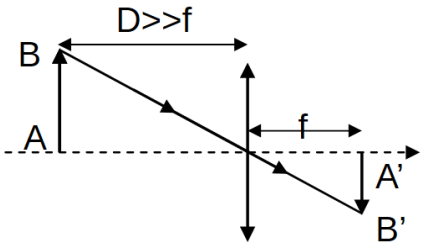
Résolution de problèmes.

1. On commence par faire un schéma donné ci contre où on utilise l'hypothèse rappelée dans l'énoncé.



La définition du grandissement $\gamma = \frac{\overline{A'B'}}{\overline{AB}}$

la relation de grandissement avec origine au centre $\gamma = \frac{\overline{OA'}}{\overline{OA}} = -\frac{f}{D}$

On l'applique à l'entrée du tunnel de hauteur $h = 4{,}3\,m$ située à une distance D_1 pour laquelle l'image présente une hauteur h_1 sur la photographie. ce qui donne $|\gamma_1| = \frac{h_1}{h} = \frac{f}{D_1}$

On l'applique à la sortie du tunnel de hauteur $h = 4{,}3\,m$ située à une distance D_2 pour laquelle l'image présente une hauteur h_2 sur la photographie. ce qui donne $|\gamma_2| = \frac{h_2}{h} = \frac{f}{D_2}$

On en déduit que la longueur du pont est $L = D_2 - D_1 = h \cdot f \cdot \left(\frac{1}{h_2} - \frac{1}{h_1}\right)$

Pour déterminer les hauteurs des images sur la matrice CCD, on applique une loi d'échelle :

$24\,mm \Leftrightarrow 10\,cm$
$h_1 = 6{,}3\,mm \Leftarrow 2{,}6\,cm$ et $24\,mm \Leftrightarrow 10\,cm$
$h_2 = 3{,}36\,mm \Leftarrow 1{,}4\,cm$

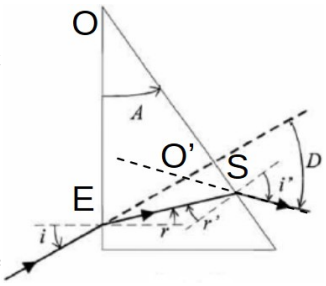
On obtient l'estimation de la longueur du tunnel : $\boxed{L = D_2 - D_1 = h \cdot f \cdot \left(\frac{1}{h_2} - \frac{1}{h_1}\right) \approx 21\,m}$

Conclusion : La longueur du tunnel est d'environ 21m.

Commentaire : Cette longueur paraît raisonnable. La largeur de la route sur la photo est estimable à 10m, on peut en déduire que la route 2x2 voies passant au dessus du pont, est environ deux fois plus large.

Exercice 1 : système d'asservissement du faisceau laser d'un lecteur CD-DVD

1. On écrit les lois de Snell Descartes $\boxed{\sin i = n \sin r}$ et $\boxed{\sin i' = n \sin r'}$
2. Dans le triangle OES, on observe un angle A en O, un angle π/2-r en E et un angle π/2-r' en S.



On en déduit que $\boxed{\pi = A + \left(\frac{\pi}{2} - r\right) + \left(\frac{\pi}{2} - r'\right)}$ d'où $\boxed{A = r + r'}$.

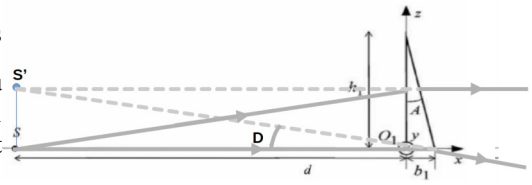
3. Dans le triangle O'ES, on observe un angle (π-D) au sommet O', un angle (i-r) en E et un angle (i'-r') en S. On en déduit que $\pi = (\pi - D) + (i - r) + (i' - r')$

On exploite la relation de la q2 pour obtenir finalement $\boxed{D = i + i' - A}$

4. On sait qu'aux petits angles : $\sin i \approx i$; $\sin i' \approx i'$; $\sin r \approx r$; $\sin r' \approx r'$

On traduit les LSD $i = nr$ et $i' = nr'$ ce qui donne d'après q3 $D = n(r + r') - A$ puis d'après q2 $\boxed{D = (n-1)A}$.

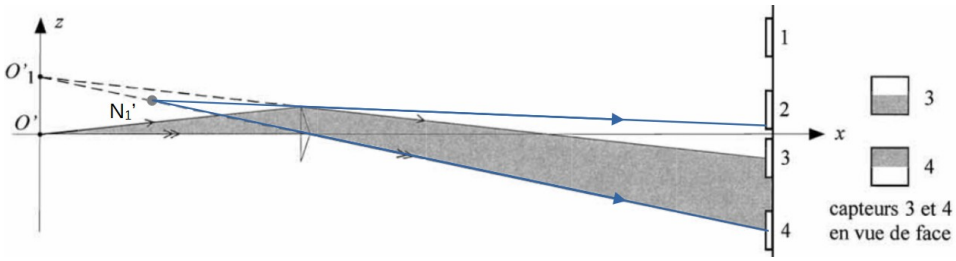
5. On suppose uniquement pour cette question que $z_O = \frac{h_1}{2}$. On obtient le schéma suivant en prenant les deux rayons particuliers : arrivant parallèle à O_1x issu de S sortant du prisme en passant par S', et celui sortant parallèle à l'axe O_1x passant par S' arrivant depuis S.



