Questions de cours - Thème 9

1 Vibration d'une corde

- ☐ Établir l'équation de d'Alembert pour la corde vibrante.
- ☐ Supposons que $y(x,t)$ vérifie l'équation de d'Alembert. On note c la célérité de l'onde. Quelle est la forme de $y(x,t)$ si l'onde se propage dans le sens des x croissants ? Quelle est la forme de $y(x,t)$ si l'onde se propage dans le sens des x décroissants ?
- ☐ En utilisant le fait que $\cos(a) + \cos(b) = 2\cos\left(\frac{a+b}{2}\right)\cos\left(\frac{a-b}{2}\right)$, montrer que la somme d'une onde incidente et d'une onde réfléchie forme une onde stationnaire.
- ☐ Soit une corde de longueur L fixée à ses deux extrémités. Montrer qu'une onde stationnaire $y(x,t) = Y_0 \sin(kx + \varphi)\sin(\omega t)$ (avec $\omega = kc$) admet des modes propres, c'est-à-dire que k et ω sont quantifiés.
- ☐ Soit une corde de longueur L fixée à ses deux extrémités. Tracer l'allure de la corde pour les modes propres $n = 1$ à différents instants. Idem pour les modes propres $n = 2$ et $n = 3$.

2 Circuits électriques et ondes électriques

- ☐ Énoncer les quatre équations de Maxwell, en donnant leurs noms et significations physiques.
- ☐ En quoi consiste l'approximation des régimes quasi-stationnaires ? Est-elle valable à l'échelle d'une paillasse de TP/d'une ville/de la France pour la fréquence industrielle ($f = 50\,\mathrm{Hz}$) ? pour une fréquence de $f = 10\,\mathrm{MHz}$? On admettra que la vitesse de propagation des ondes électriques est $c \approx 2{,}00 \times 10^8\,\mathrm{m \cdot s^{-1}}$.
- ☐ Montrer que, dans l'ARQS, le courant de déplacement $\overrightarrow{j_D} = \varepsilon_0 \dfrac{\partial \overrightarrow{E}}{\partial t}$ est négligeable face au courant de conduction $\overrightarrow{j}$. Quelle conséquence en tire-t-on ?

3 Ondes thermiques

- ☐ Définir le vecteur d'onde et un front d'onde.
- ☐ Qu'est-ce qu'une onde plane ? A-t-elle une réalité physique ?
- ☐ Qu'est-ce qu'une onde plane progressive ? Une onde plane progressive harmonique ? Définir chacun des termes.

4 Propagation d'une onde électromagnétique dans le vide

- ☐ Soit $f(x, y, z)$ un champ scalaire. Donner l'expression du laplacien scalaire de f en coordonnées cartésiennes. Faire l'application sur $f(x, y, z) = x^2 - y^5 e^{z/x}$.
- ☐ Soit $\overrightarrow{A}(x, y, z)$ un champ vectoriel. Donner l'expression du laplacien vectoriel de $\overrightarrow{A}$ en coordonnées cartésiennes. Faire l'application sur $\overrightarrow{A}(x, y, z) = x^2 y^3 . \overrightarrow{e_x} - (z^5 + y^2) . \overrightarrow{e_y}$.
- ☐ Énoncer les équations de Maxwell dans le vide. À l'aide de la relation d'analyse vectorielle $\overrightarrow{\text{rot}}\ \overrightarrow{\text{rot}} = \overrightarrow{\text{grad}}\ \text{div}\ - \overrightarrow{\Delta}$, établir l'équation d'onde vérifiée par le champ électrique $\overrightarrow{E}$. Donner l'expression de la vitesse de propagation des ondes électriques.
- ☐ Soit une onde électromagnétique dont le champ électrique est $\overrightarrow{E} = E_0 \cos(kx - \omega t) . \overrightarrow{u_y}$. Selon quelle direction se propage l'onde ? Quelle est sa polarisation ? Montrer, à l'aide de l'équation de d'Alembert, que l'on a $\omega = kc$.
- ☐ Citer les domaines du spectre des ondes électromagnétiques et leur associer des applications.
- ☐ Qu'est-ce qu'une onde plane progressive monochromatique polarisée rectilignement ? Que peut-on dire du vecteur d'onde $\overrightarrow{k}$, du champ électrique $\overrightarrow{E}$ et du champ magnétique $\overrightarrow{B}$ pour une telle onde dans le vide ? Montrer que l'on a nécessairement $B = E/c$.

5 Énergie d'une onde électromagnétique dans le vide

- ☐ Donner les expressions de la densité volumique d'énergie électromagnétique et du vecteur de Poynting. Que représente physiquement ce vecteur ? Énoncer l'équation locale de Poynting ; quelle est sa signification physique ?
- ☐ Soit une OPPM polarisée rectilignement : $\overrightarrow{E} = E_0 \cos(kx - \omega t) . \overrightarrow{u_y}$. Déterminer $\overrightarrow{B}$, puis $\overrightarrow{\Pi}$. Commenter sa direction. Calculer la puissance rayonnée à travers une surface S orthogonale à l'axe (O, x).

6 Réflexion des ondes électromagnétiques sur les conducteurs

- ☐ Rappeler ce qu'est un conducteur parfait. Montrer qu'une onde électromagnétique ne peut s'y propager.

7 Interférences lumineuses

- ☐ Définir la cohérence de deux sources lumineuses.
- ☐ Définir l'intensité lumineuse d'une onde lumineuse d'amplitude scalaire $s(M, t)$.
- ☐ Définir la différence de marche. Donner la relation entre la différence de phase et la longueur d'onde, la différence de marche.
- ☐ Soient deux ondes $s_1(M, t) = S_0 \cos\left(\omega t - \dfrac{2\pi}{\lambda} \mathcal{S}_1 M\right)$ et $s_2(M, t) = S_0 \cos\left(\omega t - \dfrac{2\pi}{\lambda} \mathcal{S}_2 M\right)$ émises par deux sources cohérentes $\mathcal{S}_1$ et $\mathcal{S}_2$.

  Montrer que l'intensité lumineuse au point M est $I(M) = 2 I_0 \times \left[1 + \cos\left(\dfrac{2\pi}{\lambda}(\mathcal{S}_2 M - \mathcal{S}_1 M)\right)\right]$ avec I_0 l'intensité lumineuse de chacune des deux sources.
- ☐ Déterminer l'expression de la différence de marche pour l'expérience des trous de Young.