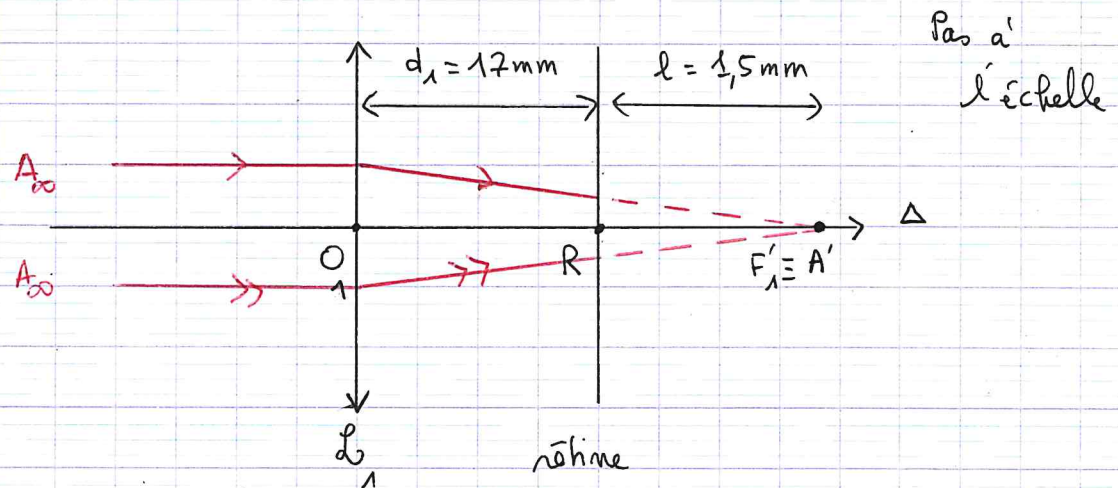


Corrigé du TD 03

EX1 - Correction d'un œil hypermétrope

Q1) Schématiser la situation :

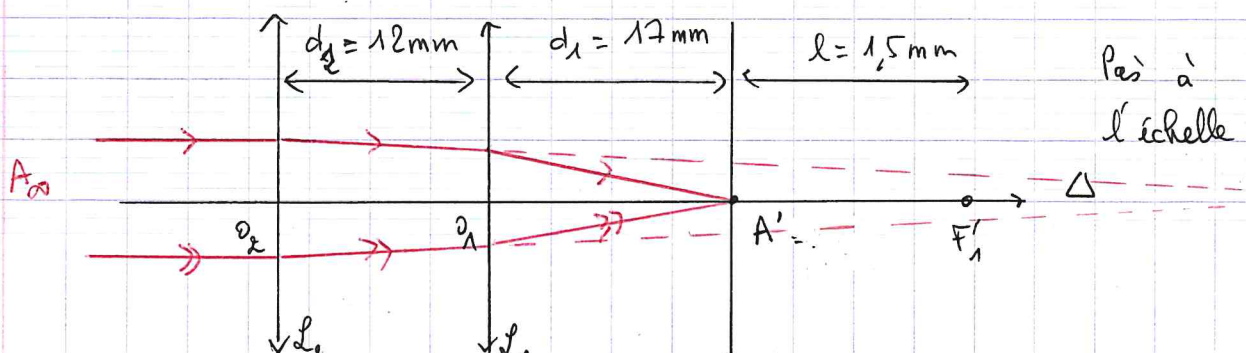


La distance focale image a pour expression: $f'_1 = O_1 F'_1$
 $\Rightarrow f'_1 = O_1 R + RA' (A' \equiv F'_1)$
 $\Rightarrow \underline{f'_1 = d_1 + l}$

AN: $f'_1 = 18,5 \text{ mm}$

Q2) L'œil n'est pas assez convergent, car F'_1 est placé derrière la rétine: on ajoute donc une lentille mince convergente devant l'œil pour corriger cela: décale F'_1 sur la rétine pour l'observation d'un objet à l' ∞ .

Q3) a) Pour un objet à l' ∞ , le point image A' doit se trouver sur la rétine.



