Corrigé de l'épreuve d'Optique Géométrique et Physique / BTSOL 2010

Joseph Hormière

Ce corrigé n'a pas de valeur officielle et n'est donné qu'à titre informatif

par **Acuité**, sous la responsabilité de son auteur.

OPTIQUE GÉOMETRIQUE

I. Étude du téléobjectif

1) L'objectif a pour focale : $f' = \dfrac{f'_1\, f'_2}{f'_1 + f'_2 - O_1O_2} = \dfrac{8a \times (-4a)}{8a - 4a - 5a} = 32a$

f' = 320 mm = 3a $\rightarrow$ $\boxed{a = 10 \text{ mm}}$

$f'_1 = 8a = 8\times10 = 80$ $O_1O_2 = 5a = 5\times10 = 50$ $f'_2 = -4a = -4\times10 = -40$

$\boxed{f'_1 = +80 \text{ mm} \qquad O_1O_2 = 50 \text{ mm} \qquad f'_2 = -40 \text{ mm}}$

2) Le point principal image H' est donné par la formule de Gullstrand :

$\overline{O_2H'} = -e\dfrac{f'}{f'_1} = -50\times\dfrac{320}{80} = -200$ $\overline{O_2F'} = \overline{O_2H'} + \overline{H'F'} = -200 + 320 = +120$

$\overline{O_1F'} = \overline{O_1O_2} + \overline{O_2F'} = 50 + 120 = +170$

$\boxed{\overline{O_2H'} = -200\,\text{mm}}$ $\boxed{\overline{O_2F'} = +120\,\text{mm}}$ $\boxed{\overline{O_1F'} = +170\,\text{mm}}$

<u>Un objectif mince de même focale aurait un encombrement de 320 mm</u>.

<u>Le gain de place est de l'ordre de 2</u>, car 170 ≅ 320/2.

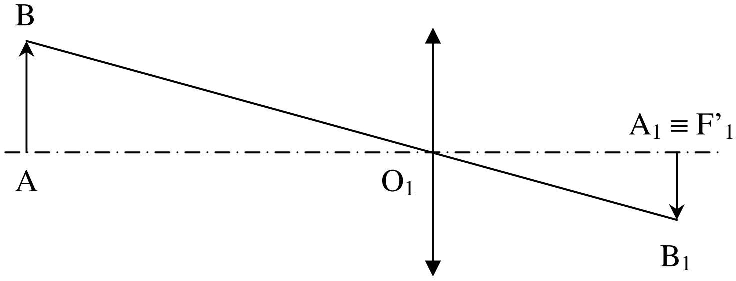
II. Prise de vue d'un objet éloigné

L'objet étant supposé à l'infini, la chaîne d'images s'écrit :

$$\infty \xrightarrow{L_1} F'_1 \xrightarrow{L_2} F'$$

Copyright Acuité 2010

1)



Les deux triangles rectangles de sommet commun O_1 sont semblables. De là,

$$\frac{\overline{A_1B_1}}{\overline{AB}} = \frac{\overline{O_1F'_1}}{\overline{O_1A}} \rightarrow \overline{A_1B_1} = \frac{\overline{O_1F'_1}}{\overline{O_1A}}\overline{AB} = \frac{80}{-1000} \times 30 = -2{,}4$$

$$\boxed{\overline{A_1B_1} = -2{,}4\text{ mm}}$$

2) $$\gamma_2 = \frac{\overline{A'B'}}{\overline{A_1B_1}} = \frac{\overline{O_2F'}}{\overline{O_2A_1}} = \frac{\overline{O_2F'}}{\overline{O_2O_1} + \overline{O_1A_1}} = \frac{120}{-50+80}$$

$\boxed{\gamma_2 = 4}$ $\boxed{\overline{A'B'} = 4 \times (-2{,}4) = -9{,}6\text{ mm}}$

III. Étude des champs

1) Le nombre d'ouverture est le quotient de la distance focale image de l'objectif et du diamètre de la pupille d'entrée.

