Correction TD P4

Exercice 1

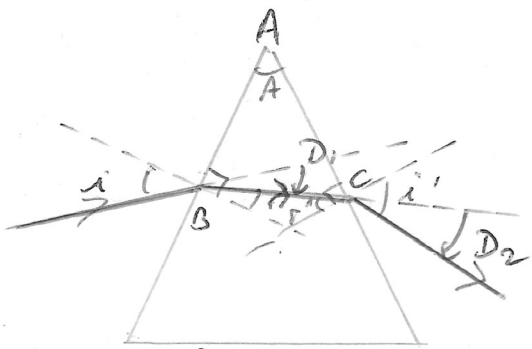
1- D'après le tracé des deux rayons, c est plus réfringent que b, et a est moins réfringent que b.

On en déduit $n_a = 1,0$, $n_b = 1,3$ et $n_c = 1,5$

2. On utilise la relation vue en cours : $\lambda_n = \lambda_0 / n$

D'où $\lambda_a = 633$ nm, $\lambda_b = 487$ nm , $\lambda_c = 422$ nm

Exercice 2



1- Lois de Snell - Descartes

$$\Rightarrow \begin{cases} 1 \times \sin i = n \sin r \\ n \times \sin r' = 1 \times \sin i' \end{cases}$$

2- Dans le triangle ABC, la somme des angles fait 180°

$$\Rightarrow A + 90 - r + 90 - r' = 180° \Rightarrow \boxed{A = r + r'}$$

3- Le rayon subit 2 déviations d'angle D_1 et D_2, d'où

$$D = D_1 + D_2 = i - r + i' - r' = i + i' - (r + r') = \boxed{i + i' - A}$$

4- $i = i' \Rightarrow \sin r' = \sin i = \sin r \Rightarrow r = r'$

On en déduit $r = \frac{A}{2}$ et $i = \frac{D_m + A}{2}$

D'après la question 1 : $n \sin\left(\frac{A}{2}\right) = \sin\left(\frac{D_m + A}{2}\right)$

d'où $\boxed{n = \frac{\sin\left(\frac{D_m + A}{2}\right)}{\sin\left(\frac{A}{2}\right)}}$ A.N. $n = \frac{\sin 23}{\sin 15} = \boxed{1,5}$

5- Il y a réflexion totale dans le prisme lorsque

$$n \sin r' = 1 \times \sin \frac{\pi}{2} \Rightarrow \sin r' = \frac{1}{n} \Rightarrow \boxed{r' = 42°}$$

D'où $r = A - r' = 30 - 42 = -12° < 0$

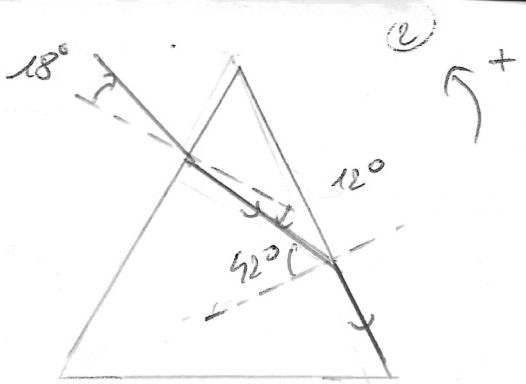
On en déduit que le rayon incident arrive par le haut

$1 \times \sin i = n \times \sin r$

d'où $i = \arcsin(n \sin r)$

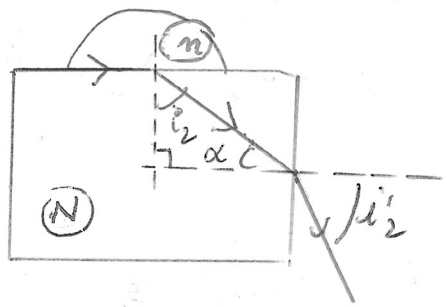
$= \arcsin(1{,}5 \sin 12)$

$\underline{i = 18°}$



Exercice 3

1- On se place à l'angle limite de réfraction.



2- $n \sin \pi/2 = N \sin i_2$

Par ailleurs $N \sin \alpha = 1 \times \sin i_2'$

Or α et i_2 sont complémentaires ($\alpha + i_2 = \pi/2$), d'où

$\cos \alpha = \sin i_2$, d'où $\cos \alpha = \frac{n}{N}$ et $\sin \alpha = \frac{\sin i_2'}{N}$

