



BTS OPTICIEN LUNETIER
OPTIQUE GÉOMÉTRIQUE ET PHYSIQUE – U.42
SESSION 2019

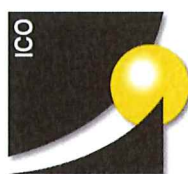
Note : ce corrigé n'a pas de valeur officielle et n'est donné qu'à titre informatif sous la responsabilité de son auteur par Acuité.

Proposition de corrigé par Rémi Louvet, professeur d'Optique géométrique et Physique au Lycée Technique Privé d'Optométrie de Bures-sur-Yvette

Co-Auteur de l'ouvrage :

« Exercices d'optique géométrique et physique 2^e édition »

Collection TEC&DOC - Editions Lavoisier



**INSTITUT
ET CENTRE
D'OPTOMÉTRIE**
INTERNATIONAL COLLEGE
OF OPTOMETRY



Système d'astrophotographie

PARTIE 1 - Étude de l'objectif de la lunette

1.1.1.

$$f' = N \times D_{PE} = 7,5 \times 80 = 600 \text{ mm}$$

Cette valeur est cohérente avec celle du tableau des caractéristiques de la lunette.

$$V = \frac{1}{f'} = \frac{1}{600 \cdot 10^{-3}} = 1,67 \delta$$

1.1.2.1.

$$n_d = 1,43875 ; n_F = 1,44195 ; n_C = 1,43733$$

$$\nu_{d2} = \frac{n_d - 1}{n_F - n_C} = \frac{1,43875 - 1}{1,44195 - 1,43733} = 95,0$$

1.1.2.2.

Le verre ED est le S-FPL53 car son nombre d'Abbe est plus beaucoup plus élevé que celui du S-NBM51, donc son pouvoir dispersif, qui est l'inverse du nombre d'Abbe, est beaucoup plus faible.

1.1.3.

Les deux lentilles étant minces et accolées, on peut écrire $V = V_1 + V_2$.

Le doublet étant achromatique, on peut écrire :

$$\frac{V_1}{\nu_{d1}} + \frac{V_2}{\nu_{d2}} = 0 \quad \text{donc} \quad \nu_{d2} \times V_1 + \nu_{d1} \times V_2 = 0$$

1.1.4.

$$V = V_1 + V_2 \Rightarrow 1,67 = V_1 + V_2 \Rightarrow V_1 = 1,67 - V_2$$

$$\nu_{d2} \times V_1 + \nu_{d1} \times V_2 = 0 \Rightarrow 95 \times (1,67 - V_2) + 44,3 \times V_2 = 0$$

$$158,65 - 95V_2 + 44,3 \times V_2 = 0$$

$$158,65 = (95 - 44,3) \times V_2$$

$$V_2 = \frac{158,65}{50,7} = 3,13 \delta$$

$$V_1 = 1,67 - V_2 = 1,67 - 3,13 = -1,46 \delta$$

1.1.5.

La lentille divergente est L_1 car sa vergence est négative, donc le matériau est celui qui correspond à $\nu_1=44,3$ donc du S-NBM51.

$$1.2. \quad \alpha_{min,diff} = 1,22 \times \frac{\lambda}{D_{PE}} = 1,22 \times \frac{555 \cdot 10^{-9}}{80 \cdot 10^{-3}} = 8,46 \cdot 10^{-6} \text{ rad}$$



PARTIE 2 – Système d’astrophotographie {objectif + capteur CCD}

2.1.

Le capteur doit être situé sur l’image objective, donc dans le plan focal image de l’objectif.

2.2.1.

$$\overline{F'T_2} = \overline{F'H'} + \overline{H'H} + \overline{HT_1} + \overline{T_1T_2} = -600 - 5 - 100 + 597 = -108 \text{ mm}$$

2.2.2.

