# Corrigé de l'épreuve d'Optique Géométrique et Physique / BTSOL 2009

*Joseph Hormière*



## Partie A – Étude de l'instrument

### I- L'oculaire

1) L'oculaire a pour focale : $f' = \dfrac{f'_1 f'_2}{f'_1 + f'_2 - O_1O_2} = \dfrac{4a \times 2a}{4a + 2a - 3a} = \dfrac{8a}{3} > 0$

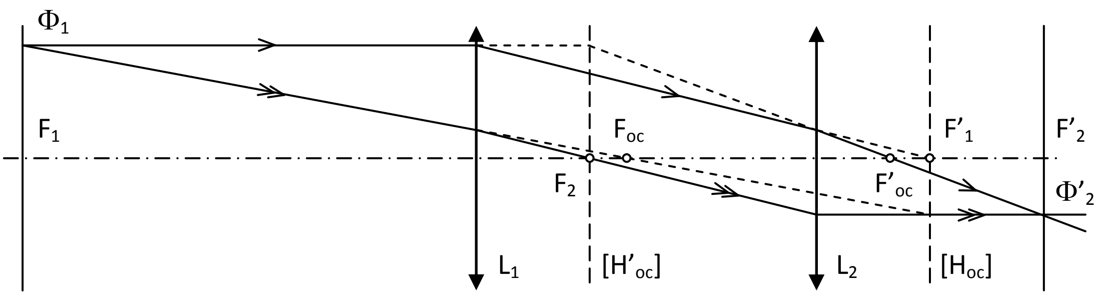
La puissance intrinsèque est égale à la vergence ; la vergence est l'inverse de la focale ; il s'ensuit :

$\dfrac{8a}{3} = \dfrac{1}{Pi_{oc}} = \dfrac{1}{50}\,\text{m}$, soit 20 mm. D'où $\boxed{a = 7{,}5 \text{ mm}}$

$f'_1 = 4a = 4\times7{,}5 = 30$ $O_1O_2 = 3a = 3\times7{,}5 = 22{,}5$ $f'_2 = 2a = 2\times7{,}5 = 15$

$\boxed{f'_1 = +30 \text{ mm} \quad O_1O_2 = 22{,}5 \text{ mm} \quad f'_2 = +15 \text{ mm}}$

2)




On constate que $H_{oc}$ est en $F'_1$ et $H'_{oc}$, en $F_2$.

3) $F_{oc} \xrightarrow{L_1} F_2 \xrightarrow{L_2} \infty$ $\dfrac{1}{\overline{O_1F_{oc}}} = \dfrac{1}{\overline{O_1F_2}} - \dfrac{1}{f'_1} = \dfrac{1}{\overline{O_1O_2} + \overline{O_2F_2}} - \dfrac{1}{f'_1}$

$\dfrac{1}{\overline{O_1F_{oc}}} = \dfrac{1}{22{,}5 - 15} - \dfrac{1}{30} = \dfrac{3}{30}$ $\boxed{\overline{O_1F_{oc}} = +10\,\text{mm}}$

Comme $F_{oc}$ est virtuel, car situé après $L_1$, $\boxed{\text{l'oculaire est négatif.}}$

4) $\boxed{\text{L'oculaire est achromatique}}$ car :

1. les deux lentilles sont faites dans le même matériau – et ont donc même nombre d'Abbe – et

2. $f'_1 + f'_2 = 4a + 2a = 6a = 2\times3a = 2e$

## II- Étude de l'objectif

5) Le grossissement commercial du microscope est égal au quotient de sa puissance intrinsèque par quatre dioptries. La puissance intrinsèque est donc :

$P_i = G_c \times 4\ \delta = 250 \times 4\ \delta$ $\boxed{Pi = 1000\ \delta}$

6) L'observateur emmétrope désaccommodé regarde l'image instrumentale à l'infini. Celle-ci est caractérisée par son diamètre apparent $\theta'$ .

Les conjugués objets respectifs de cette image sont respectivement $y_1$, taille de l'image objective placée en $A_1$ (confondu avec $F_{oc}$) et y, taille de l'objet placé en A (confondu avec $\Phi$).

$Pi = \left|\dfrac{\theta'}{y}\right| = \left|\dfrac{\theta'}{y_1}\dfrac{y_1}{y}\right|$ L'oculaire est utilisé de façon intrinsèque, car l'image qu'il donne est à l'infini.

