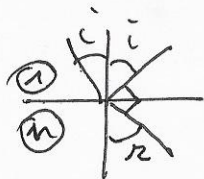


Modéliser la lumière

EC 1



géométriquement $i + r = \frac{\pi}{2}$, donc

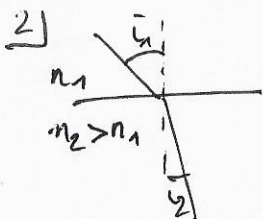
Descartes donne

$$\sin i = n \sin(90 - i) = n \cos i$$

$$\Leftrightarrow \tan i = n \Leftrightarrow \underline{i = \arctan n = 56^\circ}$$

EC 2:

1) air $\rightarrow$ eau



comme $n_2 > n_1$, Descartes implique

$\sin i_2 < \sin i_1 \Rightarrow i_2 < i_1 \Rightarrow i_2$ ne peut "dépasser" 90° , il y a toujours 1 rayon réfracté.

3) A la limite, $i_1 = 90^\circ \Rightarrow \sin i_{2m} = \frac{n_1}{n_2} = \frac{1}{1,3} \Rightarrow i_{2m} = 50^\circ$

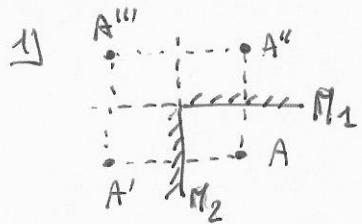
EC 3

1) eau $\rightarrow$ air

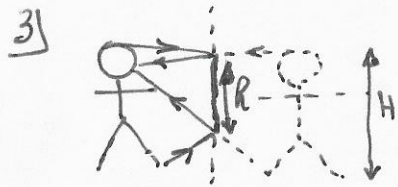
2) Raintenant $i_2 > i_1 \Rightarrow$ il y a 1 angle i_1 pour lequel i_2 n'existe plus.

3) A la limite, $i_2 = 90^\circ \Rightarrow \sin i_{1, \text{lim}} = \frac{n_2}{n_1} = \frac{1}{1,3} = 50^\circ$

Etude de miroirs plans

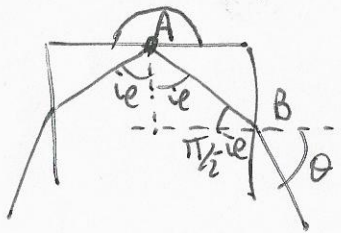


2) Chaque réflexion inverse une des 3 composantes du rayon. Au bout de 3 réflexions, le rayon repart en sens inverse $\Rightarrow$ catadioptr



par symétrie / plan du miroir, $h = H/2$, indépendamment de la place du miroir.

Refractometre



1) Réflexion totale en A: $i_e = \text{Arcsin}\left(\frac{n_2}{n_1}\right)$

2) Descartes en B: $\sin\theta = n_1 \sin\left(\frac{\pi}{2} - i_e\right)$

$$\Leftrightarrow \sin\theta = n_1 \cos i_e = n_1 \sqrt{1 - \sin^2 i_e} = n_1 \sqrt{1 - \frac{n_2^2}{n_1^2}} = \sqrt{n_1^2 - n_2^2}$$

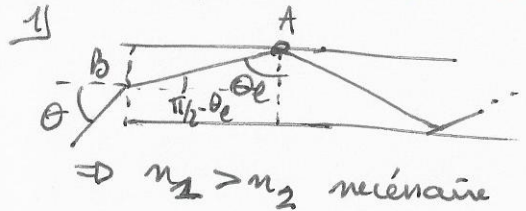
il vient $n_e = \sqrt{n_1^2 - \sin^2\theta}$

3) AN: $n_e = 1,41$

4) la réflexion totale disparaît si n_2 atteint $n_1 = 1,5$

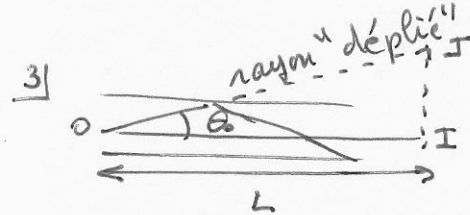
$\Rightarrow$ En vert: discussion de la formule obtenue: marche-t-elle pour des cas particuliers?