La pupille étant l’image du diaphragme d’ouverture DO donnée par l’objectif, la formule de conjugaison de Newton s’écrit :

$$\overline{FDO} \times \overline{F'P_s} = f \times f' = -f'^2$$

$$\overline{FDO} = \overline{FT_1} = \overline{FH} + \overline{HT_1} = 600 - 100 = 500 \text{ mm}$$

$$\overline{F'P_s} = \frac{-f'^2}{\overline{FDO}} = \frac{-600^2}{500} = -720 \text{ mm}$$

$$\gamma = -\frac{f}{\overline{FDO}} = -\frac{-600}{500} = 1,2$$

$$R_{P_s} = |\gamma| \times \frac{2R_o}{2} = 1,2 \times \frac{80}{2} = 48 \text{ mm}$$

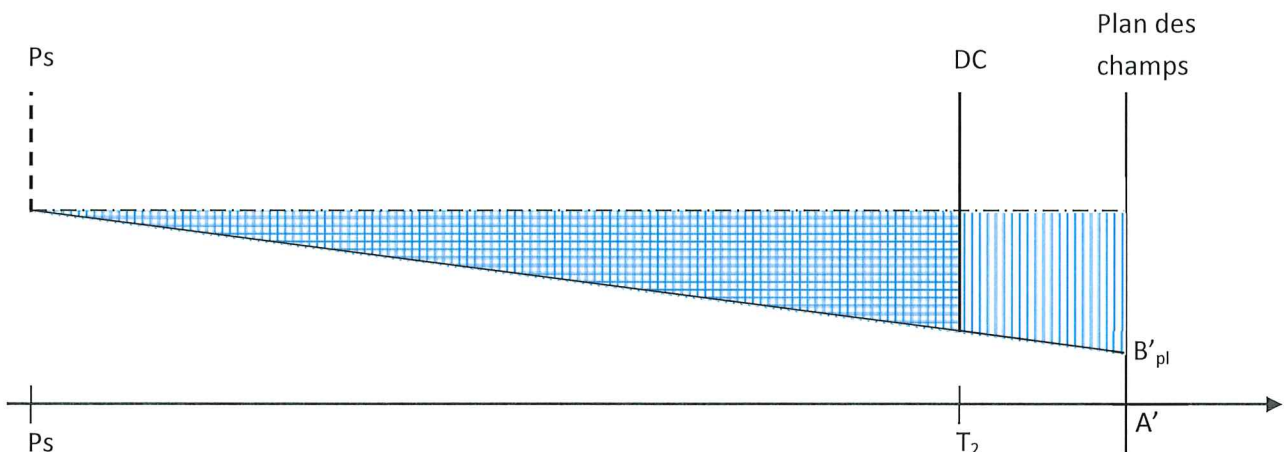
2.2.3.

Voir document-réponse, schéma 1

2.2.4.

Voir document-réponse, schéma 1

2.2.5.





A l'aide du schéma précédent, on peut écrire dans 2 triangles semblables :

$$\frac{R_{Ps} - r'_{pl}}{R_{Ps} - R_{Dc}} = \frac{P_s A'}{P_s T_2}$$

$$R_{Ps} - r'_{pl} = (R_{Ps} - R_{Dc}) \times \frac{P_s A'}{P_s T_2}$$

$$r'_{pl} = R_{Ps} - (R_{Ps} - R_{Dc}) \times \frac{P_s A'}{P_s T_2}$$

$$r'_{pl} = 48 - (48 - 15,9) \times \frac{720}{612} = 10,24 \text{ mm} = 10,2 \text{ mm}$$

2.2.6.

Sur l'annexe 2, on trouve la dimension du pixel : $3,6 \mu\text{m} \times 3,6 \mu\text{m}$.

Sur l'annexe 2, on trouve le nombre de pixels : 1280×1024 .