TD03

$$\frac{1}{\frac{1}{O_2 A_0} - \frac{1}{O_2 F'_2}} = \frac{1}{f'_2}$$

$$\frac{1}{\frac{1}{O_1 A'} - \frac{1}{O_1 F'_2}} = \frac{1}{f'_2} \quad (2)$$

Schéma synoptique: $A_0 \xrightarrow{L_2} F'_2 \xrightarrow{L_1} A'$

avec $\frac{1}{O_1 A'} - \frac{1}{O_1 F'_2} = \frac{1}{f'_1}$

$$\begin{aligned} \frac{O_1 A'}{O_1 F'_2} &= \frac{d_1}{O_1 O_2} + \frac{O_2 F'_2}{O_1 F'_2} \\ &= -d_2 + f'_2 \end{aligned}$$

$$\Rightarrow \frac{1}{d_1} - \frac{1}{f'_2 - d_2} = \frac{1}{f'_1}$$

$$\Rightarrow \frac{1}{f'_2 - d_2} = \frac{1}{d_1} - \frac{1}{f'_1}$$

$$\Rightarrow \frac{1}{f'_2 - d_2} = \frac{f'_1 - d_1}{f'_1 d_1}$$

$$\Rightarrow \underline{f'_2 = d_2 + \frac{f'_1 d_1}{f'_1 - d_1}}$$

$$\begin{aligned} f'_1 - d_1 &= l \\ \hookrightarrow f'_2 &= d_2 + \frac{f'_1 d_1}{l} \end{aligned}$$

$$f'_2 = d_2 + \frac{(d_1 + l) d_1}{l}$$

$$\underline{f'_2 = d_1 + d_2 + \frac{d_1^2}{l}}$$

$$\text{AN: } \underline{f'_2 = 17 \text{ mm} + 12 \text{ mm} + \frac{(17 \text{ mm})^2}{15 \text{ mm}}}$$

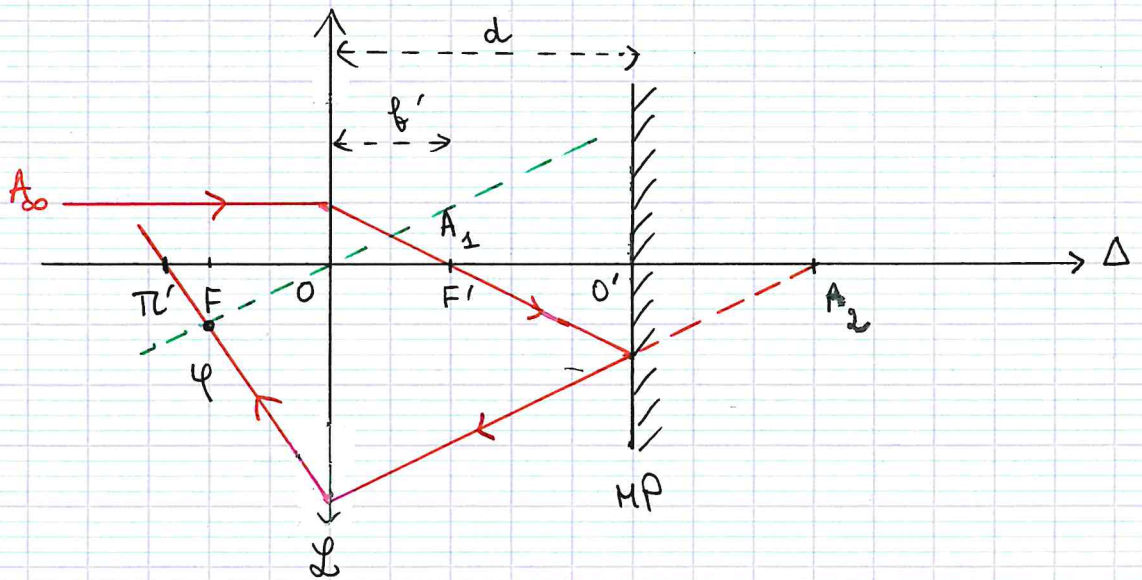
$$= 2,2 \times 10^2 \text{ mm}$$

$$= \underline{0,22 \text{ m}}$$

$$\text{Donc } V_2 = \frac{1}{f'_2} \Rightarrow \underline{V_2 = 4,55}$$

EX3 - Association d'une lentille convergente et d'un miroir plan

q1)

