

**Exercice 1. Modélisation de l'œil**

Un modèle très simplifié de l'œil humain consiste à assimiler le cristallin à une lentille mince, et la rétine à un écran plat.

1. Une lentille mince convergente L1 donne d'un objet (réel) AB situé à une distance  $D_1 = 14$  cm de son centre optique O une image A'B' nette sur un écran situé à une distance  $d = 28$  mm. Quelle est la valeur  $f_1$  de sa distance focale ?

2. L'objet AB est éloigné du centre optique de L1 jusqu'à une distance  $D_2 = 28$  cm de O, et L1 est remplacée par une autre lentille L2 dont la distance focale est telle que son image A'B' soit à la même distance  $d = 28$  mm du centre optique O de L2. Quelle est la valeur de  $f_2$  ?

3. Les valeurs du punctum proximum (PP) et du punctum remotum (PR) d'un œil myope sont respectivement 14 cm et 28 cm. Son cristallin est assimilé à une lentille mince convergente, et sa rétine à un écran dont la distance au centre optique du cristallin est 28 mm.

(a) Quelles sont les valeurs extrêmes  $f_{\min}$  et  $f_{\max}$  de la distance focale du cristallin lorsque cet œil accommode pour voir nettement entre son PP (accommodation maximum) et son PR (pas d'accommodation, œil au repos) ?

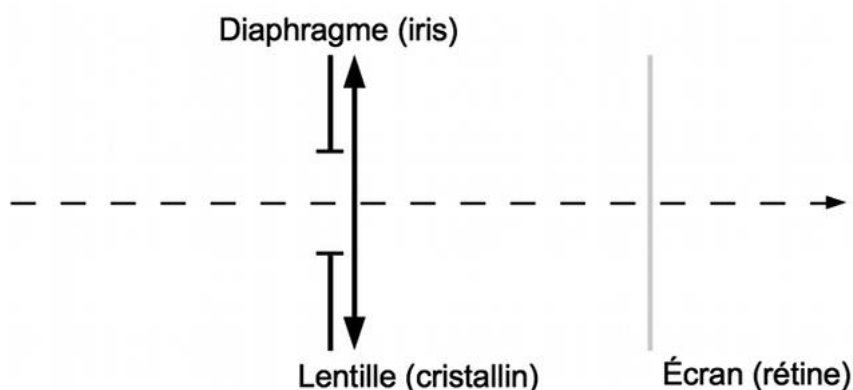
(b) En déduire son amplitude d'accommodation A, définie par  $A = \frac{1}{f_{\min}} - \frac{1}{f_{\max}}$ .

4. Pour permettre à cet œil de voir nettement à l'infini lorsqu'il est au repos, on le "corrige" à l'aide d'une lentille L0 de centre optique Oc placée à une distance  $d_0 = 14$  mm du cristallin.

(a) La lentille L0 est-elle convergente ou divergente ? Quelle est sa distance focale ?

Remarque : Il est conseillé, pour cette question, de faire un schéma faisant apparaître la lentille mince figurant le cristallin, l'écran figurant la rétine, la lentille de correction ainsi que le PR de cet œil myope ; échelle conseillée : 1cm = 28 mm.

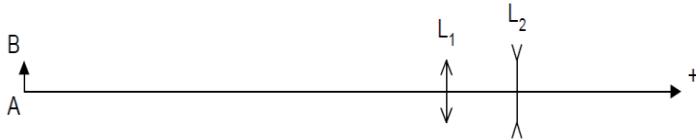
(b) En utilisant la formule de conjugaison des lentilles minces, trouver la valeur du PP de l'œil ainsi "corrigé" ?



**Ex2. Lunette de Galilée**

La lunette de Galilée est constituée de deux lentilles minces dont les axes optiques sont confondus. La première lentille  $L_1$  est une lentille convergente de distance focale  $f_1$ . La deuxième lentille  $L_2$  est une lentille divergente de distance focale  $f_2$ . Voir la figure ; attention, l'échelle n'est pas respectée.

L'observateur dirige la lunette vers un objet AB de hauteur  $h$  situé à la distance  $D$  de la lunette. A, pied de l'objet, est situé sur l'axe optique.

