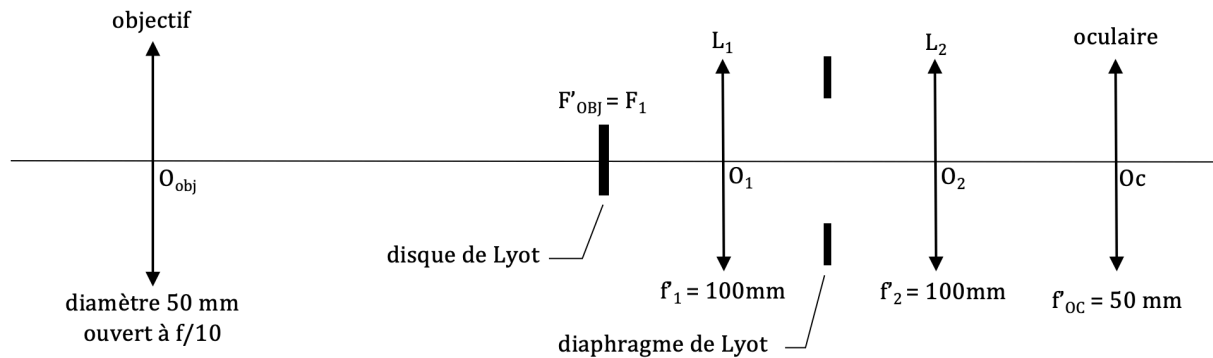


TD6 Coronographe de Lyot

Un coronographe permet l'observation de la couronne solaire. La luminosité du disque solaire est 10^6 fois supérieure à celle de la couronne solaire. Il faut donc, pour pouvoir observer la couronne, masquer le disque solaire (comme la lune lors d'une éclipse totale), et combattre la lumière parasite dans l'instrument. Ce problème étudie un coronographe à occultation interne de Lyot, dont le schéma est le suivant :



1. Les lentilles L_1 et L_2 forment un système afocal. Déterminer la distance entre ces deux lentilles et le grandissement transversal de ce système.
2. Déterminer la distance entre L_2 et l'oculaire pour que le coronographe soit un instrument afocal.
3. Calculer le grossissement angulaire du coronographe et préciser son signe.
4. Faire un schéma précis du coronographe à l'échelle (échelle longitudinale $\times 1/5$, échelle transversale $\times 2$).

Le disque de Lyot est placé dans le plan focal image de l'objectif et masque le disque solaire. On choisit un disque de diamètre 5 mm. Le diamètre apparent du Soleil varie de $31,5'$ à $32,5'$ (Terre à l'aphélie et au périhélie).

5. Montrer que le disque couvre largement l'image du disque solaire. Sous quel angle l'observateur verra-t-il ce disque ?

Pour stopper les rayons diffractés par le bord de l'objectif, le diaphragme de Lyot doit se trouver dans le plan de l'image de l'objectif par la lentille L_1 .

6. Calculer la position et la dimension de cette image.

On choisit un diamètre de 8 mm pour le diaphragme de Lyot. Celui-ci est alors la pupille du système.

7. Déterminer la position et le diamètre de la pupille d'entrée du coronographe. Dans ces conditions, quel est le nombre d'ouverture effectif de l'objectif ?
8. Calculer le diamètre et la position de la pupille de sortie.

On désire observer un champ de pleine lumière correspondant au double du diamètre apparent du disque solaire.

9. Tracer sur le schéma à l'échelle un faisceau de rayons s'appuyant sur la pupille provenant du bord de ce champ. Déterminer le diamètre minimum de chacune des lentilles L_1 et L_2 .

$$1. \overline{O_1 O_2} = f'_1 + f'_2 = 200 \text{ mm}$$

$$\text{Conjugaison } F_1(y) \xrightarrow{L_1} \infty(\theta) \xrightarrow{L_2} F_2(y') \text{ soit } g_y\{L_1 + L_2\} = -\frac{f'_2}{f'_1} = -1 \left(= \frac{y'}{y} = \frac{f'_2 \theta}{-f'_1 \theta} \right)$$

$$2. \overline{O_2 O_{oc}} = f'_2 + f'_{oc} = 150 \text{ mm}$$

$$3. G = G\{obj + oc\} \times g_y\{L_1 + L_2\} = -\frac{f'_{obj}}{f'_{oc}} \times -1 = +10$$

$$\text{ou } G = G\{obj + L_1\} \times G\{L_2 + oc\} = -\frac{f'_{obj}}{f'_1} \times -\frac{f'_2}{f'_{oc}} = \frac{f'_{obj}}{f'_{oc}} = 10$$

4. Schéma sur l'axe

$$5. \text{Le disque ramené dans l'espace objet à un diamètre apparent } \theta_{disque} = \frac{\phi_{disque}}{f'_{obj}} \sim 34' > \theta_{soleil}$$

$$6. \text{On a la conjugaison suivante : } O_{obj} \xrightarrow{L_1} O'_{obj}$$

$$\overline{F_1 O_{obj}} \times \overline{F'_1 O'_{obj}} = -f'^2_1 \rightarrow \overline{F'_1 O'_{obj}} = +20 \text{ mm}$$

$$\phi'_{obj} = \phi'_{obj} g_y = \phi'_{obj} \frac{\overline{O_1 O'_{obj}}}{\overline{O_1 O_{obj}}} = \phi'_{obj} \frac{100 + 20}{600} = \phi'_{obj} \frac{1}{5} = 10 \text{ mm}$$

