Département Mathématiques, Physique & Informatique
Faculté Polydisciplinaire de Taza
Université Sidi Mohamed Ben Abdallah de Fès

Travaux Dirigés d'Optique ondulatoire
Série N° 1 (Interférences lumineuses)
M. ABARKAN

Exercice 1:
Un laser émet une radiation rouge de longueur d'onde λ_1 = 0,6329923. 10^{-7} ± 10^{-7} m. Calculer la longueur d'onde λ_2 du rayonnement dans l'air d'indice n_2 = 1,00028 ± 10^{-5}.

Exercice 2:
On considère un point source O émettant une onde lumineuse monochromatique dans un milieu homogène, isotrope et transparent. Le champ électrique au point source s'écrit :
$E(O,t) = E_0 \cos(\omega t)$.

1. Quelle est la forme des surfaces d'onde.
2. Donner l'expression de la surface d'onde dont la différence de phase avec la source est φ.
3. Comment obtenir une onde plane avec une source ponctuelle.

Exercice 3:
On considère une fibre creuse rectiligne : la gaine de la fibre est constituée d'un verre d'indice n = 1,5 et on réalise le vide à l'intérieur de la fibre. On éclaire une extrémité de la fibre avec un bref signal lumineux. A l'extrémité de la fibre, de longueur L = 1m, on place un détecteur dont le temps de réponse est noté τ.

1. Ecrire l'expression de l'onde (notée 1) se propageant dans l'air le long de la fibre, et de celle (notée 2) se propageant dans la gaine de verre le long de la fibre.
2. Au bout de combien de temps le détecteur reçoit-il la première onde ? la seconde ?
3. En déduire le temps de réponse que doit avoir le détecteur pour séparer les deux signaux.
4. Sachant que les détecteurs usuels ont un temps de réponse de 10^{-6}s, quelle devrait être la longueur de la fibre pour qu'un détecteur usuel sépare les deux signaux.

Exercice 4:
L'œil est un récepteur dont le temps de réponse est de l'ordre de 0,1 s.

1. Quelles ondes l'œil est capable de distinguer.
2. Deux ondes de fréquences légèrement différentes parviennent à l'œil. A quelle condition l'œil est-il susceptible de discerner des battements.

Exercice 5:
La mécanique quantique établit que si le milieu matériel contient des atomes (ou des molécules) à raison de N par unité de volume, l'indice de réfraction pour une onde lumineuse de fréquence ν se calcule par :

$$n^2 = 1 + \frac{Ne^2}{4\pi^2 m_e \varepsilon_0} \sum_i \frac{\alpha f_i}{\left(\nu_i^2 - \nu^2\right)}$$ où α est une constante.

Sans entrer dans les détails, les atomes sont assimilés à des oscillateurs soumis à une force liée au coefficient f_i. Ils présentent une fréquence de résonance ν_i.
La quantité (e^2/m_e) caractérise une particule de charge e et de masse m_e.

1. Montrer que si l'on prend comme variable la longueur d'onde (dans le vide) au lieu de la fréquence, cette expression peut s'écrire :

$$n^2 = n_\infty^2 + \sum \frac{D_i}{\lambda^2 - \lambda_i^2}$$

Exprimer $n_\infty^2 \quad (\lambda \rightarrow)$ *et* D_i

La dispersion de réfraction de l'hydrogène dans les conditions normales de température et de pression est représentée par :

$n^2 = 1 + 2{,}721.10^{-4} + \dfrac{2{,}11.10^{-18}}{\lambda^2 - 7{,}76.10^{-15}}$ (λ est exprimée en m)

2. Vérifier que l'absorption a lieu dans l'ultraviolet. Déterminer la valeur de (e^2/m_e) et monter que la particule peut être assimilée à un électron. On donne la valeur de la masse volumique de H_2 : 9,00 kg.m-3 et on admet que pour H_2, on a *fi* = 2 S.I.

Exercice 6:

On considère une onde monochromatique de pulsation ω, dont le vecteur d'onde est par définition $\vec{k} = k_1\vec{z} + ik_2\vec{y}$ (k_1 et k_2 sont des constantes réelles positives). On étudie la propagation de cette onde dans l'air.

1. Peut-on dire que cette onde est plane.
2. Trouver la relation, dite de dispersion, entre k_1, k_2, ωet c.
3. Indiquer le sens de propagation de l'onde et donner sa vitesse de phase V_Φ définie par $V_\phi = \dfrac{\omega}{\mathrm{Re}(k)}$ (où Re désigne la partie réelle). Comparer la vitesse de phase à c, vitesse de l'onde dans l'air ($c = 3.10^8$ m/s).
4. Que traduit le comportement de $\vec{E}$ avec y.

Exercice 7:

On considère, en unité du système international, l'onde plane suivante :

$$\mathrm{E} = \left(-2\vec{\mathrm{i}} + \sqrt{5}\vec{\mathrm{j}} + \vec{\mathrm{k}}\right)\left(10^4\,\mathrm{V/m}\right)e^{\mathrm{i}\left[\frac{1}{3}(\sqrt{5}\mathrm{x}+2\mathrm{y})\pi.10^7 - 9{,}42.10^{15}\mathrm{t}\right]}$$

où **i, j** et **k** sont les vecteurs unitaires dans les directions *x*, *y* et *z*.

Donner pour cette onde :

1. la direction le long de laquelle le champ électrique oscille
2. la valeur scalaire de l'amplitude du champ électrique
3. la direction de propagation
4. le nombre d'onde et la longueur d'onde
5. la fréquence et la pulsation
6. la vitesse