Schéma synoptique: $A_0 \xrightarrow[\textcircled{1}]{L} F' \equiv A_1 \xrightarrow[\textcircled{2}]{HP} A_2 \xrightarrow[\textcircled{3}]{L} \pi'$

q2)

$$\textcircled{1} \quad \frac{1}{\overline{OF'}} - \frac{1}{\overline{OA}_\infty} = \frac{1}{f'} \quad \Leftrightarrow \quad \overline{OF'} = f' \quad \text{car} \quad \overline{OA}_\infty \rightarrow -\infty \quad \text{donc} \quad \frac{1}{\overline{OA}_\infty} \rightarrow 0$$

(pas utile)

$$\textcircled{2} \quad \overline{OA}_2 = -\overline{OA}_1 \quad (\text{relation de conjugaison du miroir plan})$$

$\textcircled{3}$ Attention, on utilise la relation de conjugaison de Descartes lorsque la lumière traverse la lentille dans le sens direct $\rightarrow$. Ici, ce n'est pas le cas. On utilise alors le principe de retour inverse de la lumière : la lumière provenant de A_2 et arrivant en π' pourrait tout à fait prendre le chemin inverse, c'est à dire d'aller de π' vers A_2 , ce qui est beaucoup plus pratique pour écrire la relation de conjugaison :

$$\frac{1}{\overline{OA}_2} - \frac{1}{\overline{O\pi'}} = \frac{1}{f'}$$

$$\text{Or} \quad \overline{OA}_2 = \overline{OO'} + \overline{O'A}_2 \quad (\text{Chasles}) \\ = d + (-\overline{OA}_1)$$

$$\begin{aligned}
 &= d + \overline{A_1 O'} \quad (\overline{AB} = -\overline{BA}) \\
 &= d + d - f' \\
 &= 2d - f'
 \end{aligned}$$

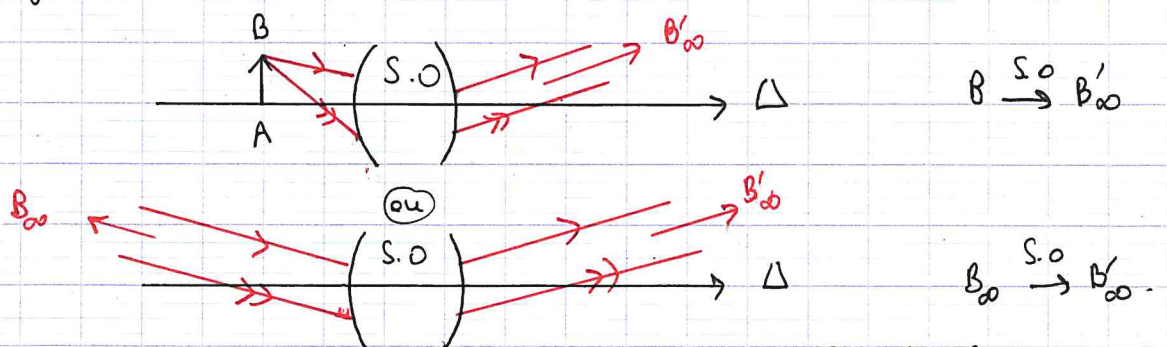
$$\begin{aligned}
 \text{D'où} \quad \frac{1}{2d - f'} - \frac{1}{\overline{OT'}} &= \frac{1}{f'} \Rightarrow \frac{1}{\overline{OT'}} = \frac{1}{2d - f'} - \frac{1}{f'} \\
 \Rightarrow \frac{1}{\overline{OT'}} &= \frac{f' - (2d - f')}{f'(2d - f')} \\
 \Rightarrow \frac{1}{\overline{OT'}} &= \frac{2f' - 2d}{f'(2d - f')} \\
 \Rightarrow \overline{OT'} &= \frac{f'(2d - f')}{2(f' - d)}
 \end{aligned}$$

On remarque que $\overline{OT'} < 0$ car $d > f'$ donc $2d > 2f'$
 $\Rightarrow 2d - f' > f' > 0$
 et $f' - d < 0$, ce qui est cohérent avec le schéma.