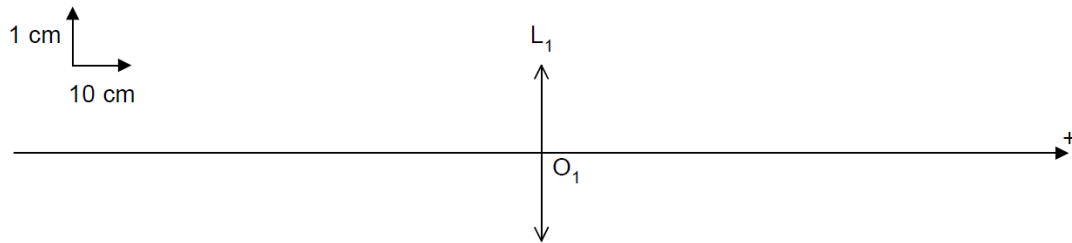


Données numériques :

$$h = AB = 0,70 \text{ m} ; D = O_1A = 50 \text{ m} ; f_1 = \overline{O_1F'_1} = 0,80 \text{ m} ; f_2 = \overline{O_2F'_2} = -0,08 \text{ m}.$$

1. Déterminer par le calcul la position de l'image A'B' donnée de AB par la lentille  $L_1$ . Quelle est la taille et le sens de cette image ?

2. En tenant compte des résultats précédents, situer sur le schéma ci-dessous :  $L_1$ , ses foyers et l'image A'B'.



3. A'B' joue le rôle d'objet pour la lentille  $L_2$ . Celle-ci est située à la distance  $d = O_1O_2$  en arrière de  $L_1$ . On donne  $d = 0,70 \text{ m}$ .

3.1. Sur un schéma, représenter les deux lentilles, leurs foyers et A'B'. Quelle est la nature de l'objet A'B' pour la lentille  $L_2$  ?

3.2. Construire l'image A''B'' de A'B' donnée par  $L_2$ .

3.3. Calculer la position et la taille de A''B'' et confirmer le résultat précédent.

4. Calculer :

4.1. Le diamètre apparent  $a$  de l'objet AB, pour un observateur dont l'oeil est placé en  $F_2$ , foyer objet de la lentille  $L_2$ .

4.2. Le diamètre apparent  $a''$  de l'image A''B'' pour le même observateur regardant dans  $L_2$ , son œil étant toujours en  $F_2$ .

5. Par définition, le grossissement  $G$  d'un système optique est le rapport du diamètre apparent de l'image définitive  $a''$  au diamètre apparent de l'objet observé  $a$ . Calculer le grossissement de la lunette dans les conditions étudiées ci-dessus.

6. La lunette est utilisée convenablement lorsque l'oeil n'accomode pas, c'est-à-dire si l'image définitive est située à l'infini. Ceci est obtenu en déplaçant  $L_2$  par rapport à  $L_1$ , en agissant sur une bague de réglage (l'objet est supposé à l'infini).

6.1. Quelle est alors la distance entre les deux centres optiques ?

6.2. Dans ce cas le grossissement de la lunette de Galilée est égal au rapport des distances focales des deux lentilles. Faire l'application numérique.

**Ex3. Téléojectif d'appareil photographique**

Un téléojectif est formé de deux lentilles minces  $L_1$  et  $L_2$  distantes de  $e = 2$  cm. La lentille  $L_1$  est convergente de distance focale image  $f_1 = 6$  cm et la lentille  $L_2$  est divergente de distance focale objet  $f_2 = 8$  cm. Une plaque photographique (film) est placée à la distance  $d = 10$  cm de  $L_1$  (voir figure). Dans ces conditions l'appareil photographique est mis au point à l'infini.