6. A l'aide du premier rayon tracé précédemment, et en plaçant l'angle D comme sur le schéma précédent, on obtient : $\tan D = \frac{z_o}{d}$ ce qui donne aux petits angles $D \approx \frac{z_o}{d}$. Avec le résultat de la question 4 on obtient bien $\boxed{z_O = (n-1)Ad}$.
7. L'image d'un objet à travers un miroir plan est le symétrique de l'objet par rapport au plan du miroir.
8. On fait la construction, on constate alors que O se retrouve à une distance δ au dessus du disque et que l'image est donc située à une distance δ sous le disque. On obtient donc que l'image N est située à une distance $\boxed{\overline{ON} = 2\delta}$
9. On compare les situations suivantes : $O \leftarrow L_1 \rightarrow O_\infty \leftarrow L_2 \rightarrow O'$
$O \leftarrow L_1 \rightarrow N_{int} \leftarrow L_2 \rightarrow N'$

O est au foyer de L_1 produit une image à l'infinie qui produit une image finale par L_2 qui est au foyer image O'. N est déplacé de 2δ sous O point focal objet de la lentille L_1. Alors N' n'est plus à l'infini mais à une distance finie devant la lentille L_2, elle produit alors une image finale qui est reculée en N' située plus loin que O' le long de l'axe optique.

10. Limage par le prisme du haut est située à une distance $z_O = (n-1)Ad$ au dessus de N' et l'image par le prisme du bas est située à une distance $z_O = (n-1)Ad$ sous N'.
11. Le schéma réalisé en tenant compte du résultat de la question 10. montre que N_1' est situé sur le rayon lumineux allant au capteur 4. En revanche comme N_1' est à droite de O_1, le faisceau s'élargit et éclaire une plus grande portion du capteur 3.



Exercice 2 : endoscope.

1. Les conditions de Gauss sont les suivantes :
   - Les rayons lumineux considérés sont peu inclinés par rapport à l'axe optique. L'angle entre le rayon lumineux incident et l'axe optique ne doit pas excéder en pratique les 10°.
   - Les rayons lumineux sont proches de l'axe optique. La distance entre le rayon lumineux et l'axe optique au voisinage de la lentille devra être petite devant la distance focale de la lentille.
2. Lorsqu'on se place dans les conditions de Gauss, les lentilles minces sont :
   - Stigmatiques au sens approché du terme : pour un couple de points A et A' si les rayons lumineux issus de A passent au voisinage de A' après avoir traversé le système optique.
   - Aplanétiques au sens approché du terme. : elles donnent d'un objet étendu dans un plan de front, une image située dans un (autre) plan de front.
3. Avec la description fournie $\boxed{\overline{O_{0b}A}=-D}$

Relation de conjugaison au centre optique $-\frac{1}{\overline{O_{ob}A}}+\frac{1}{\overline{O_{ob}A_0}}=\frac{1}{f_{ob}}$ d'où $\boxed{\overline{O_{ob}A_0}=\frac{Df_{ob}}{D-f_{ob}}}$ A.N : $\boxed{\overline{O_{ob}A_0}=12{,}5\,mm}$

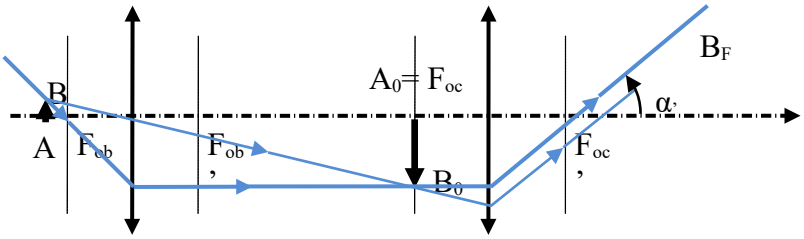
L'image est réelle car $\overline{O_{ob}A_0}>0$

4. Par définition le grandissement est le rapport de la taille de l'image et de la taille de l'objet $\gamma_{ob}=\frac{\overline{A_0B_0}}{\overline{AB}}$

La relation de grandissement au centre optique donne $\boxed{\gamma_{ob}=\frac{\overline{O_{ob}A_0}}{\overline{O_{ob}A}}=-\frac{f_{ob}}{D-f_{ob}}}$ A.N : $\boxed{\gamma_{ob}=-0{,}25}$

L'image produite est renversée (γ négatif) et rétrécie ($|\gamma|<1$

5. Pour éviter la fatigue par accommodation, il faut que l'image renvoyée par l'oculaire soit à l'infini. L'image intermédiaire A_O doit alors être située au foyer objet de l'oculaire. $A_O=F_{oc}$.
6. Le schéma de l'endoscope est similaire à celui du microscope.



