

TD LENTILLES EPAISSES

EXERCICE 1

On associe deux lentilles épaisses :

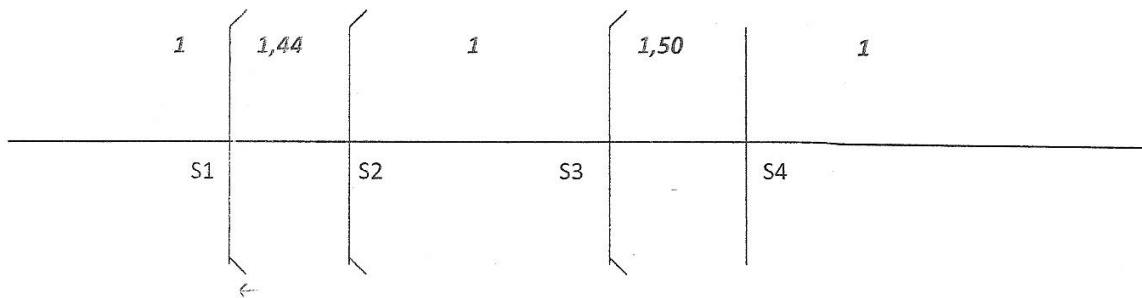
$$S_1S_2 = 45 \text{ mm}$$

$$S_3C_3 = 100 \text{ mm}$$

$$D_1 = -D_2 = +10 \delta$$

$$S_1S_4 = 150 \text{ mm}$$

$$S_2S_3 = 60 \text{ mm}$$



- 1) Déterminer les distances focales de chacun des dioptries.
- 2) Déterminer par le calcul, les éléments cardinaux de la première lentille.
- 3) Déterminer par le calcul, les éléments cardinaux de la deuxième lentille.

EXERCICE 2

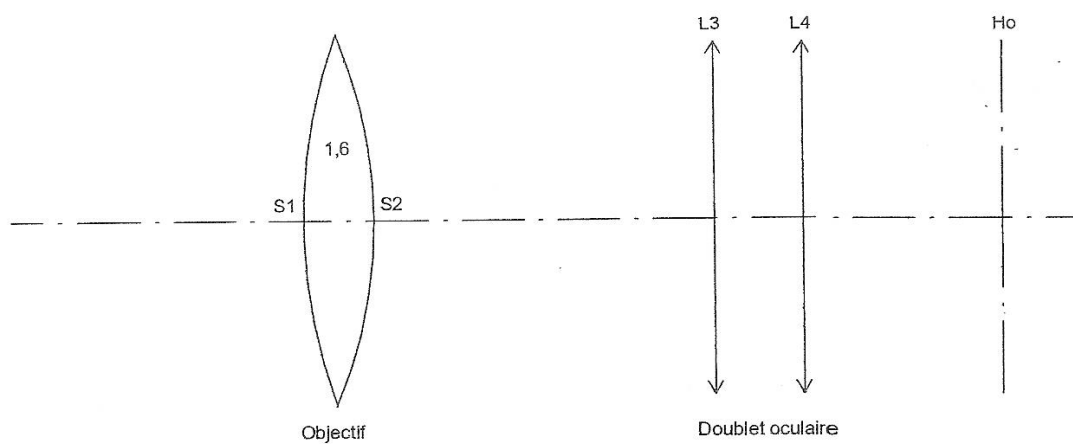
On se propose de réaliser l'étude d'un système optique permettant l'observation d'objets éloignés, et composé des éléments suivants :

D'un objectif : lentille épaisse équiconvexe en verre minéral d'indice 1,6, de puissance $D_{ob} = +19\delta$ et d'épaisseur au centre 16mm.

D'un oculaire : élément mobile, dont la fonction est de conjuguer l'image objective avec le plan d'accommodation de l'observateur ; et représenté sous la forme d'un doublet de lentilles minces de symbole (2 ; 3 ; 4). Sa distance frontale objet est de -10mm.

Ces éléments baignent dans l'air.

Enfin, cet instrument est utilisé par un observateur représenté par le plan principal objet de son œil.



Etude de l'objectif

- 1) Déterminez la puissance de chacune des faces (vous conserverez le résultat le plus petit...).
- 2) En déduire les distances focales objets et images de chacun des dioptries.
- 3) Déterminer la position des éléments cardinaux, la distance $H_{ob}H'_{ob}$ et les distances frontales de cet objectif.

