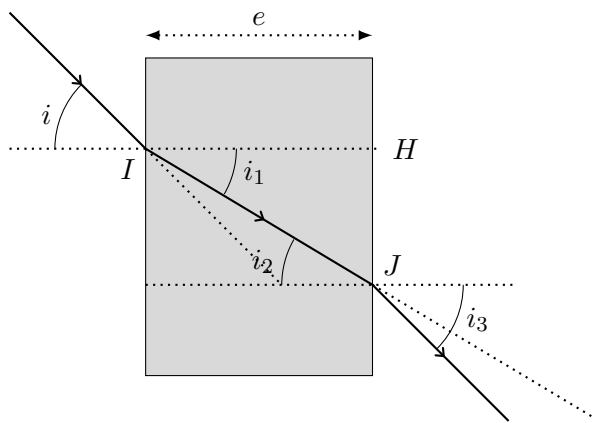


Les grands classiques

Exercice 1 - Déviation d'un rayon par une lame de verre :

1.



2. Appliquons les lois de Snell-Descartes aux deux points I et J

▷ Snell au point I : $n_a \sin i = n_v \sin i_1$

▷ Snell au point J : $n_v \sin i_2 = n_a \sin i_3$

Par angle alterne-interne $i_1 = i_2$. Donc

$$n_a \sin i = n_v \sin i_1 = n_v \sin i_2 = n_v \frac{n_a}{n_v} \sin i_3 = n_a \sin i_3$$

Finalement $i = i_3$ et donc les deux rayons sont bien parallèles.

3. Dans le triangle $H I J$, $\tan i_1 = \frac{HJ}{e}$ donc $HJ = e \tan i_1 = e \frac{\sin i_1}{\sqrt{1 - \sin^2 i_1}} = e \frac{\frac{n_a}{n_v} \sin i}{\sqrt{1 - \left(\frac{n_a}{n_v} \sin i\right)^2}}$

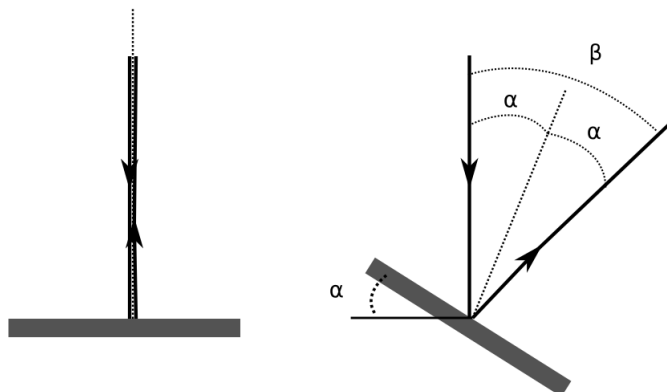
On a : $HJ = e \frac{n_a \sin i}{\sqrt{n_v^2 - n_a^2 \sin^2 i}}$.

4. Au niveau du point J , il peut avoir réflexion totale si $\sin i_2 > n_a/n_v$. Or $\sin i_2 = \sin i_1 = \frac{n_a}{n_v} \sin i$.

Il faut donc que $\frac{n_a}{n_v} \sin i > \frac{n_a}{n_v}$ donc que $\sin i > 1$, ce qui n'est pas possible. Il y aura toujours un rayon réfracté.

Exercice 2 - Rotation d'un miroir plan :

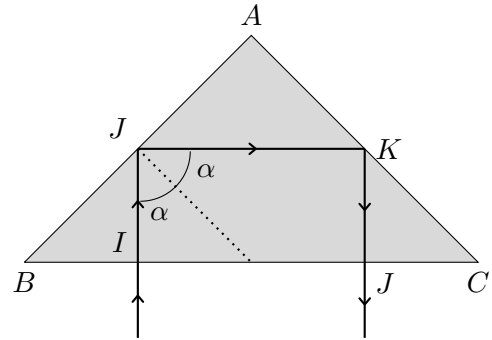
Si on penche le miroir d'un angle α alors l'angle d'incidence d'un rayon vertical est également α . Les lois de la réflexion assure que l'angle de réflexion est le même que celui d'incidence, soit α . L'angle de déviation β par rapport au cas d'incidence normale est donc $\beta = 2\alpha$.



Exercice 3 - Prisme à réflexion totale :

1. Le rayon lumineux passe à travers 4 dioptries, notés I , J , K et L . il convient d'étudier ce qui se passe à chacun d'entre eux.

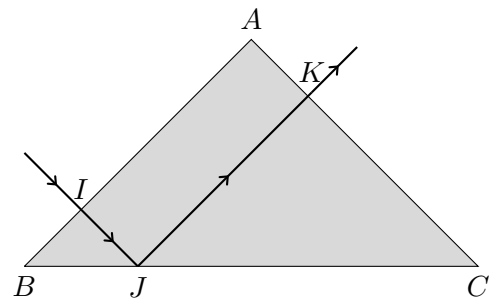
- ▷ dioptré en I : le rayon arrive avec une incidence normale : il n'est pas dévié.
- ▷ dioptré en J : 💣💣💣 **Attention !** passage plus réfringent $\rightarrow$ moins réfringent $\Rightarrow$ réflexion totale possible.



