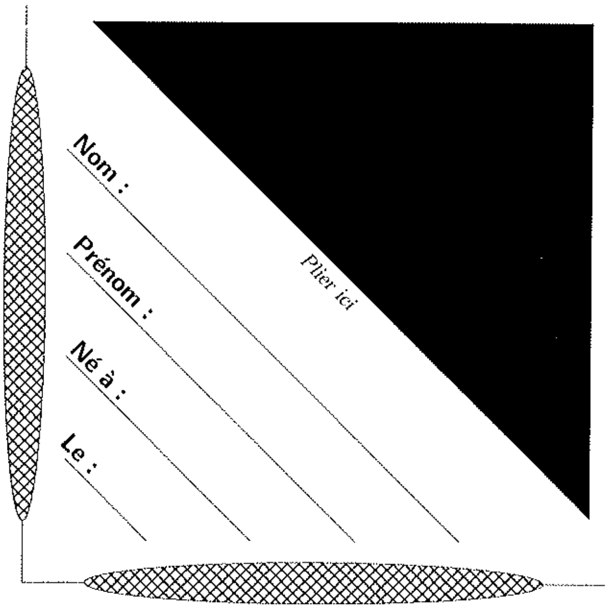
Université de Nice – Sophia Antipolis

Polytech'Nice – CiP1
Contrôle d'Optique

17 Novembre 2008 – Durée : 1h30

Note :

correction



Cette feuille doit être cachetée par vos soins. Afin de faciliter le décachetage, n'opérez de fixation qu'à l'intérieur des ellipses hachurées

Documents non autorisés.

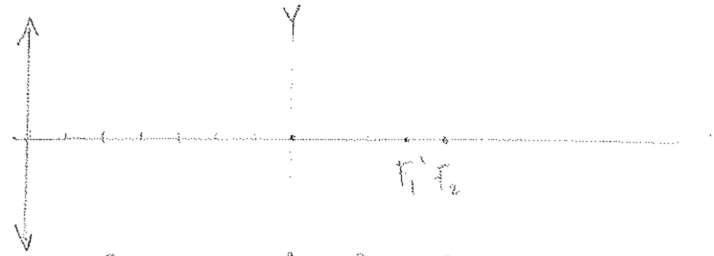
1. Association de lentilles. Deux lentilles minces L_1 et L_2 sont séparées par une distance $e = 7$ cm. La distance focale image de la lentille L_1 vaut 10 cm, et de la lentille L_2 vaut -4 cm.

1.a Déterminer la vergence de l'association de lentilles.

$$V = V_1 + V_2 - eV_1V_2 = \frac{1}{10} - \frac{1}{4} - \frac{7}{10(-4)} = \frac{4-10+7}{40} = \frac{1}{40} \text{ cm}^{-1}$$

1.b Déterminer la position (par rapport à $L2$) du foyer image de l'association de l'ensemble.

