

TP05- INSTRUMENTS D'OPTIQUE

Objectifs :

- Modéliser à partir de plusieurs lentilles un dispositif d'utilisation courante.
- Choisir les focales des lentilles de façon raisonné.

Dans ce TP nous allons étudier deux systèmes optiques : une lunette terrestre et un microscope

Remarque sur les lentilles utilisées. :

I Construction d'une lunette terrestre

I.1) Modélisation d'un œil fictif (ou œil réduit).

Q1 Rappeler la modélisation de l'œil sur votre compte rendu.

→ Rajouter sur le banc d'optique le modèle réduit de l'œil (**sans le diaphragme**) que vous construirez à l'aide du matériel disponible. **Le cristallin qui n'accommode pas sera modélisé par une lentille L_Z de distance focale $f_{cris} = 125 \text{ mm}$.**

(C'est la lentille notée Z)

Comme le banc d'optique possède une dimension de l'ordre d'une dizaine de fois les distances focales des lentilles utilisées, un objet placé sur le banc ne peut pas être considéré comme étant à l'infini. Il faut donc créer artificiellement un objet à l'infini à l'aide d'une lentille.

On considère le schéma synoptique suivant :

$$L_E \quad L_Z \text{ (cristallin)}$$

$$A_1 \rightarrow A_\infty \rightarrow A'$$

Le point A_1 appartient à un l'objet (la lettre « p »). A_∞ est une image intermédiaire à l'infini formée à partir de A_1 .

→ Fabriquer un collimateur : placer l'objet A_1 **dans le plan focal objet** de la lentille convergente L_E (notée E). **On utilisera la méthode d'autocollimation.** Vous avez ainsi créé une image A_∞ à l'infini (qui joue le rôle d'objet à l'infini pour le cristallin)

→ Ajuster la position du cristallin de « l'œil n'accommodant pas » pour que l'image finale A' soit nette sur la « rétine ». Noter sur votre compte rendu la valeur de la distance « cristallin-rétine » (notée d) avec son incertitude-type dont vous expliquerez rapidement l'origine et le calcul. Indiquer si dans cette situation l'œil se fatigue.

Dans la suite du TP, il faudra toujours déplacer l'écran (modélisant l'écran) et la lentille (modélisant le cristallin) ensemble pour maintenir la distance d constante. Fixer ce montage avec une tige et des noix.

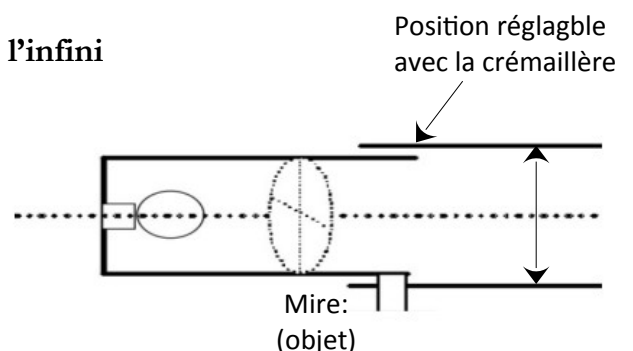
Q2 En vous aidant du schéma synoptique, trouver l'expression théorique de d en fonction de f_{cris} . (Sans calculs)

→ La valeur de d semble-t-elle cohérente avec la distance focale de la lentille qui modélise le cristallin ? Justifier en calculant un écart normalisé.

👉 Appel 1 : Appeler le professeur pour qu'il vérifie vos résultats.

I.2) Utilisation d'un collimateur pour former un objet à l'infini

Comme nous n'avons pas assez de lentilles, nous allons devoir récupérer la lentille E. On utilisera donc un collimateur déjà fabriqué à la place : L'objet est une mire circulaire. Une crémaillère permet de la placer dans le plan focal objet de la lentille. Son image est alors à l'infini et servira d'objet pour la lunette.



