TD 01 Ondes lumineuse et fondements de l'optique géométrique

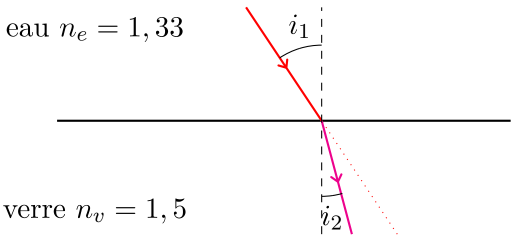
Lycée Louis Thuillier - Physique-Chimie - PCSIB

Les grands classiques

Exercice 1 - Dioptre air-eau :

Attention ! sur un schéma, on ne demande pas de représenter exactement les angles **mais** il faut faire apparaître clairement lequel est le plus grand !!

Passage eau→verre

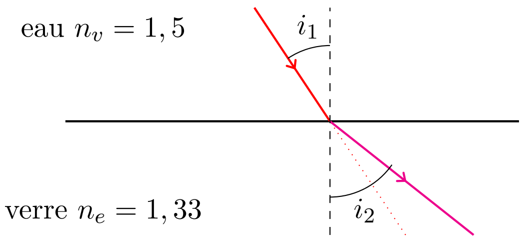


Ici on passe de $n_e \to n_v > n_e$ donc $i_1 > i_2$. Les lois de Snell-Descartes donnent :

$$\sin i_2 = \frac{n_e}{n_v} \sin i_1$$

A.N. $i_2 = 53°$

Passage eau→verre



Ici on passe de $n_v \to n_e < n_v$ donc $i_1 < i_2$. les lois de Snell-Descartes donnent :

$$\sin i_2 = \frac{n_v}{n_e} \sin i_1$$

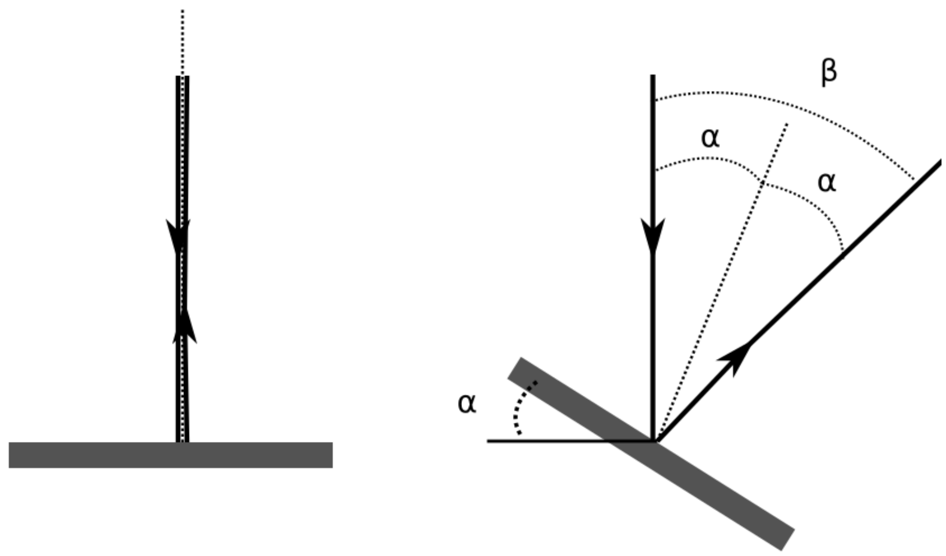
Si on fait le calcul, on trouve une erreur ! En effet, on passe dans un milieu moins réfringeant, il peut se produire une réflexion totale si :

$$i > i_{\max} = \sin^{-1}\left(\frac{n_e}{n_v}\right) = 62°$$

c'est le cas ici : il n'y a pas de rayon réfracté. Toute la lumière est réfléchie.

Exercice 2 - Rotation d'un miroir plan :

Attention ! ON FAIT UN SCHEMA !!!!



