

TP4 φ : Étude d'un instrument optique

Objectifs pédagogiques du TP :

- Former une image optique : éclairer un objet de manière adaptée, optimiser la qualité de l'image.
- Choisir une ou plusieurs lentilles de façon raisonnée en fonction des contraintes expérimentales.
- Mettre en œuvre expérimentalement à l'aide de deux lentilles un dispositif optique d'utilisation courante.

Matériel disponible :

- Banc optique avec 3 pieds, boîte de lentilles, miroir plan, lanterne blanche avec condenseur, supports et écran avec papier millimétré.

Ajouter la partie sur la lunette auto-collimatrice (voir TP6 PCSI 18-19)

Travail demandé

Dans un compte-rendu, vous expliquerez clairement les **objectifs**, les **protocoles** mis en œuvre, les **observations** et **mesures** réalisées puis effectuerez une **analyse** critique des résultats en évaluant les incertitudes de mesures.

1. Réalisation d'un modèle de microscope :

- 👁 À l'aide de deux lentilles convergentes, réaliser un modèle de microscope sur le banc optique. On pourra placer l'oculaire en utilisant la méthode d'auto-collimation avec l'image intermédiaire.
- Observer le phénomène de grossissement, la présence du cercle oculaire ainsi que la latitude de mise au point.
- 📐 Réaliser un œil fictif en sortie du microscope et vérifier la relation du grossissement total. On déterminera la distance focale f'_3 par auto-collimation.

2. Réalisation d'un modèle de lunette :

- 👁 À l'aide de deux lentilles, réaliser un modèle de lunette sur le banc optique.

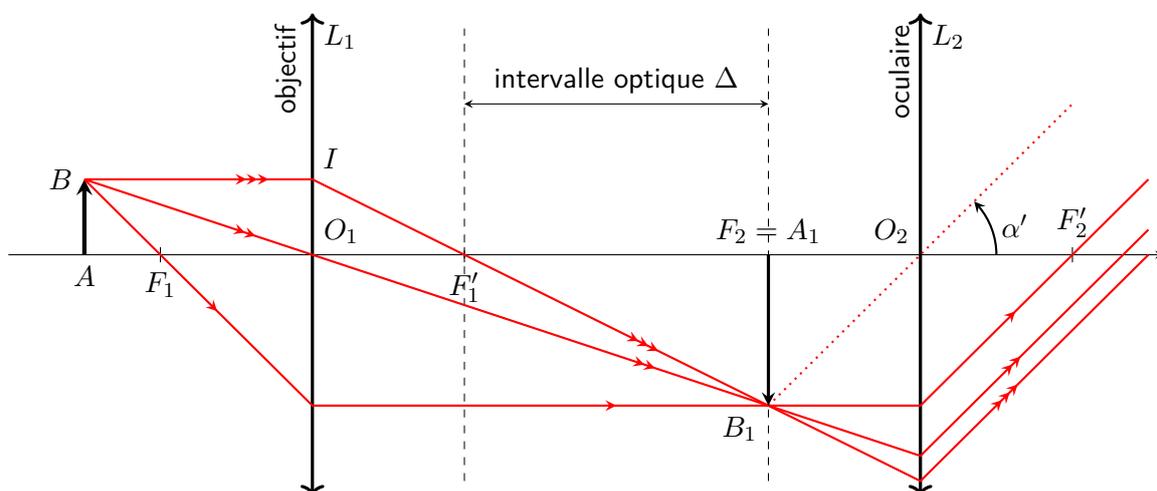
I Microscope

I.1 Principe de fonctionnement

Un microscope réel est composé de deux lentilles, l'**objectif** (L_1) de très grande vergence ($f'_1 \simeq 5\text{mm}$) et l'**oculaire** (L_2) de vergence plus grande ($f'_2 = 25\text{mm}$) séparées d'une distance $\Delta = F'_1 F_2$ de l'ordre de 20 cm.

Son but est de pouvoir observer, sans accommodation, l'image agrandie d'un objet placé à distance finie, proche de l'objectif. L'image finale doit donc se trouver à l'infini.

Nous allons réaliser un modèle de microscope sur lequel des mesures sont réalisables avec les lentilles dont nous disposons (focale f' de 10 à 50 cm).



I.2 Latitude de mise au point

L'utilisation du microscope nécessite une mise au point, c'est à dire un positionnement précis de l'objet par rapport à la lentille L_1 , de sorte que l'on ai un enchainement d'images $A \xrightarrow{L_1} A_1 \xrightarrow{L_2} A'_\infty$. Cela est possible si l'image intermédiaire se crée dans le plan focal objet de la lentille L_2 : $A_1 = F_2$.