EX4 - Lunette de Galilée

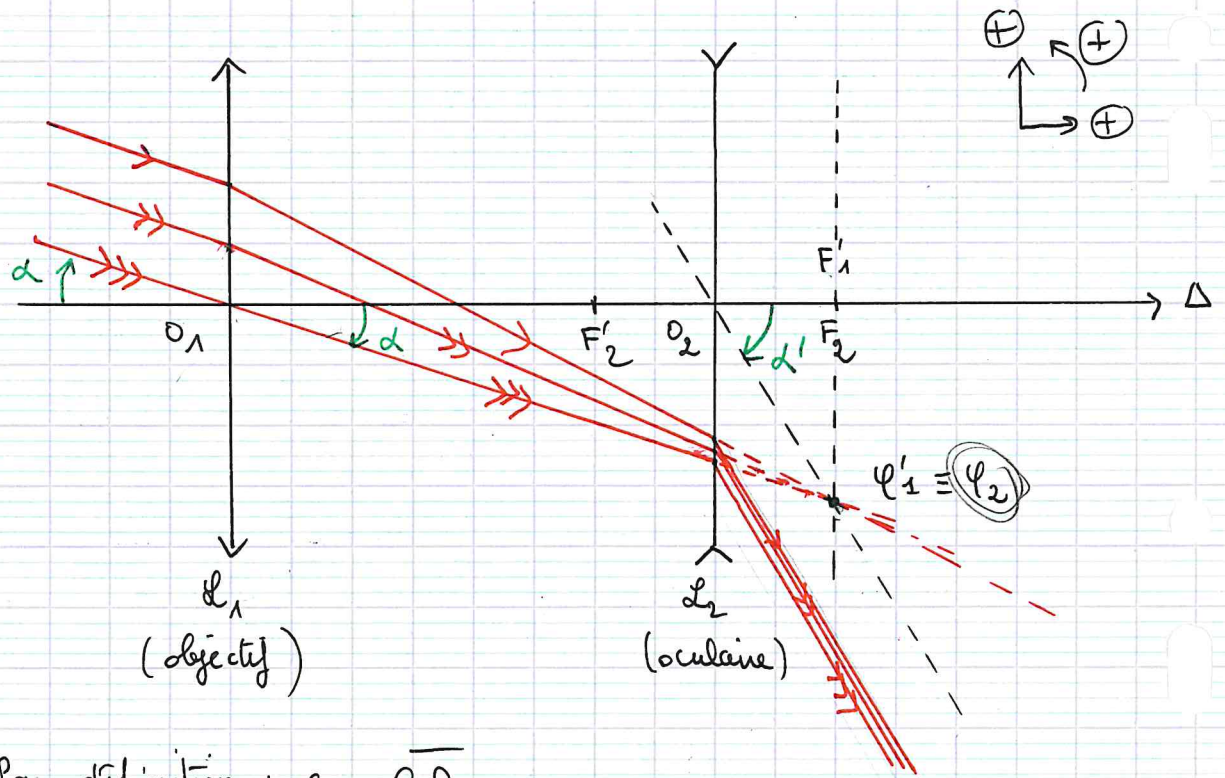
Q1) Le cristallin n'est pas bombé par les muscles qui l'entourent.
 l'image d'un objet à l'∞ se forme sur la rétine car F' est confondu avec le plan de la rétine.

Q2) Un S.O afocal renvoie une image à l'∞ d'un objet (à l'∞ ou à une distance finie).



ici, $\underline{F'_1 \equiv F_2}$ pour que la lunette de Galilée soit afocale.

Q3)
Q4)
Q5.)



Par définition : $e = \overline{O_1 O_2}$
 $= \overline{O_1 F_1'} + \overline{F_1' O_2}$ (Règles)
 $= f_1' + \overline{F_2' O_2}$

Or $f_2' = \overline{O_2 F_2'} = -\overline{O_2 F_2} \Leftrightarrow \overline{F_2' O_2} = +f_2'$.

On en déduit finalement que $e = f_1' + f_2'$

On retrouve la même formule que pour la lunette de Kepler sauf qu'ici $f_2' < 0$: l'encombrement d'une lunette de Galilée est plus faible que celui d'une lunette de Kepler.

Q6)

D'après la convention d'algèbrisation des angles : $\alpha' < 0$ et $\alpha < 0$ donc $G > 0$.