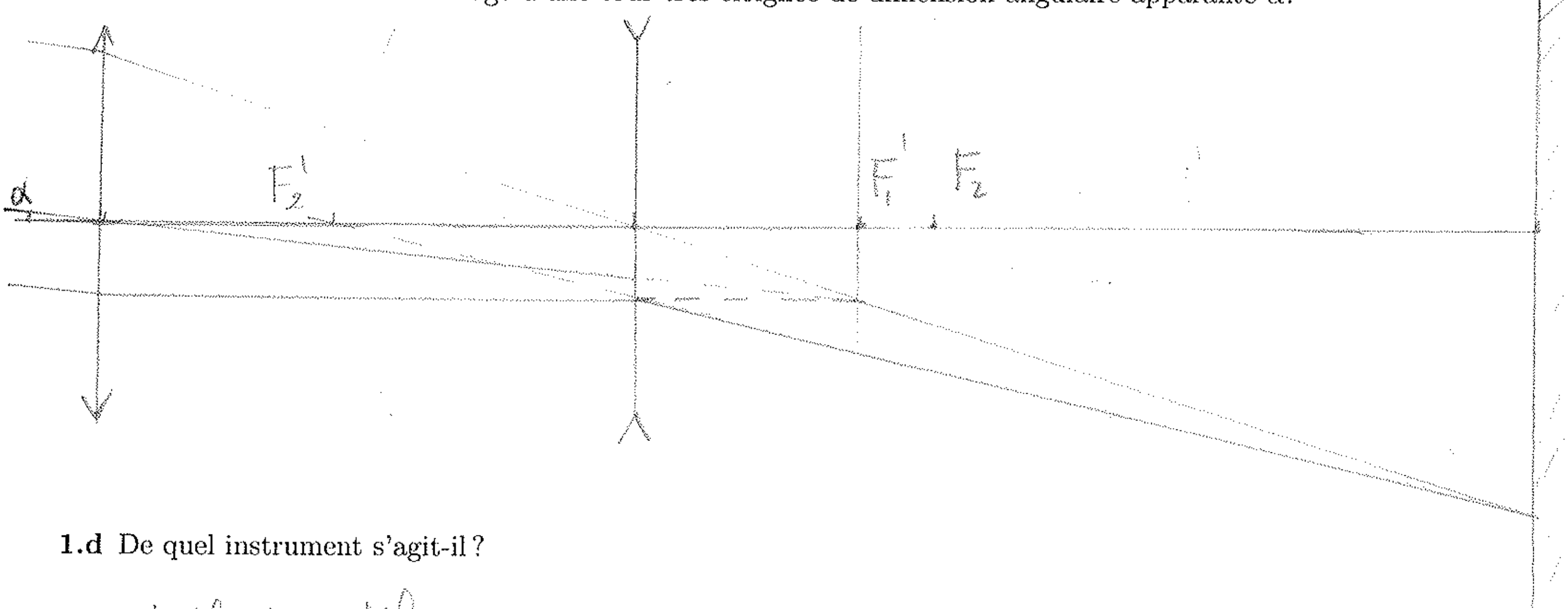
$p = -\infty$ Il se forme (par rapport à L_1) une image en F_1' qui est objet (virtuel) par rapport à L_2. Le foyer image de l'ensemble sera donc



donné par la relation de conjugaison de la deuxième lentille L_2

$\frac{1}{p_2'} - \frac{1}{p_2} = \frac{1}{f_2'}$ où $p_2 = 3$ cm $\quad F' = \frac{p_2 f_2'}{p_2 + f_2'} = \frac{-12}{-1} = 12$ cm

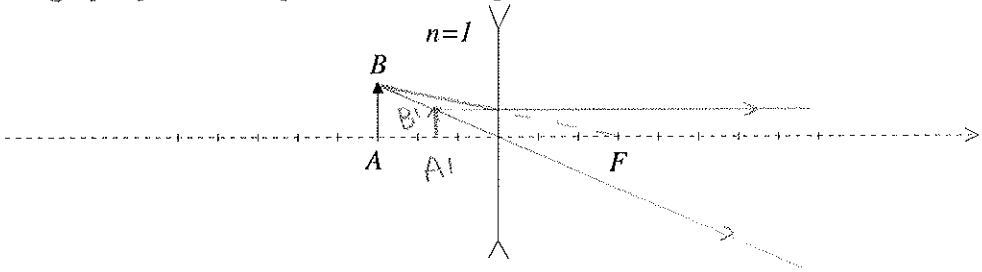
1.c Construire à l'échelle 1 l'image d'une tour très eloignée de dimension angulaire apparante α.



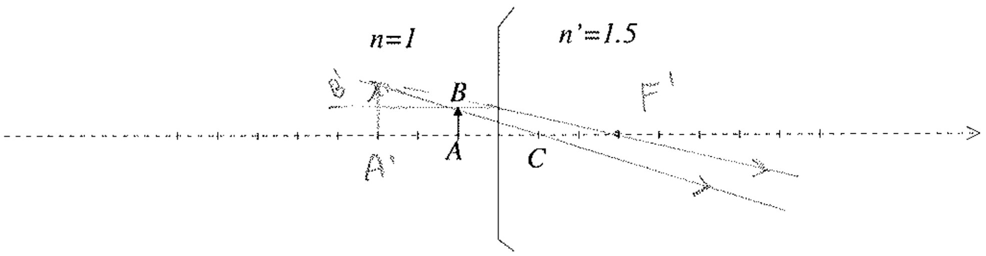
1.d De quel instrument s'agit-il ?

