

# Feuille d'exercices numéro 16

PC

17.01.2008

**Exercice 1** Une onde électromagnétique plane harmonique a pour amplitude vectorielle de champ électrique  $\vec{E}_0 = E_0 \vec{u}_y$ , pour vecteur d'onde  $\vec{k} = k \vec{u}_x$  avec  $E_0 = 100 \text{V} \cdot \text{m}^{-1}$  et  $k = 10^7 \text{rad} \cdot \text{m}^{-1}$ . Déterminer le vecteur  $\vec{B}_0$ , le vecteur de Poynting et les valeurs de  $\lambda$ ,  $\sigma$ ,  $\omega$ ,  $f$  et  $T$ .

**Exercice 2** Donner la nature de la polarisation des ondes électromagnétiques planes définies par les champs électriques suivants :

$$\vec{E}_1 \left| \begin{array}{l} 0 \\ E_0 \cos(\omega t - kx) \\ E_0 \cos(\omega t - kx) \end{array} \right. \quad \vec{E}_2 \left| \begin{array}{l} 0 \\ E_0 \cos(\omega t - kx) \\ E_0 \sin(\omega t - kx) \end{array} \right. \quad \vec{E}_3 \left| \begin{array}{l} 0 \\ E_0 \cos(\omega t + kx) \\ E_0 \sin(\omega t + kx) \end{array} \right.$$

$$\vec{E}_4 \left| \begin{array}{l} 0 \\ E_0 \cos(\omega t - kx) \\ -E_0 \sin(\omega t - kx) \end{array} \right. \quad \vec{E}_5 \left| \begin{array}{l} 0 \\ E_0 \cos(\omega t - kx + \frac{\pi}{4}) \\ E_0 \cos(\omega t - kx - \frac{\pi}{4}) \end{array} \right. \quad \vec{E}_6 \left| \begin{array}{l} 0 \\ E_0 \cos(\omega t - kx) \\ 2E_0 \sin(\omega t - kx) \end{array} \right.$$

$$\vec{E}_7 \left| \begin{array}{l} E_0 \cos(\omega t - ky) \\ 0 \\ -E_0 \sin(\omega t - ky) \end{array} \right. \quad \vec{E}_8 \left| \begin{array}{l} 0 \\ 2E_0 \cos(\omega t - kx - \frac{\pi}{4}) \\ E_0 \cos(\omega t - kx + \frac{\pi}{3}) \end{array} \right. \quad \vec{E}_9 \left| \begin{array}{l} 0 \\ E_0 \cos(\omega t + kx + \frac{2\pi}{3}) \\ 2E_0 \sin(\omega t + kx - \frac{3\pi}{4}) \end{array} \right.$$

**Exercice 3** Détailler le principe permettant de se protéger de l'éblouissement par le Soleil se reflétant sur la mer grâce à des verres polarisés.

**Exercice 4** Un hublot dans un toit est formé d'un double vitrage, les deux vitres en forme de disque étant capables de tourner dans leur logement. Montrer qu'il est possible de concevoir un variateur d'éclairement. Préciser les bornes de l'éclairement derrière le hublot en notant  $\mathcal{E}_{max}$  l'éclairement de la lumière incidente.

**Exercice 5** Rappeler et démontrer l'expression de l'excentricité de la lumière polarisée elliptiquement donnée par l'analyse des variations d'éclairement en sortie d'un analyseur.

**Exercice 6** Comment est-il possible de distinguer, en utilisant des lames polarisantes, une lumière naturelle et une lumière polarisée circulairement ?

**Exercice 7**

1. Montrer qu'on peut décomposer une onde plane progressive harmonique polarisée rectilignement en une somme de deux ondes planes polarisées circulairement.
2. Déterminer la nature de la superposition de deux ondes planes progressives harmoniques de même fréquence, de même amplitude en champ électrique  $E_0$ , en phase en  $O$ , origine d'un référentiel, de vecteurs d'onde  $\vec{k}_1$  et  $\vec{k}_2$  de directions distinctes est de champs magnétiques colinéaires en  $O$ .

**Exercice 8** On éclaire avec de la lumière naturelle un dispositif d'axe  $(O, z)$  formé d'un polariseur d'axe transparent  $\vec{u}_P$  et d'un analyseur d'axe transparent  $\vec{u}_A$ . On note  $\alpha = (\vec{u}_A, \vec{u}_P)$  dans l'orientation vue depuis la sortie avec  $\vec{u}_z$  en face. On place entre les deux une lame demi onde d'axe rapide  $\vec{u}_y$  qui ne couvre que le trajet de la lumière sur la moitié du faisceau. Une moitié de

la lumière traverse donc les trois lames, une autre moitié seulement le polariseur et l'analyseur. On pose  $\beta = (\vec{u}_A, \vec{u}_y)$  et on suppose que  $0 < \beta < \frac{\pi}{4}$ . La lame demi-onde et l'analyseur sont solidaires et peuvent tourner autour de  $(O, z)$  donc  $\beta$  est constant. Montrer qu'il existe deux valeurs de  $\alpha$  pour lesquelles les éclairagements des deux zones sur un écran sont égaux et qu'on peut qualifier ces situations d'équipénombre et d'équiluminosité.

**Exercice 9** Comparer les expressions du champ électrique créé par un dipôle établis en première année et celle du champ électrique de l'onde rayonnée par le dipôle accéléré. Commenter. Comment peut-on interpréter qu'un dipôle **électrique** mobile peut créer un champ magnétique ?

**Exercice 10** Démontrer la formule de Larmor ; en déduire l'expression de la valeur moyenne de la puissance totale rayonnée par le dipôle oscillant et son expression dans le cas particulier de l'électron élastiquement lié.

**Exercice 11** Expliquer pourquoi la rotation d'un électron (modèle classique de l'atome) et son oscillation rectiligne autour d'un noyau positif sont impossibles de manière durable pour un atome isolé.

**Exercice 12** Par quel dispositif expérimental peut-on mettre en évidence la polarisation par diffusion Rayleigh ?

**Exercice 13** Pourquoi le soleil paraît-il rouge au coucher ?

**Exercice 14** Cet exercice utilise des résultats relatifs au phénomène de réfraction dans les milieux diélectriques. On considère une onde plane progressive harmonique se propageant dans un milieu diélectrique d'indice  $n_1$ , et arrivant sur un dioptré plan délimitant un milieu d'indice  $n_2$  avec un angle d'incidence  $i$ . On admet que l'onde pénètre dans le milieu 2, donne naissance à une onde réfractée faisant un angle  $r$  avec la normale, selon la deuxième loi de Descartes. Cette onde réfractée dans un milieu diélectrique polarisable interagit avec les dipôles en surface qui rayonnent une onde réfléchie. L'onde incidente est polarisée rectilignement, le champ électrique est dans le plan d'incidence. Montrer que l'onde réfléchie est nulle si  $i$  et  $r$  vérifient une relation très simple. En déduire l'expression de l'angle d'incidence de Brewster  $i_B$  en fonction des indices  $n_1$  et  $n_2$ . Montrer qu'une lumière naturelle incidente sous l'incidence de Brewster se réfléchit en une lumière polarisée rectilignement.