TD LENTILLES ÉPAISSES

①

EXERCICE 1:

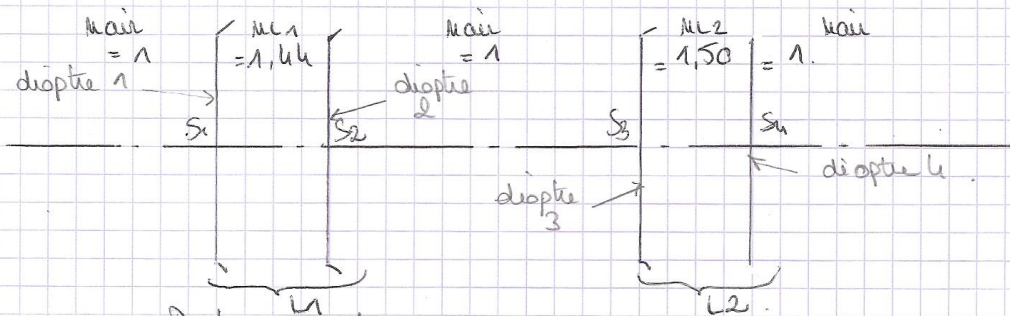
$$S_1 S_2 = 45 \text{ mm}$$

$$S_3 C_3 = 100 \text{ mm}$$

$$D_1 = -D_2 = +10 \text{ d}$$

$$S_1 S_4 = 150 \text{ mm}$$

$$S_2 S_3 = 60 \text{ mm}$$



1- Distances focales de chaque dioptrie:

Dioptrie 1 * $S_1 F_1 = -\frac{n_{air}}{D_1} = -\frac{1}{10} = -100 \text{ mm}$

$$S_1 F'_1 = \frac{n_{L1}}{D_1} = \frac{1.44}{10} = 144 \text{ mm}$$

Dioptrie 2 * $S_2 F_2 = -\frac{n_{L1}}{D_2} = +\frac{1.44}{10} = +144 \text{ mm}$

$$S_2 F'_2 = \frac{n_{air}}{D_2} = \frac{1}{-10} = -100 \text{ mm}$$

Dioptrie 3 * $S_3 F_3 = -\frac{n_{air}}{D_3}$

$$S_3 F'_3 = \frac{n_{L2}}{D_3}$$

avec $D_3 = \frac{n_{L2} - n_{air}}{S_3 C_3}$

$$D_3 = \frac{1.5 - 1}{100 \cdot 10^{-3}} = +5 \text{ d}$$

alors $S_3 F_3 = -\frac{1}{5} = -200 \text{ mm}$

$$S_3 F'_3 = \frac{1.50}{5} = 300 \text{ mm}$$

Dioptrie L: * $S_1F_1 = \infty$ car S_1 : dioptrie plan. $D_1 = 0 \delta$
 $S_1F_1' = \infty$

2. Eléments cardinaux de L:

$$D_{L1} = D_1 + D_2 - \frac{\overline{S_1S_2}}{n_{L1}} \times D_1 \times D_2$$

$$= 10 + (-10) - \frac{(45 \cdot 10^{-3})}{1,44} \times 10 \times (-10) = +3,125 \delta$$

* Position des plans principaux:

$$S_1H'_{L1} = \overline{S_1S_2} \times \frac{n_{air}}{n_{L1}} \times \frac{D_2}{D_{L1}} = (45 \cdot 10^{-3}) \times \frac{1}{1,44} \times \frac{-10}{3,125}$$

$$= -100 \text{ mm}$$

$$S_2H_{L1} = -\overline{S_1S_2} \times \frac{n_{air}}{n_{L1}} \times \frac{D_1}{D_{L1}} = -(45 \cdot 10^{-3}) \times \frac{1}{1,44} \times \frac{10}{3,125}$$

$$= -100 \text{ mm}$$

* Distances focales:

$$H_{L1}F_{L1} = f_{L1} = -\frac{n_{air}}{D_{L1}} = -\frac{1}{3,125} = -320 \text{ mm}$$

$$H'_{L1}F'_{L1} = f'_{L1} = \frac{n_{air}}{D_{L1}} = \frac{1}{3,125} = 320 \text{ mm}$$

* Distances frontales:

$$S_1F_{L1} = S_1H'_{L1} + H'_{L1}F_{L1} = -100 - 320 = -420 \text{ mm}$$

$$S_2F'_{L1} = S_2H_{L1} + H_{L1}F'_{L1} = -100 + 320 = 220 \text{ mm}$$

3. Eléments cardinaux de L2:

$$D_{L2} = D_3 + D_4 - \frac{\overline{S_3S_4}}{n_{L2}} \times D_3 \times D_4 \quad \text{avec } D_4 = 0 \delta$$

$$D_{L2} = D_3 = +5 \delta$$

(2)

+ Position des plans principaux:

$$\overline{S_3 H_{12}} = \overline{S_3 S_4} \times \frac{n_{air}}{n_{12}} \times \frac{D_4}{D_2} = 0 \text{ mm} \quad S_3 \equiv H_{12}$$

$$\overline{S_4 H'_{12}} = -\overline{S_3 S_4} \times \frac{n_{air}}{n_{12}} \times \frac{D_3}{D_2}$$

$$\text{avec } \overline{S_3 S_4} = \overline{S_3 S_2} + \overline{S_2 S_1} + \overline{S_1 S_4} = -60 - 45 + 150 = 45 \text{ mm}$$

$$\overline{S_4 H'_{12}} = -(45 \cdot 10^{-3}) \times \frac{1}{1,5} \times \frac{5}{5} = -30 \text{ mm}$$

