UNIVERSITE PAUL SABATIER TOULOUSE III

10/06/2005

Licence de Sciences Physiques et Chimiques
L3

Contrôle d'électromagnétisme

Durée : 2h - Tous documents interdits

I. Théorème de Gauss en milieu matériel :

1. Enoncez le théorème de Gauss en milieu matériel.

2. On considère un condensateur plan de capacité C_0, que l'on charge avec une distribution surfacique σ. On rempli ensuite l'espace libre entre les armatures métalliques de surface S, distantes de e, par un matériau diélectrique de permittivité ε. On rappelle que dans un tel dispositif le champ électrique est nul en dehors des armatures, calculez à l'aide du théorème de Gauss le vecteur **D** à l'intérieur du diélectrique, en déduire **E**, puis la capacité C du condensateur en présence du diélectrique. Dans tout l'exercice, on négligera les effets de bords.

II Champ magnétique créé par un cylindre aimanté :

On considère un cylindre ferromagnétique supposé infiniment long d'aimantation uniforme le long de son axe $\mathbf{M} = M\mathbf{e_z}$.

1 Calculez $\mathbf{A}_{\mathbf{m, in}}$, le potentiel vecteur créé par le milieu aimanté à l'intérieur du cylindre..

2 On donne $\mathbf{Rot}(A_\theta(r)\mathbf{e_\theta}) = \frac{\mathbf{e_z}}{r}\frac{\partial}{\partial r}(A_\theta . r)$, exprimez alors le champ magnétique **B** puis l'excitation magnétique **H** à l'intérieur du cylindre.

3 Enoncez le théorème d'Ampère dans un milieu matériel. A l'aide de ce théorème, déterminez **H** à l'extérieur du cylindre. Que vaut **B** ?

4 Il est possible de décrire un milieu uniformément aimanté par une distribution de courants surfaciques. Exprimez dans le cas présent le vecteur distribution surfacique **J** en fonction de M.

5 Sachant que le champ **B** créé à l'intérieur d'un solénoïde (d'axe z) infiniment long parcouru par un courant noté nI par unité de longueur du solénoïde, vaut $\mathbf{B} = \mu_0\, nI\, \mathbf{e_z}$ retrouvez dans le cadre de cette description le champ **B** à l'intérieur du cylindre en fonction de **M**.

III Dispersion dans un gaz ionisé :

On considère un plasma ou gaz ionisé d'ions positifs de charges +e, supposés immobiles et d'électrons libres de masse m et de charge –e . L'ensemble des charges est supposé placé dans le vide de permittivité ε_0 et de perméabilité μ_0 ; le nombre d 'électrons par unité de volume est n_0 , le nombre d'ions positifs est aussi n_0.
On s'intéresse à la propagation d'une onde plane dans ce milieu, de champ électrique $\underline{\mathbf{E}} = E_0 \exp i(kx-\omega t)\,\mathbf{e_y}$

1. Montrer que le plasma doit être globalement neutre (ρ =0) . On rappelle que div$\mathbf{E} = \partial E_x/\partial x + \partial E_y/\partial y + \partial E_z/\partial z$

2. Ecrire l'équation du mouvement d'un électron sous l'effet de la seule force électrique. Donner la vitesse de l'électron.

3. En déduire l'expression de la densité de courant $\underline{\mathbf{J}}$ des électrons du plasma en présence de l'onde ainsi que de la conductivité correspondante $\boldsymbol{\gamma}$.

4. Ecrire les équations de Maxwell appliquées au problème traité. Déterminer l'équation de propagation du champ électrique $\underline{\mathbf{E}}$.

5. Déterminer la relation de dispersion $\omega(k)$ qui vérifie l'équation de propagation ; montrer qu'il existe une valeur minimale de ω au dessus de laquelle l'onde peut se propager.