Exercices - Série 11

Exercise 1 Courant de déplacement variable - *niveau 2*

Un condensateur à plaques parallèles comporte deux plaques circulaires de rayon $R = 5.0\,\text{cm}$, séparées d'une distance $d = 2.0\,\text{mm}$. Le condensateur est chargé par un courant d'intensité dépendante du temps :

$$I(t) = I_0\, e^{-t/\tau},$$

avec $I_0 = 2.0\,\text{A}$ et $\tau = 0.50\,\text{s}$. On néglige les effets de bord et on suppose que le champ électrique entre les plaques est uniforme.

a) Déduire une expression pour le champ électrique $E(t)$ entre les plaques pendant la charge.

b) Trouver la densité de courant de déplacement $\vec{J}_d(t)$ entre les plaques.

c) Calculer le courant de déplacement total $I_d(t)$ et montrer qu'il est égal au courant de conduction $I(t)$.

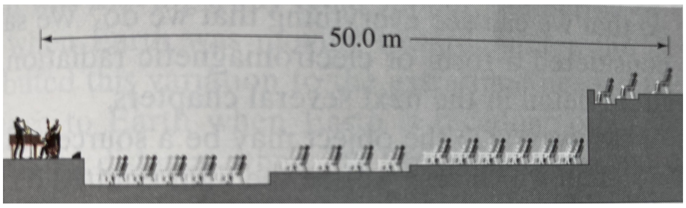
d) Déterminer le champ magnétique $B(r,t)$ pour $r < R$ (distance radiale depuis l'axe) en utilisant la loi d'Ampère–Maxwell ; donner une expression numérique pour $r = 2.0\,\text{cm}$.

Exercise 2 Onde sonores vs. ondes électromagnétiques - *niveau 1*

Regardez l'image sur le côté.

a) Qui entendra en premier la chanson : une personne sur le balcon à 50 mètres de la scène, ou une personne à 3000 km de chez elle dont l'oreille est à côté de la radio ?

b) À peu près combien de temps plus tôt ?



On suppose que le micro est très proche du chanteur. La vitesse du son dans l'air à 20° C est de 343 m/s .

Exercise 3 Onde plane - *niveau 2*

Le champ électrique d'une onde électromagnétique plane dans le vide est décrit par :

$$E_x = E_0 \cos(kz + \omega t) \quad E_y = E_z = 0 \tag{1}$$

Déterminer :

a) Le champ magnétique associé à cette onde.

b) La direction de propagation de l'onde.

Exercise 4 Polarisation circulaire - *niveau 2*

On considère des ondes électromagnétiques planes progressives se propageant dans le vide selon l'axe z. On pose :

$$\mathbf{k} = k\,\hat{\mathbf{z}}, \qquad \omega = ck, \qquad \phi(z,t) = kz - \omega t.$$

Le champ électrique $\mathbf{E}(z,t)$ pour deux types de polarisations circulaires à les expressions suivantes :

— **Polarisation circulaire droite (RCP)** :

$$\mathbf{E}_{\text{RCP}}(z,t) = E_0\big(\cos\phi\,\hat{\mathbf{x}} + \sin\phi\,\hat{\mathbf{y}}\big).$$

— **Polarisation circulaire gauche (LCP)** :

$$\mathbf{E}_{\text{LCP}}(z,t) = E_0\big(\cos\phi\,\hat{\mathbf{x}} - \sin\phi\,\hat{\mathbf{y}}\big).$$

a) À partir de l'expression donnée de $\mathbf{E}_{\mathrm{RCP}}$, déterminer le champ magnétique $\mathbf{B}_{\mathrm{RCP}}$.

b) Vérifier que $\mathbf{E}_{\mathrm{RCP}}$ et $\mathbf{B}_{\mathrm{RCP}}$ sont orthogonaux en tout point de l'espace et à tout instant.

c) Calculer les modules $|\mathbf{E}_{\mathrm{RCP}}|$ et $|\mathbf{B}_{\mathrm{RCP}}|$, et montrer que

$$\frac{|\mathbf{E}_{\mathrm{RCP}}|}{|\mathbf{B}_{\mathrm{RCP}}|} = c.$$

d) Calculer la composante selon z du produit vectoriel $\mathbf{E}_{\mathrm{RCP}} \times \mathbf{B}_{\mathrm{RCP}}$ et montrer que cette onde transporte de l'énergie dans la direction $+\hat{\mathbf{z}}$.

e) Reprendre brièvement les quatre points ci-dessus pour la polarisation circulaire gauche (LCP), en utilisant l'expression fournie du champ $\mathbf{E}_{\mathrm{LCP}}$.