Exercice 1

$n_{air} \cdot \sin(\alpha_{air}) = n_{eau} \cdot \sin(\alpha_{eau})$, n_{eau} = l'indice de réfraction de l'eau = 1,33.

$1{,}00 \cdot \sin(73\,°) = 1{,}33 \cdot \sin(\alpha_{eau})$, donc l'angle de réfraction vaut : $\alpha_{eau} = \arcsin\left(\frac{\sin(73\,°)}{1{,}33}\right) = 46\,°$.

Exercice 2

$n_{air} \cdot \sin(\alpha_1) = n_{diamant} \cdot \sin(\alpha_2)$

$1{,}00 \cdot \sin(68{,}0\,°) = n_{diamant} \cdot \sin(22{,}6\,°)$, donc l'indice de réfraction du diamant vaut :

$n_{diamant} = \frac{\sin(68{,}0\,°)}{\sin(22{,}6\,°)} = 2{,}41$, qui correspond à ce que l'on trouve dans la table CRM.

Exercice 3

On trouve dans la table CRM que l'indice de réfraction du plexiglas vaut $n_{plexiglas} = 1{,}49$. On en déduit la vitesse de la lumière dans le plexiglas : V = $\frac{c}{n_{plexiglas}} = \frac{3{,}00 \cdot 10^8\,[m/s]}{1{,}49} = 2{,}01 \cdot 10^8 \left[\frac{m}{s}\right]$.

Exercice 4

a. $n_{plexiglas} \cdot \sin(\beta_{plexi}) = n_{air} \cdot \sin(\beta_{air})$

$1{,}49 \cdot \sin(40\,°) = 1{,}00 \cdot \sin(\beta_{air})$

$\beta_{air} = \arcsin(1{,}49 \cdot \sin(40\,°)) = 73\,°$

b. Voir croquis

c. $90° - 40° = 50°$

$180° - (50° + 70°) = 60°$

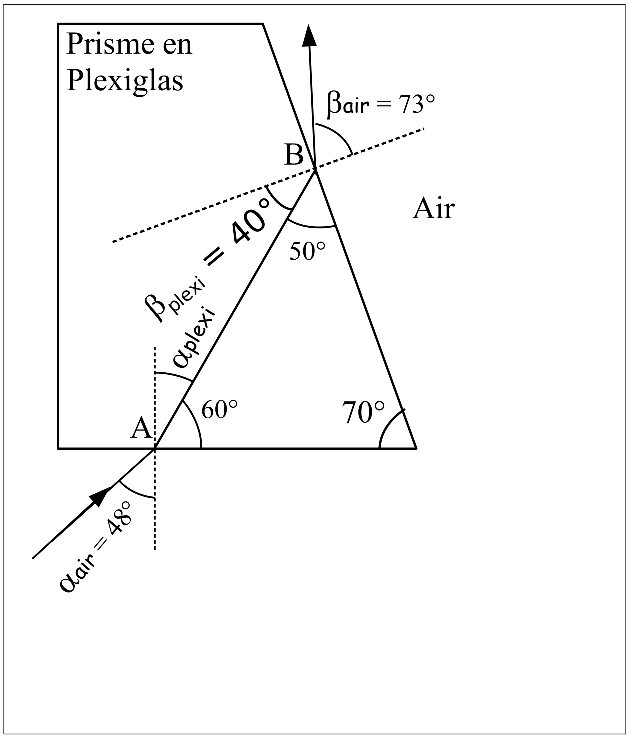
$\alpha_{plexi} = 90° - 60° = 30°$

$n_{plexiglas} \cdot \sin(\alpha_{plexi}) = n_{air} \cdot \sin(\alpha_{air})$

$1{,}49 \cdot \sin(30\,°) = 1{,}00 \cdot \sin(\alpha_{air})$

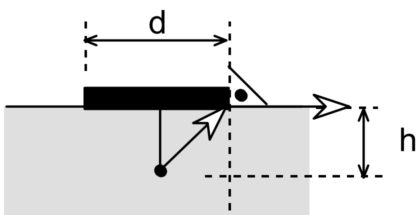
$1{,}00 \sin(\alpha_1) = 1{,}49 \sin(30°)$

$\alpha_{air} = \arcsin(1{,}49 \cdot \sin 30°) = 48°$



Exercice 5

Si le rayon lumineux partant de la tête de l'épingle "sort" dans l'air avec un angle de réfraction α_{air} de 90° alors il n'est pas visible de l'extérieur et α_{eau} est l'angle limite de réflexion totale.