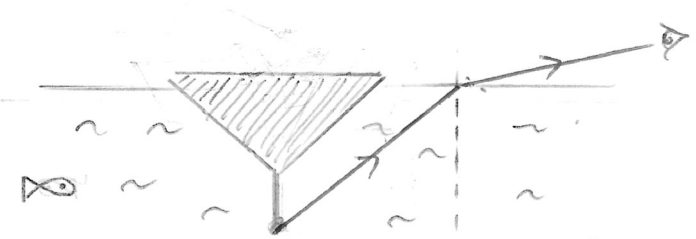
On sait que $\cos^2 \alpha + \sin^2 \alpha = 1$, d'où en déduit-

$$\left(\frac{n}{N}\right)^2 + \left(\frac{\sin i_2'}{N}\right)^2 = 1 \Rightarrow \underline{n = \sqrt{N^2 - \sin^2 i_2'}} \quad . A$$

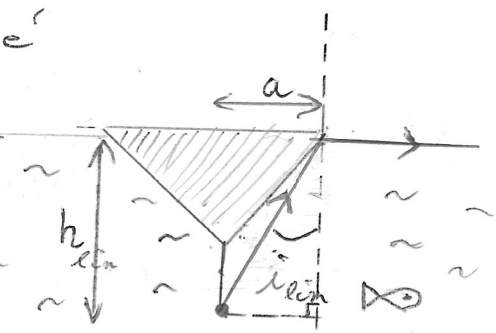
A.N : $\underline{n = 1{,}35}$

Exercice 4

1-



2- Lorsque l'oeil ne voit plus l'extrémité de la quille, on a $h \leq h_{lim}$, où h_{lim} correspond à la situation limite entre la réfraction et la réflexion totale.



D'après le cours $\sin i_{lim} = \frac{1}{ne}$. Or $\sin i_{lim} = \frac{a}{\sqrt{a^2 + h_{lim}^2}}$

D'où $a^2 n_e^2 = a^2 + h_{lim}^2 \Rightarrow \boxed{h_{lim} = a\sqrt{n_e^2 - 1}}$

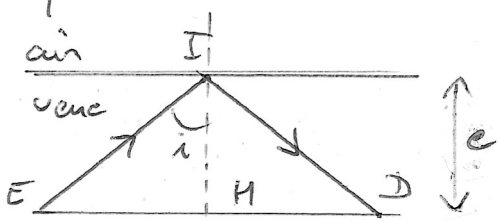
$h_{lim} = 2{,}5 \times \sqrt{1{,}33^2 - 1} \Rightarrow \boxed{h_{lim} = 2{,}2\ m}$

Exercice 5

1. L'angle limite de réfraction vérifie $\sin i_{lim} = \frac{n_{air}}{n_{verre}}$

d'où $i_{lim} = \arcsin\left(\frac{1}{1{,}5}\right) = \boxed{42°}$

$i > i_{lim} \Rightarrow$ le rayon subit une réflexion totale en I -



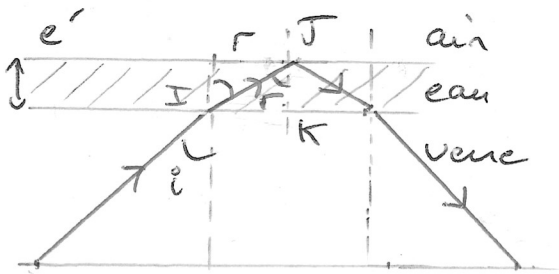
$\tan i = \frac{EH}{e}$

$ED = 2EH = \boxed{2e \tan i}$

$ED = \boxed{17\ mm}$

2- Avec l'eau $i_{lim} = \arcsin\left(\frac{1{,}33}{1{,}5}\right)$,

$i_{lim} = 62° < i \Rightarrow$ le rayon pénè dans l'eau où il subit une réfraction : $n_v \sin i = n_e \sin r$



$\Rightarrow \sin r = \frac{n_v}{n_e} \sin i = 0{,}98 > \frac{n_{air}}{n_e} = 0{,}75 \ (= \sin r_{lim})$

On en déduit que le rayon est totalement réfléchi en J.

Le rayon se décale d'une distance 2IK par rapport à la situation précédente - En raisonnant comme dans le 1)

On $2IK = 2e' \tan r$ où $r = \arcsin(0{,}98) = 78°$

$= 2 \times 1 \times \tan 78 = \boxed{9\ mm}$

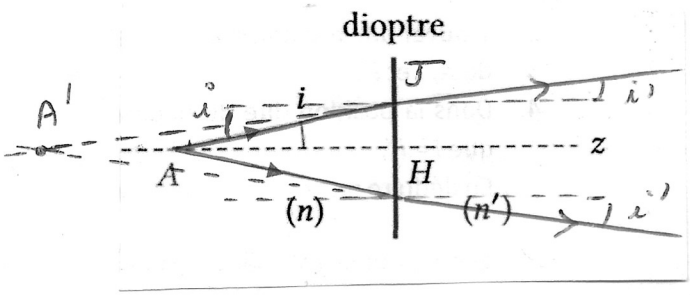
Le rayon arrive à environ 9 mm du détecteur

Exercice 6

1. On mesure $i = 10°$

$n \sin i = n' \sin i'$

$\Rightarrow i' = \arcsin\left(\frac{n}{n'} \sin i\right) = 7°$



2- A' s'obtient par intersection du prolongement des 2 rayons réfractés - C'est une image virtuelle -

3- Les triangles AJH et A'JH sont rectangles en H

d'où $\tan i = \frac{JH}{AH}$ et $\tan i' = \frac{JH}{A'H}$. On en déduit :

$AH \tan i = A'H \tan i'$.