7. La pupille d'entrée est l'image du diaphragme de Lyot par L_1 . La question précédente a montré que le grandissement est de $1/5$ dans l'autre sens donc 5 dans le sens qui nous intéresse. Le diamètre de la pupille d'entrée est donc $8 \times 5 = 40 \text{ mm}$ et est positionnée sur le plan de l'objectif.

$$\text{Le nombre d'ouverture effectif de l'objectif est donc, } N_{effectif} = \frac{f'_{obj}}{\phi_{PE}} = \frac{500 \text{ mm}}{40 \text{ mm}} = 12,5$$

8. Le coronographe est un système afocal de grossissement 10. Donc le grandissement transversal est de $1/10$ (constant qq soit la conjugaison), ce qui donne un diamètre pour la pupille de sortie de $40 \text{ mm} \times 1/10 = 4 \text{ mm}$. Son placement est déterminé par les deux conjugaisons à travers L_2 puis oculaire du diaphragme de Lyot. On a,

$$Do \xrightarrow{L_2} Do' \xrightarrow{\text{oculaire}} Ps$$

$$\text{La 1}^{\text{ère}} \text{ conjugaison donne : } \overline{F_2 Do} \times \overline{F'_2 Do'} = -f'^2_2$$

$$\text{La 2}^{\text{ème}} \text{ conjugaison donne : } \overline{F_{oc} Do'} \times \overline{F'_{oc} Ps} = -f'^2_{oc}$$

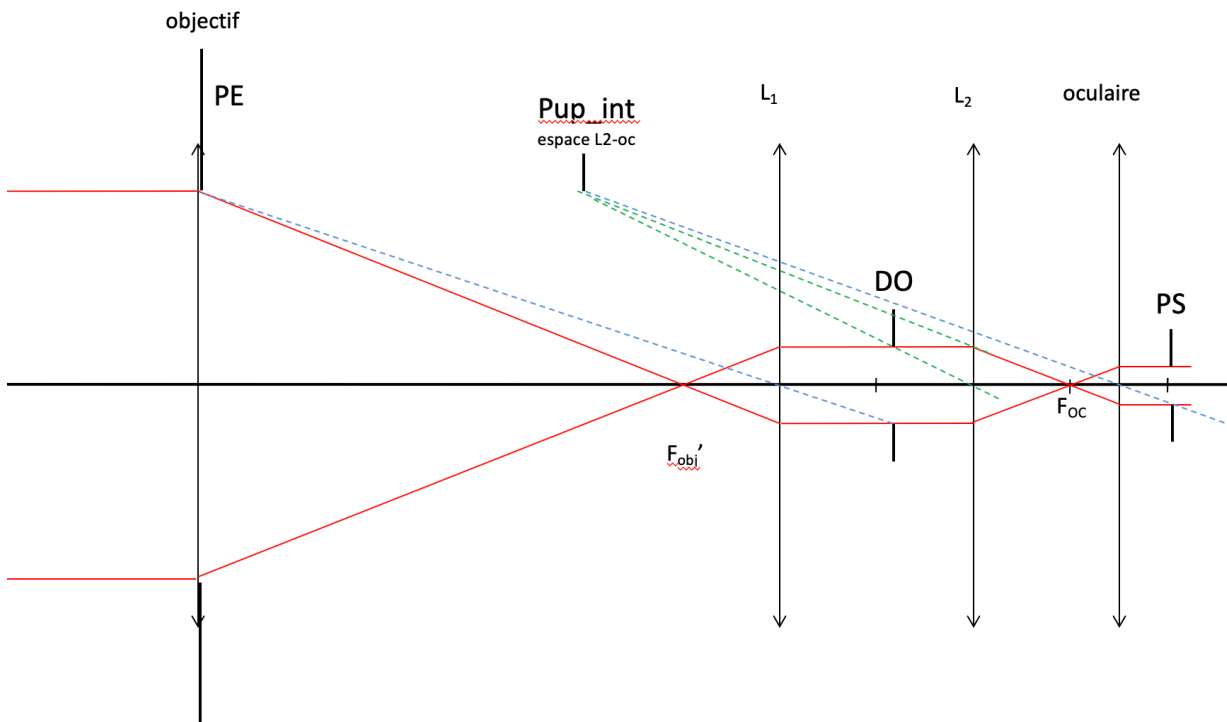
Puisque $F'_2 = F_{oc}$ il vient simplement :

$$\overline{F_{oc} Do'} \times \overline{F'_{oc} Ps} = \overline{F_2 Do'} \times \overline{F'_{oc} Ps} = \frac{-f'^2_2}{F_2 Do} \times \overline{F'_{oc} Ps} = -f'^2_{oc}$$

$$\rightarrow \overline{F'_{oc} Ps} = \overline{F_2 Do} \frac{f'^2_{oc}}{f'^2_2} = 20 \times \frac{50^2}{100^2} = +5 \text{ mm}$$

9. Schéma en bord de CPL

Tracé des pupilles



Tracé du CPL :

Dans l'espace entre l'objectif et L_1 , le CPL a un diamètre de

$$\phi_{CPL} = f'_{obj} \times \theta_{CPL} = f'_{obj} \times 2\theta_{soleil} = 500 \times 2 \times 32,5' = 9,5mm$$

Graphiquement(= à la règle) $\rightarrow \phi_{L1} \sim 20\text{ mm}$ et $\phi_{L2} \sim 15\text{ mm}$