Dans le triangle rectangle $O_2 F_2' \varphi_1$, on a : $\tan(\alpha') = \frac{\overline{F_2' \varphi_1}}{\overline{O_2 F_2'}}$

Or $\overline{O_2 F_2'} = -\overline{O_2 F_2} = -f_2'$.

D'après les conditions de Gauss, $\tan(\alpha') = \alpha'$. D'où

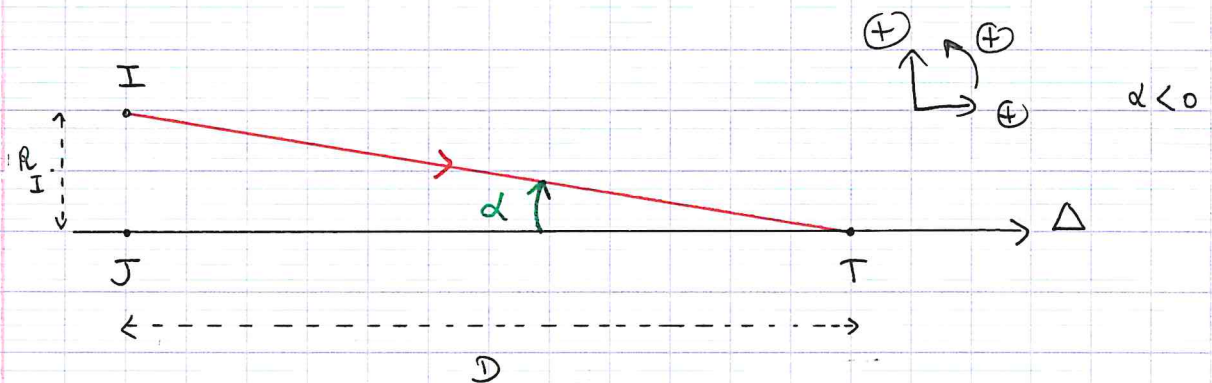
$$\alpha' = \frac{-\overline{F_2' \varphi_1}}{f_2'} < 0.$$

De même, dans le triangle rectangle $O_1 F'_1 \varphi'_1$, on a $\tan(\alpha) = \frac{F'_2 \varphi'_1}{O_1 F'_1}$
 Soit: $\alpha = \frac{F'_2 \varphi'_1}{f'_1}$

Ainsi: $G = \frac{\alpha'}{\alpha} \Leftrightarrow G = \frac{-\frac{F'_2 \varphi'_1}{f'_1}}{\frac{F'_2 \varphi'_1}{f'_1}}$
 $\Leftrightarrow G = -\frac{f'_1}{f'_2}$

AN: $G = -\frac{1330 \text{ mm}}{-94 \text{ mm}} \Leftrightarrow G = 14$

Q7)



$\tan(\alpha) = -\frac{R_I}{D} \Leftrightarrow \alpha = -\frac{R_I}{D}$ dans les conditions de Gauss.

AN: $\alpha = \frac{-9422 \times 10^6 \text{ km}}{591 \times 10^6 \text{ km}} \Leftrightarrow \alpha = -7,14 \times 10^{-4} \text{ rad}$

Q8)

Comparons (en valeur absolue) α à θ_L .

$|\alpha| = 7,14 \times 10^{-4} \text{ rad}$
 $= 4,09 \times 10^{-2}^\circ \quad \times 180/\pi$
 $= 2,45' \text{ d'arc} \quad \times 60$

