

Généralités sur les ondes

I/ Questions de cours (6 points)

- 1) Quelle est l'expression d'une onde $\psi(x,t)$ sinusoïdale se propageant suivant les x croissants, d'amplitude A, de pulsation ω , de longueur d'onde λ et de phase à l'origine ϕ ?
- 2) Quelle est la représentation complexe de cette onde ? Son amplitude complexe ?
- 3) Quelle est l'intensité de cette onde ?
- 4) Cette onde se propage dans un milieu transparent d'indice n. Quelle est sa vitesse v, sachant qu'elle se déplace avec la célérité c dans le vide ?
- 5) Quelle relation lie ω , k et v ? En déduire une relation entre ω , λ , c et n.
- 6) La longueur d'onde dans le vide λ_0 vérifie $\omega = 2\pi c/\lambda_0$. En déduire l'expression de la longueur d'onde λ dans le milieu d'indice n en fonction de λ_0 et n.
- 7) Quelles sont les limites en longueur d'onde du domaine visible ?
- 8) La lumière est une onde électromagnétique, composée d'un champ électrique et d'un champ magnétique oscillants. Lequel de ces champs est utilisé pour représenter l'onde lumineuse ? Savez-vous pourquoi ?

II/ Superposition d'ondes (3points)

On considère deux ondes ψ_1 et ψ_2 d'amplitudes complexes $\underline{\psi}_1 = a$ et $\underline{\psi}_2 = be^{i\phi}$.

- 1) Quelle est l'amplitude complexe de la superposition de ces deux ondes ?
- 2) Déterminer l'intensité de l'onde résultante en fonction de a, b et ϕ .

III/ Propagation de la lumière dans un milieu transparent (5,5 points)

On considère une impulsion de lumière blanche, de durée initiale négligeable, se propageant dans une fibre optique de longueur $L = 100$ m et d'indice $n = A + B\omega^2$ avec $A = 1,497$ et $B = 1,654 \cdot 10^{-33} \text{ s}^2$ et ω la pulsation en rad/s de chaque couleur composant la lumière blanche.

- 1) Calculer l'indice n_B pour la lumière bleue ($\omega = 4,5 \cdot 10^{15}$ rad/s) et celui n_R pour la lumière rouge ($\omega = 2,9 \cdot 10^{15}$ rad/s).
- 2) Déterminer la vitesse de propagation des composantes bleue et rouge de l'impulsion. On donne la vitesse de la lumière dans le vide $c = 3,00 \cdot 10^8$ m/s.
- 3) En déduire la durée de parcours de chaque couleur à l'intérieur de la fibre, et la différence entre leurs instants d'arrivée.
- 4) Comment s'appelle la vitesse à laquelle se déplace le sommet de l'impulsion ?
- 5) Sachant que $\omega = ck/n$, montrer que cette vitesse vaut $c/(A+3B\omega^2)$.
- 6) Calculer la vitesse du sommet de l'impulsion en admettant que la pulsation moyenne se trouve dans le vert-jaune : $\omega = 3,5 \cdot 10^{15}$ rad/s.
- 7) Comparer cette vitesse à celles trouvées en 2). En déduire qu'on ne peut pas considérer les différentes couleurs de l'impulsion comme se propageant indépendamment l'une de l'autre (en fait, ces différentes composantes interfèrent).

IV/ Ondes stationnaires (5,5 points)

On rappelle la formule utile : $\cos(a) + \cos(b) = 2\cos((a+b)/2)\cos((a-b)/2)$.

On considère deux ondes de mêmes amplitude A, pulsation ω et valeur du vecteur d'onde k, se propageant dans la même direction mais en sens opposés. Celle se propageant selon les x croissants à pour expression $\psi_1 = A\cos(kx-\omega t)$.

- 1) Quelle est l'expression de ψ_2 se propageant selon les x décroissants ?
- 2) Montrer que l'expression de l'onde résultante est $\psi(x,t) = 2A\cos(kx)\cos(\omega t)$.
- 3) Justifier le nom d'onde stationnaire donné à cette onde.
- 4) Représenter sur un même graphe $\psi(x,t)$ en fonction de x à l'instant $t = 0$ et à l'instant $t = T/2$ où T est la période de l'onde.
- 5) Indiquer sur le graphe les nœuds et ventres de vibration.
- 6) Quelle que soit la valeur de t, quelle est la valeur de $\psi(x,t)$ en un nœud ? En déduire les positions x_N de ces nœuds.