

Propagation d'une onde lumineuse

Exercice 1 : Propagation d'une onde lumineuse

Partie 1 : Détermination du diamètre d'un fil de pêche :

Le fil de pêche est fabriqué à partir du nylon qui supporte une grande résistance au poisson pêche, son diamètre est très petit pour ne pas être vu par les poissons.

Pour déterminer le diamètre a d'un fil de pêche, on l'éclaire à l'aide d'une source laser de longueur d'onde λ , sur un écran situé à une distance D du fil on obtient des taches lumineuses, la largeur de la tache centrale est L . (voir figure)

Les données : $\lambda = 623,8 \text{ nm}$ $D = 3 \text{ m}$ $L = 7,5 \text{ cm}$

- 1- Donner le nom du phénomène observé sur la figure
- 2- Sachant que l'écart angulaire θ entre le milieu de la tache centrale et l'une de ces extrémités est $\theta = \frac{\lambda}{a}$, Trouver la valeur de a en fonction de D , L et λ dans le cas où θ est petite. **calculer la valeur de a .**
- 3- On remplace le laser par un autre de longueur d'onde λ' et on obtient une tache centrale de largeur $L' = 8 \text{ cm}$. **Exprimer λ' en fonction de λ , L et L' , calculer λ'**

partie 2 : la longueur d'onde d'une onde lumineuse dans le verre :

Une source laser envoie un faisceau lumineux monochromatique sur la face d'un prisme de verre d'indice de réfraction $n = 1,58$

Les données :

- La longueur d'onde du faisceau lumineux : $\lambda_0 = 665,4 \text{ nm}$.
- La vitesse de propagation de la lumière dans le vide et l'air : $c = 3.10^8 \text{ m/s}$.

- 1- Calculer la vitesse v de propagation du faisceau lumineux dans le prisme.
- 2- Trouver la valeur de la longueur d'onde λ_1 des faisceaux lumineux dans le prisme.

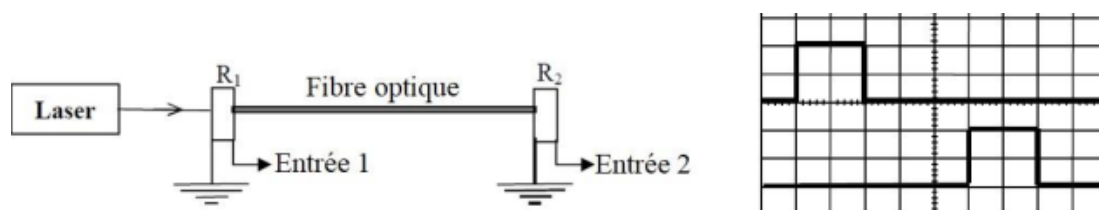
Exercice 2 : Les fibres optiques

Les fibres optiques permettent la transmission d'informations numériques avec des vitesses très grandes et à hauts débits en comparaison avec d'autres milieux. Pour déterminer l'indice de réfraction du milieu transparent constituant le cœur d'une fibre optique, on a réalisé un dispositif expérimental représenté sur la figure 1, où les récepteurs R_1 et R_2 permettent de transformer l'onde lumineuse monochromatique issue de la source laser, en tension électrique qu'on affiche sur l'écran d'un oscilloscope comme indiqué sur la figure 2.

Sensibilité horizontale : $S_H = 0,2 \mu\text{s} \cdot \text{div}^{-1}$

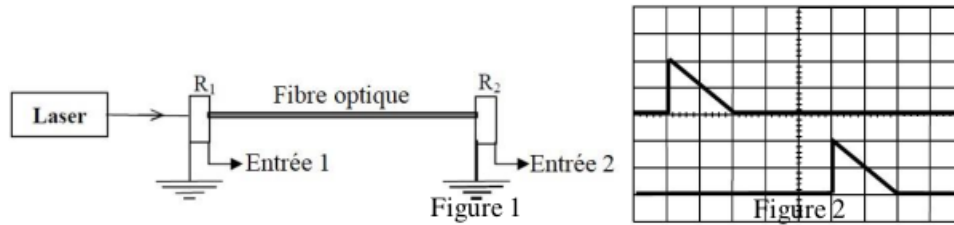
Célérité de propagation de la lumière dans le vide : $c = 3.10^8 \text{ m/s}$

- 1- Calculer le retard temporel τ enregistré entre R_1 et R_2 .
- 2- Sachant que la célérité de propagation de l'onde lumineuse à l'intérieur du cœur de la fibre optique est $v = 1,87.10^8 \text{ m/s}$, déduire l'indice de réfraction n du milieu transparent constituant le cœur d'une fibre optique.



Exercice 3 :fibres optique et indice de réfraction

Pour déterminer l'indice de réfraction du milieu transparent constituant le cœur d'une fibre optique, on a réalisé un dispositif expérimental représenté sur la figure 1, où les récepteurs R_1 et R_2 permettent de transformer l'onde lumineuse monochromatique issue de la source laser, en tension électrique qu'on affiche sur l'écran d'un oscilloscope comme indiqué sur la figure 2.



