

**Ondes et vibrations**

**Examen Terminal : 2 h**

**(Aide mémoire autorisé : 2 feuilles 21 x 29,7)**

---

**Réflexion de la lumière visible sur un miroir argenté**

La relation de dispersion pour la lumière dans l'argent solide a la forme suivante :

$$\omega^2 = \omega_0^2 + c^2 k^2 \text{ si } \omega^2 \geq \omega_0^2$$

$$\omega^2 = \omega_0^2 - c^2 \tau_a^2 \text{ si } \omega^2 \leq \omega_0^2$$

$$\text{avec } \omega_0^2 = \frac{N e^2}{m \epsilon_0}$$

où  $\tau_a$  est le coefficient d'atténuation de l'onde,  $e$  et  $m$  sont la charge et la masse de l'électron,  $N$  le nombre d'électrons de conduction par unité de volume (Pour l'argent solide on a un électron de conduction par atome). Les autres symboles sont ceux utilisés dans le cours. On considérera dans tout le problème que l'incidence de la lumière sur l'argent solide est normale à la face d'entrée.

1. Au vu de la relation de dispersion, connaissez-vous un système équivalent à celui-ci ? Si oui, lequel ?
2. Expliquer la relation de dispersion. Donner la signification physique des différents éléments.
3. Calculer la fréquence de coupure  $\nu_0$  pour l'argent solide. Montrer que les fréquences lumineuses visibles sont inférieures à la fréquence de coupure. On considérera que l'intervalle spectral de la lumière visible s'étend entre 4000Å et 7000Å.

4. On considérera que l'épaisseur d'argent est suffisante pour obtenir une extinction totale de la vibration lumineuse visible transmise à travers le miroir. Calculer à quelle distance  $l$  de la face d'entrée du miroir l'amplitude du signal sera réduite par le facteur  $e = 2,718$  d'une part lorsque la lumière incidente a pour longueur d'onde dans le vide ou l'air  $\lambda = 6500\text{Å}$  (rouge), d'autre part lorsque  $\lambda = 4500\text{Å}$  (bleu).
5. Dans un miroir semi-argenté l'épaisseur de la couche d'argent est légèrement plus mince que les distances  $l$  calculées. Si on éclaire un miroir semi-argenté par une source de lumière blanche la lumière transmise apparaîtra-telle blanche ? Dans le cas contraire, aura-telle une teinte rouge ou bleu ? Expliquer pourquoi.
6. Quelle épaisseur d'argent faudrait-il utiliser pour réduire l'intensité de la lumière bleue transmise par un facteur 100 ? (L'intensité est proportionnelle au carré de l'amplitude)
7. On représente l'onde électromagnétique monochromatique incidente par son champ électrique. Avant de pénétrer dans l'argent solide, le champ électrique a pour expression  $E = E_0 e^{i(\omega t - kz)}$  ou  $k$  représente le vecteur d'onde dans l'air. L'origine de l'axe des  $z$  est prise au point d'entrée de l'onde dans le matériau. L'onde incidente appartenant à l'intervalle spectral de la lumière visible,  $\omega$  est inférieur à la pulsation de coupure  $\omega_0$ . En déduire la nature mathématique de l'indice de réfraction  $\bar{n}(\omega) = n - i\tau$  de l'argent solide.
8. Déterminer la relation entre  $\tau$  et  $\tau_a$ .
9. Calculer le module et la phase du coefficient de réflexion du champ électrique à la surface de séparation de l'air et de l'argent solide.
10. Calculer les valeurs de l'indice  $\bar{n}(\omega)$  pour  $\lambda = 6500\text{Å}$  et  $4500\text{Å}$ .

Masse atomique :  $107,87 \text{ g.mol}^{-1}$

Masse volumique :  $\rho = 10,49 \cdot 10^3 \text{ Kg.m}^{-3}$

$e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$

$m = 9,1 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$

$\epsilon_0 = \frac{1}{36\pi \cdot 10^9}$

$c = 3 \cdot 10^8 \text{ m.s}^{-1}$

Nombre d'Avogadro :  $6,02 \cdot 10^{23}$

