DM Physique n°1

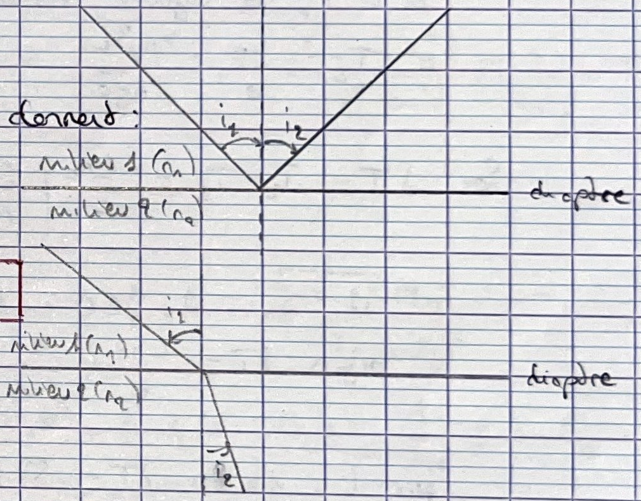
Partie II La fibre optique

1. Généralités

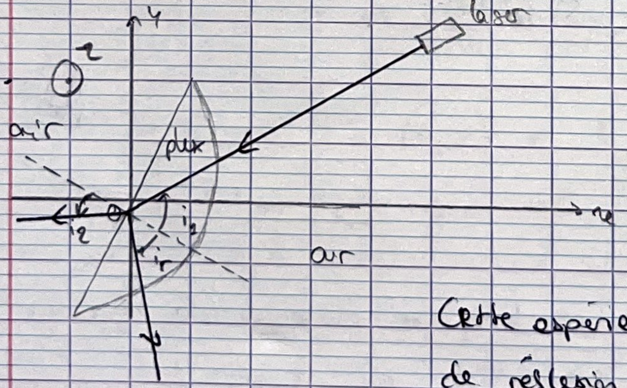
15. Les lois de Snell-Descartes donnent :

. réflexion : $\boxed{i_1 = -i_2}$

. réfraction : $\boxed{n_1 \sin i_1 = n_2 \sin i_2}$



16.

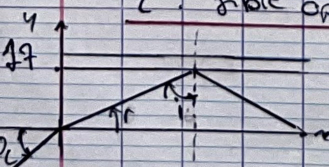


Cette expérience permet de vérifier les lois de réflexion et réfraction, mais peut également mettre en évidence le phénomène de réflexion totale.

On utilise un laser car c'est une source ponctuelle permettant d'identifier clairement les angles.

2. Fibre optique à saut d'indice

17.



On a i_L quand l'angle réfracté est égal à $\frac{\pi}{2}$ càd $n_c \sin i_L = n_g$ donc $\sin i_L = \frac{n_g}{n_c}$

de plus $\sin i_L = \cos r = \sqrt{1-\sin^2 r}$ donc $\sin^2 r = 1-\left(\frac{n_g}{n_c}\right)^2$

or $\sin\theta_L = n_c \sin r$ d'où $\sin\theta_L = n_c\sqrt{1-\left(\frac{n_g}{n_c}\right)^2}$

donc $\boxed{\theta_L = \arcsin\left(n_c\sqrt{1-\left(\frac{n_g}{n_c}\right)^2}\right) = 0{,}21 \text{ rad}}$

18. le rayon le plus rapide est celui d'angle $\theta = 0$ or :
$v^{-1} = \frac{n_c}{c}$ et $v = \frac{L}{T_1}$ d'où $\boxed{T_1 = \frac{L}{v} = \frac{Ln_c}{c}}$

19. le rayon le plus long est celui dont l'angle $\theta = \theta_L$.
on a L_r la longueur totale du rayon : $L_r = \frac{L}{\sin i_L} = \frac{Ln_c}{n_g}$

or $\boxed{T_2 = \frac{L_r}{v} = \frac{n_c^2 L}{n_g c}}$

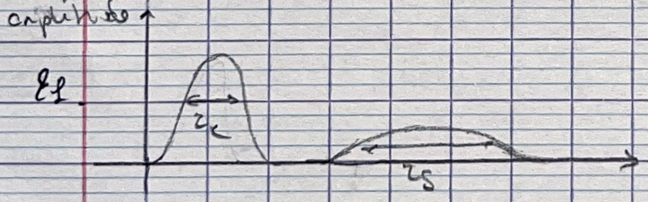
20. $\delta T = T_2 - T_1 = \frac{Ln_c}{c}\left(\frac{n_c}{n_g} - 1\right)$, or $\frac{n_c}{n_g} = \frac{1}{\sqrt{1-2\Delta}}$ or $\Delta \ll 1$

et $\sqrt{1-2\Delta} = 1 - \frac{1}{2}2\Delta = 1-\Delta$.

ainsi $\delta T = \frac{Ln_c}{c}\left(\frac{1}{1-\Delta} - 1\right) = \frac{Ln_c\Delta}{c(1-\Delta)} = \boxed{\frac{Ln_c\Delta}{c}}$ car $\Delta \ll 1$

$\boxed{\text{pour } L = 10 \text{ km} \quad \delta T = 5.10^{-7} \text{ s}}$

21.



