UNIVERSITE PAUL SABATIER TOULOUSE III

Licence Physique Chimie et Applications
Mention physique
L2

année 2006/2007
septembre 2007

EXAMEN ELECTROMAGNETISME

2 heures

Calculettes et documents interdits.

I. QUESTIONS DE COURS

A. Loi de Faraday

1. Enoncer la loi de Faraday (concernant une f.é.m induite dans un circuit matériel) et citer deux causes différentes de la variation du flux.

2. Dans le cas général, le champ électromoteur peut être écrit comme la somme du champ électrique dans le référentiel du laboratoire et d'un deuxième terme. Donner ce deuxième terme et expliquer **brièvement** sa signification.

B. Induction électromagnétique. Coefficients d'induction.

1. Que signifient les termes **induction mutuelle** M et **auto-induction** L ?
2. Citer et expliquer ***brièvement*** (*quelques lignes maximum*) deux applications pratiques du phénomène de l'induction électromagnétique.
3. Définir en fonction des flux et courants appropriés :
    a. Le coefficient d'auto-induction (*self*).
    b. Le coefficient d'induction mutuelle entre **deux** conducteurs.

C. Equations de Maxwell. Ondes électromagnétiques.

1. Donner les formes locales des quatre équations de Maxwell en présence de charges et de sources de courant et en régime fortement variable.
2. Donner les formes intégrales des équations de Maxwell **en régime stationnaire**.

3. Retrouver à partir des formes locales des équations de Maxwell dans le vide en l'absence de charges et de courants l'équation de propagation du champ électrique: $\Delta\vec{E} - \frac{1}{c^2}\frac{\partial^2\vec{E}}{\partial^2 t} = 0$.
   Définir c.

Rappel : $\overrightarrow{rot}\left(\overrightarrow{rot}\vec{E}\right) = \overrightarrow{grad}\left(div\vec{E}\right) - \Delta\vec{E}$

4. L'équation ci-dessus peut être généralisée pour toutes les composantes des champs :

$$\Delta\psi = \frac{1}{c^2}\frac{\partial^2\psi}{\partial^2 t}$$

où ψ est une fonction scalaire.

Montrer que $\psi = \psi_o \cos\left[\omega t - k(\alpha x + \beta y + \gamma z) + \phi\right]$ est une solution possible de cette équation et définir ainsi la norme du vecteur d'onde $\vec{k}$.

5. Que représente cette solution ?

II. EXERCISES

D. Champ magnétique créé par un fil rectiligne infini.

Soit un fil rectiligne infini porté par l'axe Oz. Ce fil est parcouru par un courant d'intensité I dans le sens z positif. On propose de calculer le champ magnétique $\vec{B}$ créé en un point M quelconque de l'espace.

1) Justifier l'utilisation des coordonnés cylindriques (ρ, φ, z) (*Une phrase suffit*).
2) Faire un schéma, en représentant en un point M quelconque la base locale ($\vec{e}_\rho, \vec{e}_\phi, \vec{e}_z$)
3) Analyser les invariances afin de déterminer la ou les coordonnées dont dépend le champ $\vec{B}$. En considérant la symétrie de la distribution des courants prévoir la direction de ce champ (*justifier brièvement*).
4) Calculer avec **la forme intégrale** du **théorème d'Ampère** le champ magnétique $\vec{B}$ au point M. Expliquer brièvement le contour choisi pour le calcul en justifiant son choix.

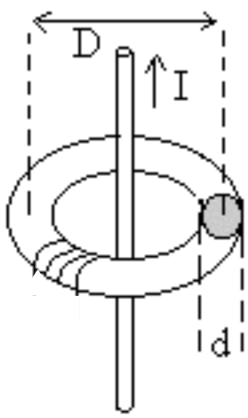
E. Force de Laplace entre deux fils rectilignes parallèles

On considère deux fils rectilignes parallèles de longueur l parcourus par des courants I_1 et I_2 et séparés d'une distance d. On négligera les effets de bord : on pourra donc considérer que le champ magnétique créé par chaque fil est identique au champ créé par un fil rectiligne infini. Etablir une expression pour la force de Laplace qui s'exerce sur les fils et préciser si cette force est attractive ou répulsive quand :

1) Les deux fils sont parcourus par des courants de même sens.
2) Les deux fils sont parcourus par des courants de sens opposés.

F. Fil rectiligne infini et bobine torique – inductance mutuelle

1) Calculer le coefficient d'inductance mutuelle M d'une bobine torique et d'un fil rectiligne infini placé suivant l'axe du tore. La bobine torique est constituée d'un enroulement continu de N spires de rayon *d/2*, régulièrement enroulées autour d'un tore de rayon moyen *D*/2 de section circulaire de diamètre *d* très faible devant *D*. On peut admettre alors que le champ $\vec{B}$ créé par le fil est constant à l'intérieur du tore et a comme valeur B(D/2). (Vous pouvez utiliser les résultats de l'exercice 1).



2) Le fil est alimenté avec un courant $I = I_0$ = constante. Calculer la f.e.m induite dans le circuit fermé comprenant la bobine.
3) Le fil est alimenté avec un courant $I = I_1 \sin \omega t$. Calculer la f.e.m induite dans le circuit fermé comprenant la bobine.
4) La bobine est alimentée avec un courant $I = I_2 \sin \omega t$. Calculer la f.e.m induite dans le circuit fermé comprenant le fil rectiligne.