

Électromagnétisme 2 (durée 2h)

7 mai 2010

Documents interdits à l'exception du formulaire.

Lire le sujet en entier avant de commencer.

**I- Solénoïde blindé.**

Soit un solénoïde à spires jointives de rayon  $a$  et d'axe Oz comportant  $n$  spires par unité de longueur. Le solénoïde est parcouru par un courant d'intensité  $I = I_0 \cos \omega t$ .

1-Rappeler la valeur du champ magnétique  $\vec{B}$  créé par  $I$  ( $\vec{B}_{\text{int}}$  à l'intérieur du solénoïde et  $\vec{B}_{\text{ext}}$  à l'extérieur); dans la suite on posera  $B_0 = \mu_0 n I_0$ .

2-Le solénoïde est entouré par un blindage cylindrique en cuivre (perméabilité  $\mu_0$  et conductivité  $\gamma$ ) de rayon  $b$  ( $b > a$ ) et d'épaisseur  $e$  ( $e \ll b$ ). Y-a-t-il un courant qui circule dans le cuivre ? Si oui, pour quelle raison ?

3- Calculer le champ électrique induit  $\vec{E}_1$  à l'intérieur et à l'extérieur du solénoïde ( $\vec{E}_{1\text{int}}$  et  $\vec{E}_{1\text{ext}}$ ). En déduire la densité de courant induite  $\vec{j}$  dans le cuivre.

4-Ce courant induit crée un champ magnétique  $\vec{B}_2$  qui se combine avec le champ  $\vec{B}$ . Calculer  $\vec{B}_2$  en assimilant le blindage en cuivre à un solénoïde dont les spires de hauteur  $dz$  sont parcourues par un courant  $di$  que l'on calculera. En déduire  $\vec{B}_{\text{total}}$  dans les 3 régions de l'espace (ne pas considérer le domaine  $b < \rho < b + e$  car  $e$  est très petit). Tracer l'allure de  $\vec{B}_{\text{total}}(\rho)$  à l'instant  $t = \frac{\pi}{4\omega}$ .

N.B: On n'ira pas au delà du champ induit  $\vec{B}_2 \dots$

**II- Réflexion et réfraction de la lumière à la surface d'un matériau diélectrique (verre).**

Une onde plane de champ électrique  $\vec{E}_1 = E_0 \hat{y} e^{i(k_1 x - \omega t)}$  circule dans le vide et arrive à l'incidence normale sur une surface de verre d'indice de réfraction  $n$ . L'onde plane  $\vec{E}_1$ , de vecteur d'onde  $\vec{k}_1$ , se réfléchit en produisant une onde plane  $\vec{E}'_1$ , de vecteur d'onde  $\vec{k}'_1$  et se transmet en produisant une onde plane  $\vec{E}_2$ , de vecteur d'onde  $\vec{k}_2$ . Il n'y a ni charge, ni courant sur l'interface vide-verre.

1-Faire un schéma dans lequel le vide occupe le demi-espace  $x < 0$  et le verre le demi-espace  $x > 0$ ; représenter les champs et les vecteurs d'onde. Expliciter les 3 vecteurs d'onde  $\vec{k}_1$ ,  $\vec{k}'_1$  et  $\vec{k}_2$  en fonction de la pulsation  $\omega$ , de la vitesse de la lumière dans le vide  $c$ , de l'indice de réfraction  $n$  et du vecteur unitaire de la direction concernée (on rappelle que, dans le verre, la vitesse de l'onde est  $v = \frac{c}{n}$ ).

2-Sachant qu'à la réflexion et à la réfraction, l'amplitude du champ électrique est respectivement modifiée par un coefficient  $\rho$  ou  $\tau$  ( $|\rho| < 1$  et  $|\tau| < 1$ ), expliciter les champs électriques  $\vec{E}'_1$  et  $\vec{E}_2$  puis calculer les champs magnétiques associés  $\vec{B}_1$ ,  $\vec{B}'_1$  et  $\vec{B}_2$ .

3-Ecrire les conditions aux limites pour les champs électrique et magnétique sur l'interface ( $x=0$ ). On obtient un système de 2 équations que l'on résoudra pour obtenir les coefficients de réflexion  $\rho$  et de transmission  $\tau$ .

4-Calculer le vecteur de Poynting pour chaque onde, en déduire l'intensité  $I_1$ ,  $I'_1$  et  $I_2$  de chaque onde sur l'interface; on rappelle que l'intensité  $I$  est la puissance moyenne de l'onde sur la surface unité.

5-Calculer le facteur de réflexion  $R = \frac{I'_1}{I_1}$  et le facteur de transmission  $T = \frac{I_2}{I_1}$  de l'interface vide-verre.

6-A.N: dans le visible  $n \sim 1,5$ , calculer  $R$  et  $T$ . Que remarque-t-on ? Signification ?