D'où, $\Phi_{Pe} = f'/N = 320/11$ $\boxed{\Phi_{Pe} = 29{,}09\text{ mm}}$

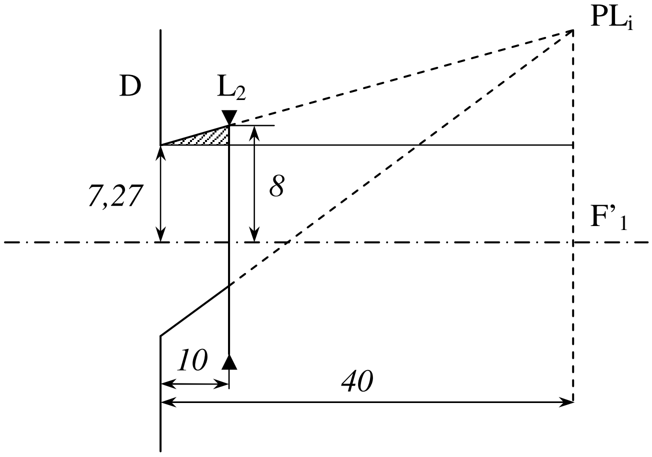
La pupille d'entrée est le conjugué objet à travers la première lentille du diaphragme d'ouverture. Comme on ne demande que le diamètre de cette pupille, la formule de Newton du grandissement, dans l'espace image de L_1 est tout à fait adaptée au calcul :

$$\gamma(P_e, D) = \frac{-\overline{F'_1D}}{f'_1} = \frac{-(\overline{F'_1O_1} + \overline{O_1D})}{f'_1} = \frac{-(-80+40)}{80} = \frac{1}{2}$$

On en déduit, $\Phi_D = \Phi_{Pe}/2 = 29{,}09/2$ $\boxed{\Phi_D = 14{,}55\text{ mm}}$

Copyright Acuité 2010

2) Le bord du champ de pleine lumière PL_i dans l'espace intermédiaire est le sommet du faisceau utile qui s'appuie sur le diaphragme d'ouverture D et tangente intérieurement la lucarne L_2.



Les deux triangles rectangles obtenus en traçant, du bord supérieur de D, la parallèle à l'axe optique, sont semblables. On en déduit :

$\frac{8-7{,}27}{10} = \frac{R(PLi)-7{,}27}{40}$ D'où $R(PL_i) = 10{,}19$ mm $\boxed{\Phi_{PLi} = 20{,}4 \text{ mm}}$

3a) Le diamètre apparent du champ de pleine lumière objet est $2\,\omega_{PL}$, tel que :

$\tan\omega_{PL} = R(PL_i)/f'_1 = 10{,}19/80$ $\boxed{2\omega_{PL} = 14{,}5°}$

3b) Le champ de pleine lumière image est obtenu en appliquant au champ intermédiaire le grandissement transversal trouvé au II 2), soit 4.

