

Exercice 1 : calculer l'indice de réfraction d'un milieu transparent (4 points)

Remarque : le flint est une variété de verre.

a) Dans une lentille en flint, la lumière se propage à la vitesse de $1,82 \cdot 10^8 \text{ m.s}^{-1}$.

Quel est l'indice de réfraction de ce flint ?

$$n = \frac{c}{v} = \frac{3,00}{1,82} = 1,65$$

b) Un faisceau lumineux d'angle d'incidence $i_1 = 30,0^\circ$, dans l'air, tombe sur la surface d'un liquide transparent immobile. L'angle de réfraction est $i_2 = 22,1^\circ$.

Quel est l'indice de réfraction de ce liquide ?

$$\sin i_1 = n \cdot \sin i_2 \quad \Rightarrow \quad n = \frac{\sin i_1}{\sin i_2} = \frac{\sin 30,0^\circ}{\sin 22,1^\circ} = 1,33$$

Pouvez vous en déduire sa nature ?

$n = 1,33$ correspond à l'indice de réfraction de l'eau ; le liquide est de l'eau.

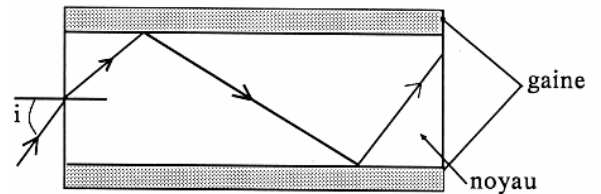
c) Pour déterminer l'indice de réfraction d'un milieu transparent inconnu, on fait passer un rayon lumineux de ce milieu dans l'air. On constate que l'angle limite est alors égal à 40° .

Quel est l'indice de ce milieu inconnu ?

$$n \cdot \sin 40^\circ = 1 \quad \Rightarrow \quad n = \frac{1}{\sin 40^\circ} = 1,6$$

Exercice 2 : fibre optique (5 points)

Un rayon lumineux se propage dans une fibre optique formée d'un noyau cylindrique en substance transparente d'indice $n_1 = 1,6$ entouré d'une gaine dont l'indice est $n_2 = 1,5$.



a) Calculez la valeur limite de l'angle i à partir de laquelle se produit la réflexion totale dans la fibre.

Calcul de l'angle limite d'incidence i'_c dans le noyau (pour le dioptré noyau/gaine), à partir duquel il y a réflexion totale :

$$n_1 \cdot \sin i'_c = n_2 \cdot \sin 90^\circ = n_2$$

$$i'_c = \sin^{-1}\left(\frac{n_2}{n_1}\right) = \sin^{-1}\left(\frac{1,5}{1,6}\right) = 70^\circ$$

Angle de réfraction r dans le noyau (pour le dioptré air/noyau) :

$$r = 90 - 70 = 20^\circ$$

Calcul de la valeur limite, i_L , de l'angle i :

$$n_{\text{air}} \cdot \sin i_L = n_1 \cdot \sin r$$

$$i_L = \sin^{-1}(n_1 \cdot \sin r) = \sin^{-1}(1,6 \cdot \sin 20^\circ) = 33^\circ$$

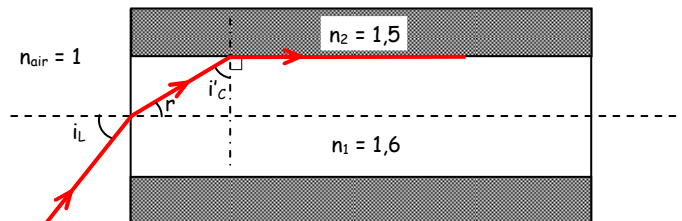
b) Que se passe t-il si l'angle d'incidence est :

- supérieur à cette valeur ?

Si $i > 33^\circ \Rightarrow r > 20^\circ \Rightarrow i' < 70^\circ \Rightarrow$ il n'y a pas réflexion totale, le rayon lumineux passe à travers la gaine.

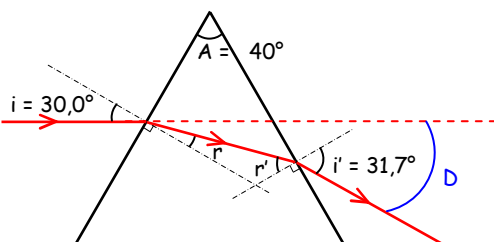
- inférieur à cette valeur ?

Si $i < 33^\circ \Rightarrow$ il y a réflexion totale, le rayon lumineux se propage dans le noyau de la fibre.

**Exercice 3 : déviation d'un rayon lumineux à la traversée d'un prisme (2 points)**

Un prisme d'angle au sommet $A = 40,0^\circ$ reçoit un rayon lumineux sous une incidence de $30,0^\circ$. L'angle d'émergence du rayon est de $31,7^\circ$.

Calculez la déviation de ce rayon à la sortie du prisme.