7. On fait un schéma de l'objet AB vu sous l'angle α_{pp} placé à une distance d_{min}.

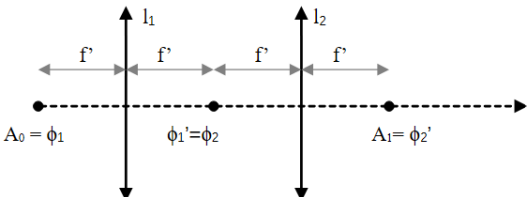
On en déduit $\tan\alpha_{pp}=\frac{\overline{AB}}{d_{min}}$ ce qui donne aux petits angles $\alpha_{pp}=\frac{\overline{AB}}{d_{min}}$

D'après le schéma précédent $\tan\alpha'=\frac{\overline{A_0B_0}}{f_{oc}}$ ce qui donne aux petits angles $\alpha'=\frac{\overline{A_0B_0}}{f_{oc}}$

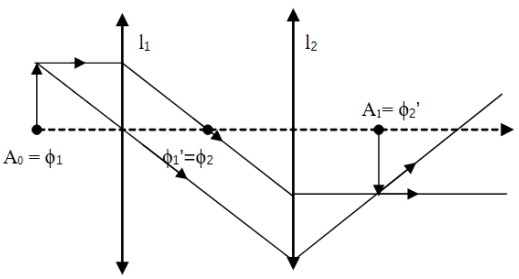
Le lien avec l'objet initial était $\gamma_{ob}=\frac{\overline{A_0B_0}}{\overline{AB}}=-\frac{f_{ob}}{D-f_{ob}}$ ce qui donne finalement $\alpha'=\frac{\overline{AB}f_{ob}}{f_{oc}(D-f_{ob})}$

On obtient finalement $\boxed{G=\left|\frac{\alpha'}{\alpha_{pp}}\right|=\frac{d_{min}f_{ob}}{f_{oc}(D-f_{ob})}}$ A.N : $\boxed{G=2{,}4}$ On obtient bien un grossissement mais faible.

8. On fait un schéma regroupant les informations du texte :
A_O, situé en ϕ_1, est conjugué par l_1 avec un point à l'infini qui est conjugué par l_2 avec A_1 situé en ϕ_2'.
On en conclut que $\boxed{\overline{A_0A_1}=4f'}$



9. On fait le schéma demandé :



10. On observe sur le schéma précédent qu'un théorème de Thalès s'appuyant sur le rayon passant par ϕ_1'=ϕ_2 amène à la conclusion : $\boxed{\overline{A_1B_1}=\overline{A_0B_0}}$. La nouvelle image est donc de même taille que l'image initiale. En reproduisant le même raisonnement pour toute la chaine, l'image à la sortie de la chaîne de doublet aura la même taille que l'image initiale $\boxed{\overline{A_pB_p}=\overline{A_0B_0}}$

11. Chaque doublet produit une image décalée de 4f' le long de l'axe optique, avec p=17 doublets on a donc transportée l'image sur une distance $\boxed{\overline{A_0A_p}=4\,pf'=1{,}02\,m}$

12. Entre chaque lentille de l'endoscope , il y a une distance 2f' ;
On en déduit que les lentilles se conjuguent les une aux autres dans l'endoscope puisque la relation de conjugaison est vérifiée pour chaque lentille et s'écrit sous la forme $\begin{matrix}-\frac{1}{-2f'}+\frac{1}{2f'}=\frac{1}{f'}\\ -\frac{1}{\overline{O_kO_{k-1}}}+\frac{1}{\overline{O_k}O_{k+1}}=\frac{1}{f'}\end{matrix}$.

Par la relation de grandissement avec origine au centre : $\gamma_k=\frac{\overline{O_{k+1}O_k}}{\overline{O_{k_1}O_k}}=\frac{2f'}{-2f'}=-1$

chaque lentille transmet dans sur la lentille qui la suit la lumière qu'elle a reçu de la lentille précédente. C'est l'intérêt de cette configuration qui transmet une image de même taille tout au long du système et de même luminosité en théorie.

13. A chaque passage dans une lentille la puissance en sortie est donnée en fonction de la puissance en entrée par $P_s=T\,P_e$ par récurrence sur l'ensemble des lentilles, on en déduit que $P_{final}=T^{2p}P_e$
La fraction de puissance transmise est alors $\boxed{\tau=T^{2p}=0{,}03}$ avec des lentilles ordinaires.

14. Avec des lentilles à traitement anti-reflet $\boxed{\tau=T^{2p}=0{,}87}$. La puissance lumineuse transmise sera trente fois plus grande avec les lentilles antireflet et leur usage sera nécessaire dans l'endoscope.