$\Phi_{PL'} = 4\Phi_{PLi} = 4\times 20{,}4$ $\Phi_{PL'} = 81{,}6$ mm

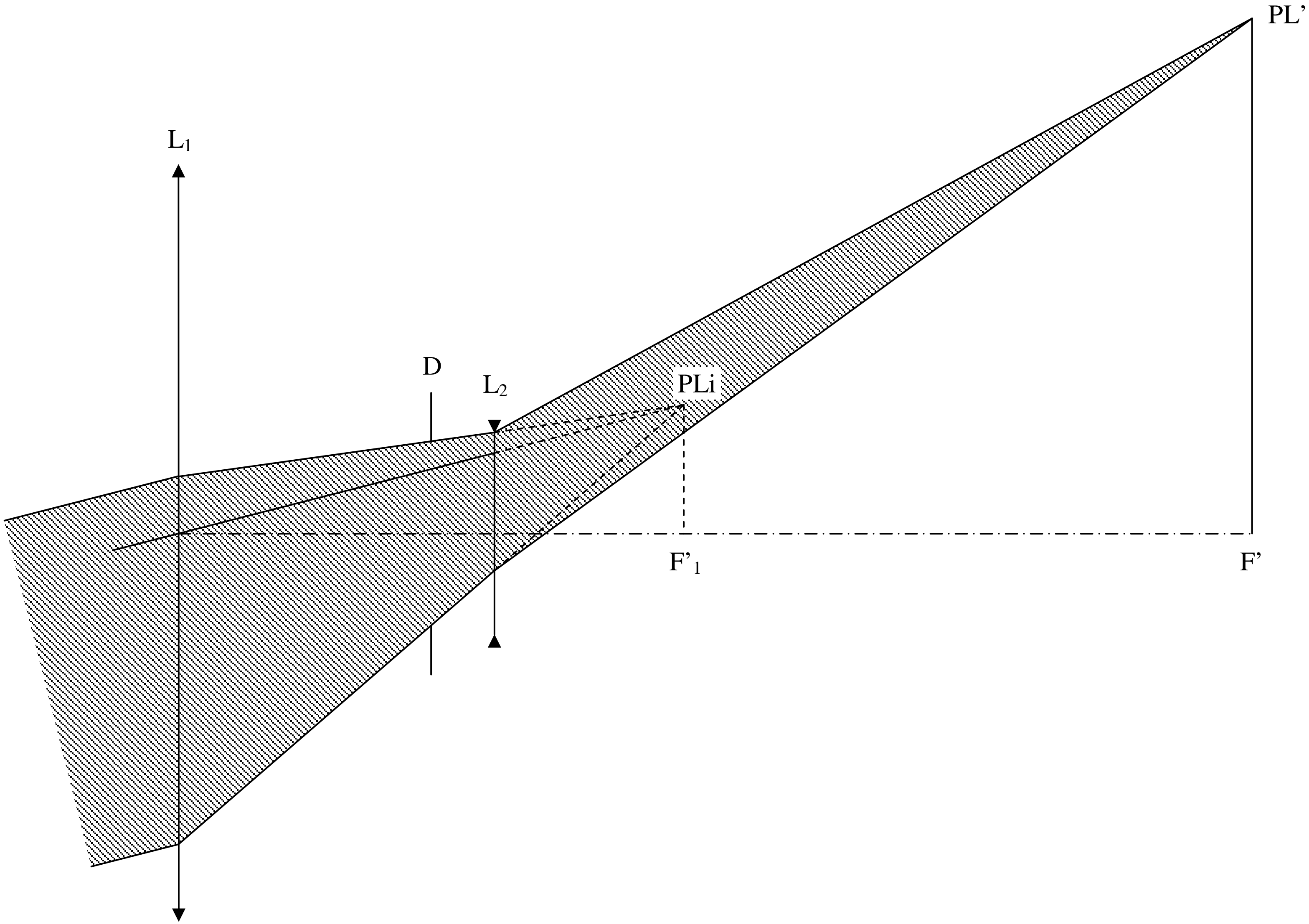
3c) La diagonale du capteur est $\sqrt{24^2 + 36^2} = 43{,}3$ mm.

Le champ de pleine lumière image est presque deux fois supérieur à cette valeur.

Le capteur sera donc entièrement inclus dans le champ de pleine lumière. Il n'y aura pas de vignettage (obscurcissement des quatre coins lorsque l'objet photographié est de luminance uniforme).

4)

Copyright Acuité 2010



Copyright Acuité 2010

IV. Limite de résolution

1) La taille d'un pixel est :

p' = 24 000/2832 = 8,47 µm

Le rayon de la tache d'Airy, dans le plan de l'image intermédiaire, est :

$$\rho_1 = \frac{1{,}22\lambda DF'_1}{\Phi D} = \frac{1{,}22 \times 0{,}55 \times 40}{14{,}55} = 1{,}84\,\mu m$$

Compte-tenu du grandissement de 4, le rayon de la tache d'Airy dans le plan du capteur est :

$\rho' = 4\rho_1 = 7{,}36\ \mu m$

Si la limite de résolution du capteur est assimilée à la taille d'un pixel, alors, c'est le capteur qui limite la résolution de l'appareil photographique.