On peut en déduire les dimensions du capteur : $(3,6 \times 1280) \times (3,6 \times 1024) \mu\text{m}$

Le capteur mesure donc $4,61 \times 3,69 \text{ mm}$.

$$\text{diagonale} = \sqrt{4,61^2 + 3,69^2} = 5,90 \text{ mm}$$

Le diamètre du champ de pleine lumière dans le plan image est égal à $2r'_{pl} = 20,4 \text{ mm}$.

Le capteur est donc **entièrement et uniformément éclairé**, car $5,9 \text{ mm} < 20,4 \text{ mm}$.

2.3.1.

L'objet étant à l'infini, son diamètre apparent α est lié à la grandeur $A'B'$ de l'image et à la distance focale de l'objectif par $\tan \alpha = \alpha_{(rad)} = \frac{A'B'}{f'}$.

$$\tan \alpha_{min,capt} = \alpha_{min,capt(rad)} = \frac{\alpha'}{f'} = \frac{3,6 \cdot 10^{-6}}{600 \cdot 10^{-3}} = 6 \cdot 10^{-6} \text{ rad}$$

2.3.2.

C'est la **diffraction qui limite la résolution** car $\alpha_{min,diff} > \alpha_{min,capt}$

2.4.

Le capteur est **bien adapté** car il ne limite pas la résolution et il est uniformément éclairé conformément aux souhaits du client.



PARTIE 3 – Utilisation – Photographie de la lune

3.1.

Voir document-réponse, schéma 2

3.2.

Voir document-réponse, schéma 3

3.3.1.

$$T = \frac{\phi_2}{\phi}$$

3.3.2.

$$\phi_2 = \phi_1 \times (\cos \beta)^2$$

3.3.3.

$$T = \frac{\phi_2}{\phi} = \frac{\phi_1 \times (\cos \beta)^2}{\phi} = \frac{0,5 \times \phi \times (\cos \beta)^2}{\phi} = \frac{(\cos \beta)^2}{2}$$

$$(\cos \beta)^2 = 2 \times T = 2 \times 0,13 = 0,26$$

$$\cos \beta = \sqrt{0,26} = 0,51$$

$$\beta = \cos^{-1} 0,51 = 59,3^\circ$$

3.3.4.1.

Pour avoir une intensité réfléchie minimale, il faut former des interférences destructives entre les rayons 1_R et 2_R placés sur le document-réponse, schéma 4.

Il faut donc que les vibrations soient en opposition de phase.

3.3.4.2.

On travaille en incidence quasi-normale donc le cosinus présent dans la formule de la différence de marche δ est égal à 1.

