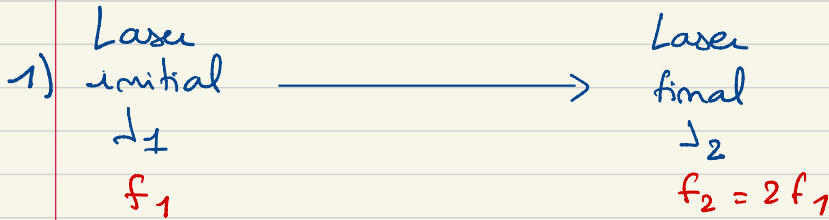


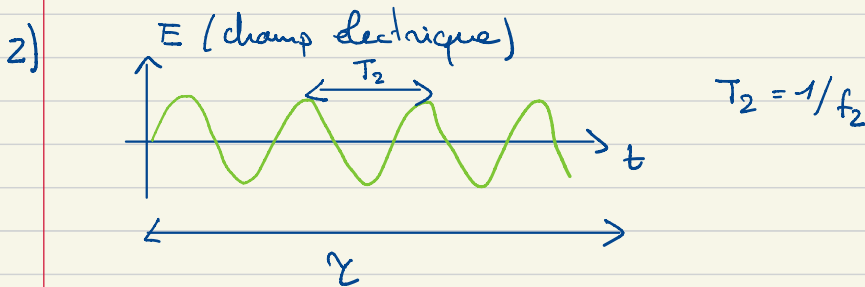
## Ex 1 : Doublage de fréquence



On a  $\lambda_1 = c/f_1$  et  $\lambda_2 = c/f_2$

$$= \frac{c}{2f_1} = \frac{\lambda_1}{2}$$

AN :  $\lambda_2 = 532 \text{ mm}$   $\longrightarrow$  Lumière verte



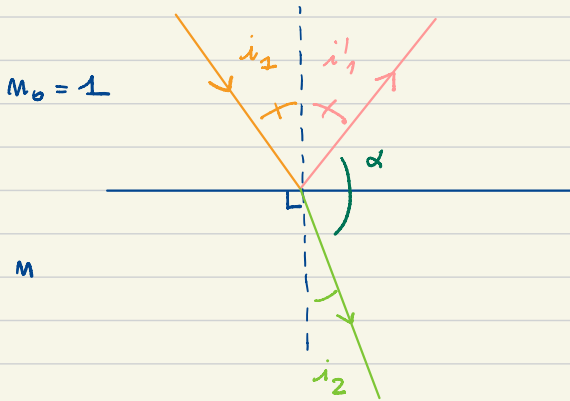
Nombre d'oscillations :  $N = \frac{\tau}{T_2} = \tau f_2$

AN :  $f_2 = c/\lambda_2 = \frac{3,00 \times 10^8}{5,32 \times 10^{-7}} = 5,64 \times 10^{14} \text{ Hz}$

$N = 0,1 \times 10^{-9} \times 5,64 \times 10^{14} = 5,64 \times 10^4$

## Ex 2 : Incidence de Brewster

On commence par représenter la situation sur un schéma !



On souhaite que l'angle  $\alpha$  soit droit  $\Rightarrow \alpha = \pi/2$

$$\text{Or } i_2 + \alpha + i'_1 = \pi$$

$$\alpha = \pi/2 \Rightarrow i_2 = \frac{\pi}{2} - i'_1$$

De plus, d'après les lois de Snell-Descartes :