$\boxed{LR(A') = 8{,}47\ \mu m}$

Le conjugué objet de p' à travers L_2 est quatre fois plus petit : $p_1 = p'/4 = 2{,}12$ mm.

Le conjugué objet de p_1 à travers L_1 est obtenu en appliquant le même raisonnement qu'au II. 1). En utilisant le millimètre comme unité,

$p = (10^6/80) \times 2{,}12\ 10^{-3} = 2120/80$ $\boxed{LR(A) = p = 26{,}5\ mm}$

2) <u>Si l'on augmente le nombre d'ouverture</u>, le diamètre de D diminue et la diffraction augmente. Le rayon de la tache d'Airy dépasse la taille d'un pixel, et <u>c'est la diffraction qui limite la résolution de l'appareil photographique</u>.

Copyright Acuité 2010

OPTIQUE PHYSIQUE

I. **O**n suppose les polariseurs parfaits.

P filtre la moitié de l'intensité incidente I_0 ; il transmet donc une intensité I de lumière polarisée rectiligne suivant u, telle que :

$I = I_0/2$.

D'après la loi de Malus, le second polariseur – qui forme avec le premier un angle égal à $(\pi/2 - \theta)$ – transmet l'intensité :

$I' = I \cos^2(\pi/2 - \theta)$ $\boxed{I' = (I_0/2)\sin^2\theta}$

$\boxed{\text{pour } \theta = 90° \text{ k}\times 180° \qquad I' \text{ est maximum et égal à } I_0/2}$ P et A parallèles

$\boxed{\text{pour } \theta = 0° + \text{k}\times 180° \qquad I' \text{ s'annule}}$ P et A croisés

(k, entier)

II.

1) <u>L'axe horizontal et l'axe vertical représentent les directions du champ électrique pour la vibration ordinaire et la vibration extraordinaire</u>.

2) $\delta = e.\Delta n = \lambda_0/2$

On en déduit $\Delta n = \lambda_0/(2e) = 589/(2\times 8\ 10^6$ $\boxed{\Delta n = 1{,}84\ 10^{-5}}$

3) À la sortie du polariseur P, l'intensité est $I_0/2$ et l'amplitude :

$$\sqrt{\frac{I_0}{2}} = \frac{E}{\sqrt{2}}$$

En projetant à 45° sur chacun des axes de la lame, on obtient deux amplitudes égales à

$$\frac{E}{\sqrt{2}}\frac{\sqrt{2}}{2} = \frac{E}{2}$$

Les composantes du champ électrique sont donc :

$\boxed{E_x = (E/2)\cos\omega t \qquad E_y = (E/2)\cos\omega t}$

Copyright Acuité 2010

4) La lame $\lambda/4$ induit un déphasage de $\pi/2$ d'une composante par rapport à l'autre.

Par exemple, $E_y = (E/2)\cos(\omega t - \pi/2) = (E/2)\sin\omega t$

En conséquence, les deux composantes, à la sortie de la lame sont :

$\boxed{E_x = (E/2)\cos\omega t \qquad E_y = (E/2)\sin\omega t}$

5) En éliminant le temps entre E_x et E_y et en posant $x = E_x$ et $y = E_y$, on obtient l'équation d'un cercle :

$x^2 + y^2 = (E/2)^2 (\cos^2\omega t + \sin^2\omega t) = (E/2)^2 = E'^2 = Cte$

<u>La lumière est donc polarisée circulaire, à la sortie de la lame</u>.

6) L'intensité, à la sortie de l'analyseur est : $I' = E'^2$, soit $\boxed{I' = E^2/4 = I_0/4}$

7) <u>Lorsqu'on tourne l'analyseur, le polariseur restant fixe, l'intensité I' reste constante</u>.

Copyright Acuité 2010