$n_{eau} \cdot \sin(\alpha_{eau}) = n_{air} \cdot \sin(\alpha_{air})$

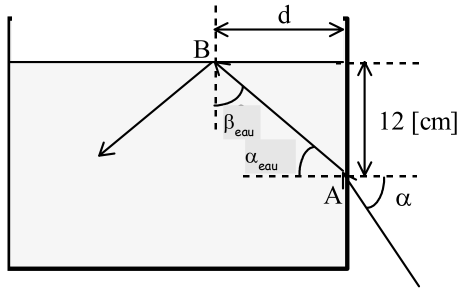
$1{,}33 \cdot \sin(\alpha_{eau}) = 1{,}00 \cdot \sin(90\,°)$

$\alpha_{eau} = \arcsin(1{,}00/1{,}33) = 48{,}8\,°$

La trigonométrie permet de calculer la **longueur (maximale) h** de l'épingle pour qu'elle reste invisible pour une personne se trouvant au-dessus de la surface de l'eau.

$\tan(\alpha_{eau}) = \frac{d/2}{h}$, donc $h = \frac{4{,}0\,[cm]}{\tan(48{,}8)} = 3{,}5\,[cm]$.

Exercice 6



b. En B, on a : $n_{eau} \cdot \sin(\beta_{eau}) = n_{air} \cdot \sin(90°)$

Donc $\beta_{eau} = \arcsin(1/n_{eau}) = 48{,}8°$

C'est **l'angle limite de réflexion totale dans l'eau**.

c. $\beta_{eau} + \alpha_{eau} + 90° = 180°$, donc $\alpha_{eau} = 90° - 48{,}8° = 41{,}2°$

En A, on a : $n_{eau} \cdot \sin(\alpha_{eau}) = n_{air} \cdot \sin(\alpha_{air})$

$\alpha_{air} = \arcsin(n_{eau} \cdot \sin(\alpha_{eau}))$

$\alpha_{air} = \arcsin(1{,}33 \cdot \sin(41{,}2°)) = 61{,}2°$

C'est l'angle limite pour avoir réflexion totale en B.

d. Si l'angle α augmente, l'angle α_{eau} augmente aussi, donc l'angle β_{eau} diminue et il n'y a plus réflexion totale en B.

Vérifiez que si on remplaçait l'eau par du verre, le α limite de l'air serait de 90° et qu'il y aurait toujours réflexion totale en B !

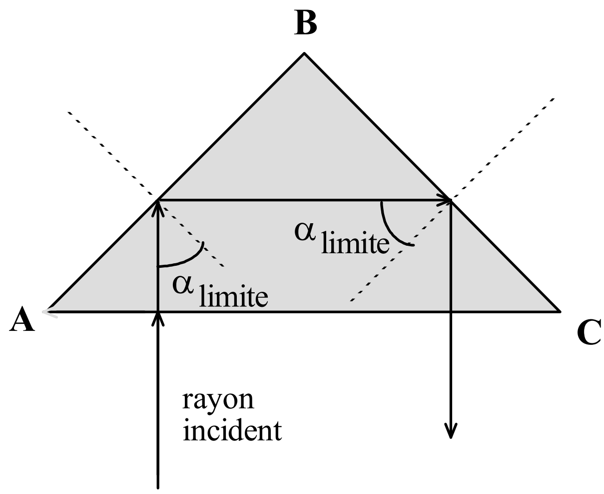
Exercice 7

Il n'y a pas de déviation du rayon sur la face AC.
Sur la face AB le rayon ne peut ressortir si l'angle d'incidence est égale ou supérieur à l'angle limite de réflexion totale (idem sur la face BC).
La condition de réflexion totale est :

$n_{matière} \cdot \sin(45°) \geq n_{air} \cdot \sin(90°)$.

$n_{matière} \geq \dfrac{1}{\sin(45°)} = 1{,}41$

Dès que l'indice de réfraction du prisme est supérieur à 1,41, le rayon incident sera réfléchi.
Cela s'utilise généralement dans les jumelles, avec des prismes en verre ou en plexiglas.



Exercice 8

sin (α₁ – α₂) = d / AB et

cos(α₂) = e / AB.

On isole d et élimine AB, pour obtenir :

$d = e \cdot \dfrac{\sin(\alpha_1 - \alpha_2)}{\cos(\alpha_2)}$

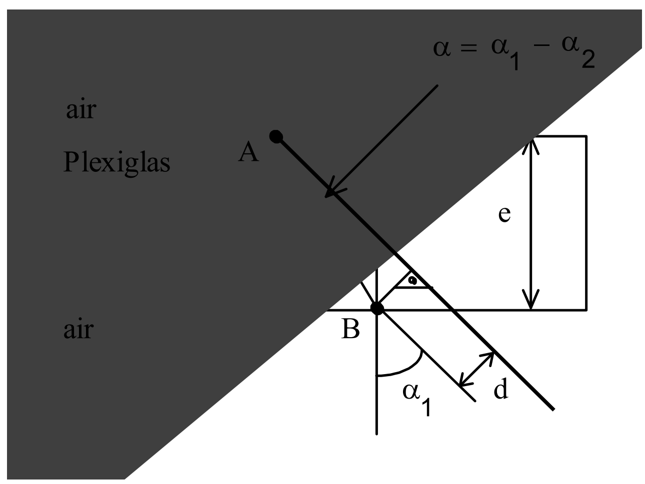
Application numérique :