Formule du prisme :

$$D = (i + i') - A = 30,0 + 31,7 - 40,0 = 21,7^\circ$$

Exercice 4 : déviation dans un prisme (5 points)

Un prisme a pour angle au sommet $A = 30^\circ$. Un pinceau de lumière monochromatique tombe sur la première face du prisme sous une incidence nulle.

L'indice du verre pour cette longueur d'onde est égal à 1,63.

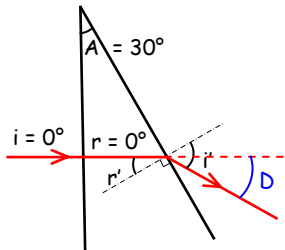
a) Que signifie lumière monochromatique et quel est l'intérêt d'utiliser une telle lumière dans ce cas ?

Monochromatique : une seule couleur, c'est-à-dire une seule longueur d'onde.

Intérêt : pas de dispersion

b) Calculez les angles r , r' puis l'angle d'émergence i' du pinceau lumineux.

c) Calculez la déviation subie par ce pinceau à la traversée du prisme.



b) Comme $i = 0^\circ$, alors $r = 0^\circ$.

Formule du prisme : $A = r + r' \Rightarrow r' = A - r = A - 0 = 30^\circ$

$n \cdot \sin r' = \sin i' \Rightarrow i' = \sin^{-1}(n \cdot \sin r') = \sin^{-1}(1,63 \cdot \sin 30^\circ) = 55^\circ$

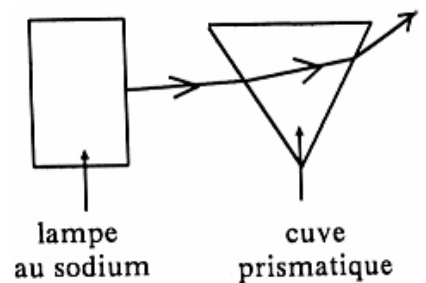
c) Formule du prisme :

$D = (i + i') - A = 55 - 30 = 25^\circ$

Exercice 5 : indice de réfraction (4 points)

Pour mesurer l'indice de réfraction d'un liquide, on utilise une cuve de forme prismatique que l'on remplit avec le liquide à étudier (voir figure). On envoie alors sur la première face de ce prisme un faisceau cylindrique de lumière monochromatique (lampe au sodium). On mesure la déviation D subie par le faisceau à la traversée du prisme.

On admettra que les parois de la cuve ne modifient pas la marche des rayons lumineux. L'angle au sommet du prisme mesure $45,0^\circ$.



a) On remplit la cuve avec de l'éther et on constate que pour une incidence nulle, la déviation D est de $27,7^\circ$.

Calculez l'angle d'émergence i' du faisceau à la sortie du prisme.

Formule du prisme :

$D = (i + i') - A \Rightarrow i' = D + A - i = 27,7 + 45 - 0 = 72,7^\circ$

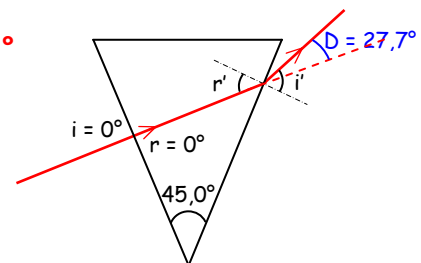
En déduire l'indice de réfraction de l'éther (n_E).

D'après une autre formule du prisme :

$A = r + r' \Rightarrow r' = A - r = A - 0 = 45,0^\circ$

Or d'après la 2^{ème} loi de Descartes : $n_E \cdot \sin r' = \sin i'$

D'où : $n_E = \frac{\sin i'}{\sin r'} = \frac{\sin 72,7^\circ}{\sin 45,0^\circ} = 1,35$



Quelle est la valeur de la déviation minimale ? (voir relation $n = f(A, D_m)$ dans le TP2 ou dans les exercices sur le prisme).

$$n = \frac{\sin \frac{D_m + A}{2}}{\sin \frac{A}{2}} \Rightarrow n \cdot \sin \frac{A}{2} = \sin \frac{D_m + A}{2} \Rightarrow \frac{D_m + A}{2} = \sin^{-1} \left(n \cdot \sin \frac{A}{2} \right)$$

$$D_m = 2 \left[\sin^{-1} \left(n \cdot \sin \frac{A}{2} \right) \right] - A = 2 \left[\sin^{-1} \left(1,35 \cdot \sin \frac{45,0}{2} \right) \right] - 45,0 = 17,2^\circ$$

b) On remplit la cuve avec du toluène et on constate que la déviation minimale est de $24,8^\circ$.

Quelle est la valeur de l'indice de réfraction du toluène (n_T) ?

$$n_T = \frac{\sin \frac{D_m + A}{2}}{\sin \frac{A}{2}} = \frac{\sin \frac{24,8 + 45,0}{2}}{\sin \frac{45,0}{2}} = 1,50$$