OPTIQUE GÉOMÉTRIQUE ET PHYSIQUE BTS OL 2006 – Corrigé

(proposé par Joseph Hormière / Bures sur Yvette)

Important : Ce corrigé n'a pas de valeur officielle et n'est donné qu'à titre informatif sous la responsabilité de son auteur par Acuité

Optique géométrique

1) La lunette est afocale : $\infty \rightarrow F'_{ob} \equiv F_{oc} \rightarrow \infty$

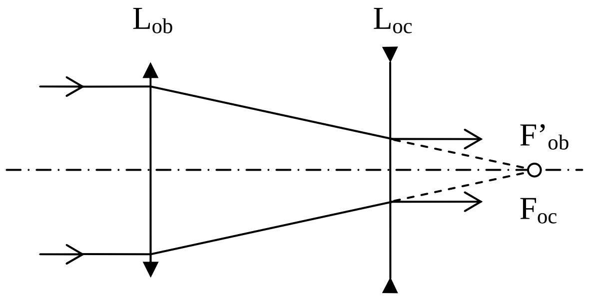

Figure 1

2)

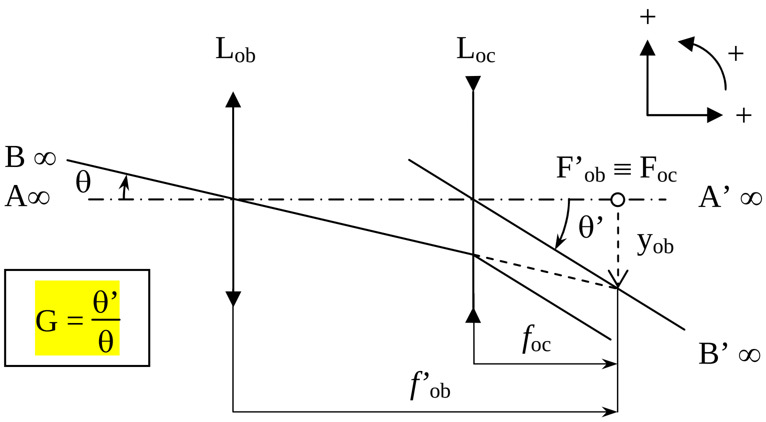

Figure 2

L'objet à l'infini est caractérisé par son diamètre apparent θ. Son image à l'infini a pour diamètre apparent θ'. Le grossissement est le quotient du diamètre apparent de l'image et du diamètre apparent de l'objet.

3) L'encombrement de la lunette est la distance qui sépare l'objectif de l'oculaire.
$e = L_{ob}L_{oc}$

4) Sur la figure 2, les deux triangles rectangles qui ont en commun l'image intermédiaire y_{ob} sont tels que :

$$\tan\theta = \frac{y_{ob}}{f'_{ob}} \qquad \text{et} \qquad \tan\theta' = \frac{y_{ob}}{f_{oc}}$$

En supposant les angles petits, $\tan\theta = \theta$ et $\tan\theta' = \theta'$

On en tire $G = \dfrac{\dfrac{y_{ob}}{f_{oc}}}{\dfrac{y_{ob}}{f'_{ob}}} = \dfrac{f'_{ob}}{f_{oc}} = -\dfrac{f'_{ob}}{f'_{oc}}$ (1)

$e = \overline{L_{ob}L_{oc}} = \overline{L_{ob}F'_{ob}} + \overline{F'_{ob}F_{oc}} + \overline{F_{oc}L_{oc}} = f'_{ob} + 0 - f_{oc} = f'_{ob} + f'_{oc}$ (2)

5) L'équation (1) donne $f'_{ob} = -G\, f'_{oc} = -2{,}2\, f'_{oc}$
En reportant dans l'équation (2), $-2{,}2\, f'_{oc} + f'_{oc} = -1{,}2\, f'_{oc} = 25$
D'où l'on tire
$f'_{oc} = -25/1{,}2 = -20{,}83$ mm et $f'_{ob} = -2{,}2 \times (-20{,}83) = +45{,}83$ mm

6) Ce système optique permet, dans le cas d'une basse vision, d'augmenter la taille de l'image rétinienne d'un facteur 2,2. Il est adapté à l'observation d'objets éloignés.