Fibre optique (cours, savoir refaire)



réflexion totale en A $\Rightarrow$ à la limite $\theta_e = \text{Arcsin}\left(\frac{n_2}{n_1}\right)$
AN $= 80,6^\circ$

2) Réfraction en B: $\sin\theta_m = n_1 \sin\left(\frac{\pi}{2} - \theta_e\right) = n_1 \cos\theta_e = n_1 \sqrt{1 - \left(\frac{n_2}{n_1}\right)^2}$
 $\sin\theta_m = \sqrt{n_1^2 - n_2^2}$
 $\Rightarrow \theta_m = 14^\circ$



$$\begin{cases} OI = L \\ OJ = \frac{L}{\cos\theta} = d \end{cases}$$

$\Rightarrow$ temps de parcours $\tau = \frac{d}{v_{lum}} = \frac{nd}{c} = \frac{n_1 L}{c \cos\theta}$

4) Trajet rapide OI $\Rightarrow \tau_1 = \frac{n_1 L}{c}$
lent OJ, angle max $\theta_{max} \Rightarrow \tau_2 = \frac{n_1 L}{c \cos\theta_{max}}$

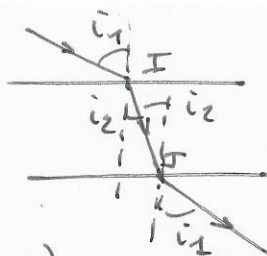
Donc $\tau_2 - \tau_1 = \frac{n_1 L}{c} \left(\frac{1}{\cos\theta_{max}} - 1 \right) \leq \Delta t$ séparant 2 impulsions discernables ($\Delta t = \frac{1}{f}$)

or $\cos\theta_{max} = \cos\left(\frac{\pi}{2} - \theta_e\right) = \sin\theta_e = \frac{n_2}{n_1} \Rightarrow \Delta t = \frac{n_1 L}{c} \left(\frac{n_1}{n_2} - 1 \right)$

$$\Leftrightarrow \Delta t = \frac{n_1(n_1 - n_2)}{cn_2} L \quad \text{AN} \approx 6,7 \cdot 10^{-8} \text{ s}$$

D'où la fréquence max de transmission ($f = \frac{1}{\Delta t}$)
 $f \approx 15 \text{ MHz}$ (faible!)

Déviations par 1 vitre

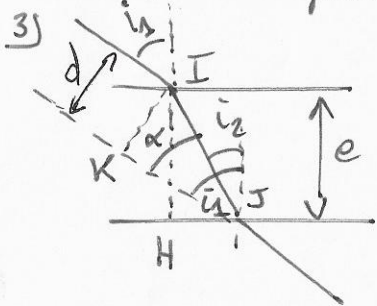


- 1) en I: $n_1 \sin i_1 = n_2 \sin i_2$
 en J: $n_1 \sin i_3 = n_2 \sin i_2$
 $\Rightarrow i_3 = i_1$

(ou par symétrie du problème)

- 2) En I, $n_2 > n_1 \Rightarrow$ réfraction à coup sûr

En J $i_2 < i_{\text{lim}}$ (sinon il n'y aurait pas eu de i_2 en I)
 $\Rightarrow$ pas de réflexion totale en J



triangle IJK ($\alpha = i_1 - i_2$)

$$d = IK = IJ \sin \alpha$$

$$\text{or } IJ = \frac{IH}{\cos i_2} \quad (\text{triangle IJH})$$

$$\Rightarrow d = e \frac{\sin(i_1 - i_2)}{\cos i_2} \rightarrow \text{si } n_1 = n_2, i_1 = i_2 \text{ et } d = 0$$

$$4) \sin(i_1 - i_2) = \sin i_1 \cos i_2 - \sin i_2 \cos i_1$$

$$\text{Donc } d = e \left(\sin i_1 - \underbrace{\sin i_2}_{= \frac{n_1}{n_2} \sin i_1} \frac{\cos i_1}{\cos i_2} \right)$$

$$5) \text{ Reste à éliminer } \cos i_2 = \sqrt{1 - \sin^2 i_2} = \sqrt{1 - \left(\frac{n_1}{n_2} \sin i_1 \right)^2}$$

$$\text{Donc } d = e \sin i_1 \left(1 - \frac{n_1 \cos i_1}{n_2 \sqrt{1 - \left(\frac{n_1}{n_2} \sin i_1 \right)^2}} \right) = e \left(1 - \frac{n_1 \cos i_1}{\sqrt{n_2^2 - n_1^2 \sin^2 i_1}} \right) \sin i_1$$

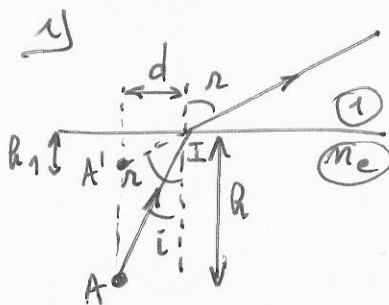
$$6) \text{ AN: } d \approx 3 \text{ mm.}$$

$\rightarrow$ si $n_1 = n_2$, on retrouve bien $d = 0$

$\rightarrow$ si $i_1 = \frac{\pi}{2}$, on a $d = 0$, OK:



A la pêche



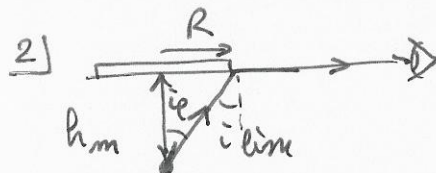
$$h = \frac{d}{\tan i} = \frac{d \cos i}{\sin i}$$

$$\text{or } n_e \sin i = \sin r$$

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

$$\text{de m, } h_1 = d \frac{\sin r}{\sqrt{1 - \sin^2 r / n_e^2}}$$

$$\text{donc } \frac{h_1}{h} = \frac{1}{n_e} \sqrt{\frac{1 - \sin^2 r}{1 - \sin^2 r / n_e^2}} \xrightarrow{\text{AN}} h_1 = 35 \text{ cm} \rightarrow \text{si } n_e = 1, h_1 = h.$$



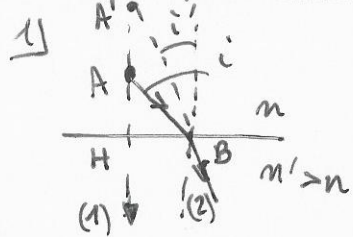
Au mieux, le pêcheur est au ras de l'eau, ($r = 90^\circ$)

$$\Rightarrow \sin(i_e) = \frac{1}{n_e} = \frac{R}{\sqrt{R^2 + h_m^2}}$$

$$\text{D'où } h_m = R \sqrt{n_e^2 - 1} \xrightarrow{\text{AN}} 8,8 \text{ cm}$$

$\rightarrow$ si $n_e = 1$, $h_m = 0$ (l'œil voit "en ligne droite", impossible de se cacher)

Dioptrique plan, lame à faces //



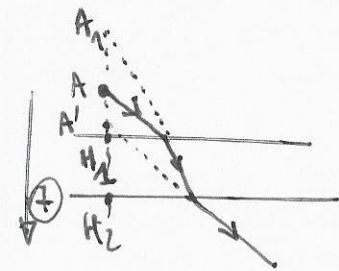
A' à l'intersection de (1) et (2) (stigmatisme)

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

$$\left. \begin{aligned} \sin i &\approx \tan i = \frac{HB}{HA} \\ \sin i' &= \frac{HB}{HA'} \end{aligned} \right\} \text{petits angles (Gauss)}$$

Donc $\boxed{\frac{n}{HA} = \frac{n'}{HA'}}$ $\oplus + AA' + \text{petit que } A'H \text{ sur le dessin} \Rightarrow \text{cohérent}$

2] lame = 2 dioptries : $A \xrightarrow{D_1} A_1 \xrightarrow{D_2} A'$



$$D_1: \frac{1}{HA} = \frac{n}{H_1A_1} \Rightarrow \overline{H_1A_1} = n \overline{H_1A}$$

Donc $\overline{H_2A_1} = -e + n \overline{H_1A}$

$$D_2: \frac{n}{H_2A_1} = \frac{1}{H_2A'} \Rightarrow \overline{H_2A'} = \frac{\overline{H_2A_1}}{n} = \overline{H_1A} - \frac{e}{n}$$

Donc $\overline{H_1A} - \frac{e}{n} = \overline{H_2A'} = \underbrace{\overline{H_2H_1}}_{-e} + \overline{H_1A'} \Rightarrow \underbrace{\overline{H_1A} + \overline{H_1A'}}_{AA'} = e(1 - \frac{1}{n})$

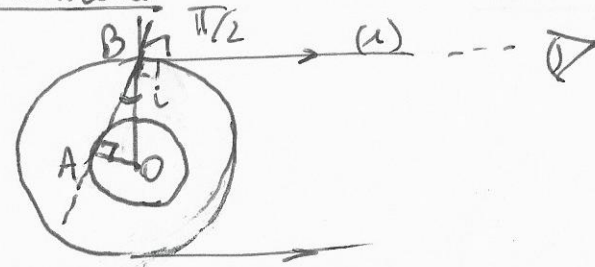
Triangle $AA'A'$ rectangle

$$d = AA' \sin i \approx AA' i = e i (1 - \frac{1}{n})$$

Gauss

$\rightarrow \text{si } n=1, \text{ on a bien } d=0!$

Thermométrie



L'œil voit le tube rempli si le rayon (1) tangente le mercure dans le verre

On a sur le dessin $\sin i = \frac{OA}{OB} = \frac{R_1}{R_2}$

Or Descartes $\Rightarrow \sin \frac{\pi}{2} = n \sin i = 1 \Rightarrow \boxed{R_2 = n R_1}$