

# TD - Lentilles, instruments d'optique

## Compétences au programme :

- Définir les propriétés du centre optique, des foyers principaux et secondaires, de la distance focale, de la vergence.
- Construire l'image d'un objet situé à distance finie ou infinie à l'aide de rayons lumineux, identifier sa nature réelle ou virtuelle.
- Exploiter les formules de conjugaison et de grandissement transversal de Descartes et de Newton.
- Établir et utiliser la condition de formation de l'image réelle d'un objet réel par une lentille convergente.
- Modéliser l'œil comme l'association d'une lentille de vergence variable et d'un capteur plan fixe.
- Citer les ordres de grandeur de la limite de résolution angulaire et de la plage d'accommodation.
- Modéliser l'appareil photographique comme l'association d'une lentille et d'un capteur.
- Construire géométriquement la profondeur de champ pour un réglage donné.
- Étudier l'influence de la focale, de la durée d'exposition, du diaphragme sur la formation de l'image.

### Conseils :

- Faire des dessins à l'échelle (au moins approximative), y placer toutes les données (numériques éventuellement) pour éviter les confusions par la suite
- Dès qu'il y a deux lentilles, les formules "emboîtées" deviennent inextricables, à éviter absolument
- Éviter au maximum les manipulations algébriques, faire des AN (avec les unités !) dès que possible et vérifier leur vraisemblance sur le dessin.
- Attention aux unités ! On peut travailler en cm,  $\text{cm}^{-1}$ , mais la définition de la vergence fait intervenir le mètre (En particulier  $1\delta = 1\text{m}^{-1} = 10^{-2}\text{cm}^{-1}$  !)

## 1 Doublet optique de Huygens

On définit un doublet de lentilles minces par la donnée de trois nombres :  $f'_1, e = \overline{O_1O_2}, f'_2$ . Un doublet de Huygens est de type :  $f'_1 = 3a, e = 2a, f'_2 = a$ .

- 1) Placer sur un axe optique (figure à l'échelle) les foyers de  $L_1$  et  $L_2$  et déterminer par construction géométrique les foyers objet  $F$  (antécédent par le système d'une image finale à l'infini) et image  $F'$  (image par le système d'un objet à l'infini)
- 2) Vérifier ces résultats en déterminant algébriquement  $\overline{F_1F}$  et  $\overline{F'_2F'}$

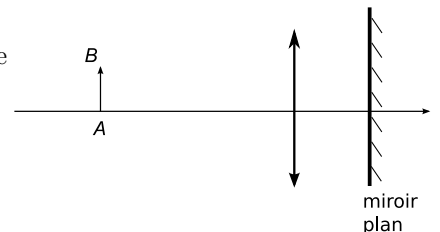
Rép :  $\overline{F_1F} = 9a/2$  et  $\overline{F'_2F'} = -a/2$

## 2 Détermination de distances focales (voir TP)

- 1) Méthode d'autocollimation : On accole une lentille mince convergente de distance focale  $f'$  et un miroir plan.

On suppose A placé en F.

- a) Construire l'image A' de A par le système. En déduire une méthode de mesure de  $f'$ .
- b) Construire de même l'image de B. Quel est alors le grandissement ?



- 2) Méthode de Bessel : L'objet AB et l'écran E sont fixes et distants de D. Entre l'objet et l'écran, on déplace une lentille mince convergente de distance focale image  $f'$ . Montrer que si  $D \geq 4f'$ , il existe deux positions de la lentille distantes de d pour lesquelles il y a une image de l'objet sur l'écran. Calculer  $f'$  en fonction de D et d. En déduire une façon simple de déterminer  $f'$ .

Rép :  $\gamma = -1; f' = \frac{D^2 - d^2}{4D}$

## 3 Étude d'un appareil photographique

L'objectif d'un appareil photographique est assimilable à une lentille de distance focale  $f' = 5$  cm. Le capteur est centré sur l'axe, de dimensions  $24 \times 36$  mm.

- 1) La mise au point est faite sur l'infini, ce qui définit une position  $P_0$  pour la plaque sur l'axe. De combien et dans quel sens faut-il déplacer la plaque si l'on veut photographier un objet placé à 5 m de l'objectif ?
- 2) La mise au point ne permet pas d'éloigner la plaque de plus de 5 mm de  $P_0$ . Evaluer la distance minimale d'un objet par rapport à l'objectif pour obtenir une image nette.
- 3) Dans le cas 1) de la mise au point, déterminer les dimensions de la portion de plan photographiée.

Rép :  $P_0$  sur le plan focal image, reculer de 0,5 mm,  $\overline{OA} = -55$  cm,  $2,38 \text{ m} \times 3,56 \text{ m}$

## 4 Correction d'un myope

Un myope a un champ de vision compris entre  $d_m = 10$  cm et  $D_m = 100$  cm.