$\boxed{\tau_s = \tau_e + \delta T}$

22. le plus long écart entre l'impulsion émise et celle reçue est $\tau_e + T_2$

or $\tau_s = \tau_e + \delta T = \delta T = T_2$ ainsi $\boxed{f_{max} = \frac{1}{T_2}}$

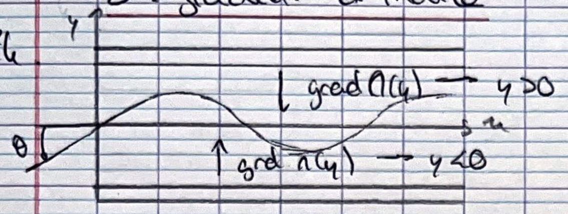
23. $B = L_{max} f = \frac{L_{max}}{\delta T} = \frac{cL_{max}}{n_c \Delta L_{max}} = \boxed{\frac{c}{n_c\Delta}}$

Un débit de 100 Mbits/s est une fréquence de 10^8 s^{-1}

d'où $\boxed{L_{max} = \frac{B}{f} = \frac{c}{n_c f \Delta}}$

3. gradient d'indice

Q24



Q25 on a d'après Snell-Descartes : $\boxed{n_{j-1} \sin i_{j-1} = n_j \sin i_j = n_{j+1} \sin i_{j+1}}$

ainsi on a : $n_c \sin\left(\frac{\pi}{2} - \theta_0\right) = n(y) \sin\left(\frac{\pi}{2} - \varphi\right)$

d'où $\boxed{n_c \cos\theta_0 = n(y) \cos\varphi}$

on sait que $\tan\varphi = \frac{dy}{dx}$ ainsi $\left(\frac{dy}{dx}\right)^2 = \tan\varphi^2 = \frac{\sin^2\varphi}{\cos^2\varphi} = \frac{1}{\cos^2\varphi} - 1$

car $\sin^2\varphi = 1 - \cos^2\varphi$

ainsi $\left(\frac{dy}{dx}\right)^2 = \left(\frac{n(y)}{n_c\cos\theta_0}\right)^2 - 1$

Q26 on a : $\frac{d^2y}{dx^2} + \frac{2\Delta}{(r_c\cos\theta_0)^2} y = 0$ on pose $\omega_0^2 = \frac{2\Delta}{(r_c\cos\theta_0)^2}$

ainsi $y(x) = A\cos(\omega_0 x) + B\sin(\omega_0 x)$ or $y(0) = 0$ et $\frac{dy}{dx} = \tan\theta_0$

ainsi $y(0) = A = 0$ et $\frac{dy}{dx} = B\omega_0 = \tan\theta_0$

donc $y(x) = \frac{\tan\theta_0}{\omega_0}\sin(\omega_0 x) = \frac{r_c\cos\theta_0}{\sqrt{2\Delta}}\tan\theta_0 \sin(\omega_0 x) = \boxed{\frac{r_c \sin\theta_0}{\sqrt{2\Delta}}\sin(\omega_0 x)}$

on cherche x tq $y(x) = 0$ càd $\sin\omega_0 x = 0 \iff x = \frac{k\pi}{\omega_0}$ $k \in \mathbb{Z}$ ici on prend $k \in \mathbb{N}$

donc le rayon coupe l'axe tous les $\frac{\pi r_c \cos\theta_0}{\sqrt{\Delta 2}}$ m

Q27 pour la fibre à gradient d'indice, θ_L est atteint quand $\max(y(x)) = r_c$

ainsi on cherche θ_L tq $\frac{r_c n_c \sin\theta_L}{n_c\sqrt{2\Delta}} = r_c$ càd $\sin\theta_L = n_c\sqrt{2\Delta}$

ainsi $\theta_L = \arcsin\left(n_c\sqrt{1 - \left(\frac{n_s}{n_c}\right)^2}\right) = 0,21$ rad

c'est le même θ_L que pour la fibre optique à saut d'indice

Q28 si on pose $L = 10$ km, $\boxed{\delta T_2 = 1,3 \cdot 10^{-8}\ s}$

$\delta T_2 < \delta T$ donc l'élargissement temporel de la fibre à gradient est plus faible que celui de celle à saut d'indice.

89. Il est nécessaire que le rayon soit ponctuel et monochromatique.