7) Appelons L'_{ob} le conjugué image de L_{ob} à travers l'oculaire.

$$\frac{1}{\overline{L_{oc}L'_{ob}}} - \frac{1}{\overline{L_{oc}L_{ob}}} = \frac{1}{f'_{oc}} \quad \rightarrow \quad \overline{L_{oc}L'_{ob}} = \frac{1}{\dfrac{1}{-25} + \dfrac{1}{-21}} = -11{,}4 \text{ mm}$$

Cette image est virtuelle, car elle est située en avant de L_{oc}.

$$g_y(L_{ob}, L'_{ob}) = \frac{\overline{L_{oc}L'_{ob}}}{\overline{L_{oc}L_{ob}}} = \frac{-11{,}4}{-25} = 0{,}46$$

$\rightarrow$ $\varnothing L'_{ob} = 0{,}46\, \varnothing L'_{ob} = 0{,}46 \times 30 = 13{,}8$ mm

8)

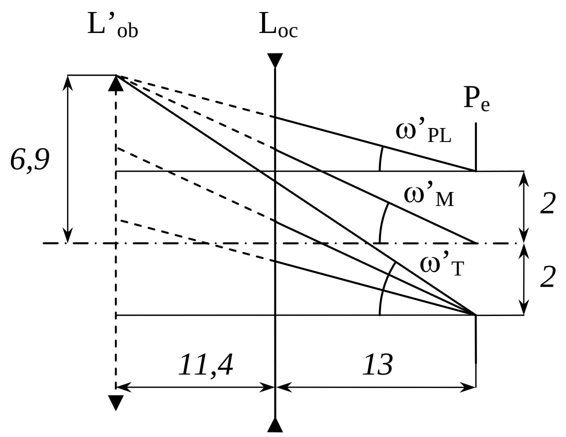

Figure 3

Dans l'espace image de la lunette (espace objet de l'œil), les rayons définissant les demi-champs angulaires images sont définis par le bord supérieur de la lucarne de sortie (L'_{ob}) et le bord supérieur, le centre, le bord inférieur de la pupille de sortie (P_e).

$$\tan\omega'_{PL} = \frac{R_{L'ob} - R_{Pe}}{L'_{ob}P_e} = \frac{6{,}9 - 2}{24{,}4} = 0{,}201 \quad \rightarrow \quad 2\,\omega'_{PL} = 22{,}71° \cong 22{,}7°$$

$$\tan\omega'_{M} = \frac{R_{L'ob}}{L'_{ob}P_e} = \frac{6{,}9}{24{,}4} = 0{,}283 \quad \rightarrow \quad 2\,\omega'_{M} = 31{,}58° \cong 31{,}6°$$

$$\tan\omega'_{T} = \frac{R_{L'ob} + R_{Pe}}{L'_{ob}P_e} = \frac{6{,}9 + 2}{24{,}4} = 0{,}365 \quad \rightarrow \quad 2\,\omega'_{T} = 40{,}08° \cong 40{,}0°$$

9) Dans l'espace objet, les champs sont divisés par le grossissement 2,2

$2\,\omega_{PL} = 10{,}3°$ $\quad$ $2\,\omega_{M} = 14{,}4°$ $\quad$ $2\,\omega_{T} = 18{,}2°$

C'est le champ total objet qui est donné par le constructeur.

10) La seule image à distance finie [F'_{ob}] étant virtuelle, il n'est pas possible d'éliminer le champ de contour.

11)

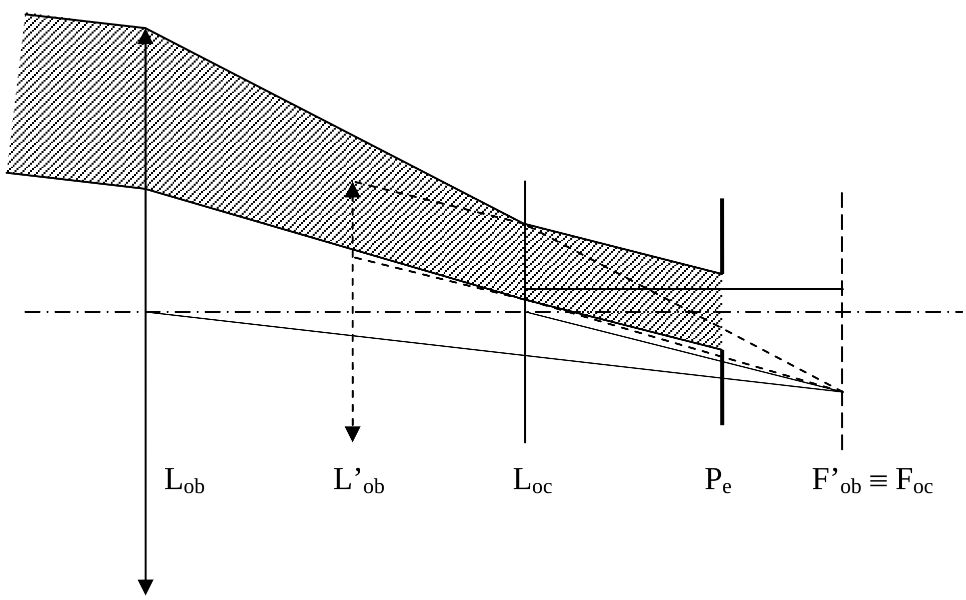

Figure 4

12) Dans l'espace image, la pupille de sortie coïncide avec la pupille d'entrée de l'œil. La limite de résolution due à la diffraction est :