On trouve alors grâce aux relations de conjugaison de Newton : $\overline{O_1A} = -f'_1(1 + f'_1/\Delta)$.

I.3 Grossissement commercial

• Le grossissement de l'objectif vaut $\gamma = \frac{\overline{A_1B_1}}{\overline{AB}} = \frac{\overline{A_1B_1}}{\overline{O_1I}} = \frac{\overline{F'_1F_2}}{\overline{F'_1O_1}}$ par triangles semblables : $\gamma = -\frac{\Delta}{f'_1}$

• L'oculaire fonctionne comme une loupe : on a $\alpha' = \frac{\overline{A_1B_1}}{-f'_2}$. On en déduit que $\alpha' = \frac{\gamma \overline{AB}}{-f'_2} = \frac{\Delta}{f'_1 f'_2} \overline{AB}$.

Son grossissement commercial vaut $G_{c,ocu} = \frac{\alpha'}{\alpha_{pp,1}} = \frac{d_m}{f'_2}$ puisque $\alpha_{pp,1} = \frac{\overline{A_1B_1}}{-d_m}$.

• En combinant les deux effets et avec $\alpha_{pp} = \frac{\overline{AB}}{-d_m}$, on obtient $G_c = \frac{\alpha'}{\alpha_{pp}} = G_{c,ocu} \times \gamma = -\frac{d_m \Delta}{f'_1 f'_2}$

Remarque : Pour un microscope réel, dont l'encombrement correspond environ à la distance du *punctum proximum* de l'oeil, ce paramètre à un sens utile. Dans notre cas, le microscope est trop long pour que ce paramètre soit pertinent : on mesurera plutôt la taille de l'image obtenue dans l'œil fictif.

II Approche expérimentale : projection sur un œil fictif

Pour effectuer des mesures, on peut projeter les rayons émergents du microscope sur un écran : on parle d'**œil fictif**. Dans ce cas, le schéma des images successives devient : $\overline{AB} \xrightarrow{L_1} \overline{A_1B_1} \xrightarrow{L_2} \overline{A'_\infty} \xrightarrow{\text{œil}} \overline{A'B'}$. Si le microscope est bien réglé (faisceaux de rayons parallèles en sortie), l'image finale $\overline{A'B'}$ sera nette sur l'écran placé en $F'_{\text{œil}}$.

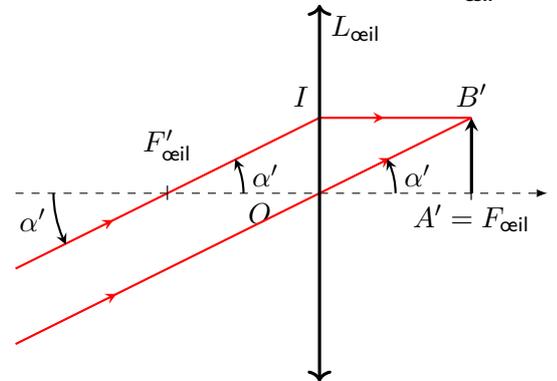
On peut écrire l'égalité $\alpha' = \frac{\overline{A'B'}}{f'_{\text{œil}}}$. Nous avons par

ailleurs démontré que $\alpha' = \frac{\Delta}{f'_1 f'_2} \overline{AB}$ en sortie du microscope.

On obtient finalement le grossissement complet avec œil fictif :

$$\gamma_{\text{tot}} = \frac{\overline{A'B'}}{\overline{AB}} = \frac{\Delta \times f'_{\text{œil}}}{f'_1 f'_2}$$

A.N. : Pour un microscope de paramètres $f'_1 = 10$ cm, $f'_2 = 12,5$ cm, $\Delta = 30$ cm et un œil réalisé avec une lentille de focale $f'_{\text{œil}} = 20$ cm, on trouve un grossissement $\gamma = 4,8$.



III Lunette de Galilée

La lunette de GALILÉE est une lunette terrestre comportant un objectif convergent de grande distance focale, qui donne d'un objet situé à l'infini une image réelle, et d'un oculaire divergent de courte distance focale, qui permet d'observer l'image intermédiaire à l'œil. Si celle-ci se forme dans le plan focal objet de l'oculaire, l'image finale est située à l'infini : le système est alors afocal.

Son grossissement est positif, contrairement à la lunette de KEPLER, et l'image est donc droite.