téléobjectif

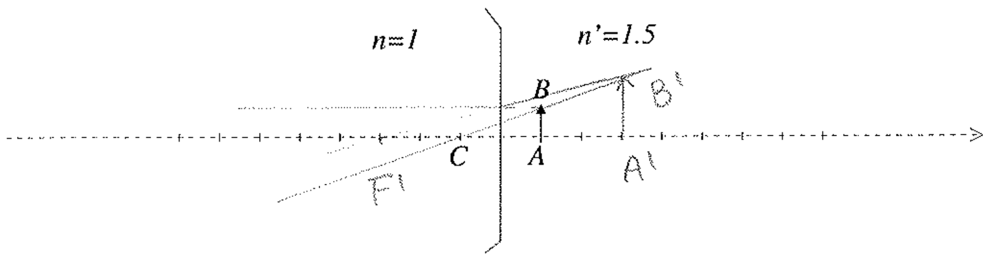
2 *Construction d'images.* Pour chaque instrument optique de l'illustration suivante (dioptre, miroir ou lentille), trouver graphiquement la position de l'image.

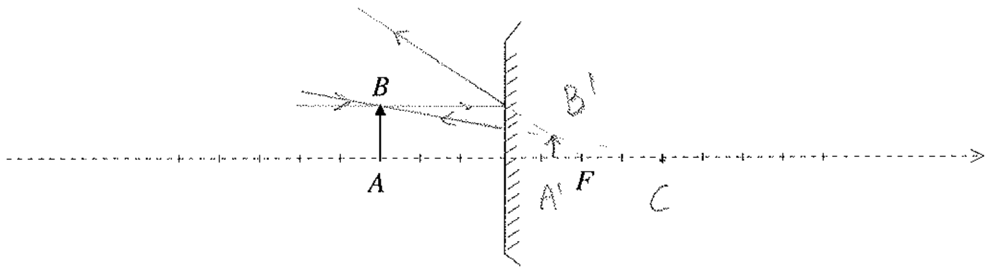


$f' = \frac{n'\bar{R}}{n'-n} = 3$ cm



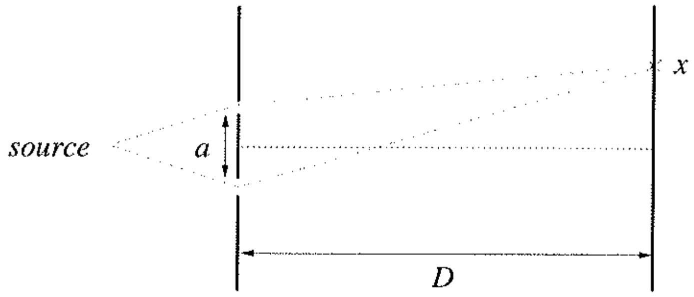
$f' = -3$ cm





3. *Interférence et diffraction.*

Un dispositif de fentes d'Young est constitué de 2 fentes distantes de a. On observe les franges d'interférence sur un écran E placé parallèlement au plan des franges à une distance D. En tenant compte de la taille finie d de chaque fente, la figure d'interffence observé sur l'écran est modifiée par la diffraction due à chaque fente. On peut alors montrer que l'intensité lumineuse sur l'écran s'écrit :



$$I(x) = I_0 \mathcal{F}_{dif}(x) \times \mathcal{G}_{int}(x)$$

où $\mathcal{F}_{dif}(x) = \left(\dfrac{\sin\left(\dfrac{\pi d x}{\lambda D}\right)}{\dfrac{\pi d x}{\lambda D}} \right)^2$ et $\mathcal{G}_{int}(x) = 1 + \cos\left(\dfrac{2\pi a x}{\lambda D}\right)$.

3.a Déterminer la position x des franges sombres et des franges brillantes dues au phénomène de l'interférence, en fonction de λ, D et a.

franges brillantes : $\cos\left(\dfrac{2\pi a x}{\lambda D}\right) = 1 \Rightarrow \dfrac{2\pi a x}{\lambda D} = 2m\pi \Rightarrow x = m\dfrac{\lambda D}{a}$

franges sombres : $\cos\left(\dfrac{2\pi a x}{\lambda D}\right) = -1 \Rightarrow \dfrac{2\pi a x}{\lambda D} = (2m+1)\pi \Rightarrow x = \dfrac{2m+1}{2}\dfrac{\lambda D}{a}$

3.b Déterminer donc l'expression de l'interfrange δ en fonction de λ, D et a.

