

# Thème 1 - Ondes et signaux - Optique

## Chapitre 2 : Formation des images

### TD 2

Capacités exigibles
Construire l'image d'un objet par un miroir plan. Identifier sa nature réelle ou virtuelle.
Conditions de Gauss : énoncer les conditions permettant un stigmatisme approché ; les relier aux caractéristiques d'un détecteur.
Lentilles minces : utiliser les définitions et 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 à l'infini, à l'aide de rayons lumineux.
Exploiter les formules de conjugaison et de grandissement.
Etablir et utiliser la condition $D \geq 4f'$ pour former l'image réelle d'un objet réel par une lentille convergente
Modéliser l'oeil comme association d'une lentille de vergence variable, et d'un capteur 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.
Représenter le schéma d'une lunette afocale modélisée par deux lentilles minces convergentes ; identifier l'objectif et l'oculaire.
Représenter le faisceau émergent issu d'un point objet situé « à l'infini » et traversant une lunette afocale.
Établir l'expression du grossissement d'une lunette afocale.
Exploiter les données caractéristiques d'une lunette commerciale.

#### Ex. 1. Taille minimale d'un miroir (Imp :\*\* / Niv :\*)

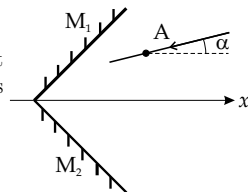
Quelle taille minimum  $\ell$  doit avoir un miroir plan pour qu'une personne de hauteur  $h$  puisse s'y contempler de la tête au pied ?

Réponses :  $\ell = h/2$

#### Ex. 2. Catadioptr (Imp.\*\* / Niv.\*)

On considère deux miroirs plans  $M_1$  et  $M_2$  montés perpendiculairement l'un à l'autre. On place l'axe  $Ox$  au centre, de façon à ce que ces miroirs soient symétriques par rapport à  $Ox$ .

Un objet  $A$  est placé dans le plan  $xOy$ , hors de l'axe  $Ox$ .



- Déterminer l'image  $A_1$  de  $A$  par  $M_1$  puis l'image  $A'$  de  $A_1$  par  $M_2$ .
- Déterminer l'image  $A_2$  de  $A$  par  $M_2$  puis l'image  $A''$  de  $A_2$  par  $M_1$ . Qu'en conclure ?

- On considère désormais un rayon lumineux incident, faisant un petit angle  $\alpha$  par rapport à l'axe  $Ox$ , et passant par  $A$ . Déterminer le rayon émergent suite aux réflexions sur les miroirs.
- Pour un rayon incident quelconque, dans quel(s) cas y a-t-il une seule réflexion ? Combien de réflexions dans tous les autres cas ? Quelle est la propriété du rayon émergent dans tous les cas ?
- Conclure quant à l'utilité d'un tel dispositif.

Réponses : 2.  $A' = A''$  ; 3.  $\alpha' = \alpha$  ;

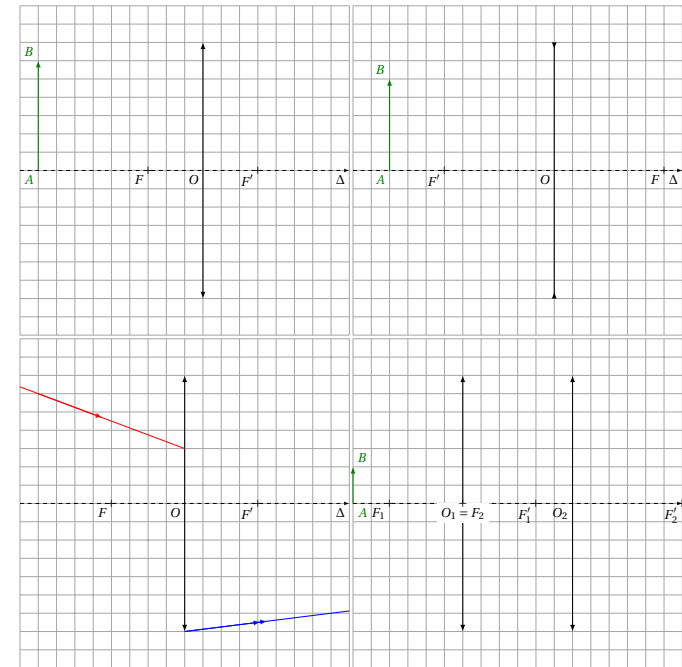
#### Ex. 3. Caractéristique d'une lentille mince (Imp.\*\*\*/ Niv.\*\*)

Un objet réel situé à 10 cm d'une lentille mince donne une image virtuelle située à 4 cm de celle-ci.

En réalisant la construction géométrique objet-image et sans aucun calcul, déterminer la nature de la lentille et sa vergence approximative.

Réponses : lentille DV,  $V = -15,6\delta$

#### Ex. 4. Construction d'images (Imp :\*\*\* / Niv :\*)



- Construire les images des objets à travers les lentilles des 4 figures ci-dessus.
- Préciser les caractéristiques des images et des objets (nature, taille, position, sens)

**Ex. 5. Oeil normal ou myope ? (Imp.\*\*\* / Niv.\*\*)**

Un oeil a son punctum proximum situé à distance  $d_p = 8$  cm, et son punctum remotum à  $d_r = 1,5$  m.