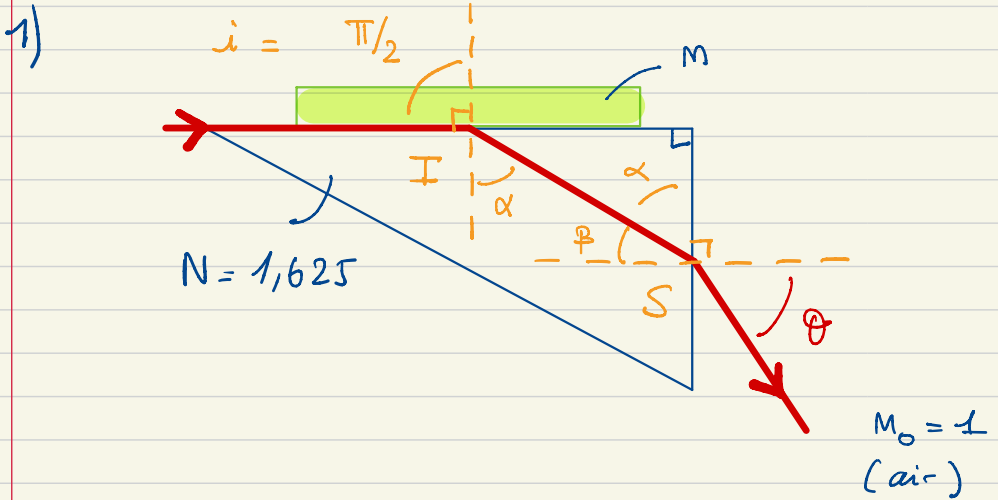
$$i'_1 = i_1 \quad \text{et} \quad n_0 \sin(i_1) = n \sin(i_2)$$

$$\begin{aligned} \text{donc } n_0 \sin(i_1) &= n \sin\left(\frac{\pi}{2} - i_1\right) \\ &= n \cos(i_1) \end{aligned}$$

$$\Rightarrow \tan(i_1) = \frac{n}{n_0} \Rightarrow \underline{i_1 = \text{Arctan}\left(\frac{n}{n_0}\right) \quad \parallel \parallel}$$

## TD 2 : Propagation de la lumière.

### Ex 4 : Réfractomètre de Pulfrich.



Le rayon incident au point I est rasant ( $i = \pi/2$  rad).

Le rayon réfracté ne peut exister que si  $n < N$  (phénomène de réfraction limite)

De plus  $n_0 < N$  donc le rayon émergent doit s'écarter de la normale, on doit avoir sur la figure :

$$\underline{\theta > \beta} //$$

2) Il faut faire le lien entre les  $\neq$  angles de la figure :

$$i = \pi/2 \xrightarrow[\substack{\text{réfract}^\circ \\ \text{limite}}]{=} \alpha \xrightarrow[\substack{= 1 \\ \text{géométrie}}]{=} \beta \xrightarrow[\text{Snell-Descartes}]{=} \theta$$

$$\text{On a donc } m \sin(i) = N \sin(\alpha)$$

$$\Rightarrow \sin(\alpha) = \frac{m}{N}$$

$$\text{De plus } \beta = \pi/2 - \alpha \text{ et } N \sin(\beta) = m_0 \sin(\theta)$$

$$\begin{aligned} \Rightarrow \sin(\theta) &= \frac{N}{m_0} \sin(\beta) = \frac{N}{m_0} \cos(\alpha) \\ &= \frac{N}{m_0} \sqrt{1 - \sin^2(\alpha)} \\ &= \frac{N}{m_0} \sqrt{1 - \frac{m^2}{N^2}} \end{aligned}$$

$$\underline{\sin \theta = \frac{1}{m_0} \sqrt{N^2 - m^2}} //$$

$$\underline{AN} : m = 1,487 \quad N = 1,625 \quad m_0 = 1,000$$

$$\Rightarrow \sin \theta = 0,655 \quad \Rightarrow \theta = 0,715 \text{ rad}$$

$$= \underline{40,9^\circ} //$$



3) Il faut se demander ce qui pourrait limiter l'utilisation du dispositif.

Ici c'est le phénomène de réflexion totale sur la face interne du prisme.