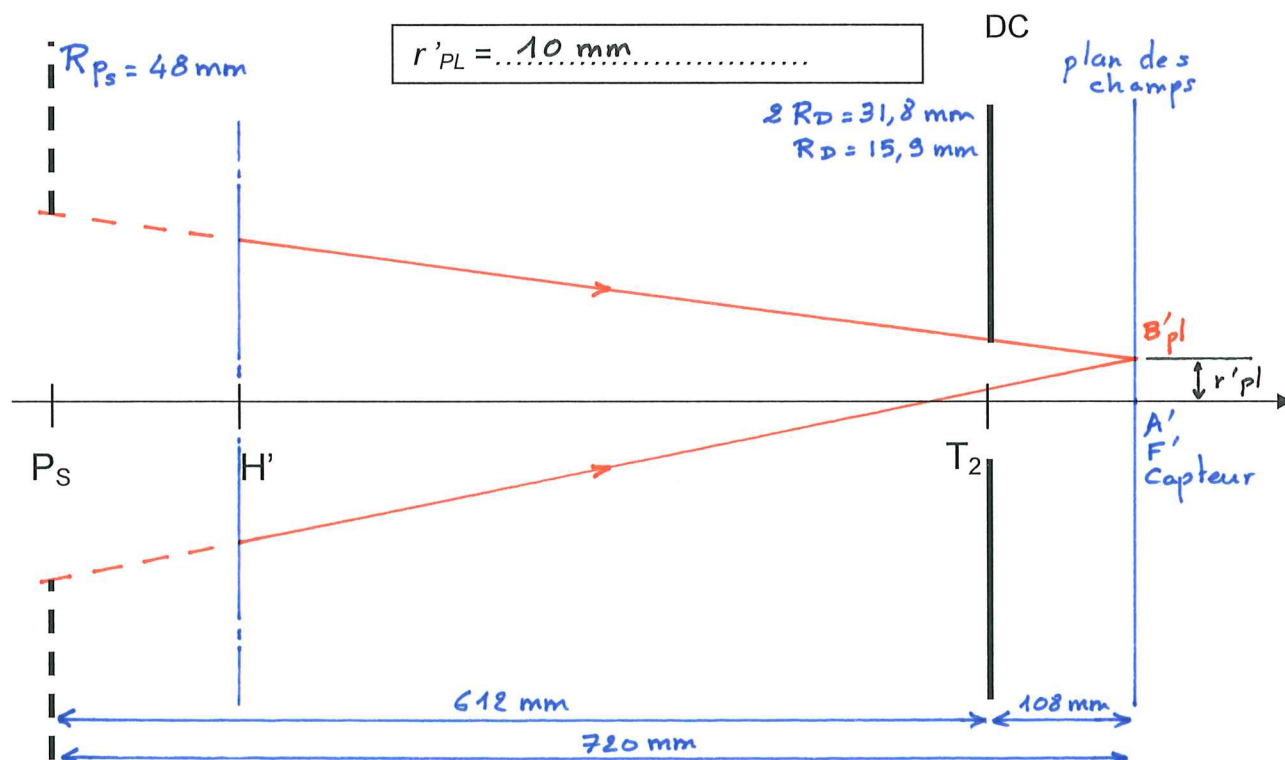
$$\delta = \left(k + \frac{1}{2}\right) \times \lambda = 2 \times n_{MgF2} \times e \Rightarrow e = \frac{\left(k + \frac{1}{2}\right) \times \lambda}{2 \times n_{MgF2}} = \frac{(2k+1) \times \lambda}{4 \times n_{MgF2}} \text{ avec } k \text{ entier}$$

L'épaisseur minimale est calculée en prenant $k = 0$.

$$e_{min} = \frac{(0 + 1) \times \lambda_0}{4 \times n_{MgF2}} = \frac{555}{4 \times 1,38} = 100,5nm$$

DOCUMENT-RÉPONSE (à rendre à la copie)

schéma 1 : étude du champ de pleine lumière image



Échelle axiale : 1/5

Échelle transversale : 1/2

schéma 2 : transmission minimale

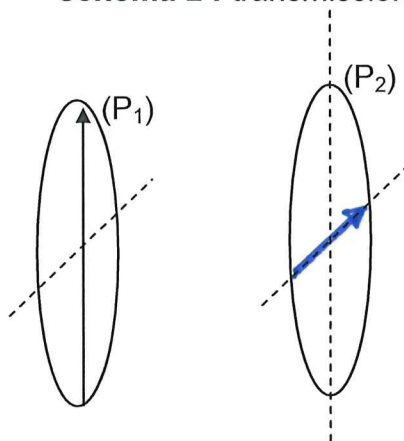


schéma 3 : transmission maximale

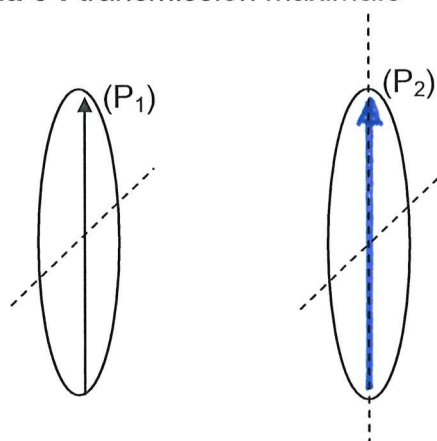


schéma 4 : principe physique réduisant les réflexions

