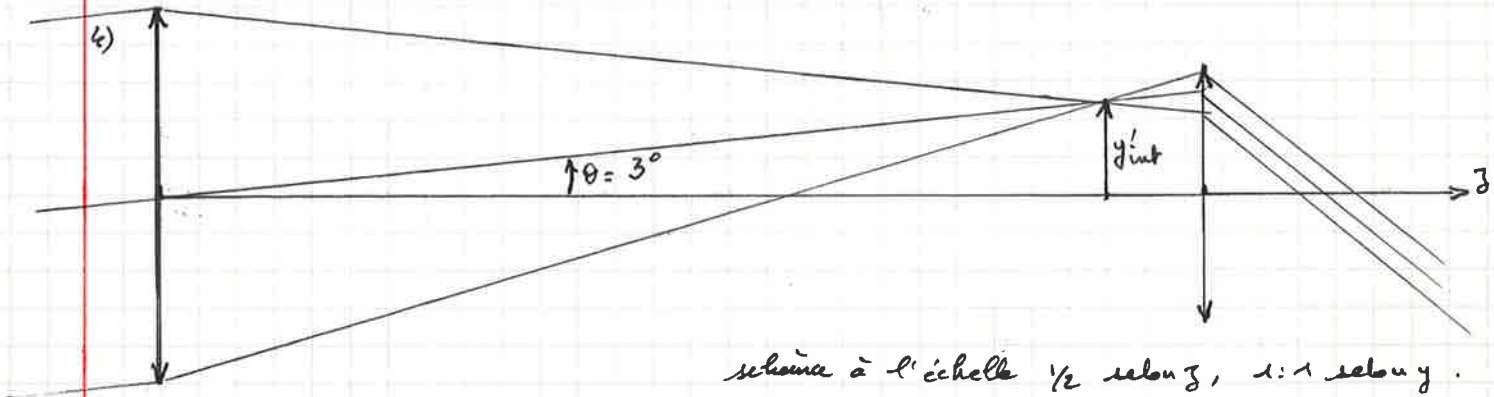


I 1) $f'_{oc} = \frac{f'_{obj}}{G} = \underline{25 \text{ mm}}$.

2) $\rho_{oeil} = f'_{oc} \times \delta\theta$ avec $\delta\theta = \alpha' \approx 0,5 \text{ mrad}$

$\rho_{oeil} = \underline{14,5 \mu\text{m}}$, d'où $\nu_{oeil} = \frac{1}{\rho_{oeil}} \approx \underline{69 \text{ mm}^{-1}}$

3) $\frac{f'_{obj}}{\phi_{obj}} = 5$ et $\frac{f'_{oc}}{\phi_{oc}} = 0,7 \rightarrow$ L'objectif limite l'ouverture
($N_{obj} > N_{oc}$)



$\phi_{oc} = 35 \text{ mm}$ est justifié : cela permet d'éviter le vignettage du champ par l'oculaire ; le champ de pleine lumière est légèrement supérieur à $6^\circ (\approx 2\theta)$

5) $\nu_c = \frac{1}{\lambda N_{obj}} = \underline{340,7 \text{ mm}^{-1}}$

6) Les fréquences transmises : ν_{oeil} et $3\nu_{oeil} = \underline{207 \text{ mm}^{-1}}$.

$5\nu_{oeil} > \nu_c$ ne passe pas.

7)
$$L'(x) = \frac{1}{2} + \frac{2}{\pi} \left[\frac{\text{FTM}(\nu_{oeil})}{0,74} \sin(2\pi \nu_{oeil} x) + \frac{1}{3} \frac{\text{FTM}(3\nu_{oeil})}{0,28} \sin(6\pi \nu_{oeil} x) \right]$$

8) $L'_{max} = \frac{1}{2} + \frac{2}{\pi} \left[0,74 - \frac{1}{3} \times 0,28 \right] = 0,82 + \frac{1}{2}$

$L'_{min} = \frac{1}{2} - \frac{2}{\pi} \left[0,74 - \frac{1}{3} \times 0,28 \right] = -0,82 + \frac{1}{2}$

Contraste = 0,82 $> 0,5 \rightarrow$ le système sans aberrations permet

d'observer la mire - Il reste de la marge pour les aberrations avant que la mire ne soit plus observable.

II 9) $\frac{1}{f'_1} + \frac{1}{f'_2} = \frac{1}{f'_{obj}}$

10) $\Delta_{PAC}(h) = \frac{h^2}{2f'v}$

11) $\Delta_{PAC}^{doublet} = \Delta_1 + \Delta_2 = \frac{h^2}{2} \left[\frac{1}{f'_1 v_1} + \frac{1}{f'_2 v_2} \right]$

Condition d'achromatisation : $\frac{1}{f'_1 v_1} + \frac{1}{f'_2 v_2} = 0$

12) En combinant avec 9), on obtient : $f'_1 = f' \frac{v_1 - v_2}{v_1}$ et $f'_2 = f' \frac{v_2 - v_1}{v_2}$

13) $f'_1 = 125 \text{ mm}$ et $f'_2 = -250 \text{ mm}$

14) Seul le chromatisme primaire est corrigé. Il reste du chromatisme secondaire

15) a) La dérivée de $dy' = f(p_y)$ s'annule pour $\lambda = 587 \text{ nm}$ en $p_y = 0$, ce qui n'est pas le cas pour les autres longueurs d'onde. La mise au point est faite au foyer paraxial à $\lambda = 587 \text{ nm}$.

