



**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<sup>e</sup> 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.

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

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

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 :

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

1.1.4.

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

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

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

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

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

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

1.1.5.

La lentille divergente est  $L_1$  car sa vergence est négative, donc le matériau est celui qui correspond à  $v_1=44,3$  donc du S-NBM51.

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



## 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 :

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

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

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

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

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

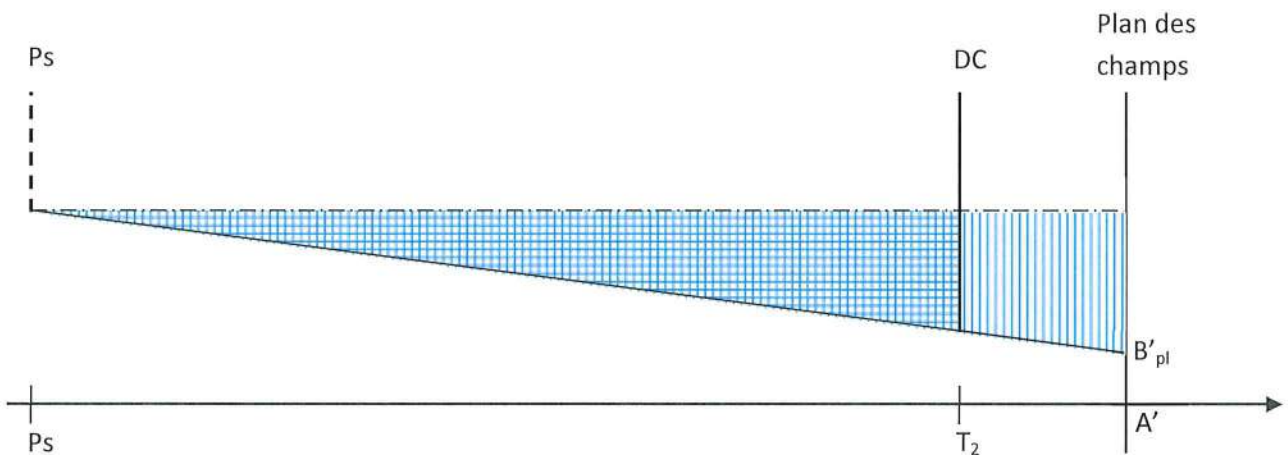
2.2.3.

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 :  $1280 \times 1024$ .

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  $\alpha$  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  $\delta$  est égal à 1.

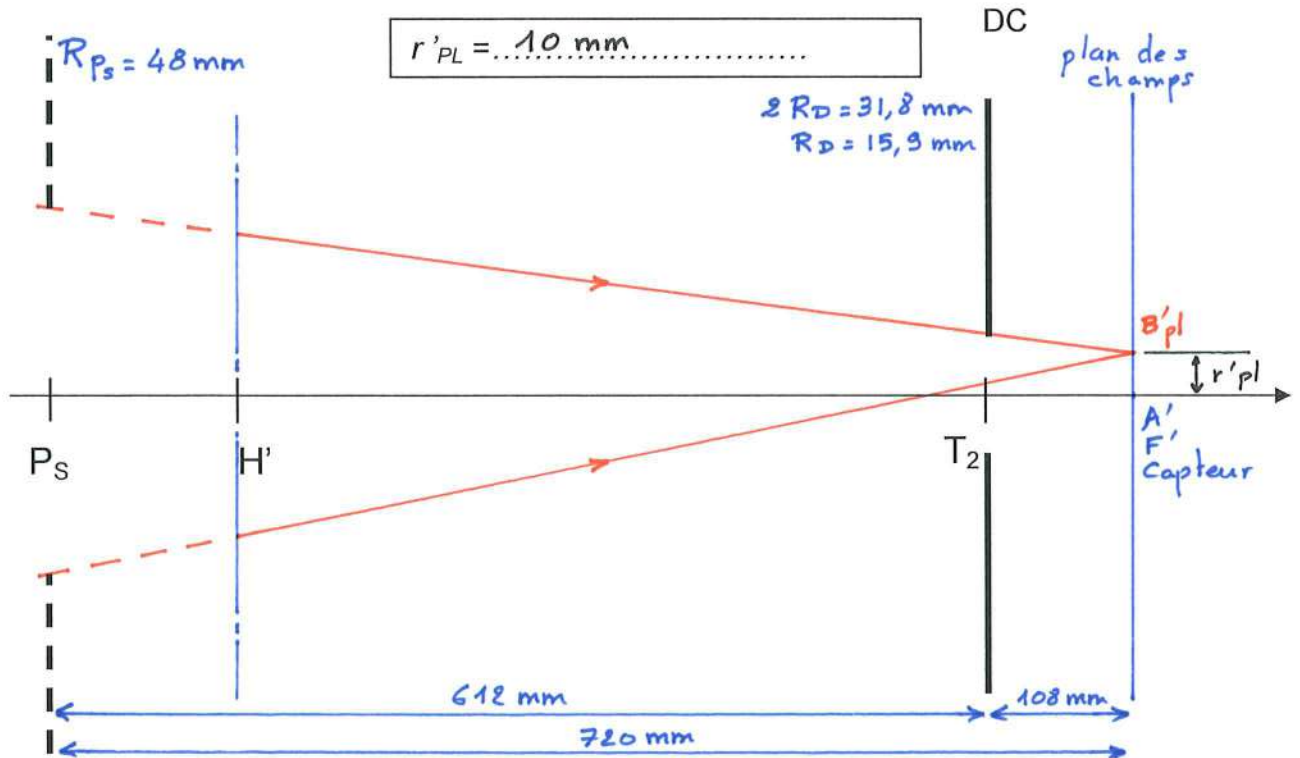
$$\delta = \left(k + \frac{1}{2}\right) \times \lambda = 2 \times n_{MgF_2} \times e \Rightarrow e = \frac{\left(k + \frac{1}{2}\right) \times \lambda}{2 \times n_{MgF_2}} = \frac{(2k+1) \times \lambda}{4 \times n_{MgF_2}} \text{ avec } k \text{ entier}$$

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

$$e_{min} = \frac{(0 + 1) \times \lambda_0}{4 \times n_{MgF_2}} = \frac{555}{4 \times 1,38} = 100,5nm$$

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

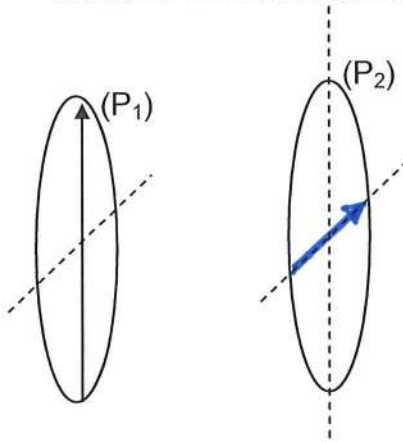


schéma 3 : transmission maximale

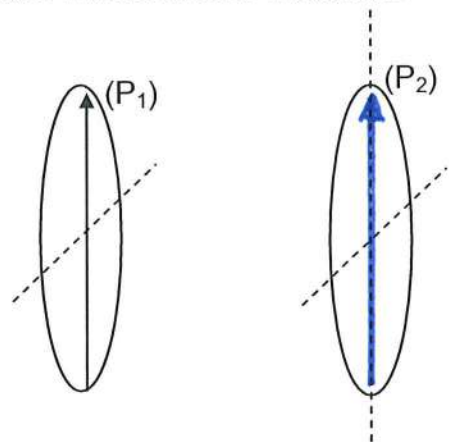


schéma 4 : principe physique réduisant les réflexions