Si on penche le miroir d'un angle α alors l'angle d'incidence d'un rayon vertical est également α.
Les lois de la réflexion assure que l'angle de réflexion est le même que celui d'incidence, soit α. L'angle de déviation β par rapport au cas d'incidence normale est donc $\beta = 2\alpha$.

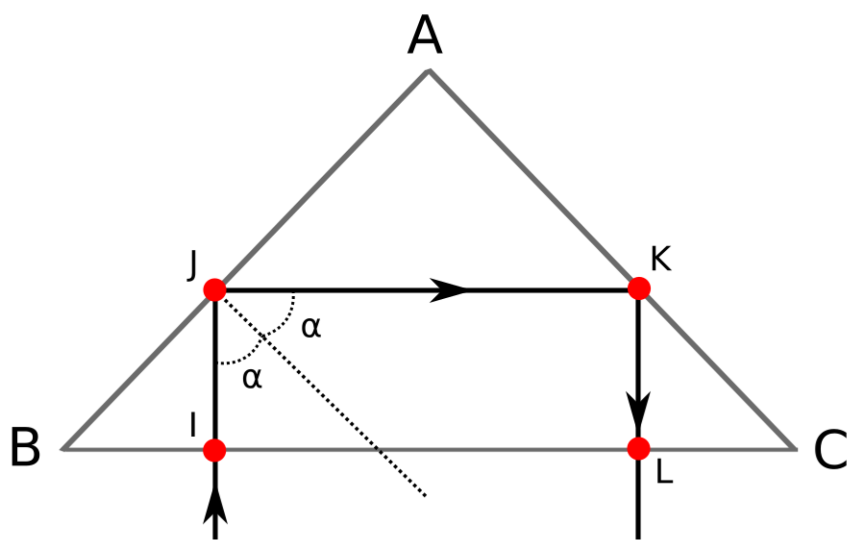
Exercice 3 - Prisme à réflexion totale :

1. Le rayon lumineux passe à travers 4 dioptres, notés I, J, K et L. il convient d'étudier ce qui se passe à chacun d'entre eux.
   - dioptre en I : le rayon arrive avec une incidence normale : il n'est pas dévié.

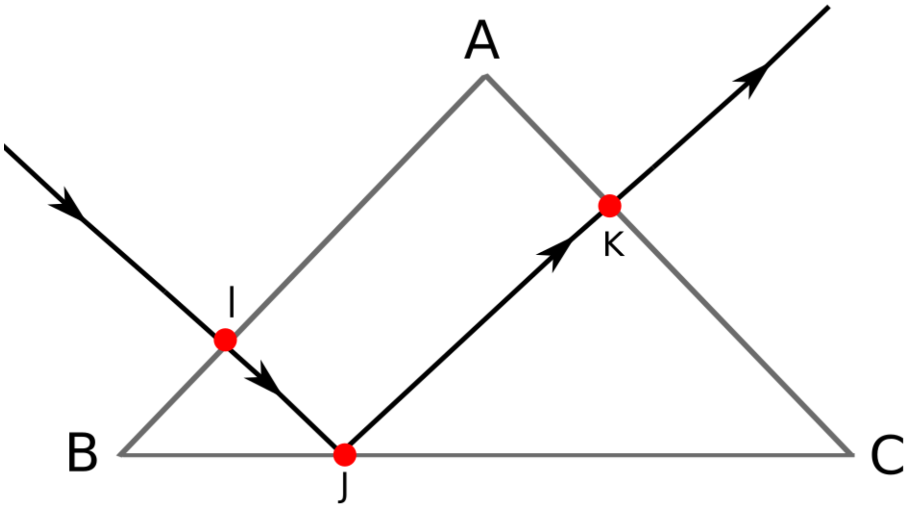
   - dioptre en J : **Attention !** passage plus réfringeant $\rightarrow$ moins réfringeant $\Rightarrow$ réflexion totale possible.
     angle d'incidence limite : $i_{\max} = \sin^{-1}(n_a/n_v) = 42°$. Or par construciton géométrique, l'angle d'incidence est de $\alpha = 45°$: il n'y a donc pas de rayon réfracté ($\sim$rien ne ressort du prisme en J). Toute la lumière est réfléchie.

