipulation et vérification des équations de Maxwell pour des champs fournis
- Détermination de champs avec les équations de Maxwell
- Bilans énergétiques