BALDI, un ami qui vous veut du bien !

Licence de Physique - Optique II – Examen 1ère session

10 janvier 2007 – Durée 3 heures

1 Propagation d'une onde électromagnétique dans une ferrite

Dans cet exercice, nous cherchons à décrire la propagation d'une onde électromagnétique plane monochromatique (dont la dépendance spatio-temporelle est de la forme $\exp\left[-i\left(\omega t - \vec{k}\cdot\vec{r}\right)\right]$) dans une ferrite. Une ferrite est un milieu magnétique neutre et non conducteur, caractérisé par les relations suivantes : $\vec{D} = \varepsilon\vec{E}; \vec{B} = \vec{\mu}\vec{H}$, avec $\vec{\mu} = \begin{pmatrix} \mu & -i\alpha & 0 \\ i\alpha & \mu & 0 \\ 0 & 0 & \mu_z \end{pmatrix}$ (anisotropie magnétique), où ε, α, μ et μ_z sont des grandeurs que l'on considérera positives.

Remarque : pour celles et ceux qui ne sont pas familiers avec les tenseurs, la relation ci-dessus s'écrit : $B_x = \mu H_x - i\alpha H_y$; $B_y = i\alpha H_x + \mu H_y$; $B_z = \mu_z H_z$

1. Ecrire les équations de Maxwell relatives à une onde plane monochromatique $(\omega, \vec{k})$ et établir la relation $\varepsilon\omega^2\vec{B} = k^2\vec{H} - \left(\vec{k}\cdot\vec{H}\right)\vec{k}$.

Le milieu est considéré infini dans les directions x et y et compris entre $z = 0$ et $z = L$. On considère à partir de maintenant que $\vec{k}$ est parallèle à $\hat{z}$, où $\hat{z}$ est le vecteur unitaire de l'axe z.

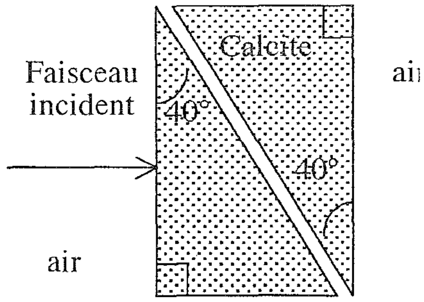
2. Montrer que B_z et H_z sont nuls. Déduire de la question 1. deux relations entre H_x et H_y.
3. Déduire de la question précédente les relations de dispersion $k(\omega)$, déterminer les vitesses de phase $v_\varphi = \dfrac{\omega}{k}$, les indices de réfraction $n = \dfrac{c}{v_\varphi}$ et les polarisations des ondes pouvant se propager dans la ferrite. On posera $\varepsilon = \varepsilon_0 K$, $\mu = \mu_0\mu_r$ et $\alpha = \mu_0\alpha_r$ (*Rappel :* $\mu_0\varepsilon_0 c^2 = 1$).
4. Le champ magnétique $\vec{H}$ à l'entrée du milieu ($z = 0$ dans la ferrite) est donné par $\vec{H}(z=0) = H_i\,\hat{x}$ (polarisation linéaire), où $\hat{x}$ est le vecteur unitaire de l'axe x. Déterminer le champ magnétique à la sortie du milieu ($z = L$ dans la ferrite). Quelle est sa polarisation ?

2 Polariseur de Glan-Taylor

Un polariseur de Glan-Taylor est constitué de deux prismes biréfringents d'axes optiques parallèles **séparés par de l'air**. Les deux prismes sont en Calcite, matériau uniaxe dont les indices à la longueur d'onde considérée sont $n_o = 1{,}6584$ et $n_E = 1{,}4864$.

Le dessin ci-contre représente un tel polariseur, avec les axes optiques perpendiculaires au plan de la feuille. L'angle au sommet des deux prismes est 40°.

Le polariseur est éclairé en incidence normale à sa face d'entrée par une onde plane monochromatique non polarisée.



Nous allons montrer dans cet exercice que la lumière qui sort de ce prisme dans la direction du faisceau incident est elle parfaitement polarisée rectilignement.

Remarque : $n_E \sin 40° = 0{,}955$ *et* $n_o \sin 40° = 1{,}066$.

Le sujet continue au verso

Licence de Physique - Optique II – Examen 1ère session

1. Décomposer le vecteur $\vec{D}$ incident en deux polarisations. Expliquer votre choix.
2. En vérifiant numériquement son existence à chaque interface, dessinez les directions du rayon lumineux dont la polarisation est extraordinaire. Précisez la direction du vecteur $\vec{D}$ associé.
3. En vérifiant numériquement son existence à chaque interface, dessinez les directions du rayon lumineux dont la polarisation est ordinaire. Précisez la direction du vecteur $\vec{D}$ associé.
4. Quelle est la polarisation de l'onde transmise dans la direction du faisceau incident ?

3 Diffraction de Fresnel derrière un réseau sinusoïdal

Soit un réseau de coefficient de transmission

$$t(x,y) = 1 + m\cos\left(\frac{2\pi x}{a}\right)$$

avec $m \ll 1$. Ce réseau est éclairé par une onde plane de longueur d'onde λ arrivant sous incidence normale. On note ψ_0 l'amplitude complexe incidente dans le plan du réseau pris comme origine des z.

1. Ecrire l'amplitude complexe $\psi_{0^+}(x,y)$ de l'onde émergente dans le plan du réseau. La décomposer en somme discrète d'ondes planes. Dans quelles directions de cosinus directeurs (α_n, β_n) ces ondes se propagent-elles ?
2. A quelle condition sur la période du réseau peut-on traiter le problème en utilisant l'approximation de Gauss ? Dans la suite on supposera cette condition réalisée.
3. En prenant en compte la propagation sur une distance z, écrire l'amplitude complexe $\psi_z(x,y)$ dans un plan $z > 0$, puis l'intensité correspondante pour $m \ll 1$. En déduire le contraste $C(z)$ de l'intensité.
4. Montrer que l'intensité $I_z(x, y)$ devient uniforme pour certaines valeurs de z. A.N.: $\lambda = 630$ nm, $a = 0{,}2$ mm.
5. Montrer qu'il existe des valeurs de z pour lesquelles l'intensité est identique à celle observée dans le plan du réseau.
6. Montrer qu'il existe des valeurs de z pour lesquelles l'intensité est identique à celle observée dans le plan du réseau, mais avec une inversion des franges brillantes et sombres.