   - dioptre K et L : on peut se convaincre par symétrie que tout se passe de la même façon qu'en I et J.

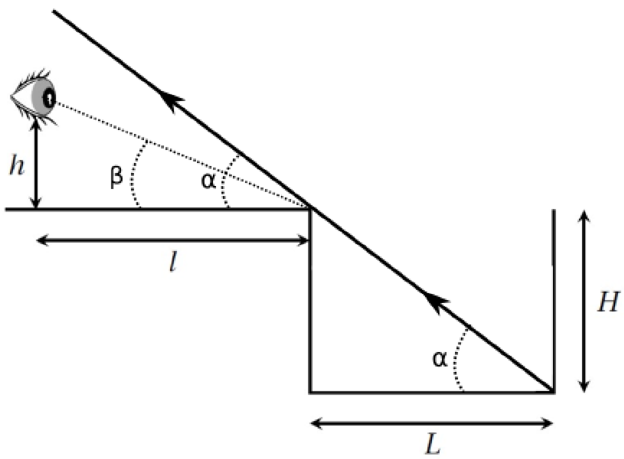
   On a alors le trajet suivant :

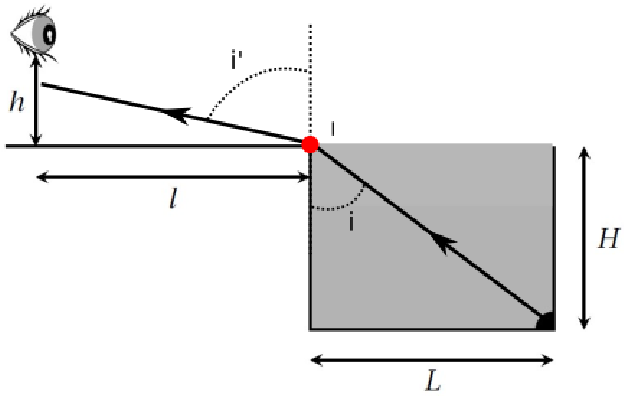


2. On retrouve une configuration proche. Avec un raisonement similaire on retrouve la trajectoire suivante (incidence normale en I et K, réflexion totale en J) :



Exercice 4 - Ampoule au fond d'une piscine :





1. *cf schéma*
2. *cf schéma*
3. Quand la piscine est vide, il n'y a pas de passage de dioptre, le rayon lumineux n'est jamais dévié. L'angle β qu'il forme avec la verticale se conserve. On peut estimer les deux angles :

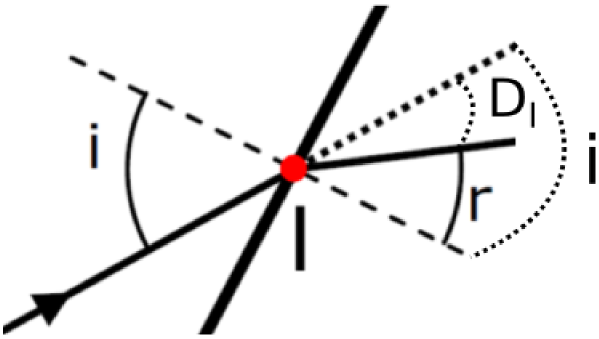
$$\tan\alpha = \frac{H}{L} \rightarrow \alpha = 45° \quad \text{et} \quad \tan\beta = \frac{h}{l} \rightarrow \beta = 27°$$

