

TP 5 : Instruments d'optique

Appareil photo et lunette astronomique

Les points du programme :

- Choisir une ou plusieurs lentilles en fonction des contraintes expérimentales, et choisir leur focale de façon raisonnée.
- Etudier l'influence de la distance focale et du diaphragme d'un appareil photographique sur la formation de l'image
- Optimiser la qualité d'une image (alignement, limitation des aberrations, etc.).

Objectifs

L'objectif de ce TP est double :

- étudier l'influence de la « focale » et du diaphragme d'un appareil photographique sur la formation de l'image (capacité exigible).
- « fabriquer » une lunette astronomique et mesurer son grossissement angulaire en simulant une étoile à l'infini et l'œil de l'observateur (supposé normal au repos),

1. Appareil photo

a. Influence de la « focale » sur la formation de l'image

L'objet est une lettre à placer sur le carter de la lampe à l'extrémité du banc, l'image est formée sur l'écran qui joue le rôle de capteur de l'APN.

Manipulations :

- Prendre une lentille convergente (notée (L_1) , $f'_1 = 10 \text{ cm}$), la placer à 60 cm de l'objet, et rechercher la position de l'écran qui permet d'observer une image nette : relever la taille de l'image formée sur l'écran.
- Remplacer la première lentille par une seconde lentille convergente de distance focale double (notée (L_2) , $f'_2 = 20 \text{ cm}$) et déplacer l'écran pour observer une image nette sur celui-ci : relever la taille de l'image formée sur l'écran.

Question :

Q1. Quelle est l'influence de la « focale » d'un appareil photographique sur la formation de l'image ?

b. Influence du diaphragme sur la formation de l'image

Manipulations :

- Placer l'objet à 30 cm devant la lentille (L_2) ($f'_2 = 20 \text{ cm}$) et former son image sur l'écran.
- Evaluer la profondeur de champ dans cette première situation en déplaçant l'objet (la lanterne).
- Reprendre la manipulation après avoir positionner un diaphragme devant la lentille.

Question :

Q2. Quelle est l'influence du diaphragme d'un appareil photographique sur la formation de l'image ?

2. Lunette astronomique

Depuis l'invention, au début du XVII^{ème} siècle, de la lunette astronomique par Johannes Kepler, les astronomes amateurs et professionnels ont utilisé cet instrument pour observer le ciel. Une lunette astronomique est constituée de deux lentilles : un objectif et un oculaire. Les propriétés de la lunette dépendent des caractéristiques de chacune de ces lentilles.

1 Extrait des caractéristiques de deux lunettes		
Lunette	Modèle 1	Modèle 2
		
Prix indicatif	60 €	650 €
Diamètre de l'objectif	50 mm	102 mm
Distance focale de l'objectif	600 mm	1 000 mm
Distance(s) focale(s) de(s) oculaire(s) fourni(s)	20 mm, 12 mm, 4 mm	25 mm

2 Oculaires

Les lunettes sont munies de porte-oculaires permettant d'adapter plusieurs oculaires, qu'on peut acheter à part.

Exemple : oculaires de distances focales 6,0, 9,0, 12,5, 18, 25 et 32 mm, adaptables sur les deux lunettes du doc. 1.



Problématique : *Quelle est la conséquence d'un changement d'oculaire sur les propriétés de la lunette astronomique ?*

a. Des étoiles dans les yeux

1. A star is born

Pour que l'objet à observer puisse être assimilé à un astre lointain, il faut que les rayons qui nous parviennent de cet objet soient parallèles entre eux. On utilise alors une lentille convergente L_0 de 3,5 δ (dioptries) pour obtenir une image à l'infini.

- Placer l'objet à observer (la lanterne) à l'abscisse $x = 0$.

Q1. Où faut-il placer l'objet par rapport à la lentille L_0 pour obtenir une image à l'infini (les rayons ressortent alors parallèles les uns aux autres) ?

Méthode : Autocollimation

On peut déterminer la position du **plan focal objet** d'une lentille convergente en suivant le protocole suivant :

- Placer un miroir plan derrière la lentille convergente étudiée.
- Placer l'ensemble {lentille + miroir} devant l'objet.
- Déplacer l'ensemble {lentille + miroir} jusqu'à obtenir une image nette au niveau de l'objet : l'objet est alors dans le plan focal objet de la lentille.
- Placer la lentille L_0 de manière à obtenir une image à l'infini.

➔ **L'ensemble {lanterne + L_0 } constitue « l'étoile » (objet infiniment loin) à observer, ne plus y toucher !!!**

2. Jeter un coup d'œil

Pour « regarder » dans la lunette, il faut un œil. Il convient donc de placer un modèle d'œil emmétrope au repos sur le banc optique.

- Placer sur le banc optique à l'abscisse $x = 80 \text{ cm}$ une lentille L_3 de 8 δ qui joue le rôle du cristallin.

- ☐ Placer l'écran pour que l'œil soit au repos (voir TP 9).
- ☐ Vérifier que l'image de « l'étoile » sur la rétine est bien nette.

→ **L'ensemble $\{L_3 + \text{écran}\}$ correspond au modèle simplifié de l'œil au repos puisqu'il fait l'image d'un objet à l'infini sur la rétine. Ne plus y toucher !**

3. La lunette

- ☐ Placer sur le banc optique « la lunette astronomique » : placer une lentille L_1 de 5 δ (**objectif**) à l'abscisse $x = 45$ cm puis une lentille L_2 de 20 dioptries (**oculaire**) à l'abscisse $x = 65$ cm.
- ☐ Effectuer la mise au point en déplaçant l'**oculaire** (la lentille L_2) de manière à obtenir une image nette à l'écran (rétine).