En fin de compte, $\boxed{Pi = |g_y| \times Pi_{oc}}$

7) $|g_y| = \dfrac{Pi}{Pi_{oc}} = \dfrac{1000}{50} = 20$ Comme le grandissement algébrique d'un objectif de microscope est toujours négatif, $\boxed{g_y = -20}$

$g_y = \dfrac{-\overline{F'_{ob}A_1}}{f'_0} = \dfrac{-\Delta}{f'_0}$ $f'_0 = \dfrac{-\Delta}{g_y} = \dfrac{-180}{-20}$ $\boxed{f'_0 = +9\text{ mm}}$

8) La formule de conjugaison de Newton donne : $\overline{F_0A}\times\overline{F'_0A_1} = -f'^{\,2}_0$

et comme $\boxed{\text{A est en }\Phi}$ et $A_1$ en $F_{oc}$ : $\overline{F_0\Phi} = \dfrac{-f'^{\,2}_0}{\Delta} = \dfrac{-9^2}{180}$ $\boxed{\overline{F_0\Phi} = -0{,}45\,\text{mm}}$

## III- Étude des champs

9) La relation d'Abbe (ou relation des sinus) donne, pour un objectif aplanétique,

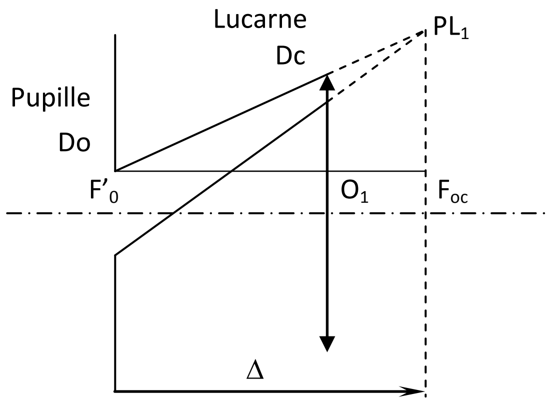
$y \sin u = y_1 \sin u_1 \cong y_1 \tan u_1$ car l'angle $u_1$ est toujours très petit.

u est le demi-angle d'ouverture du faisceau utile issu de A, dans l'espace objet ; $u_1$ est le demi-angle d'ouverture du faisceau qui lui correspond dans l'espace de l'image objective.

En valeur absolue, $|y| ON = |y_1| \dfrac{R_{Do}}{\Delta}$ $\quad R_{Do} = \dfrac{\Delta \times ON}{|g_y|} = \dfrac{180 \times 0{,}6}{20} = 5{,}4\,\text{mm}$

Le diamètre du diaphragme d'ouverture est donc $\boxed{\varnothing Do = 10{,}8 \text{ mm}}$

10)




Le faisceau utile, à la limite du champ de pleine lumière dans l'espace image de l'objectif, a pour sommet $PL_1$ sur $[F_{oc}]$ ; il s'appuie sur la pupille et tangente intérieurement la lucarne.

Si l'on considère les deux triangles rectangles semblables de la figure,

$\dfrac{R_{PL1} - R_{Do}}{\Delta} = \dfrac{R_{Dc} - R_{Do}}{\Delta - O_1F_{oc}}$ $\quad \dfrac{R_{PL1} - 5{,}5}{180} = \dfrac{12 - 5{,}5}{180 - 10} = \dfrac{6{,}5}{170}$ $\quad R_{PL1} = 12{,}38$ mm $\quad \boxed{\varnothing PL_1 = 24{,}8 \text{ mm}}$

11) Pour éliminer le champ de contour, il faut placer un diaphragme dans le plan d'une image réelle. Ici, comme $F_{oc}$ est virtuel, $\boxed{\text{c'est en } F_2 \text{ réel qu'il faut placer le diaphragme.}}$

Son diamètre est le produit du diamètre précédent par le grandissement entre $F_{oc}$ et $F_2$.

$$g_y(F_{oc}, F_2) = \frac{\overline{O_1F_2}}{\overline{O_1F_{oc}}} = \frac{\overline{O_1O_2} + \overline{O_2F_2}}{\overline{O_1F_{oc}}} = \frac{22{,}5 - 15}{10} = 0{,}75$$

$\varnothing PL_2 = 0{,}75\ \varnothing PL_2 = 0{,}75 \times 24{,}76$ $\quad \boxed{\varnothing PL_2 = 18{,}6 \text{ mm}}$

12) Voir dernière page.