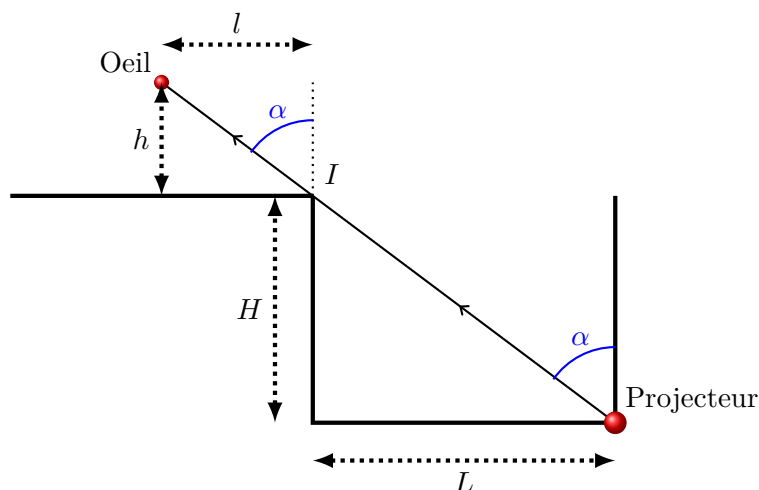
angle d'incidence limite : $i_{\max} = \sin^{-1}(n_a/n_v) = 42^\circ$. Or par construction géométrique, l'angle d'incidence est de $\alpha = 45^\circ$: il n'y a donc pas de rayon réfracté ($\sim$ rien ne ressort du prisme en J). Toute la lumière est réfléchi.

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

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

**Exercice 4 - Ampoule au fond d'une piscine :**

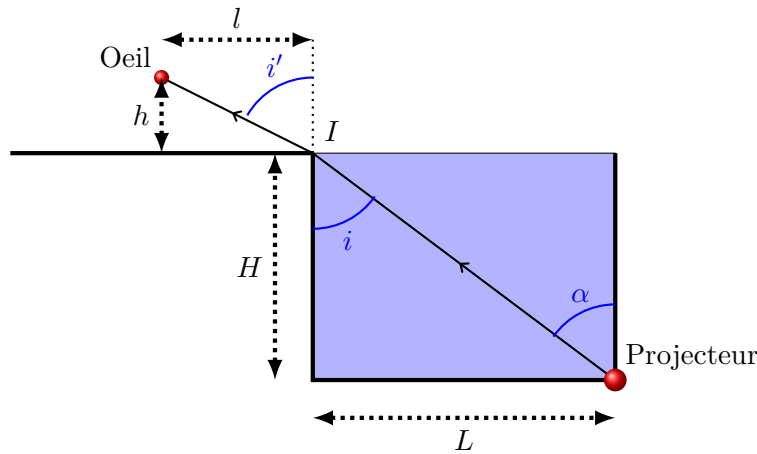
- 1.



2. Quand la piscine est vide, il n'y a pas de passage de dioptré, le rayon lumineux n'est jamais dévié. L'angle α peut alors s'exprimer comme :

$$\tan \alpha = \frac{H}{L} = \frac{h}{l} \Rightarrow l = \frac{h}{H} L$$

- 3.



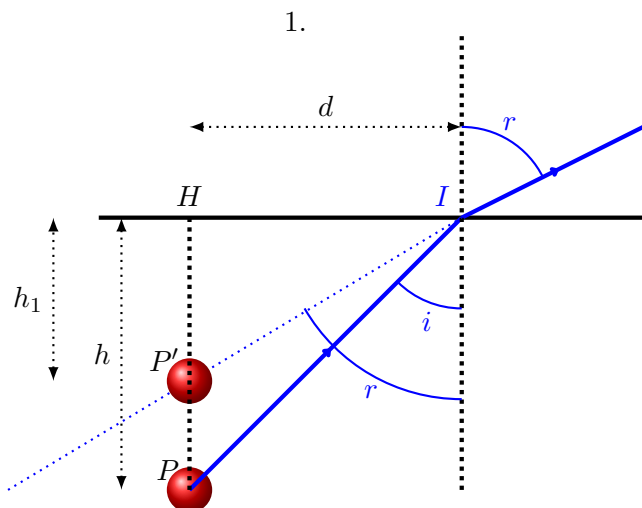
Dans le cas où il y a déviation, l'angle que forme le rayon avec l'horizontale change au passage du dioptré.

A l'aide des lois de Snell-Descartes on a : $\sin i' = \frac{n_v}{n_a} \sin i$.

