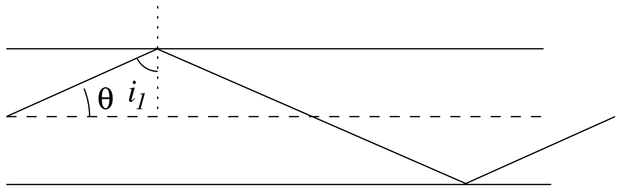
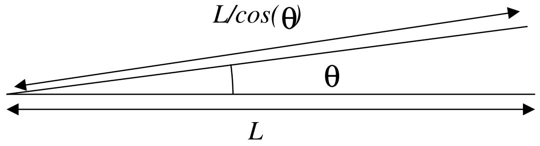
3-Optique

Opt01. Propagation dans une fibre optique

1. Pour que le rayon se propage efficacement dans la fibre optique, il doit subir le phénomène de réflexion totale à chaque interface (dans le cas contraire, le rayon s'atténue rapidement, une partie de l'énergie étant réfractée à chaque fois). Ceci est possible car le milieu extérieur est plus réfringent que le cœur de la fibre.

   Plaçons nous dans le cas limite, en prenant soin de considérer que les angles incident et réfracté sont définis par rapport à la normale.





   La loi de Descartes pour la réfraction conduit à : $n_1 \sin i_{1,l} = n_2$, avec $i_1 = \pi/2 - \theta$. On en déduit l'angle limite :
$$\boxed{\cos\theta_{lim} = \frac{n_2}{n_1}}$$
   Seules les incidences $\theta \leq \theta_{lim}$ peuvent se propager efficacement dans la fibre optique.

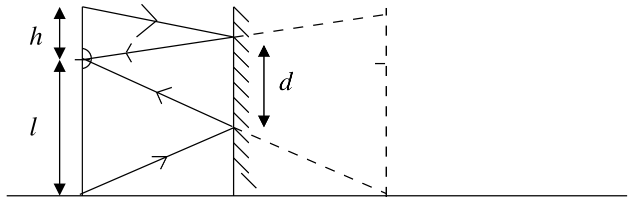
2. Le rayon qui se déplace le long de l'axe de la fibre se propage à la célérité c/n_1 en une durée $\tau_1 = \dfrac{n_1 L}{c}$

   Le rayon limite fait un angle θ_{lim} avec l'horizontale et doit parcourir, à la même célérité, une distance $L/\cos\theta_{lim}$ en une durée $\tau_2 = \dfrac{n_1 L}{c\cos\theta_{lim}}$

   Ce qui donne pour la différence de temps de propagation :
$$\delta\tau = \tau_2 - \tau_1 = \frac{n_1 L}{c\cos\theta_{lim}} - \frac{n_1 L}{c} \quad \Rightarrow \quad \boxed{\delta\tau = \frac{n_1 L}{c}\left(\frac{1}{\cos\theta_{lim}} - 1\right) = \frac{n_1 L}{c}\left(\frac{n_1}{n_2} - 1\right)}$$

Opt02. Miroir plan

Commençons par raisonner pour un individu. Il est nécessaire qu'au moins un rayon de chaque partie du corps atteigne les yeux après réflexion sur le miroir.
En considérant l'image de l'individu par le miroir, on obtient facilement le tracé des rayons extrêmes.



Pour que le sommet du crâne soit visible, le miroir doit *a minima* atteindre la cote $l + h/2$ et descendre jusqu'à $l/2$.
Pour la première personne, cela donne pour le miroir : placé à 0,76 m du sol et atteignant la cote 1,57 m
Pour la seconde personne, cela donne pour le miroir : placé à 0,875 m et atteignant la cote 1,80 m
La comparaison des deux expressions conduit à : **miroir placé à 0,76 m du sol et de taille 1,04 m.**

Opt03. Objectif photographique

1. Pour $\tau = 0$, la pellicule et donc l'image se trouve au niveau du foyer image, l'objet se trouve nécessairement à l'infini.
2. Plus on vise un objet proche, plus l'image s'éloigne du foyer image et plus il faut reculer la pellicule, à la limite on a $\tau = \tau_{max} = 4,25$ mm, ce qui permet d'en déduire la position de l'objet associé :
$$\frac{1}{\overline{OA'}} - \frac{1}{\overline{OA}} = \frac{1}{f'} \quad \Leftrightarrow \quad \boxed{\overline{OA} = \frac{\overline{OA'} \times f'}{-\overline{OA'} + f'} = \frac{(75 + 4,25) \times 75}{-4,25} \simeq -1,4 \text{ m}}$$
   On peut donc photographier des objets aussi près que 1,4 m de l'objectif mais pas mieux.

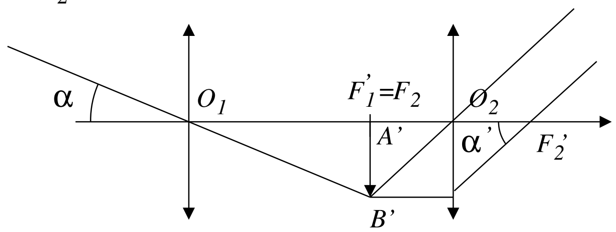
Opt04. Lunette afocale (CCP 2013, MP)

1. Le diamètre apparent est l'angle sous lequel on voit la planète Mars depuis la Terre. Les angles étant petits, on peut assimiler la tangente à l'angle lui-même :
$$\alpha = \frac{d}{D_{max}} = \frac{6800}{160 \times 10^6} \quad \Rightarrow \quad \boxed{\alpha = 4,25 \times 10^{-5} \text{ rad}}$$

1 minute d'arc correspond à 1/60 de degré, et il y a 60 secondes dans une minute, en conséquence : 1" $\leftrightarrow 4,85 \times 10^{-6}$ rad.

En conséquence, $\boxed{\alpha = 8,77\text{"}\mathrm{d'arc}}$.

2. Pour une lunette afocale, les rayons issus de l'infini repartent à l'infini, ceci nécessite que le foyer image de la lentille L_1 soit confondu avec le foyer objet de la lentille L_2.



3. D'après le schéma proposé, $A'B' = f'_1\alpha = 1 \times 4,25 \times 10^{-5}$ m donc $\boxed{A'B' = 42,5\ \mu\text{m}}$

4. Le grossissement est le rapport des angles α' (angle sous lequel on voit l'objet à l'aide de la lunette) et α (angle sous lequel on voit l'objet à l'œil nu). En toute rigueur, le grossissement est négatif dans le cas d'une lunette astronomique.

$$G = \frac{\alpha'}{\alpha} \quad \text{avec} \quad \alpha' = \frac{A'B'}{f'_2} \quad \text{et} \quad \alpha = \frac{A'B'}{f'_1}$$

Et donc pour le grossissement $\boxed{G = \frac{f'_1}{f'_2} = 40}$.

5. Dans le cas d'une lunette, l'objectif est une lentille ; dans le cas d'un télescope, l'objectif est un miroir.
Il est plus facile de créer de très grands miroirs par rapport à de très grandes lentilles.
De plus, dans le cas du télescope basé sur la réflexion, toutes les longueurs d'onde se comportent de la même manière.
Pour une lentille, basé sur les lois de la réfraction, la déviation du faisceau dépend de la longueur d'onde.