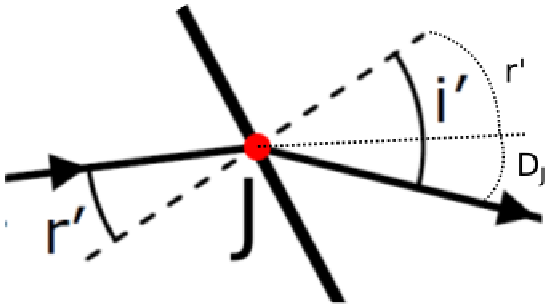
   on remarque que $\beta < \alpha$: le rayon passe au dessus de la tête de l'observateur.
4. Dans le cas où il y a déviation, l'angle que forme le rayon avec l'horizontale change au passage du dioptre. On cherche à vérifier alors si $\alpha = 90 - i' < \beta$.
   A l'aide des lois de Snell-Descartes on a : $\sin i' = \frac{n_v}{n_a}\sin i$. (**Attention !** réflexion totale possible !!).
   Pour trouver i, on remarque que $i + \alpha = 90°$ donc $i = 45°$. Finalement $i' = 70°$ soit $\alpha = 20°$. Des rayons arriveront bien dans l'œil de l'observateur

Exercice 5 - Le prisme :

1. Dans le triangle AIJ :
$$\alpha + (\pi/2 - r) + (\pi/2 - r') = \pi \;\Rightarrow\; \alpha = r + r'$$

2. D est la déviation totale du rayon : il est égal donc à la somme des déviations en I et J. $D = D_I + D_J$.
Attention ! Sans un **schéma** propre des angles de déviation, c'est impossible de répondre à cette question !





On a : $D_I = i - r$ et $D_J = i' - r'$. Soit $D = i - r + i' - r' = i + i' - \alpha$

3. ▷ Aucun rayon ne ressort ⇒ pas de rayon réfracté ⇒ réflexion totale en J !! Rien ne ressort si $r' > r'_{\text{max}} = \sin^{-1}(n_a/n) = \sin^{-1}(1/n)$.
▷ Comme $\alpha = r + r'$ donc rien ne ressort si $r' = \alpha - r > \sin^{-1}\frac{1}{n}$ soit si $\alpha > \sin^{-1}\frac{1}{n} + r$.
▷ La valeur de r est fixée par celle de i : $\sin r = \frac{1}{n}\sin i$. Au maximum, $i = \pi/2$ et donc r est toujours inférieur à $\sin^{-1}\frac{1}{n}$.

Finalement rien ne sort si $\alpha > 2\sin^{-1}\frac{1}{n}$

4. **Attention !** $x = \alpha + \beta$ implique deux **deux** DEUX **DEUX** équations aux dimensions $[x] = [\alpha]$ et $[x] = [\beta]$ et on n'écrit jamais **jamais** JAMAIS **JAMAIIIIIIIIS** $[x] = [\alpha] + [\beta]$! ! ! ! ! !

$[A] = 1$ et $[B] = [\lambda]^2 = L^2$.

5. On sait que $\lambda_{\text{rouge}}(\sim 800\text{nm}) > \lambda_{\text{vert}}(\sim 500\text{nm})$ et donc $n_{\text{rouge}} < n_{\text{vert}}$. Par conséquent la lumière rouge arrive dans un milieu moins réfringeant que la lumière verte : les rayons rouges sont à chaque fois moins déviés que les rayons verts.

6. Au minimum de déviation $r = r'$ et donc, comme $\alpha = r + r'$ alors $r = \alpha/2$. Par symétrie (ou par retour inverse de la lumière), on peut se convaincre aisément que dans cette configuration $i = i'$. On a alors :
$$D_{min} = i + i' - \alpha = 2i_{min} - \alpha \quad \text{et donc} \quad i_{min} = \frac{D_{min} + \alpha}{2}$$
A l'aide d'une loi de Snell-Descarte, on a :
$$1 \times \sin i_{min} = n \sin r \;\Rightarrow\; \sin\left(\frac{D_{min} + \alpha}{2}\right) = n \sin \alpha/2 \;\Rightarrow\; n = \frac{\sin\left(\frac{D_{min} + \alpha}{2}\right)}{\sin \alpha/2}$$