On a $i + \alpha = 90^\circ$ donc $i = 45^\circ$. Finalement $i' = 70^\circ$. L'angle α avec l'horizontale est $\alpha = 90 - i' = 20^\circ$.

Finalement $\tan \alpha = h/l$ et donc $l = h/\tan \alpha$.

Exercice 5 - Un poisson dans l'eau :



2. $\triangleright$ Dans le triangle PHI on a $\sin i = \frac{d}{IP} =$

$$\frac{d}{\sqrt{d^2 + h^2}}$$

$\triangleright$ Dans le triangle $P'HI$ on a $\sin r = \frac{d}{IP'} =$

$$\frac{d}{\sqrt{d^2 + h_1^2}}$$

3. Avec la seconde on trouve $h_1^2 = d^2 \frac{1 - \sin^2(r)}{\sin^2(r)}$. On trouve d avec la seconde équation : $d^2 = \frac{h^2 \sin^2(i)}{1 - \sin^2(i)}$.

$$h_1^2 = \frac{h^2 \sin^2(i)}{1 - \sin^2(i)} \frac{1 - \sin^2(r)}{\sin^2(r)}$$

Loi de Snell-Descartes en I : $n_e \sin i = \sin r$ donc on remplace $\sin i$ et on a :

$$h_1^2 = \frac{h^2}{n_e^2} \frac{1 - \sin^2(r)}{1 - \sin^2(r)/n_e^2} \Rightarrow h_1 = \frac{h}{n_e} \sqrt{\frac{1 - \sin^2(r)}{1 - (\sin(r)/n_e)^2}}$$

4. Sortez vos calculatrice

Exercice 6 - Etude d'un réfractomètre :

On considère qu'il y a d'une réflexion totale sur le dioptré $N \rightarrow n$.

1. On note i' l'angle de réfraction au niveau de l'entrée du cylindre. Si on se place à la réflexion totale : $\sin r = \frac{n}{N}$. Comme $i' = \pi/2 - r'$ on trouve avec les lois de Snell-Descartes :

$$\sin i = N \sin i' = N \sin(\pi/2 - r') = N \cos r' = N \sqrt{1 - \sin^2 r'} = N \sqrt{1 - \frac{n^2}{N^2}}$$

2. On se place à l'angle i à partir duquel on n'observe plus de réflexion totale. L'expression précédente est alors vérifiée, on remonte alors à la valeur de n :

$$n^2 = N^2 - \sin^2 i$$

On ne peut pas mesurer toutes les valeurs d'indice optique car le dispositif se base sur la réflexion totale au niveau du dioptré n/N . On pour cela se produise, il faut que $n < N$. On ne peut donc pas mesurer des indices optiques n supérieurs à N .

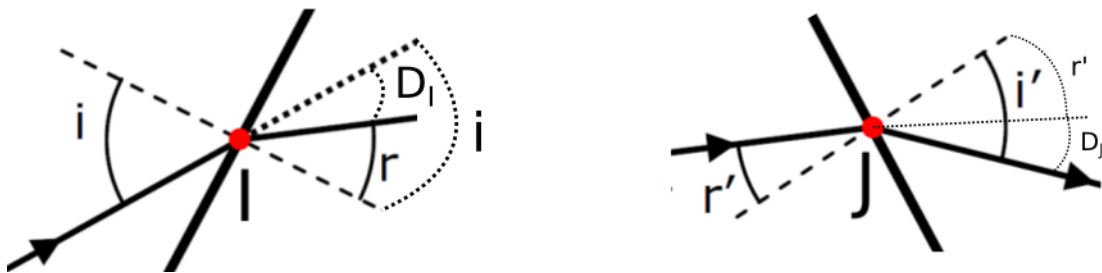
Exercice 7 - Le prisme :

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. $\triangleright$ Aucun rayon ne ressort $\Rightarrow$ pas de rayon réfracté $\Rightarrow$ réflexion totale en J !! Rien ne ressort si $r' > r'_{\max} = \sin^{-1}(n_a/n) = \sin^{-1}(1/n)$.
 $\triangleright$ Comme $\alpha = r + r'$ donc rien ne ressort si $r' = \alpha - r > \sin^{-1} \frac{1}{n}$ soit si $\alpha > \sin^{-1} \frac{1}{n} + r$.
 $\triangleright$ 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 JAMAIIIIIIIS** $[x] = [\alpha] + [\beta]$!!!!!!

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

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 réfringent 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 :

$$D_{\min} = i + i' - \alpha = 2i_{\min} - \alpha \text{ et donc } i_{\min} = \frac{D_{\min} + \alpha}{2}$$

A l'aide d'une loi de Snell-Descarte, on a :

$$1 \times \sin i_{\min} = n \sin r \Rightarrow \sin \left(\frac{D_{\min} + \alpha}{2} \right) = n \sin \alpha/2 \Rightarrow n = \frac{\sin \left(\frac{D_{\min} + \alpha}{2} \right)}{\sin \alpha/2}$$