## Partie B – Utilisations de l'instrument

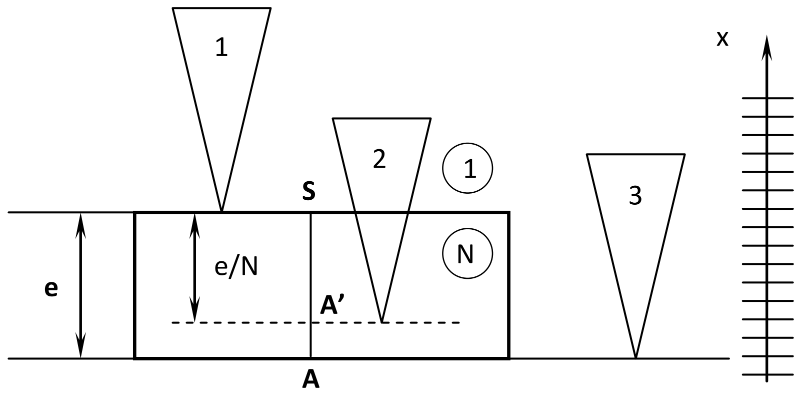
13) Dans l'espace objet du microscope,

- la limite de résolution due à la diffraction est $LS_{diff} = \dfrac{1{,}22\lambda}{2ON} = \dfrac{1{,}22 \times 0{,}55}{2 \times 0{,}6} = 0{,}56\,\mu\text{m}$

- la limite de résolution due à l'œil est $LS_{oeil} = \frac{\theta' lim}{Pi} = \frac{3\times10^{-4}}{1000}$ m soit $0{,}30\mu m$

On retiendra le plus grand des deux résultats : $\boxed{LS = 0{,}56\ \mu m}$

14)




Le deuxième pointé revient à effectuer la mise au point du microscope sur l'image du second dioptre de la lame par rapport au premier.

Une simple relation de conjugaison donne : 1/SA' = N/SA, soit SA' = SA/N = e/N.

On a donc : $x_1 - x_3$ = e = 18,342 – 16,302 = 2,040 mm

et $x_1 - x_2$ = e/N = 18,342 – 17,008 = 1,334 mm N = e/1,334 = 2,040/1,334 = 1,529

En résumé $\boxed{e = 2{,}040 \text{ mm et } N = 1{,}529}$

## Partie C – Traitement des surfaces optiques

### I- Choix de l'indice

15) $\boxed{r_1 = \frac{n_c - 1}{n_c + 1}}$ $\boxed{r_2 = \frac{n - n_c}{n + n_c}}$

16) $\frac{n_c - 1}{n_c + 1} = \frac{n - n_c}{n + n_c} \Rightarrow (n_c - 1)(n + n_c) = (n_c + 1)(n - n_c)$

Après développement, et simplification, on obtient : $\boxed{n_c = \sqrt{n}}$

Application numérique : n = 1,52 → $\boxed{n_c = 1{,}233}$

17) L'indice de la cryolithe étant différent de l'indice calculé, l'antireflet ne sera pas « parfait » ; il présentera un $\boxed{\text{reflet résiduel coloré}}$ d'autant plus grand que l'écart d'indice |$n_c$(théorique) –

$n_c$(réel)| sera grand. Le traitement multicouche sera nécessaire pour réduire le plus possible ce reflet.

## II- Détermination de l'épaisseur

18) La différence de chemin optique, ou différence de marche, est $\boxed{\delta = 2n_c e}$

19) La couche sera antireflet quand les deux ondes réfléchies seront en opposition de phase. Elles donneront alors des interférences destructives. $\boxed{\delta = (2k + 1)\lambda / 2}$ où k est un nombre entier.

20) L'épaisseur minimale est obtenue pour k = 0.

$2n_c e = \lambda/2 \quad \rightarrow \quad \boxed{e = \dfrac{\lambda}{4n_c}} \qquad e = \dfrac{550}{4 \times 1{,}35} \qquad \boxed{e = 102 \text{ nm}}$

## III- Efficacité de l'antireflet

21) $R_V = \left(\dfrac{n-1}{n+1}\right)^2 = \left(\dfrac{1{,}52-1}{1{,}52+1}\right)^2 \qquad \boxed{R_V = 0{,}0426}$

22) $T = (1 - R_v)^6$, car il y a 3 lentilles, et donc 6 dioptres $\boxed{T = 77\ \%}$

