Corrigé du BTSOL
Epreuve d'Optique géométrique et physique

J.Hormière
LTPO / Bures sur Yvette

Attention : Ces corrigés n'ont pas valeur de correction officielle. En aucun cas ils ne constituent le cadre de référence des correcteurs.

I Dispositif d'éclairage

Le point au centre du diaphragme D correspond au foyer principal objet de C. Il lui correspond, à la sortie de C, un faisceau parallèle à l'axe optique qui arrive sur l'interféromètre avec une incidence nulle.

Les points de la source situés en dehors de l'axe optique sont des foyers secondaires objet de C. Les faisceaux image correspondant sont parallèles, et inclinés de i par rapport à l'axe optique. Le faisceau le plus incliné qui donne l'incidence maximale provient du point source objet le plus excentré par rapport à l'axe optique, c'est-à-dire le point situé au bord du diaphragme D.

$\tan i_{max} = R / f'_C$

$\tan i_{max} = R / 200$ (avec R en mm) ou 5R (avec R en mètre).

Si $R << f'_C$, alors $\tan i_{max} = i_{max}$ (rad).

II Dispositif d'observation des anneaux

1)

a/ Le plan principal image $[H'_1]$ de la première lentille de l'oculaire est tangent au dioptre sphérique en S_1, donc $\underline{S_1H'_1 = 0}$

Le plan principal objet $[H_1]$ est le conjugué objet de $[H'_1]$ à travers le dioptre plan de sommet E_1.

La relation de conjugaison nous donne : $E_1H_1 = E_1H'_1 / n = 6 / 1{,}5 = 4$ mm

$\underline{E_1H_1 = + 4 \text{ mm}}$

La seconde lentille de l'oculaire est identique à la première, mais ses dioptres sont inversés ; il en est de même pour ses points principaux :

$\underline{E_2H_2 = 0}$; $\underline{S_2H'_2 = - 4 \text{ mm}}$

b/ En appliquant la formule de Gullstrand au doublet oculaire, on obtient :

$D_{oc} = D_1 + D_2 - H'_1H_2 \, D_1D_2 = 2D_1 - H'_1H_2 \, D_1^2$

d'où l'équation du second degré :

$H'_1H_2D_1^2 - 2 D_1 + D_{oc} = 0$

La puissance intrinsèque de l'oculaire est égale à quatre fois son grossissement commercial, soit 4x6 = 24 dioptries.

$H'_1H_2 = H'_1S_1 + S_1S_2 + S_2H_2 = 0 + 37 + 0 = 37$ mm.

L'équation s'écrit donc :

$0{,}037\ D_1^2 - 2\ D_1 + 24 = 0$

Les deux racines sont : + 36,07 dpt et + 17,98 dpt

On choisit la plus petite des vergences, à laquelle correspond la plus grande des focales :

$D_1 = +\ 17{,}48$ dpt → $\underline{f'_1 = +\ 55{,}61 \text{ mm} = f'_2}$

c/ La seconde formule de Gullstrand donne la position du point principal objet de l'oculaire :

$H_1H_{oc} = H'_1H_2\ D_2\ /\ D_{oc} = 37 \times 17{,}98\ /\ 24 = 27{,}72$ mm

$E_1F_{oc} = E_1H_1 + H_1H_{oc} + H_{oc}F_{oc} = 4 + 27{,}72 - 1000\ /\ 24 = -\ 9{,}95$ mm $\underline{E_1F_{oc} = -\ 9{,}95 \text{ mm}}$

2)

a/ Conjuguons le diaphragme de champ dans l'espace objet de L. Il donne la lucarne d'entrée L_E.

La relation de conjugaison de Newton donne, $L_EF_L = 24 \times 240 = 5760$ mm

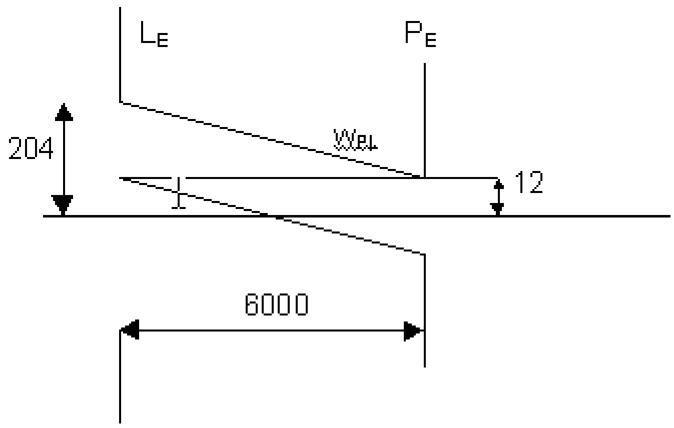
Le diaphragme d'ouverture L est dans l'espace objet de la lunette, il est aussi pupille d'entrée P_E.

et donc $L_EP_E = 5760 + 240 = 6000$ mm.