- 1) S'il veut observer des détails sur un journal, à quelle distance le place-t-il de son œil ?
- 2) Ce même œil a désormais une lentille de contact de vergence  $V = -1\delta$ . Quels sont le PP et le PR de l'œil corrigé ?

Rép : Indication : quel est le rôle de la lentille ? du PP de l'œil (objet/image ?) ; PP corrigé à l'infini, PR corrigé à 11 cm

## 5 Loupe 🔒

On considère une loupe de distance focale  $f'$ . Son "grossissement commercial" (noté  $G_c$ ) représente le rapport de l'angle sous lequel on voit un objet quand il est placé au foyer de la loupe sur l'angle sous lequel on le verrait, sans loupe, s'il était placé au punctum proximum noté  $d_m$  de l'observateur.

1) Exprimer  $G_c$  en fonction de  $f'$  et  $d_m$ .

2) Que devient le grossissement de la loupe si on fait en sorte que l'image virtuelle soit à la distance  $d_m$  de l'observateur, celui-ci collant son œil à la loupe ? Calculer ce nouveau grossissement si  $G_c = 3$ , pour  $d_m = 25$  cm.

**Rép :**  $G_c = d_m/f'$ ;  $G = 4$

## 6 Profondeur de champ d'un viseur 🔒

Un viseur est constitué d'une lentille  $L_1$ , objectif ( $f'_1 = 5$  cm) et d'une lentille  $L_2$ , oculaire ( $f'_2 = 1$  cm), distante de  $O_1O_2 = e = 16$  cm. L'utilisateur a un œil normal ( $d_m = 25$  cm), placé au foyer image de l'oculaire.

1) A quelle distance de l'objet doit se situer le viseur pour une vision sans accommodation ?

2) Même question pour une vision au PP. En déduire la profondeur de champ de ce viseur. Conclusion sur les pointés ?

**Rép :** sans accommodation  $\overline{O_1A} = -7,5$  cm ; avec  $\overline{O_1A} = -7,49$  cm, profondeur de champ de 0,1 mm

## 7 Lunette astronomique, lunette terrestre 🔒

Un appareil d'optique est composé de deux lentilles convergentes minces de distances focales respectives  $f'_1 = 60$  cm<sub>1</sub> et  $f'_2 = 2$  cm. Cet appareil est réglé sur l'infini lorsqu'un point objet très éloigné donne une image également rejetée à l'infini.

1) Donner la condition d'un tel réglage. Pourquoi opère-t-on ainsi ? Tracer la marche d'un pinceau lumineux issu d'un point situé à grande distance hors de l'axe optique.

2) Pour cet appareil et avec ce réglage calculer le grossissement angulaire que l'on définit comme le rapport de l'angle sous lequel on observe un objet à travers l'appareil sur l'angle sous lequel il est vu naturellement. Quel est le défaut majeur de cet appareil dans l'observation d'objets terrestres éloignés ?

3) Dans le but d'éliminer ce défaut on introduit une lentille intermédiaire de distance focale  $f'_3 = 1$  cm donnant de l'image formée par  $L_1$  une image réelle renversée par rapport à celle ci et dix fois plus grande. L'observation se faisant dans les mêmes conditions qu'au 1) quelle est la position relative des trois lentilles ?

**Rép :**  $F'_1 = F_2$ , pas d'accommodation ;  $G = -f'_1/f'_2 = -30$  ;  $\overline{F'_1F_2} = 12,1$  cm

## 8 Grossissement d'un microscope 🔒

Un microscope est constitué par association de deux lentilles jouant respectivement les rôles d'objectif et d'oculaire. L'image finale est observée sur la rétine de l'œil. L'objet observé est à 2,5 cm devant l'objectif de focale  $f_1 = 2$  cm et l'oculaire a pour focale 6 cm. L'œil accommode de façon à avoir  $f'_3 = 2$  cm. La distance objectif oculaire est de 16 cm.

1) Calculer la position de l'image. Faire un dessin.

2) Calculer le grossissement  $G$  correspondant au rapport de l'angle sous lequel on peut voir l'objet avec le microscope et de l'angle maximal sous lequel on peut voir l'objet à l'œil nu. On se placera dans le cas où pour l'œil de l'observateur PP = 25 cm.

**Rép :**  $A_1 = F_2$ ,  $G = 50$

## 9 Problème ouvert 🔒

La photographie suivante a été prise par un appareil de focale 35 mm, dont la largeur du capteur vaut 22 mm. Quelle est la profondeur du pont ?