15) b) à $\lambda = 587 \text{ nm}$, le doublet présente de l'aberration sphérique du 3^e ordre (variation $dy' = f(p_y)$ en p_y^3) mais aussi d'ordre supérieur, probablement du 5^e ordre, replié (sa contribution permet de diminuer dy' en bord de pupille)

15) c) Rayons de courbure, puis épaisseur d'air entre L_1 et L_2 , puis épaisseurs de verre e_1 et e_2 .

15) d) L'aberration sphérique dépend des indices $n_1(\lambda)$ et $n_2(\lambda)$ des lentilles L_1 et L_2 .

16) a) Tache de diffusion elliptique, de dimensions $2e_y = 266 \mu\text{m}$ et $2e_x = 132 \mu\text{m}$ dans le plan paraxial. (d'après la figure 3).

16) b) Meilleur foyer en bord de champ : au milieu entre les foyers sagittal et tangentiel, soit $dz' = +\frac{1}{2} (-0,6 - 1,2) = -0,9 \text{ mm}$. (d'après la figure 4)

16) c) $\Delta_{CRV} = -\frac{1}{2} dz' \alpha'^2 = +4,5 \mu\text{m}$.

$\Delta_{AST} = +\frac{1}{2} \underbrace{(dz' - E_T)}_{0,3 \text{ mm}} \alpha'^2 = +1,5 \mu\text{m}$

(Note : avec la définition du cosinus, $\Delta_{AST} = \frac{1}{4} y'^2 \alpha'^4 A \cos 2\varphi$
Ici, $A = \frac{C'_S - C'_T}{2} > 0$)

- III 17) L'écart normal se conserve par renversement du sens de propagation de la lumière (en comptant toujours positivement le sens de propagation de la lumière)
- 18) Chromatisme de grandeur apparente : nul pour un système télécentrique image, car les rayons moyens (chief ray) émergent parallèlement à l'axe optique, quelque soit la longueur d'onde.
- 19) Les aberrations de degré impair en y' sont faibles : coma, distorsion. (elles seraient rigoureusement nulles pour un système complètement symétrique, tenant compte de la position de la pupille, de l'objet, et de l'image)
- 20) a) $\Delta(h) = (0,032\lambda + 0,037\lambda) \left(\frac{h}{h_{\max}} \right)^4 \times 6\sqrt{5}$, $h_{\max}$: rayon de la pupille de sortie.
 $\Delta(h) = 0,069\lambda \mu^4 \times 6\sqrt{5}$ $h_{\max} = \frac{\phi_{\text{obj}}}{2G} = 2,5 \text{ mm}$

20) b) Rayon angulaire de la tache aberrante : $\delta\theta = \frac{\partial\Delta}{\partial h} = 4 \times \frac{0,069\lambda \times 6\sqrt{5}}{h_{\max}}$
 $\delta\theta = 0,9 \text{ mrad} \approx 3' > 1'$

donc l'œil peut résoudre cette tache aberrante (critère de Rayleigh)

- 21) a) La figure 4 indique que la surface image intermédiaire est courbe, incurvée vers l'objectif.

La figure 6, indique que la surface image de l'oculaire, dans son sens d'optimisation, est incurvée vers l'oculaire. Cette surface n'est donc pas "adaptée" à la surface image intermédiaire : la courbure de champ de l'oculaire aggrave donc celle de l'objectif.

Par "adapté" on entend qu'elle n'a pas le bon signe.

- 21) b) On doit rapprocher l'oculaire de l'objectif de $2,5 \text{ mm} + 0,9 \text{ mm} = 3,4 \text{ mm}$
 pour voir net en bord de champ sans accommoder
 ↑ figure 6 ↑ question 16b

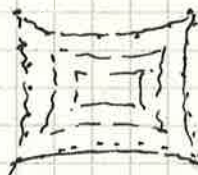
- 21) c) Dans ce cas, l'image ^{sur l'axe} vue par l'observateur est réelle et située à
 $\overline{FA'} = -\frac{f_{\text{oc}}'^2}{\overline{FA}} = -\frac{f_{\text{oc}}'^2}{-3,4 \text{ mm}} = +183,8 \text{ mm} \rightarrow$ l'observateur doit accommoder de 5,4 D : ce n'est pas raisonnable ($> 4\text{D}$)

21/01) La figure 6 indique une distorsion < 0 de 16% en bord de champ, (en barillet) dans le sens d'optimisation. La distorsion observée à travers l'oculaire seul est donc en coussinet, dans le sens d'observation.

L'objectif apporte par ailleurs une distorsion négligeable ($< -0,01\%$)

On observe donc, à travers l'ensemble (objectif + oculaire) une distorsion positive (en coussinet) de 16%

clairement visible à l'œil ($> 3\%$)



22) Il faut augmenter le nombre de degrés de liberté, par exemple en utilisant des dioptries supplémentaires : la figure 1 suggère d'utiliser un oculaire composé de deux doublets tête-bêche, avec une lentille convergente entre les deux (oculaire dit de Erfle).