Le grandissement de la lentille L pour les lucarnes est égal à - 10 / 240 = - 1 / 24

La lucarne d'entrée est 24 fois plus grande que le diaphragme de champ : 24 x 17 = 408 mm

Le faisceau objet à la limite du champ de pleine lumière s'appuie sur P_E et sur le bord de L_E.



$\tan w_{PL} = (R\ (L_E) - R\ (P_E))\ /\ L_EP_E = (204 - 12)\ /\ 6000$

ce qui donne $w_{PL} = 1{,}83°$ et $\underline{2w_{PL} = 3{,}87°}$

b/ Le plan de l'image intermédiaire F'_L est réel. On peut y placer un diaphragme éliminant le champ de contour. Son rayon d'ouverture est $R_{PL} = f'_L \tan w_{PL} = 240 \times 192\ /\ 6000$

$R_{PL} = 7{,}68$ mm, soit $\underline{2R_{PL} = 15{,}4 \text{ mm}}$

3. Le conjugué image de F'_L par l'oculaire est à 500 mm de l'œil. $F'_{oc}A' = - 500$

D'après la relation de conjugaison de Newton,

$F_{oc}F_L = - f'^2_{oc} / F'_{oc}A' = - 41,67^2/(-500) = 3,47$ mm

Le déplacement de l'oculaire est effectué dans le sens opposé à celui de la lumière.

Il est égal à 3,47 mm.

III Dispositif interférentiel

Le rayon se dédouble sur le second dioptre de la lame d'air.

Le premier rayon émergent n'a subi aucune réflexion.

Le second rayon émergent a subi deux réflexions vitreuses.

Ces réflexions introduisent un déphasage de 2pi radians qui n'a aucune incidence sur l'intensité vibratoire.

La différence de marche est : delta = 2 e cosi

Une frange d'interférence correspond à un ordre d'interférence constant, et donc, en lumière monochromatique, à un delta constant. L'angle i constant définit dans l'espace un cône d'angle d'ouverture 2i : d'où les anneaux d'égale inclinaison localisés à l'infini.

Dans le plan focal image de L les franges sont circulaires et concentriques (centre F'_L).

IV Figure d'interférences

1. 2R et 2R' sont conjugués par les deux lentilles C et L avec un grandissement transversal égal à $- f'_L / f'_C = - 240 / 200 = - 1,2$.

   Il faut donner à 2R une valeur 1,2 fois plus petite que R, à savoir

   2R >= 15 / 1,2 2R>= 12,5 mm

   2) L'ordre au centre est obtenu pour i = 0° $p_0 = 2 e / \text{lambda}$

   $p_0 = 5494,51$

   C'est ordre est presque demi-entier ; on voit au centre un point vert sombre.

2. Au bord du champ l'angle est i_{max} tel que : $\tan i_{max} = R' / f'_L = 7,5 / 240$

   $i_{max} = 3,576°$ l'ordre correspondant est $p_{min} = 2 e \cos i_{max} / \text{lambda}$

   soit $p_{min} = 5491,8$

   Les anneaux brillants sont obtenus pour les valeurs de p entières comprises entre p_{min} et p_{max} (p_0).

   p = 5494, 5493 et 5492 3 anneaux brillants

3. Le grossissement de la lunette est $G = f'_L / f'_{oc} = 240 / 41{,}67 = 5{,}76$

Le calcul classique des anneaux donne :

p = 5493 → i = 1,34° → i' (alpha' dans le problème) = G i = 7,72°

p = 5492 → i = 1,73° → i' = G i = 9,96°

Soit une différence de 2,24° largement supérieure à la limite de résolution de l'œil 1,4'.

Les trois anneaux sont donc parfaitement séparés.