Le rayon émergent n'existe que si  $\beta < i_{\text{tot}}$

$$\text{càd } \sin(\beta) < \underbrace{\sin(i_{\text{tot}})}_{= \frac{m_0}{N}}$$

$$\begin{aligned} \text{or } \sin(\beta) = \cos(\alpha) &= 1 - \sin^2(\alpha) \\ &= 1 - \frac{m^2}{N^2} \end{aligned}$$

$$\text{donc } 1 - \frac{m^2}{N^2} < \frac{m_0}{N} \Rightarrow \frac{m^2}{N^2} > 1 - \frac{m_0}{N}$$

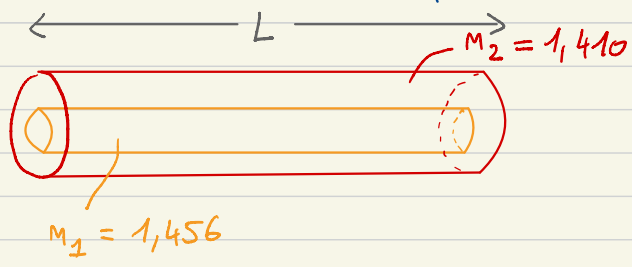
$$\Rightarrow \underline{m > \sqrt{N^2 - m_0^2}} //$$

$$\underline{AN} : \underline{m > 1,281} //$$

Ainsi le réfractomètre  
peut fonctionner  
avec une goutte d'eau

$$(n = 1,33).$$

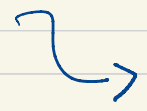
Ex 5 Débit d'une fibre optique.



1) cf. cours 
$$\underline{\delta t = \frac{n_1 L}{c_0} \left( \frac{n_1}{n_2} - 1 \right)} \parallel$$

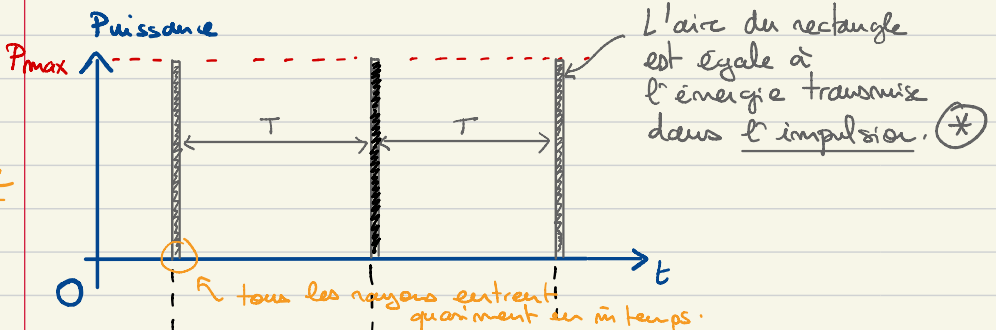
A.N. 
$$\delta t = 1,456 \times \frac{10^3}{3 \times 10^8} \left( \frac{1,456}{1,410} - 1 \right)$$

