Licence de Physique - Optique II – Examen partiel

17 novembre 2006 – Durée 2 heures

Prénom : Nom : Groupe :

I – Cohérence d'un laser multimodes

On considère un laser émettant trois modes longitudinaux, c'est-à-dire que le spectre d'émission est composé de trois fréquences ν_-, ν_0 et ν_+, avec $2\Delta\nu = \nu_+ - \nu_- << (\nu_- + \nu_+) = 2\nu_0$. Ces trois modes sont monochromatiques, les intensités des deux fréquences ν_+ et ν_- étant égales et moitié moindre de l'intensité de la fréquence ν_0.

On réalise une expérience de trous d'Young avec de la lumière provenant de ce laser. La distance entre les trous est a et la distance entre le plan des trous et l'écran d'observation de la figure d'interférences est $D >> a$. La différence de temps de parcours entre les trous et un point M de l'écran est donc $\tau = ax/cD$, où c est la vitesse de la lumière dans le vide et x repère l'abscisse du point M par rapport à l'axe médian des deux trous.

1. Dessiner la densité spectrale de puissance $F(\nu)$.

2. Calculer le contraste des franges $C(\tau)$ en fonction du retard τ entre les ondes provenant des deux trous. *Rappel :* $TF^{-1}[f(\nu-\nu_0)] = \exp(2i\pi\nu_0\tau)\, TF^{-1}[f(\nu)]$.

3. Montrez que le contraste s'annule pour des valeurs de x que l'on déterminera.

4. Dessinez l'aspect du champ d'interférences (intensité I en fonction de x ou τ) pour $\dfrac{\nu_0}{\Delta\nu} = 10$.

II – Polarisation par réflexion

On considère la réflexion d'une onde plane monochromatique à l'interface de deux milieux diélectriques caractérisés par leurs indices de réfraction n_1 et n_2 respectivement. Par la suite nous appellerons θ_1 l'angle entre la normale à l'interface et le vecteur d'onde incident et θ_2 l'angle entre la normale à l'interface et le vecteur d'onde transmis.

Les coefficients de réflexion en amplitude sur les champs électriques sont $r_{//} = \dfrac{n_1 \cos\theta_2 - n_2 \cos\theta_1}{n_1 \cos\theta_2 + n_2 \cos\theta_1}$ et $r_\perp = \dfrac{n_1 \cos\theta_1 - n_2 \cos\theta_2}{n_1 \cos\theta_1 + n_2 \cos\theta_2}$ pour un champ électrique polarisé respectivement parallèlement et perpendiculairement au plan d'incidence. *Rappel :* $\boxed{\sin a = \sin b \text{ implique } a + b = \pi.}$

1. Donnez la loi de Snell-Descartes liant θ_1 et θ_2.

2. Trouvez une relation entre θ_1 et θ_2, indépendante de n_1 et n_2, pour laquelle $r_{//} = 0$? Exprimez cette valeur de θ_1, notée θ_B, en fonction de n_1 et n_2.

3. Existe-t-il une valeur de θ_1 pour laquelle $r_\perp = 0$? Si non, exprimez en fonction de n_1 et n_2 la valeur de $r_\perp$ pour $\theta_1 = \theta_B$.

4. On considère que le milieu 1 est l'air et le milieu 2 du verre. Quelle est la valeur du coefficient de réflexion en intensité $R_\perp = |r_\perp|^2$ pour $\theta_1 = \theta_B$?

5. La lumière naturelle, comme celle émise par le soleil, contient de manière équiprobable toutes les directions de polarisation du champ électrique. Proposez une expérience simple, utilisant une telle source de lumière, qui permettrait de déterminer la direction de polarisation d'un polariseur. *Rappel : la direction de polarisation d'un polariseur est la direction dans laquelle un champ électrique est transmis au maximum (idéalement à 100%) par ce polariseur.*

III – Onde longitudinale dans un plasma

On considère une onde plane monochromatique de pulsation ω et de vecteur d'onde $\vec{k}$. On veut mettre en évidence qu'une telle onde polarisée longitudinalement ($\vec{E}$ polarisé suivant $\vec{k}$) peut se propager dans un plasma neutre (formé d'ions positifs et d'électrons) pour une valeur particulière de ω, et trouver cette valeur. Dans ce milieu, on considère que la perméabilité magnétique et la permittivité électrique sont celles du vide, soit μ_0 et ε_0 respectivement.

1. A partir des équations de Maxwell, montrer que $\vec{B} = \vec{0}$ si $\vec{E}$ est polarisé suivant $\hat{k} = \frac{\vec{k}}{k}$.

2. On considère que seule la force de Lorentz agit sur les électrons libres. On négligera le déplacement des ions. Ecrire la relation de la dynamique pour un électron (de charge $-e$ et de masse m) en négligeant les collisions (pas de force de frottement). En considérant qu'il y a N électrons par unité de volume de plasma, en déduire le courant volumique de conduction $\vec{j}_f$ en fonction de $\vec{E}$.

3. En utilisant le résultat de la question 2 et les relations de Maxwell, en déduire pour quelle valeur de ω la propagation d'une onde longitudinale est possible. On appelle cette pulsation la pulsation plasma ω_p.

4. Comme l'on a négligé le mouvement des ions, les seuls charges se déplaçant librement sont les électrons. A partir des équations de Maxwell, en déduire pour $\omega = \omega_p$ la densité volumique de charges électroniques libres ρ_f en fonction de k, ε_0 et E. Vérifier que ρ_f et $\vec{j}_f$ satisfont bien à la loi de conservation de la charge $\frac{\partial \rho_f}{\partial t} + \vec{\nabla} \cdot \vec{j}_f = 0$.