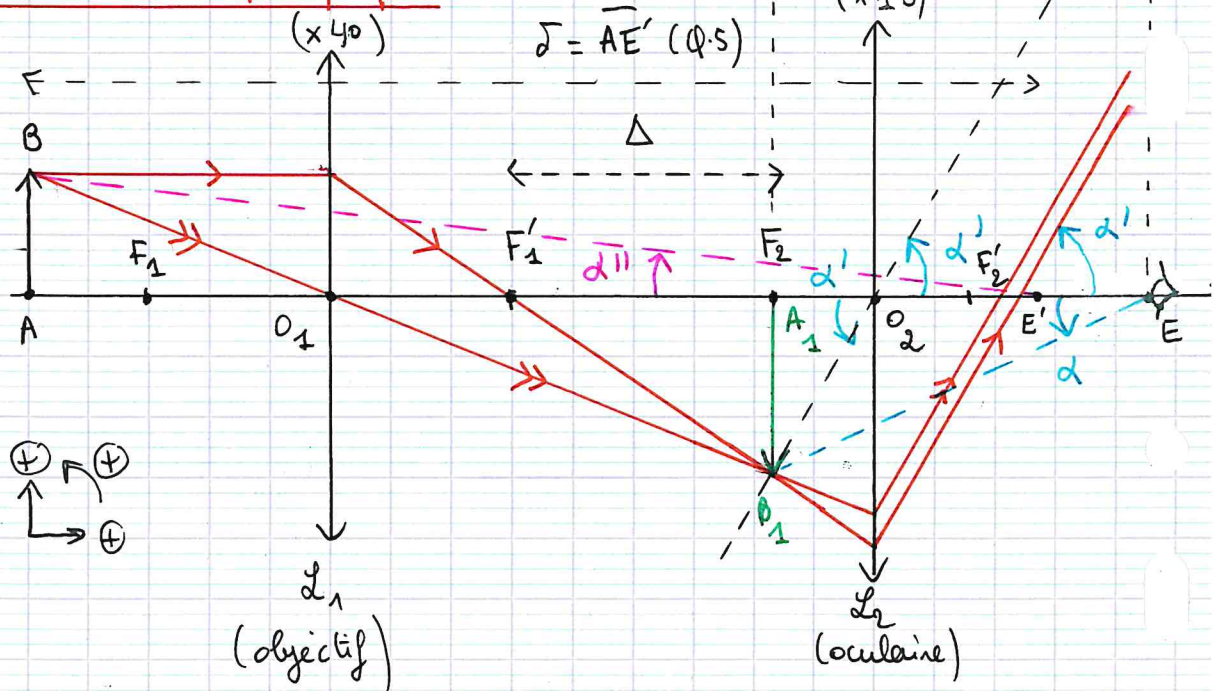
Ainsi: $|\alpha| < \theta_L = 10' \text{ d'arc}$. On ne peut distinguer Io à l'œil nu.

Q9)

L'œil observe Io à travers la lunette astronomique avec un angle $|\alpha'| = G|\alpha| \Leftrightarrow |\alpha'| = 34,3' \text{ d'arc} > 10' \text{ d'arc}$.
 Galilée a donc pu séparer Io du centre de Jupiter.

EX5 - Microscope optique

Q1)



Il faut placer le foyer objet F_2 de $\mathcal{L}_2$ dans le plan contenant l'image intermédiaire A_1B_1 de l'objet AB par la lentille $\mathcal{L}_1$.

Q2)

Par définition du grossissement commercial: $G_o = \frac{\alpha'}{\alpha}$
avec $\alpha > 0$ et $\alpha' > 0$

Dans le triangle rectangle $O_2F_2B_1$: $\tan(\alpha') = \frac{C.G}{O_2F_2} = \alpha' = \frac{\overline{F_2B_1}}{\overline{O_2F_2}}$

$$\text{Or } \overline{O_2F_2} = -\overline{O_2F_2'} = -f_2'$$

$$\text{D'où } \alpha' = -\frac{\overline{F_2B_1}}{f_2'}$$

De même, dans le triangle rectangle EF_2B_1 : $\tan(\alpha) = \frac{C.G}{\overline{EA_1}} = \alpha = \frac{\overline{F_2B_1}}{\overline{EA_1}}$

$$\text{Or } \overline{EA_1} = -\overline{A_1E} = -\delta$$

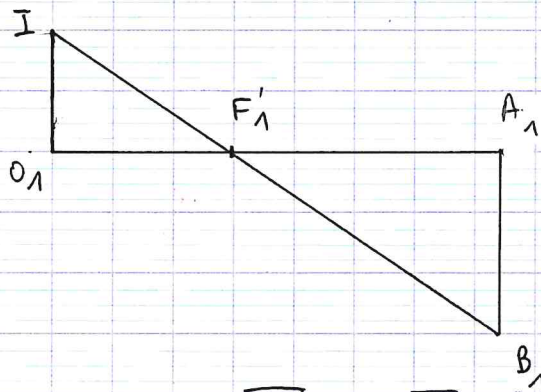
$$\text{D'où } \alpha = -\frac{\overline{F_2B_1}}{\delta}$$