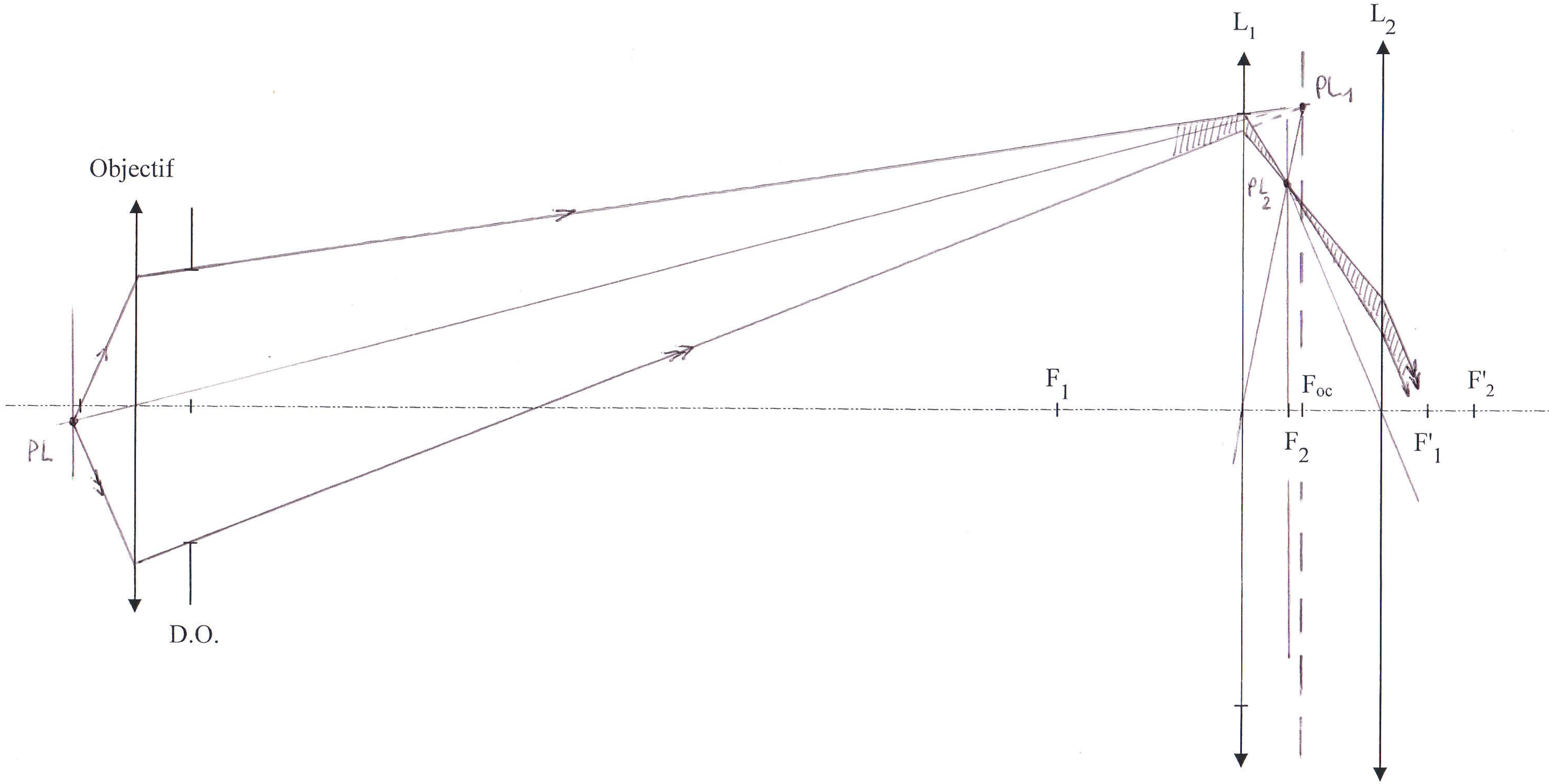
23) $R = \left(\dfrac{n - n_c{}^2}{n + n_c{}^2}\right)^2 = \left(\dfrac{1{,}52 - 1{,}35^2}{1{,}52 + 1{,}35^2}\right)^2 \qquad \boxed{R = 0{,}0082}$

24) $T = (1 - R_v)^6$ $\boxed{T = 95\ \%}$

25) $\boxed{\text{Le traitement antireflet permet d'augmenter le facteur de transmission d'environ 20\%.}}$

De plus, la réduction des reflets internes contribue à diminuer considérablement les images parasites, ainsi que le voile de diffusion qui dégrade le contraste de l'image.

FEUILLE-RÉPONSE À RENDRE AVEC LA COPIE




Échelle axiale : 1:1
Échelle transversale : 4:1