On se servira de l'œil réalisé précédemment pour régler le collimateur à l'infini :

→ Positionner « l'œil au repos » derrière le collimateur

→ à l'aide de la crémaillère, déplacer la partie mobile du collimateur jusqu'à obtenir une image nette sur la rétine

I.3) Mise en œuvre de la lunette terrestre

Lentilles disponibles :

	A	E	O	I	X	Z
Vergence	-3 δ	+3 δ	+10 δ	-8 δ	+5 δ	+8 δ
Focale	-33 cm	+33 cm	+10 cm	-12,5 cm	+20 cm	+12,5 cm

Q3 Réaliser un schéma de la lunette terrestre, Rappel l'expression du grossissement en fonction des distances focales de l'objectif et de l'oculaire.

Q4 Quelle lentille(A, E, O, I, X ou Z) faut-il utiliser pour l'oculaire et quelle lentille faut il utiliser pour l'objectif pour crée une lunette terrestre de grossissement au moins égal à 2,5 ?

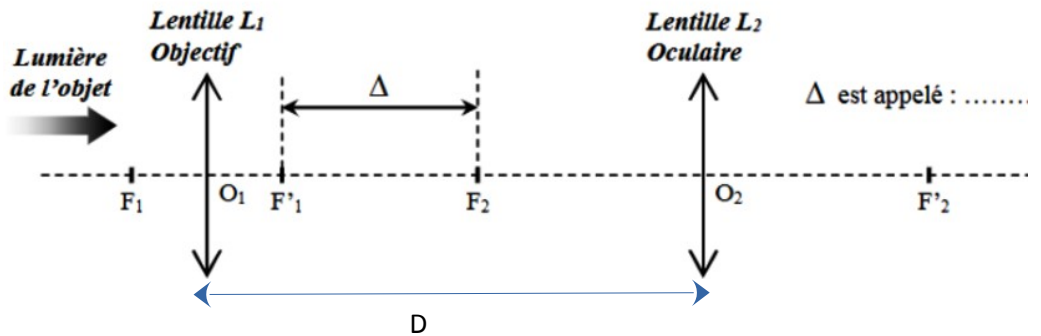
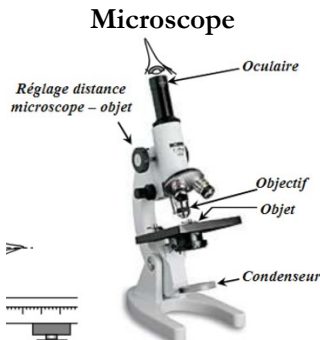
→ Construire cette lunette en s'aidant d'une tige et de noix. La tester en regardant dehors.

👉 Appel 2 : Appeler le professeur pour qu'il vérifie votre lunette

→ Concevoir et mettre en œuvre un protocole expérimental, utilisant l'œil fictif, permettant de vérifier la valeur du grossissement de la lunette.

II Construction du microscope.

On modélisera le microscope par une association de deux lentilles minces convergentes comme sur le schéma ci-dessous :



Données numériques :
 - objectif $f'_1 = +10$ cm (lentille O)
 - oculaire $f'_2 = +20$ cm (lentille X)
 - longueur optique du microscope $\Delta = 20$ cm
 - objet AB : flèche de 5 mm sur le papier millimétré transparent

Q5 : À quelle distance D doit on placer l'objectif de l'oculaire d'après les données numériques ?

Comme il existe une incertitude sur les valeurs des distances focales vous devrait certainement espacer l'objectif et l'oculaire d'une distance légèrement différente de D en pratique pour avoir une image à l'infini

II.1) Construction du microscope

- Enlever le collimateur du montage.
- Placer l'objectif et l'oculaire à la bonne distance D l'un de l'autre.
- placer l'œil qui observe à l'infini bien après le microscope (au bout du banc pour commencer)
- Faire varier la position **du microscope par rapport à l'objet** de façon à ce que l'œil voit l'image nette.
- La position de l'œil derrière l'oculaire a-t-elle une importance pour la netteté ?
- Chercher la position de l'image intermédiaire formée par l'objectif à l'aide d'une feuille de papier
- Noter l'abscisse de cette image intermédiaire sur votre compte rendu. Est-elle bien à une distance f_2 de l'oculaire ?
- Mesurer la dimension $A_r B_r'$ de l'image sur la rétine avec son incertitude ($u(A_r B_r') = 0,4 \text{ mm}$)