$$\text{Ainsi, } G_o = \frac{\alpha'}{\alpha} \Leftrightarrow G_o = \frac{-\overline{F_2B_1}}{f_2'} \times \frac{\delta}{-\overline{F_2B_1}}$$

$$\Leftrightarrow f_2' = \frac{\delta}{G_o}$$

$$\text{AN: } f_2' = 2,5 \text{ cm}$$

Q3) On peut utiliser le théorème de Thalès dans l'association des triangles



Il vient : $\frac{\overline{F'_1 A_1}}{\overline{F'_1 O_1}} = \frac{\overline{F'_1 B_1}}{\overline{F'_1 I}} = \frac{\overline{A_1 B_1}}{\overline{O_1 I}}$ avec $\overline{O_1 I} = \overline{AB}$

Soit $\frac{\Delta}{-f'_1} = \gamma_1 \Leftrightarrow \underline{f'_1 = -\frac{\Delta}{\gamma_1}}$

AN : $|\gamma_1| = 40$ mais $\gamma_1 = -40$ car l'image $\overline{A_1 B_1}$ est renversée par rapport à l'objet $\overline{AB}$.

D'où $f'_1 = -\frac{16 \text{ cm}}{-40} \Leftrightarrow \underline{f'_1 = 0,40 \text{ cm}}$

Q4) D'après la relation de conjugaison de Descartes :

$$\frac{1}{\overline{O_1 A_1}} - \frac{1}{\overline{O_1 A}} = \frac{1}{f'_1}$$

Or $\overline{O_1 A_1} = f'_1 + \Delta$ d'où $\frac{1}{\overline{O_1 A}} = \frac{1}{f'_1 + \Delta} - \frac{1}{f'_1}$

$$\Leftrightarrow \frac{1}{\overline{O_1 A}} = \frac{f'_1 - f'_1 - \Delta}{f'_1(f'_1 + \Delta)}$$

$$\Leftrightarrow \underline{\overline{O_1 A} = -\frac{f'_1(f'_1 + \Delta)}{\Delta}}$$

AN : $\underline{\overline{O_1 A} = -0,41 \text{ cm}}$

q5) A priori, il faut décaler l'œil un peu vers la gauche et le placer en E' tel que $\overline{AE'} = \delta$. Dans le triangle rectangle ABE' , il vient: $\tan(\alpha'') = \alpha'' = \frac{\overline{AB}}{\overline{EA}}$ ($\alpha'' < 0$)

$$\text{D'où } \alpha'' = \frac{-\overline{AB}}{\delta} < 0$$

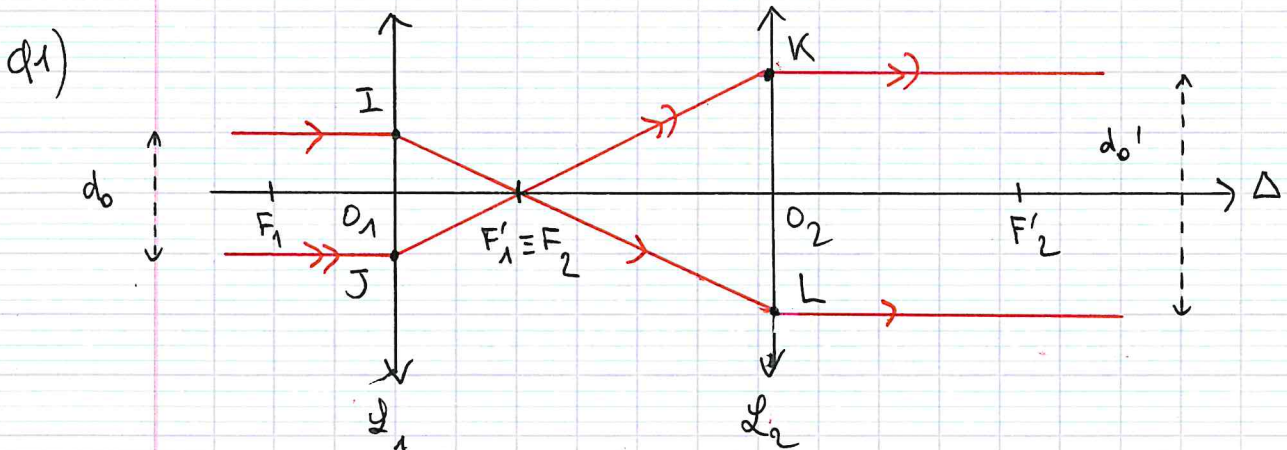
$$\text{D'où } G_c = \frac{\alpha'}{\alpha''} \Rightarrow G_c = -\frac{\overline{F_2 B_1}}{b'_2} \times \frac{\delta}{-\overline{AB}}$$