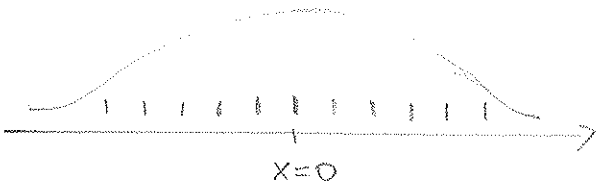
$\delta = \dfrac{\lambda D}{a}$

3.c Déterminer la largeur Δ de la figure de diffraction (= largeur de la zone comprise entre les deux premiers zéros de part et d'autre de l'origine), en fonction de λ, D et d.

$\Delta = x_+ - x_-$ où $x_\pm$ t.q. $\dfrac{\pi d x_\pm}{\lambda D} = \pm\pi \Rightarrow x_\pm = \pm\dfrac{\lambda D}{d}$

$\Rightarrow \Delta = \dfrac{2\lambda D}{d}$

3.d Déterminer la rélation entre a et d qui permet d'observer sur l'écran au moins 10 franges brillantes. (*Remarque : il faut donc que 10 franges brillantes soient contenues dans la largeur de la figure de diffraction*)

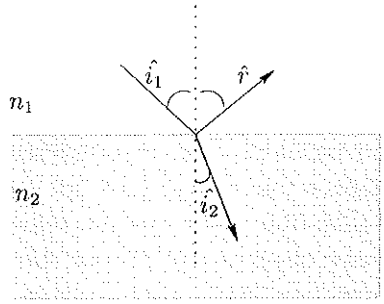


Il faut que $10\delta \leq \Delta$

$10\dfrac{\lambda D}{a} \leq \dfrac{2\lambda D}{d}$

$d \leq \dfrac{a}{5}$

4 *Réflexion et réfraction.*



Un rayon lumineux est réflechi et réfracté à l'interface de deux milieux d'indice n_1 et n_2.

4.a Donner les relations de Snell-Descartes pour l'angle $\hat{r}$ et l'angle $\hat{i_2}$.

$|\hat{r}| = |\hat{i}_1|$

$n_1 \sin \hat{i}_1 = n_2 \sin \hat{i}_2$

4.b Déterminer l'angle d'incidence $\hat{i_1} = \hat{i_B}$ tel que les rayons réfléchis et réfractés sont perpendiculaires.

$|\hat{i}_2| + |\hat{r}| = \frac{\pi}{2} \Rightarrow \hat{i}_2 + \hat{i}_1 = \frac{\pi}{2} \Rightarrow \hat{i}_2 = \frac{\pi}{2} - \hat{i}_1$

de Snell-Descartes

$n_1 \sin \hat{i}_1 = n_2 \sin\left(\frac{\pi}{2} - \hat{i}_1\right) \Rightarrow n_1 \sin \hat{i}_1 = n_2 \cos \hat{i}_1$

$\Rightarrow \hat{i}_B$ t.q. $\tan \hat{i}_B = \frac{n_2}{n_1}$

4.c Lorsque $\hat{i_1} = \hat{i_B}$, quelle condition la lumière incidente doit-elle vérifiée pour ne pas être totalement réfléchie ?

$\frac{n_1}{n_2} \sin \hat{i}_B < 1 \Rightarrow \frac{n_1}{n_2} \sin\left(\arctan \frac{n_2}{n_1}\right) < 1$

$\Rightarrow \arctan \frac{n_2}{n_1} < \arcsin \frac{n_2}{n_1}$

5 *Instruments optique : La loupe.* Le grossissement intrinsèque commercial G_{ic} d'une loupe vaut 4.

5.a Déterminer la distance focale de la loupe.

$G_{ic} = \frac{0{,}25 \text{ (en m)}}{f'} \Rightarrow f' = 6{,}25 \cdot 10^{-2}\,m = 6{,}25\,cm$

5.b Est-ce qu'il s'agit d'une lentille convergente ou divergente ?

convergente

5.c Un objet de taille 1 mm, sous quel angle peut-il être observé à travers la loupe ?

$\alpha' = G_{ic}\,\alpha = 4\alpha$ et $\alpha = \frac{1\,mm}{25\,cm} = \frac{1}{250} = 4 \cdot 10^{-3}$ rad

$\alpha' = 1{,}6 \cdot 10^{-2}$ rad