On donne : -Sensibilité horizontale : $S_H = 0,2\mu s/div$

Sur l'étiquette du laser on lit, la longueur d'onde dans le vide : $\lambda_0 = 600nm$. Pour déterminer la vitesse d'une onde lumineuse dans une fibre optique de longueur $L = 200m$, on a réalisé le montage de la figure 1, où R_1 et R_2 des capteurs permettant de transformer le signal lumineux en signal électrique qu'on affiche sur l'écran d'un oscilloscope (Figure 1)

- 1- Déterminer le retard temporel τ enregistré entre R_1 et R_2 .
- 2- Calculer la célérité de propagation de l'onde lumineuse à l'intérieur du cœur de la fibre optique.
- 3- Déduire la valeur de l'indice de réfraction n de la matière constituant le cœur de la fibre optique.
- 4- Calculer la valeur de la longueur d'onde λ à l'intérieur du cœur de la fibre optique.
- 5- Le cœur de la fibre optique est un milieu transparent dont l'indice de réfraction varie avec la longueur de l'onde incidente selon la loi :

$$n = 1,484 + \frac{5,6 \cdot 10^{-15}}{\lambda^2}$$

On remplace la source lumineuse par une autre source monochromatique de longueur d'onde dans le vide $\lambda'_0 = 400nm$, sans aucune modification dans le dispositif expérimental précédent. Trouver la valeur du retard temporel τ' observé sur l'écran de l'oscilloscope.

Exercice 4 : Tsunami

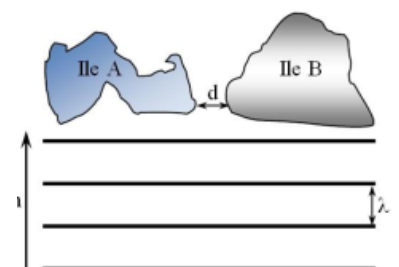
On modélise un tsunami par une onde mécanique progressive périodique, se propageant à la surface de l'eau avec une vitesse v variant avec la profondeur h de l'océan selon la relation $V = \sqrt{g \cdot h}$ dans le cas des petites profondeurs comparées à la longueur d'onde ($\lambda \gg h$) où : λ est la longueur d'onde et g l'intensité de pesanteur. $g = 10m/s^2$

On étudiera la propagation d'un tsunami dans une région de l'océan de profondeur supposée constante: $h = 6000m$.

- 1- Justifier que les ondes se propageant à la surface de l'océan sont transversales.
- 2- Calculer la vitesse de propagation des ondes dans cette région de l'océan.
- 3- Sachant que la durée séparant deux crêtes consécutives est $T = 18min$. déterminer la valeur de la longueur d'onde λ .
- 4- Dans le cas ($\lambda \gg h$), la fréquence des ondes tsunami reste constante lors de sa propagation vers la côte. Comment varie la longueur d'onde λ en s'approchant de la côte ? Justifier.

5- L'onde tsunami passe entre deux îles A et B séparées par un détroit de largeur $d = 100km$. On suppose que la profondeur de l'océan aux voisinages des deux îles reste constante, et que l'onde tsunami incidente est rectiligne de longueur d'onde $\lambda = 120km$. (Figure ci-contre)

5.1- La condition pour que l'onde soit diffractée à la traversée du détroit, est-elle réalisée. Justifier.



5.2- Dans le cas où se produit une diffraction : Donner, en justifiant, la longueur d'onde de l'onde diffractée. Calculer l'angle de diffraction θ .

Exercice 5 :

Données : La vitesse de propagation d'une onde lumineuse dans l'air est approximativement égale à sa vitesse de propagation dans le vide $c = 3,00.10^8 \text{ m/s}$.

Couleur de la radiation	Rouge(R)	Violet(V)
La longueur d'onde dans l'air en (μm)	0,768	0,434
L'indice de réfraction du verre	1,51	1,52

1 - Dispersion de la lumière :

Un faisceau parallèle de lumière blanche arrive au point I de la surface d'un demi-disque en verre, on observe sur l'écran (fig1) les sept couleurs du spectre allant du rouge (R) au violet (V).

1.1- Exprimer la longueur d'onde λ_R de la radiation rouge dans le verre en fonction de l'indice de réfraction n_R du verre et de λ_{R0} (longueur d'onde dans l'air de ce rayonnement).

1.2- L'indice de réfraction n d'un milieu transparent pour une radiation monochromatique de longueur d'onde λ_0 dans l'air est modélisé par la relation :

$$n = A + \frac{B}{\lambda_0^2}$$

dont A et B sont des constantes qui dépendent du milieu. Calculer la valeur de A et celle de B pour le verre utilisé.

2 - Diffraction de la lumière :

On réalise l'expérience de la diffraction d'une lumière monochromatique de longueur d'onde λ dans l'air émise par un dispositif laser, en utilisant une fente de largeur a comme l'indique la figure 2. On mesure la largeur d de la tache centrale pour différentes valeurs de la largeur a de la fente et on représente graphiquement $d = f(\frac{1}{a})$, on obtient alors la courbe indiquée dans la figure 3.

2.1- Trouver l'expression de d en fonction de λ , a et D .