$$\Rightarrow G_c = +\frac{\overline{A_1 B_1}}{\overline{AB}} \times \frac{\delta}{b'_2}$$

$$\Rightarrow \underline{G_c = \gamma_1 \cdot G_0}$$

$$\underline{\text{AN: } G_c = -40 \times 10 \Rightarrow \underline{G_c = -400}}$$

EX6 - Élargissement de faisceau LASER



En confondant F'_1 avec F_2 on obtient un système optique afocal.

Il faut que $\underline{b'_1 < b'_2}$ pour que $\underline{d_0' > d_0}$.

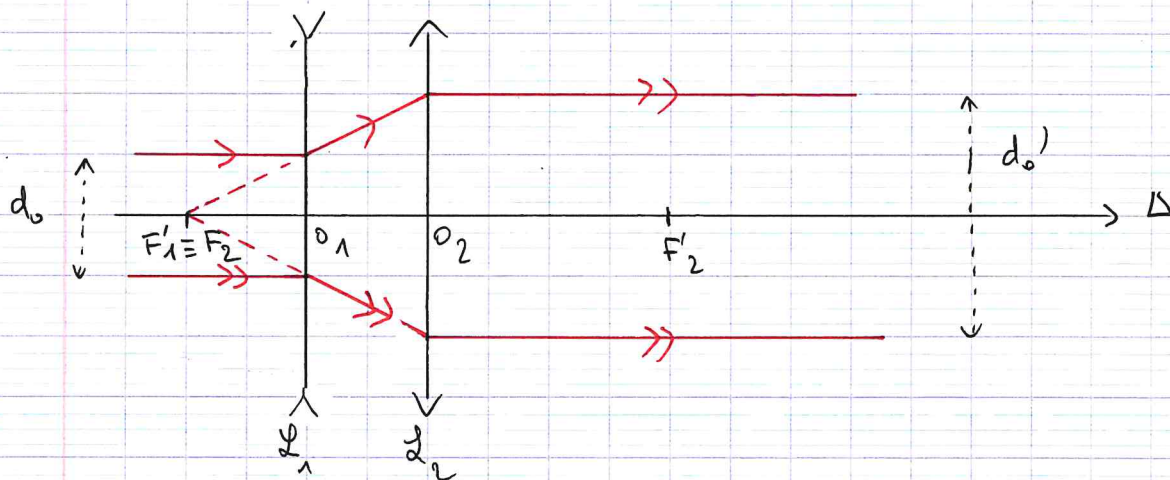
Dans l'association des triangles $O_1 I F'_1$ et $F'_1 L O_2$, le théorème de Thalès donne: $\frac{d_0'/2}{d_0/2} = \frac{b'_2}{b'_1} \Rightarrow \underline{d_0' = d_0 \cdot \frac{b'_2}{b'_1}}$

Q2) C'est immédiat : $e = \overline{O_1 O_2} \Leftrightarrow e = \overline{O_1 F'_1} + \overline{F'_1 O_2}$

$\Leftrightarrow e = \overline{O_1 F'_1} + \overline{F'_2 O_2}$

$\Leftrightarrow e = f'_1 + f'_2 \Leftrightarrow e = f'_1 \left(1 + \frac{d_o'}{d_o}\right)$

Q3) Il faut remplacer L_1 par une lentille DV.



$$e' = \overline{O_1 O_2} = \overline{O_1 F'_1} + \overline{F'_1 O_2}$$

$$= \overline{O_1 F'_1} + \overline{F'_2 O_2}$$

$$= \underline{f'_1 + f'_2}$$

or $\underline{f'_1 < 0}$ d'où $\underline{e' < e}$.