$$\underline{= 1,583 \times 10^{-7} \text{ s}} \parallel$$

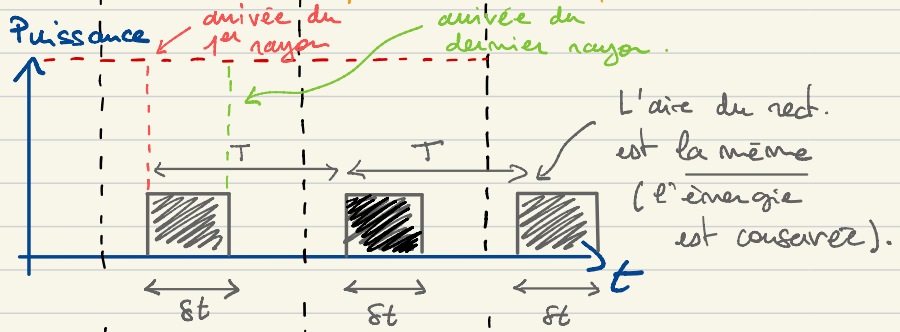


Si  $T > \delta t$  les impulsions sont bien séparées à la sortie

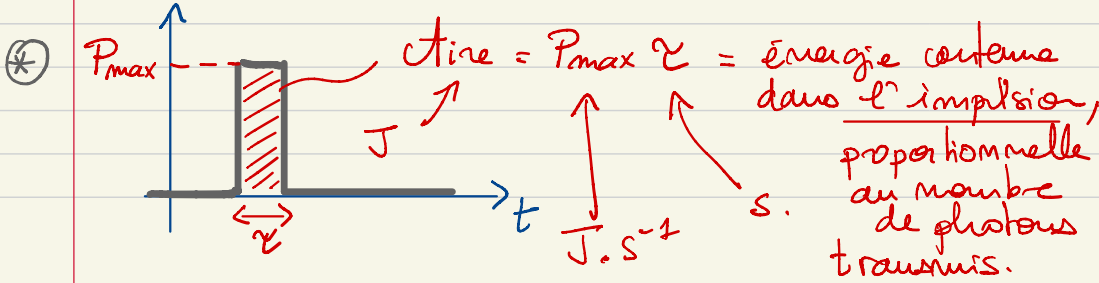
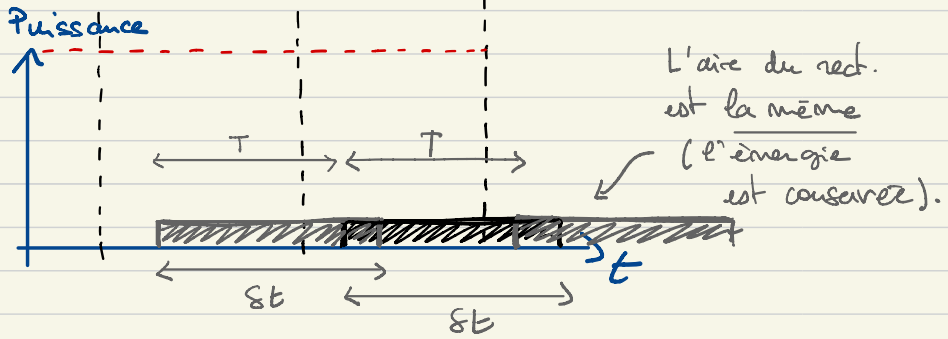
Entrée



Sortie  
 $\delta t < T$



Sortie  
 $\delta t > T$



3) Le débit  $D$  exprimé en bit/s est en fait une fréquence (nombre de bits envoyés par seconde).

$$D = 1/T \quad (1 \text{ bit, c\`ad une impulsion envoy\`ee toutes les } T \text{ secondes})$$

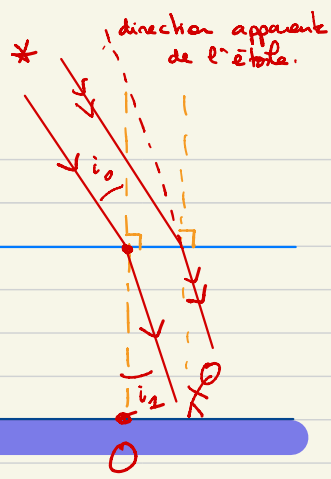
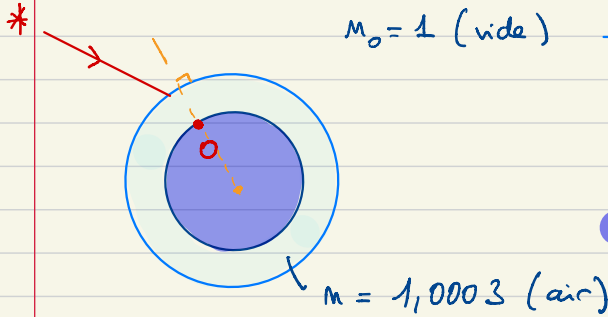
Pour cette fibre il faut  $T > 8t$  donc

$D < 1/8t$  //  $\Rightarrow$  le débit max de la fibre est  $D_{max} = \frac{1}{8t}$  //

A.N.  $D_{max} = \frac{1}{1,583 \times 10^{-7}} = \underline{6,3 \text{ Mbit/s}}$  //