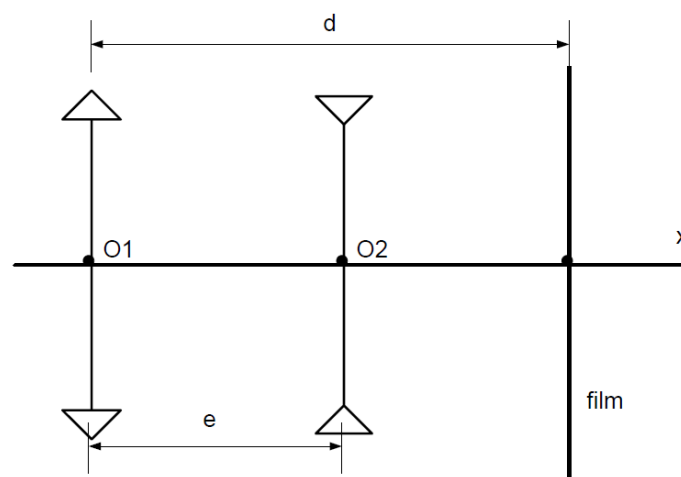
1) On vise un objet très éloigné de diamètre angulaire  $\alpha$ . Pour rappel, le diamètre angulaire (ou diamètre apparent) est l'*angle* sous lequel est vu le diamètre d'un disque à partir d'un point donné.

Faire la construction géométrique à l'échelle 1/2. Situer les différents points focaux.

2) Calculer la dimension de l'image en fonction de  $f_1$ ,  $f_2$ ,  $e$  et  $\alpha$ . Application numérique dans le cas où  $\alpha = 1'$  (1 minute d'arc  $\approx 3 \cdot 10^{-4}$  rad).

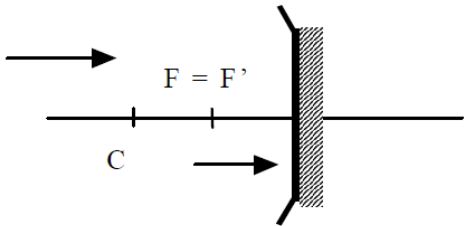
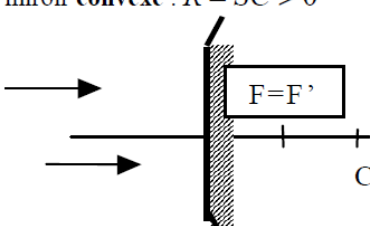
3) Les grains de la pellicule ont une taille de  $40 \mu\text{m}$ , l'objet visé sera-t-il résolu (cad pourra être ou non échantillonné par plus d'un grain) ?

4) Quelle serait la focale d'une simple lentille qui donnerait des images de taille identique à celles que donne le téléojectif ?



## Formulaire

Les lentilles minces	
Vergence : $D = \frac{n-1}{R_1} + \frac{1-n}{R_2} = \frac{1}{f'} = -\frac{1}{f}$	Conjugaison (Newton) : $\overline{F'A'}. \overline{FA} = \overline{ff'} = -f'^2$
Conjugaison (Descartes) : $\frac{1}{\overline{OA'}} - \frac{1}{\overline{OA}} = D = \frac{1}{f'}$	Grandissement (Newton) $\gamma = -\frac{f}{\overline{FA}} = -\frac{\overline{F'A'}}{f'}$
Grandissement (Descartes) : $\gamma = \frac{\overline{A'B'}}{\overline{AB}} = \frac{\overline{OA'}}{\overline{OA}}$	

Miroirs sphériques	
<p>miroir <b>concave</b> : <math>R = \overline{SC} &lt; 0</math></p>  <p>miroir <b>convexe</b> : <math>R = \overline{SC} &gt; 0</math></p>  <p>Les foyers F et F' d'un miroir sphérique sont <b>confondus</b> avec le <b>milieu</b> de [S ; C] cf schéma ci-dessus :</p> $\overline{SF} = \overline{SF'} = \frac{\overline{SC}}{2}$	<p><b>Conjugaison :</b></p> <p>Descartes : <math>\frac{1}{\overline{SA'}} + \frac{1}{\overline{SA}} = \frac{2}{\overline{SC}}</math></p> <p>Newton : <math>\overline{F'A'}. \overline{FA} = \overline{ff'}</math></p> <p><b>grandissement :</b></p> <p>Descartes : <math>\gamma = -\frac{\overline{SA'}}{\overline{SA}}</math></p> <p>Newton : <math>\gamma = -\frac{f}{\overline{FA}} = -\frac{\overline{F'A'}}{f'}</math></p> <p>Avec C : <math>\gamma = \frac{\overline{CA'}}{\overline{CA}}</math></p>