$n_{air} \cdot \sin(\alpha_{air}) = n_{plexiglas} \cdot \sin(\alpha_{plexi})$

$n_{plexiglas} = 1{,}49$

$\alpha_{air} = \alpha_1 = 58° \rightarrow \alpha_2 = \alpha_{plexi} = 34{,}7°$

e = 50 [mm], donc

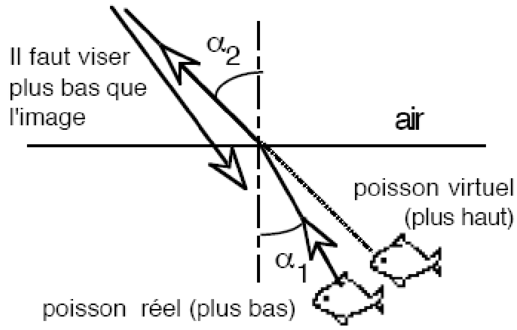


$$d = e \cdot \frac{\sin(\alpha_1 - \alpha_2)}{\cos(\alpha_2)} = 50[mm] \cdot \frac{\sin(58° - 34{,}7°)}{\cos(34{,}7°)} = 24\ [mm] .$$

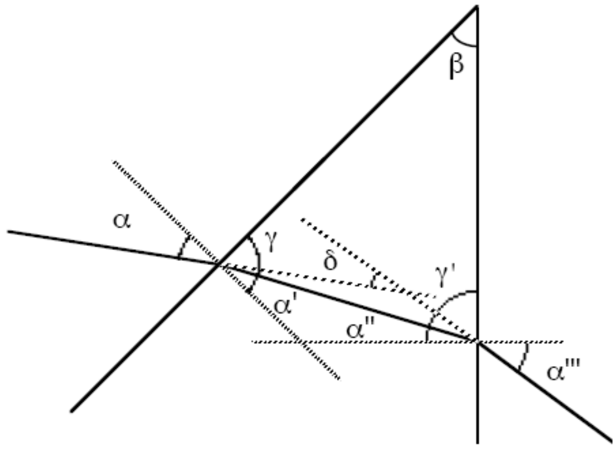
Suppléments...

Exercice 9

Il faut viser en dessous de l'image du poisson.
Le schéma montre que l'image du poisson est au-dessus de la position réelle du poisson.



Exercice 10



$n_1 \sin\alpha = n_2 \sin\alpha'$

$1{,}00 \sin 36° = 1{,}52 \sin\alpha'$

$\alpha' = 22{,}75°$

$\alpha' + \gamma = 90°$ -> $\gamma = 90 - \alpha' = 67{,}25°$

$\gamma + \beta + \gamma' = 180°$ ->

$\gamma' = 180 - 45° - 66{,}9° = 68{,}1°$

$\alpha'' + \gamma' = 90°$ -> $\alpha'' = 90 - \gamma' = 22{,}25°$

$n_2 \sin\alpha'' = n_1 \sin\alpha'$

$1{,}52 \sin 21{,}9° = 1{,}00 \sin\alpha'''$ -> $\alpha''' = 35{,}14°$

$\delta = (\alpha - \alpha') + (\alpha''' - \alpha'') =$

La déviation angulaire δ vaut :

$\boldsymbol{\delta} = (36° - 22{,}75°) + (35{,}14° - 22{,}25°) = \mathbf{26°}$

Remarque : méthode plus simple pour trouver α''

$\alpha' + \alpha'' = \beta' \rightarrow \alpha'' = 45° - 22{,}75° = 22{,}25°$

Exercice 11

a) $\beta = 60°$

$n_1 \sin\beta = n_2 \sin\gamma$

$1{,}00 \sin 60° = 1{,}50 \sin\gamma$

$\gamma = 35{,}3°$ -> $\delta = 54{,}7°$

($\delta > 41{,}8°$ l'angle limite : réflexion totale)

$\delta' = \delta$ (réflexion) -> $\gamma' = \gamma$ -> $\boldsymbol{\beta'} = \beta = \mathbf{60°}$

b) $l_1/l_2 = \text{tg}\,\gamma$

-> $l_2 = l_1/\text{tg}\,\gamma = 3/\ \text{tg}35{,}3° = 4{,}24$ [cm]

$l_3 = 9{,}0 - 4{,}24 = 4{,}76$ [cm]

$l_4/l_3 = \text{tg}\,\gamma$

-> $\mathbf{l_4} = l_3\text{tg}\,\gamma = 4{,}76\ \text{tg}35{,}3° = \mathbf{3{,}4\ [cm]}$