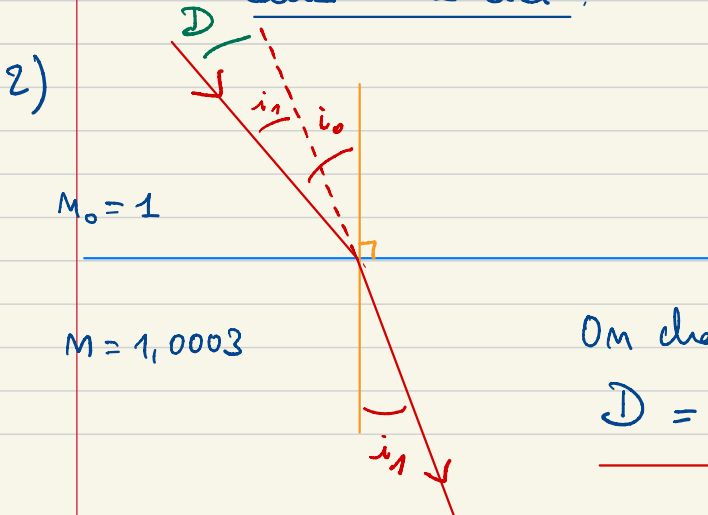
//  $\Rightarrow$  c'est beaucoup mieux que la 3G mais pas à la hauteur du standard ethernet. Pour l'internet actuel on utilisera plutôt des fibres à gradient d'indice ou des fibras monomodes.

# Ex 7 Atmosphère et observations



- 1) L'étoile se trouve si loin de l'atmosphère que tous les rayons émis semblent arriver parallèles les uns aux autres, en faisant un angle  $i_0$  avec la verticale du lieu d'observation.

les rayons réfractés étant rabattus vers la normale, leurs prolongements virtuels indiquent une direction plus haute dans le ciel.



On cherche à calculer

$$D = i_0 - i_1$$

$$\text{ou } M \sin(i_1) = M_0 \sin(i_0)$$

$$\Rightarrow \sin(i_1) = \frac{M_0}{M} \sin(i_0)$$

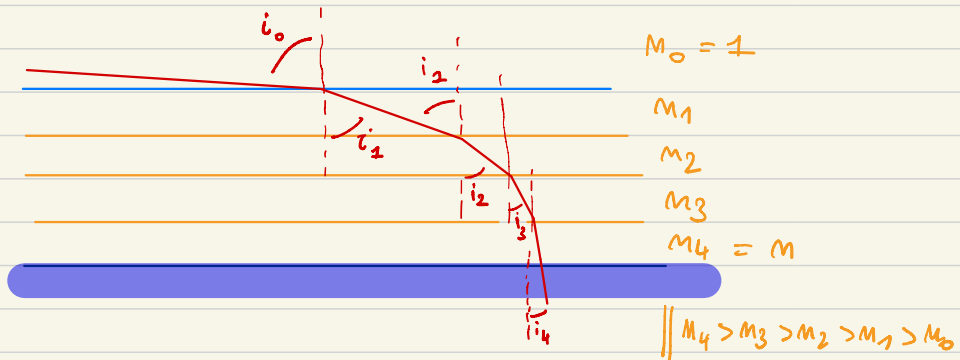
A.N.  $i_1 = 59,97^\circ$

Soit une déviation  $D = 0,03^\circ$   
 $= \underline{\underline{1,80'}}$

La déviation est petite mais observable en astronomie en étant précautionneux.

Le signe  $\ominus$  indique une déviation "vers le haut" d'après le sens positif choisi pour les angles.

3) Utilisons un modèle en couche.



$$\begin{aligned}
 \text{On a } m_4 \sin(i_4) &= m_3 \sin(i_3) = m_2 \sin(i_2) \\
 &= m_1 \sin(i_1) \\
 &= m_0 \sin(i_0)
 \end{aligned}$$

Finalement l'angle final  $i_4$  vérifie

$$\underline{m_4 \sin(i_4) = m_0 \sin(i_0)} \quad // \quad \text{et}$$

la déviation a la même valeur que dans le modèle précédent.