Dans la limite des petits angles $\tan i \simeq i$ et $\sin i \simeq i$

d'où $AH\, i \simeq A'H\, i'$ et $n i \simeq n' i'$

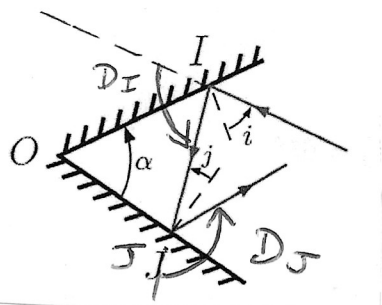
$$\frac{A'H}{AH} = \frac{i}{i'} \quad \text{soit} \quad \boxed{\frac{A'H}{AH} = \frac{n'}{n}}$$

Exercice 7

1- $\boxed{D_I = \pi - 2i}$ et $\boxed{D_J = \pi - 2j}$

d'après la loi de Snell - Descartes

$i' = i$ et $j' = j$ pour la réflexion.



2- La somme des angles dans le triangle OIJ égale 180° d'où $\alpha + (90 - i) + (90 - j) = 180°$

soit $\boxed{\alpha = i + j}$

3- La déviation totale est $D = D_I + D_J = 2\pi - 2(i+j)$

$D = 2\pi - 2\alpha$ $\qquad \boxed{D = 2(\pi - \alpha)}$

4- Pour $\alpha = \pi/2$, alors $D = \pi$: le rayon repart dans la direction où il est arrivé.

5- Grâce à ces 1/2 cubes composés de 3 miroirs, tout rayon repart dans la direction d'où il est arrivé, quel que soit l'angle avec lequel il arrive sur le dispositif - Celui-ci a été placé sur la Lune lors d'une mission Apollo et un faisceau laser

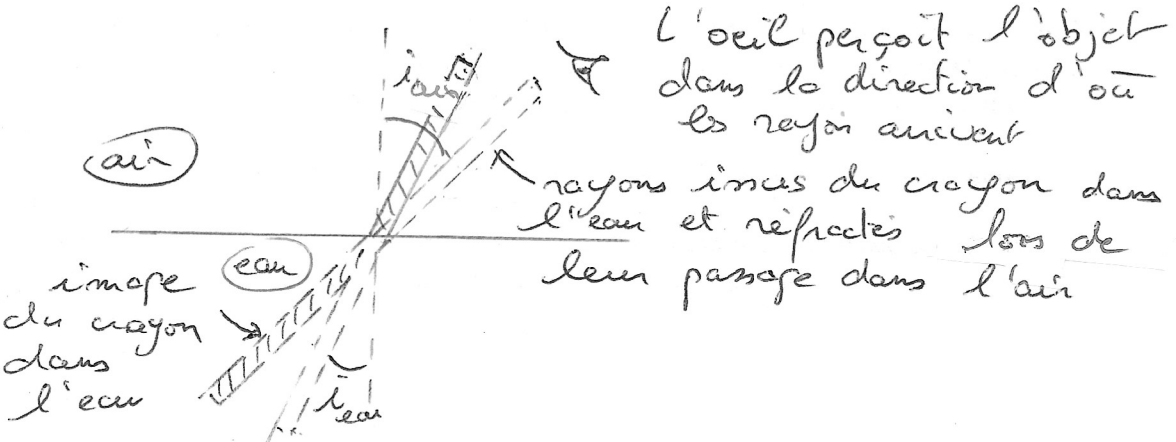
a été envoyé depuis la Terre. La mesure du temps d'aller-retour Δt a permis de mesurer la distance Terre-Lune D grâce à la relation $2D = c\Delta t$ où c est la vitesse de la lumière dans le vide.

Exercice 8

On note 2 observations :

1- L'angle que fait le crayon avec l'horizontale (repérée par la surface de l'eau) n'est pas le même dans l'eau que dans l'air. Cela est dû au phénomène de réfraction qui se produit à l'interface air-eau, les angles vérifiant la loi de Descartes

$n_{air} \sin i_{air} = n_{eau} \sin i_{eau}$



2- Le crayon paraît plus gros dans l'eau. En effet, d'après l'exercice $\frac{A'H}{AH} = \frac{n_{air}}{n_{eau}} < 1$

A'B' étant plus près de la surface qu'AB, il paraît plus grand que AB.