👏 **Appel 3 : Appeler le professeur pour qu'il vérifie votre microscope.**

Le grossissement du microscope G est défini par le rapport de l'angle α sous lequel on voit l'image à l'infini d'un objet à travers le microscope et l'angle β sous lequel on voit ce même objet à l'œil nu à la distance minimale de vision distincte d_m .

On a montré dans le DM01 que $G = \frac{\Delta d_m}{f_1 f_2}$ On aimerait vérifier cette formule expérimentalement.

Si on note $A_r B_r'$ la dimension de l'image obtenue sur la « rétine » quand on regard un objet sous l'angle α

Si on note $A_r B_r$ la dimension de l'image obtenue sur la « rétine » quand on regard un objet sous l'angle β

$$\text{Alors on a } G = \frac{\alpha}{\beta} = \frac{A_r B_r'}{A_r B_r}$$

II.2) Amélioration du modèle de l'œil réduit pour mesurer $A_r B_r$

Afin de simuler un œil observant au punctum proximum (PP), nous allons rendre le cristallin plus convergent en lui accolant la lentille E.

La distance d reste inchangée.

Nous avons déjà simulé l'œil qui voit nette à l'infini nous allons maintenant simuler l'œil qui observe au punctum proximum (deuxième colonne du tableau)

Œil _∞	Œil _{PP}
Lentille Z seule	Lentilles Z et E accolées
Taille d	Taille d
Vision nette à l'infini	Vision nette à la distance d_m

- Construire l'œil qui observe au punctum proximum
- Sans le microscope et en utilisant l'œil qui observe au punctum proximum, former une image nette de l'objet sur la rétine. Dans cette situation, l'objet est au PP. Notée la valeur de d_m qui sépare l'œil
- Faire une représentation graphique (pas à l'échelle) de cette configuration.
- Mesurer la dimension $A_r B_r$ de l'image sur la rétine avec son incertitude.

II.3) Calcul du grossissement commercial

→ Calculer $G = \frac{A_r B_r'}{A_r B_r}$ avec son incertitude-type.

→ Calculer la valeur théorique $G_{théo} = \frac{\Delta \times d_m}{f'_{obj} \cdot f'_{oc}}$ avec son incertitude-type.

$$u(G_{théo}) = G_{théo} \cdot \sqrt{\left(\frac{u(\Delta)}{\Delta}\right)^2 + \left(\frac{u(d_m)}{d_m}\right)^2 + \left(\frac{u(f'_{obj})}{f'_{obj}}\right)^2 + \left(\frac{u(f'_{oc})}{f'_{oc}}\right)^2}$$

Remarque : D'après le constructeur, toutes les distances focales indiquées sur les lentilles ont une incertitude-type relative de 10 %.

La valeur expérimentale de G est-elle compatible avec la valeur théorique ? (calcul d'écart normalisé)

II.4) Cercle oculaire

tous les rayons qui traversent l'objectif passent en sortie du microscope à travers l'image donnée par l'oculaire de cet objectif, ce disque est appelé cercle oculaire.

→ Placer votre œil juste derrière l'oculaire (**utiliser un filtre coloré**). On constate que le champ de vision est restreint, qu'il dépend de la position de l'œil par rapport à l'axe optique et qu'il n'est pas uniformément éclairé.

→ Reculer l'œil jusqu'à ce que le champ soit optimal, à cette position correspond le cercle oculaire.

→ Pour vérifier cette position, remplacer l'objectif par un disque lumineux (retirer simplement la lentille) et déplacer un écran derrière l'oculaire. Observer l'évolution du diamètre du disque lumineux en sortie. La position du cercle oculaire est celle où le diamètre de ce disque est le plus petit

→ Faire une représentation graphique illustrant la notion de cercle oculaire