+ Distances focales:

$$\overline{H_{12} F_{12}} = f_{12} = -\frac{n_{air}}{D_2} = -\frac{1}{5} = -200 \text{ mm}$$

$$\overline{H'_{12} F_{12}} = f'_{12} = \frac{n_{air}}{D_2} = \frac{1}{5} = 200 \text{ mm}$$

+ Distances frontales:

$$\overline{S_3 F_{12}} = \overline{S_3 H_{12}} + \overline{H_{12} F_{12}} = 0 - 200 = -200 \text{ mm}$$

$$\overline{S_4 F'_{12}} = \overline{S_4 H'_{12}} + \overline{H'_{12} F'_{12}} = -30 + 200 = 170 \text{ mm}$$

EXERCICE 2:

+ Etude de l'objectif

$$* n = 1,6 \quad D_{ob} = +19 \text{ D} \quad e = 16 \text{ mm}$$

équiconvexe.

1. Vergences de chaque dioptrie S_1 et S_2 :

$$D_{ob} = D_1 + D_2 - \frac{e}{n} \times D_1 \times D_2$$

la lentille est équiconvexe : $R_1 = -R_2$

donc : $D_1 = D_2$

D'après Gullstrand :

$$D_{\text{ob}} = D_1 + D_2 - \frac{e}{n} \times D_1 \times D_2$$

$$19 = D_1 + D_1 - \frac{e}{n} \times D_1 \times D_1$$

$$19 = 2D_1 - \frac{e}{n} D_1^2$$

$$\frac{e}{n} D_1^2 - 2D_1 + 19 = 0$$

l'équation est de la forme $ax^2 + bx + c = 0$.

Calcul du discriminant :

$$\Delta = b^2 - 4ac$$

$$= (-2)^2 - 4 \times \left(\frac{16 \cdot 10^{-3}}{1,6} \times 19 \right) = 3,24$$

$\Delta > 0$: 2 solutions :

$$x_1 = \frac{-b - \sqrt{\Delta}}{2a} = \frac{-(-2) - \sqrt{3,24}}{2 \times \frac{16 \cdot 10^{-3}}{1,6}} = 10 \text{ D}$$

$$x_2 = \frac{-b + \sqrt{\Delta}}{2a} = \frac{-(-2) + \sqrt{3,24}}{2 \times \frac{16 \cdot 10^{-3}}{1,6}} = 190 \text{ D}$$

Nous garderons $x_1 = D_1 = 10 \text{ D}$ $D_1 = D_2 = 10 \text{ D}$.

2) Distances focales de chaque dioptre S_1 et S_2 :

$$+ S_1 F_1 = - \frac{n_{\text{air}}}{D_1} = - \frac{1}{10} = -100 \text{ mm}$$

$$S_1 F_1' = \frac{n}{D_1} = \frac{1,6}{10} = 160 \text{ mm}$$

$$+ S_2 F_2 = - \frac{n}{D_2} = - \frac{1,6}{10} = -160 \text{ mm}$$

$$S_2 F_2' = \frac{n_{\text{air}}}{D_2} = \frac{1}{10} = 100 \text{ mm}$$

* Position des éléments cardinaux :

(3)

$$\begin{aligned} S_1 H_{ob} &= S_1 S_2 \times \frac{n_{air}}{n} \times \frac{D_2}{D_{ob}} \\ &= (16 \cdot 10^{-3}) \times \frac{1}{1,6} \times \frac{10}{19} = 5,26 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} S_2 H'_{ob} &= -S_1 S_2 \times \frac{n_{air}}{n} \times \frac{D_1}{D_{ob}} \\ &= (-16 \cdot 10^{-3}) \times \frac{1}{1,6} \times \frac{10}{19} = -5,26 \text{ mm} \end{aligned}$$

Distances focales :

$$* H_{ob} F_{ob} = f_{ob} = -\frac{n_{air}}{D_{ob}} = -52,63 \text{ mm}$$

$$* H'_{ob} F_{ob} = f'_{ob} = \frac{n_{air}}{D_{ob}} = 52,63 \text{ mm}$$

* Calcul de $H_{ob} H'_{ob}$

$$\begin{aligned} H_{ob} H'_{ob} &= H_{ob} S_1 + S_1 S_2 + S_2 H'_{ob} \\ &= -5,26 + 16 - 5,26 = 5,48 \text{ mm} \end{aligned}$$

* Distances frontales :

$$S_1 F_{ob} = S_1 H_{ob} + H_{ob} F_{ob} = 5,26 - 52,63 = -47,37 \text{ mm}$$

$$S_2 F_{ob} = S_2 H'_{ob} + H'_{ob} F_{ob} = -5,26 + 52,63 = 47,37 \text{ mm}$$