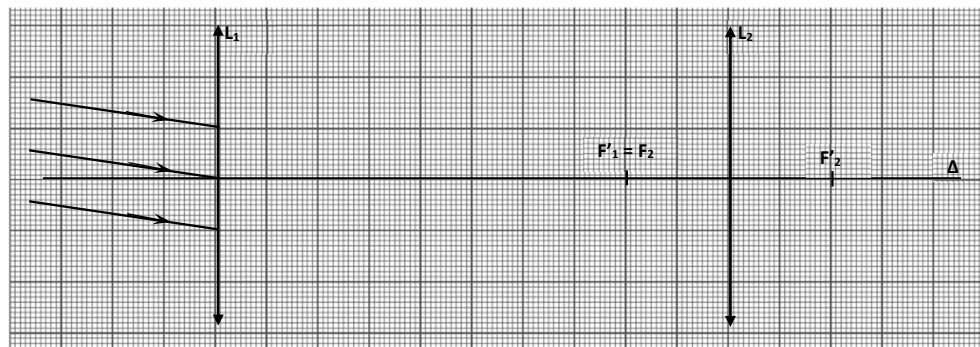
→ **L'objectif (L_1) donne une image intermédiaire A_1B_1 de l'objet AB .
 A_1B_1 sert d'objet pour l'oculaire (L_2) qui en donne une image $A'B'$ visible par l'œil.**

$$A_0B_0 \xrightarrow{L_0} AB \xrightarrow{\text{objectif } (L_1)} A_1B_1 \xrightarrow{\text{oculaire } (L_2)} A'B' \xrightarrow{\text{œil } (L_3)} A_RB_R$$

- ☐ Relever la hauteur A_0B_0 de la lettre sur la lanterne et la hauteur A_RB_R sur l'écran (rétine).

Questions :

- Q2.** Puisque l'objet AB est situé à l'infini, où doit se trouver l'image intermédiaire A_1B_1 par rapport à l'objectif L_1 ?
- ☐ Déplacer l'écran entre L_1 et L_2 pour déterminer la position de A_1B_1 (noter son abscisse).
- Q3.** Mesurer la distance O_1A_1 et vérifier la condition précédente.
- Q4.** Où doit se trouver A_1B_1 par rapport à L_2 sachant que l'image donnée par la lunette doit se trouver à l'infini ?
- Q5.** Mesurer la distance A_1O_2 et vérifier la condition précédente.
- Q6.** Que dire du point F'_1 (Foyer image de l'objectif) et du point F_2 (Foyer objet de l'oculaire) ?
- Q7.** En déduire l'expression de la distance d séparant la lentille L_1 et la lentille L_2 en fonction des distances focales f'_1 et f'_2 . Vérifier ce résultat numériquement à l'aide d'une mesure.
- Q8.** Compléter le schéma suivant en effectuant le tracé du faisceau de rayons traversant la lunette et émergeant de l'oculaire.



- Q9.** Faire le schéma de principe correspondant à l'intégralité du montage. On appelle O_0 , O_1 , O_2 et O_3 les centres respectifs de chaque lentille.

II. Grossissement et influence de l'oculaire

a. Détermination des diamètres apparents

Pour des petits angles, on fait l'approximation : $\tan \alpha = \alpha$

Q10. *Simulation de l'objet à l'infini* : Déduire de la hauteur de la lettre lumineuse le **diamètre apparent α** de celle-ci (angle avec lequel les rayons arrivent sur l'objectif par rapport à l'axe optique).

Q11. *Simulation de l'œil n'accommodant pas* : Déduire de la hauteur de l'image sur l'écran le **diamètre apparent α'** de celle-ci (angle avec lequel les rayons sortent de l'oculaire par rapport à l'axe optique).

b. Grossissement de la lunette

Le grossissement de la lunette astronomique est donné par la formule : $G = \frac{\alpha'}{\alpha}$

Q12. Calculer le grossissement de la lunette réalisée.

Q13. Vérifier que le grossissement correspond au quotient de la distance focale de l'objectif sur la distance focale de l'oculaire :

$$G = -\frac{f'_1}{f'_2}$$

Démontrer ce résultat à l'aide du schéma de la question 8.

c. Influence de l'oculaire

- ☐ Remplacer la lentille L_2 par une lentille de 10 δ puis régler de nouveau la lunette pour avoir une image nette sur l'écran.

Q14. Comment a été modifiée l'image sur l'écran ?

Q15. Pourquoi certaines lunettes sont proposées avec plusieurs oculaires ?

III. Lunettes astronomiques commerciales

Q16. Déterminer les grossissements possibles pour les 2 modèles de lunettes du document 1.

Q17. Le grossissement est-il un critère qui justifie la différence de prix ?

Q18. Le modèle 2 a un diamètre d'objectif deux fois plus grand que celui du modèle 1. Quelle est la conséquence sur l'observation ?

IV. Bonus : lunette de Galilée

- ☐ Remplacer la lentille L_2 par une lentille divergente puis régler de nouveau la lunette pour avoir une image nette sur l'écran.

Q19. Quels avantages présente la lunette de Galilée par rapport à la lunette de Kepler ?