1. Cet oeil est-il normal, myope ou hypermétrope ? Comment voit-il les étoiles ?
2. Calculer les distances focales  $f'_p$  et  $f'_r$  correspondant aux deux positions d'accommodation extrémales de cet oeil, sachant que l'on assimile le cristallin à une lentille mince et la rétine à un écran situé à distance  $a = 17$  mm du cristallin.

---

Réponses : 1. oeil myope ; 2.  $f'_p = 14$  mm,  $f'_r = 17$  mm

---

**Ex. 6. Elargisseur de faisceau**

Un faisceau lumineux parallèle de diamètre  $d = 2$  mm est issu d'une source laser. On désire multiplier ce diamètre par 10. Pour élargir ce faisceau on utilise une lentille mince divergente  $L_1$  et une lentille mince convergente  $L_2$  pour laquelle  $f'_2 = 50$  mm.

1. Faire un schéma du dispositif. Calculer  $f'_1$  et la distance  $\Delta$  qui sépare les deux lentilles.
2. A présent on utilise 2 lentilles convergentes et on a toujours  $f'_2 = 50$  mm. Reprendre les questions précédentes.

---

Réponses :  $f'_1 = -5$  mm,  $\Delta = 45$  mm

---

**Ex. 7. Loupe (Imp.\*\*\* / Niv.\*\*)**

Une loupe est une lentille convergente de distance focale faible. Le but est d'obtenir d'un objet petit une image idéale pour l'œil, et grossie.



1. Rappeler quelle est la meilleure condition d'observation pour l'œil (position d'un objet à observer pour que l'œil n'ait pas à accommoder).
2. A quelle distance minimale  $d_m$  par rapport à l'œil un objet peut-il être vu ? On considère un objet de taille  $a$ , placé à cette distance minimale  $d_m$  de l'œil. Calculer l'angle  $\alpha$  sous lequel est vu cet objet.
3. Dédurre de la question 1. la position à laquelle il faut mettre la loupe pour que l'objet soit vu de façon idéale par l'observateur.
4. Sous quel angle  $\beta$  est désormais vu l'objet ? Comment varie  $\beta$  en fonction de la focale  $f'$  de la lentille ?
5. Le grossissement  $G$  est défini comme le rapport entre l'angle sous lequel est vu l'objet à travers la loupe ( $\beta$ , si elle est placée idéalement par rapport à l'objet) et l'angle sous lequel

l'objet est vu à l'œil nu ( $\alpha$  si l'objet est à distance P.P. de l'œil)<sup>1</sup>. Calculer  $G$ . A quelle condition sur la focale  $f'$  de la loupe, celle-ci grossit-elle ?

6. Avec la loupe, la position de l'œil de l'observateur a-t-elle une importance ? On représente souvent Sherlock Holmes comme ci-dessus. Indiquer pourquoi sa posture n'est pas optiquement justifiée.

---

Réponses : 2.  $\alpha = a/d_m$  ; 4.  $\beta = a/f'$  ; 5.  $G > 1$  si  $f' > d_m$

---

**Ex. 8. Téléobjectif**

Un objectif photographique est constitué d'une lentille convergente  $L_1$  de centre  $O_1$  et de distance focale  $f'_1 = 75$  mm. Le détecteur de l'appareil photo est placé dans le plan focal de l'objectif.

On ajoute à cet objectif deux lentilles :

- une lentille divergente  $L_2$  de centre  $O_2$  et de distance focale  $f'_2 = -25$  mm, accolée à  $L_1$  (donc on a  $O_1 = O_2$ )
- une lentille convergente  $L_3$  de centre  $O_3$  et de distance focale  $f'_3 = 100$  mm, fixée devant le système  $L_1 - L_2$ . On règle la distance  $O_3O_1$  pour faire l'image d'un objet éloigné sur le détecteur.

Le système optique formé des lentilles  $L_1 - L_2 - L_3$  est ce qu'on appelle un téléobjectif.

1. Faire un schéma représentant les lentilles avec positions relatives des centres optiques et des foyers. Compléter ce schéma par un tracé de rayons définissant la position du foyer image  $F'$  de ce téléobjectif.
2. Calculer l'encombrement de cet appareil, c'est-à-dire la distance entre le centre optique  $O_3$  et le détecteur.
3. Calculer la grandeur  $\overline{A'B'}$  de l'image d'une tour  $\overline{AB}$  de 60 m de hauteur, située à une distance de 3 km de l'objectif.
4. Calculer l'encombrement d'un appareil qui aurait comme objectif une seule lentille donnant une image de même taille. Conclusion.

---

Réponses : 2.  $O_3F'_1 = 150$  mm ; 3.  $\overline{A'B'} = 10^{-4}$  mm ; 4.  $\overline{OA'} = 300$  mm

---



---

1. On fait ici l'hypothèse que les angles sont petits, si bien que la tangente s'approxime à l'angle lui-même :  $\tan \theta \simeq \theta$ .