$$LR'_{diff} = \frac{1{,}22\lambda}{\varnothing P_e} = \frac{1{,}22 \times 555 \times 10^{-6}}{4} = 1{,}68 \times 10^{-4}\ \text{rad}$$

La limite de résolution due à l'œil est :

$$LR'_{œil} = 1,4 \frac{\pi}{180 \times 60} = 4,07 \times 10^{-4} \text{ rad.}$$

C'est la plus grande des deux valeurs qui définit la limite de résolution image de l'ensemble lunette + œil, soit LR' = $4,07 \times 10^{-4}$ rad.

Dans l'espace objet LR = LR'/G = = $4,07 \times 10^{-4}/2,2$ = $1,85 \times 10^{-4}$ rad
ce qui représente environ 38".

1 mm à 5 m représente un angle de 1/5000 soit 2×10^{-4} rad, qui est supérieur à LR.
Les deux traits seront séparés.

Optique physique

I) D'un point de vue macroscopique, la lumière naturelle n'est pas polarisée.

La direction du champ électrique $\vec{E}$ associé à l'onde lumineuse reste dans un plan perpendiculaire à la direction de propagation, mais change aléatoirement.

II) Ces filtres créent une polarisation rectiligne.

III) 1) & 2)

On applique la loi de Malus : I' = I $\cos^2\alpha$, où α est l'angle entre la direction de polarisation du test et celle des verres polarisés.

$$\frac{I'}{I} = \cos^2\alpha = \cos^2 45 = 0,5 = \cos^2 135$$

On a le même pourcentage de flux transmis, soit 50%.

IV) 1)

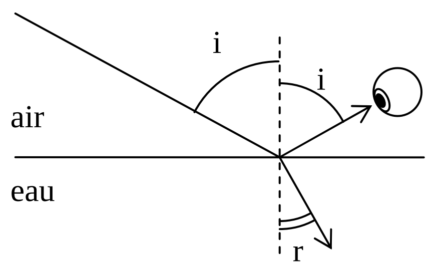

Figure 5

2) L'incidence de Breswter donne une lumière réfléchie polarisée perpendiculairement au plan d'incidence.
L'axe des filtres polaroïds est orienté à 90° TABO (verticalement pour un plan de verre vertical).

Dans ces conditions, l'angle entre la direction de polarisation de la lumière et celle du filtre polaroïd est 90°. La loi de Malus donne alors I' = I $\cos^2 90$ = 0. Il y a bien extinction.

3) Selon la Figure 5, l'angle droit entre le rayon réfracté et le rayon réfléchi est le supplémentaire de i + r. Donc, $i + r = \frac{\pi}{2}$ et $r = \frac{\pi}{2} - i$

Dans la loi de réfraction de Descartes-Snell, $n \sin i = n' \sin r = n' \sin(\frac{\pi}{2} - i)$

$n \sin i = n' \cos i \quad \rightarrow \quad \tan i = \frac{n'}{n}$ (loi de Brewster)

Ici,

$1 \times \sin i = 1{,}33 \times \sin r = 1{,}33 \times \sin(\frac{\pi}{2} - i)$

$\sin i = 1{,}33 \cos i \quad \rightarrow \quad \tan i = 1{,}33 \quad \& \quad i = 53{,}06 \cong 53°$

V) L'axe du filtre doit être orienté verticalement, pour laisser passer la lumière polarisée par réflexion. S'il était resté réglé horizontal, le reflet de la fontaine n'apparaîtrait pas dans la vitre.

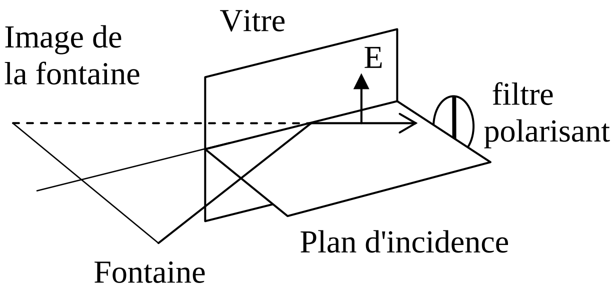

Figure 6