

Propagation d'une onde lumineuse

Niveau : 2ème Bac Sciences Physiques et Chimiques

Prof : AIT MAMA MOHAMED

Sommaire

- I. La lumière comme onde
- II. Caractéristiques des ondes lumineuses
- III. Diffraction de la lumière
- IV. Dispersion par un prisme
- V. Exercices avec solutions

1 La lumière comme onde

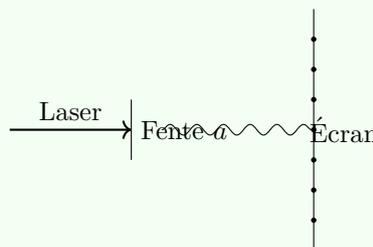
1.1 Diffraction de la lumière

Diffraction

Phénomène où une onde lumineuse change de direction lorsqu'elle traverse une petite ouverture ou rencontre un petit obstacle, sans modification de ses propriétés.

Condition : $a \approx \lambda$ (dimension de l'ouverture proche de la longueur d'onde)

Expérience



Observation : tache centrale + franges latérales

1.2 Nature ondulatoire

Onde électromagnétique

- Propagation sans milieu matériel (vide)
- Onde transversale (champs électrique et magnétique)
- Vitesse dans le vide : $c = 3,00 \times 10^8 \text{ m/s}$

2 Caractéristiques des ondes lumineuses

2.1 Monochromatique vs polychromatique

Types de lumière

- **Monochromatique** : Une seule longueur d'onde (laser)

$$v = \lambda\nu = \frac{\lambda}{T}$$

- **Polychromatique** : Multiple longueurs d'onde (lumière blanche)

2.2 Indice de réfraction

Indice de réfraction

$$n = \frac{c}{v}$$

Exemples :

- Eau : $n = 1,33$
- Verre : $n = 1,5$

2.3 Domaine spectral

Domaines lumineux

- Visible : $400 \text{ nm} < \lambda < 800 \text{ nm}$
- UV : $\lambda < 400 \text{ nm}$
- IR : $\lambda > 800 \text{ nm}$

3 Diffraction de la lumière

3.1 Expérience de diffraction

Paramètres influents

- Largeur de fente a : Plus a est petit, plus la diffraction est marquée
- Longueur d'onde λ : Plus λ est grande, plus la tache est large
- Distance écran D : Proportionnelle à la taille de la tache

3.2 Écart angulaire

Calcul de l'écart

$$\theta \approx \tan \theta = \frac{L}{2D} = \frac{\lambda}{a}$$

où :

- θ : écart angulaire (rad)
- L : largeur tache centrale (m)
- D : distance fente-écran (m)

4 Dispersion par un prisme

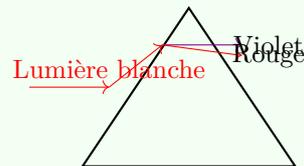
4.1 Relations du prisme

Lois du prisme

$$\begin{aligned}n_{air} \sin i &= n \sin r \\n \sin r' &= n_{air} \sin i' \\A &= r + r' \\D &= i + i' - A\end{aligned}$$

4.2 Interprétation

Dispersion



La dispersion est due à la variation de l'indice n avec λ :

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

5 Exercices avec solutions

5.1 Exercice 1

Exercice 1

Diffraction par une fente ($a = 5 \times 10^{-5} \text{ m}$, $D = 3 \text{ m}$, $L = 7,6 \text{ cm}$).

1. Nommer le phénomène.
2. Donner l'expression de θ .
3. Calculer λ .

Solution Exercice 1

1. Phénomène de **diffraction**.
2. $\theta = \frac{L}{2D}$.
3. $\theta = \frac{\lambda}{a} \Rightarrow \lambda = \frac{La}{2D} = \frac{0,076 \times 5 \times 10^{-5}}{6} \approx 633 \text{ nm}$.

5.2 Exercice 2

Exercice 2

Partie 1 : Mesure du diamètre d'un fil ($\lambda = 623,8 \text{ nm}$, $D = 3 \text{ m}$, $L = 7,5 \text{ cm}$).

1. Nommer le phénomène.
2. Exprimer et calculer a .
3. Nouvelle longueur d'onde pour $L' = 8 \text{ cm}$.

Partie 2 : Propagation dans un prisme ($n = 1,58$, $\lambda_0 = 665,4 \text{ nm}$).

4. Calculer v dans le prisme.
5. Calculer λ dans le prisme.

Solution Exercice 2**Partie 1 :**

1. Diffraction.
2. $a = \frac{2D\lambda}{L} = \frac{6 \times 623,8 \times 10^{-9}}{0,075} \approx 50 \mu m.$
3. $\lambda' = \lambda \frac{L'}{L} = 623,8 \times \frac{8}{7,5} \approx 665 nm.$

Partie 2 :

4. $v = \frac{c}{n} = \frac{3 \times 10^8}{1,58} \approx 1,9 \times 10^8 m/s.$
5. $\lambda = \frac{\lambda_0}{n} = \frac{665,4}{1,58} \approx 421 nm.$

5.3 Exercice 3**Exercice 3**

Détermination de λ_D d'un laser DVD ($D = 2,50 m$).

1. Nommer le phénomène et conclure.
2. Établir $L = \frac{2\lambda_D D}{a}$.
3. Déterminer λ_D à partir du graphique $L = f(1/a)$.
4. Calculer ν_0 .
5. Mesurer un cheveu ($L' = 20 mm$).
6. Effet d'un laser vert.

Solution Exercice 3

1. Diffraction - La lumière a un comportement ondulatoire.
2. $\theta = \frac{\lambda}{a} \approx \frac{L}{2D} \Rightarrow L = \frac{2\lambda D}{a}$.
3. Pente de la droite = $2\lambda D \Rightarrow \lambda \approx 650 nm$ (selon graphique).
4. $\nu_0 = \frac{c}{\lambda} = \frac{3 \times 10^8}{650 \times 10^{-9}} \approx 4,6 \times 10^{14} Hz.$
5. $e = \frac{2\lambda D}{L'} = \frac{2 \times 650 \times 10^{-9} \times 2,5}{0,02} \approx 163 \mu m.$
6. Pour un laser vert ($\lambda \approx 530 nm$), L serait plus petite car λ diminue.

5.4 Exercice 4**Exercice 4**

Partie 1 : Dispersion par un prisme.

1. Exprimer λ_R dans le verre.
2. Déterminer A et B pour le verre.

Partie 2 : Diffraction ($d = f(1/a)$).

3. Établir $d = \frac{2\lambda D}{a}$.
4. Déterminer λ graphiquement.

Solution Exercice 4**Partie 1 :**

1. $\lambda_R = \frac{\lambda_{0R}}{n_R}$.
2. Résolution du système pour deux couleurs :

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

Données nécessaires pour calculer A et B .

Partie 2 :

3. $d = 2\theta D = \frac{2\lambda D}{a}$.
4. Pente = $2\lambda D \Rightarrow \lambda \approx 600 \text{ nm}$ (selon graphique).

Fin de la séance - Bon travail !