

TD OE ET OPTIQUE

Exercice 1: Une onde se propage dans le vide à la vitesse de 3.10^8 m/s. S'agit-il d'une onde lumineuse ?

Exercice 2: Une onde se propage dans le vide à la vitesse de 3.10^8 m/s et dans l'eau à la vitesse de $2,25.10^8$ m/s. S'agit-il d'une onde lumineuse ? Quel est l'indice de l'eau ?

Exercice 3: On envoie un rayon lumineux de l'air vers un morceau de flint. On donne l'indice de réfraction du flint $n = 1,585$ pour une radiation de longueur d'onde $\lambda = 486$ nm. Que deviennent les quantités suivantes : fréquence, vitesse de l'onde et longueur d'onde lorsque la lumière passe de l'air au flint (on assimile l'air au vide) ?

Exercice 4: Une onde électromagnétique de fréquence ν égale à 500 000 GHz se propage dans le vide.

1) Quelles sont sa vitesse de propagation et sa longueur d'onde ? A quelle partie du spectre des ondes électromagnétiques appartient-elle et a-t-elle une couleur ?

L'onde pénètre maintenant dans un milieu d'indice de réfraction $n = 2,5$.

2) Quelles sont sa nouvelle vitesse, sa fréquence et sa longueur d'onde ? Peut-on encore lui attribuer une couleur ?

Solution 4:

1) La vitesse de propagation dans le vide est $c = 3 \cdot 10^8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$. La longueur d'onde dans le vide est donnée par $\lambda = c/v = 0,6 \cdot 10^{-6} \text{ m} = 0,6 \text{ } \mu\text{m}$. Cette onde appartient au spectre visible et est de couleur rouge.

2) Dans un milieu d'indice $n = 2,5$, la vitesse de propagation devient : $v = c/n = 1,2 \cdot 10^8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$. Cependant sa fréquence ν et donc sa couleur sont inchangées dans le milieu. Par contre, sa longueur d'onde est égale à $\lambda' = \frac{v}{\nu} = \frac{c}{\nu \cdot n} = \lambda/n = 0,24 \text{ } \mu\text{m}$.

Exercice 5:

Un rayon lumineux est constitué de la superposition de deux couleurs ou radiations, rouge et violette. Ce rayon se propage dans un verre dont les indices pour la lumière rouge et la lumière violette sont respectivement égaux à $n_r = 1,595$ et $n_v = 1,625$. Ce rayon arrive sur la surface de séparation avec l'air.

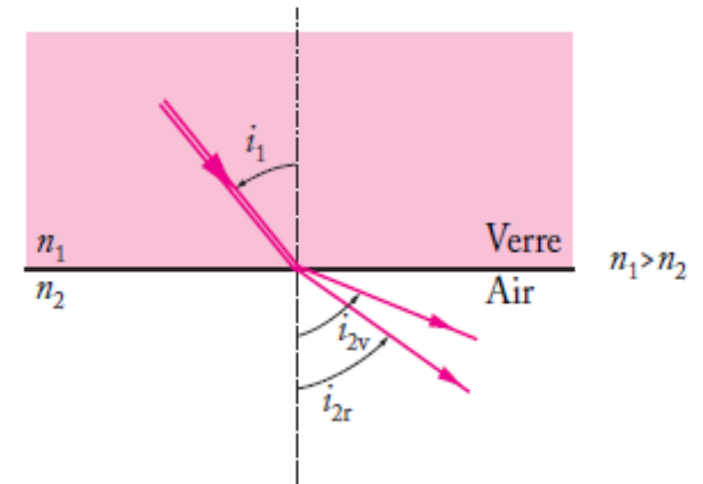
1. Calculer les angles d'incidence critique pour les lumières rouge et violette dans ce verre.
- 2.a. Quelle(s) couleur(s) observe-t-on dans l'air si le rayon arrive dans ce milieu sous un angle d'incidence $i = 35^\circ$?
- b. Même question si le rayon arrive sous un angle d'incidence $i = 38,5^\circ$.

CONSEIL : cet exercice ne présente pas de difficulté majeure ; il s'agit d'une application directe de la loi de Descartes pour la réfraction $n_1 \sin i_1 = n_2 \sin i_2$.

1. Le calcul des angles d'incidence critique s'effectue à l'aide de la loi de Descartes pour la réfraction : $n_1 \sin i_1 = n_2 \sin i_2$, avec dans le verre $n_1 = n_r$ ou n_v , et n_2 indice de l'air.

L'angle d'incidence critique i_{1c} correspond à un angle d'émergence i_2 égal à $\pi/2$, soit:
 $n_1 \sin i_{1c} = n_2$.

On a donc : $i_{1c} = \arcsin\left(\frac{n_2}{n_1}\right)$



A.N. $i_{1c}(\text{rouge}) = 38,8^\circ$ et $i_{1c}(\text{violet}) = 37,9^\circ$.

2. a. Pour un angle d'incidence égal à $i = 35^\circ$, inférieur aux deux angles critiques, les deux radiations émergent du verre et sont réfractées dans l'air. En revanche, les angles de réfraction sont différents pour les deux radiations : les radiations sont donc séparées après réfraction (figure ci-dessus).

b. Si l'angle d'incidence est égal à $38,5^\circ$ seule la radiation rouge sera réfractée. La radiation violette sera totalement réfléchie.

Exercice 5:

L'indice de réfraction d'un milieu transparent dépend de la température du milieu mais aussi de la fréquence de l'onde considérée.

Un rayon lumineux se propage dans l'air. Il arrive sur un morceau de flint (le flint est un verre à base de plomb utilisé en optique) avec un angle d'incidence de 20° avec la normale à la surface de verre.

L'indice de réfraction du flint est $n = 1,585$ pour une radiation de longueur d'onde $\lambda = 486 \text{ nm}$.

Que deviennent les quantités suivantes : fréquence, vitesse de l'onde et longueur d'onde lorsque la lumière passe de l'air au flint (on assimile l'air au vide).

Faire les applications numériques dans les milieux 1 (l'air) et 2 (le flint).

Une onde lumineuse est caractérisée par sa fréquence f : la fréquence est une grandeur invariante de l'onde. Une onde de longueur d'onde $\lambda_2 = 486 \text{ nm}$ dans le flint, dont l'indice est $n_2 = 1,585$, a une fréquence :

$$f = \frac{v_2}{\lambda_2} = \frac{c}{n_2 \lambda_2} = 3,895 \cdot 10^{14} \text{ Hz.}$$

Par définition de l'indice d'un milieu, les vitesses de l'onde dans les milieux 1 et 2 sont données par :

- dans l'air, $n_1 = 1, v_1 = \frac{c}{n_1} = 3 \cdot 10^8 \text{ m.s}^{-1}$

- dans le flint, $n_2 = 1,585, v_2 = \frac{c}{n_2} = 1,89 \cdot 10^8 \text{ m.s}^{-1}$

Dans le flint, on a $\lambda_2 = 486 \text{ nm}$. La longueur d'onde λ_1 dans l'air se déduit de la vitesse v_1 et de la fréquence f :

$$\lambda_1 = \frac{v_1}{f} = \frac{n_2}{n_1} \lambda_2 = 770 \text{ nm.}$$

En conclusion, lorsque la lumière passe d'un milieu à un autre, seule la fréquence est conservée ; sa vitesse de propagation et sa longueur d'onde sont modifiées.