

MP7 : Instruments d'optique

Damien RIOU

9 octobre 2015

Objectifs

- Construire une loupe
- Construire un microscope simplifié
- Déterminer la puissance et le grossissement de microscopes
- Mesurer la position du cercle oculaire
- Visualiser les effets des diaphragmes de champ et d'ouverture
- Déterminer la résolution du microscope

Plan

Introduction

Nous sommes tous équipés d'instruments d'optique : nos yeux. Malgré tout, ils ne sont pas infaillibles. En effet, lorsqu'il s'agit d'observer de fins détails comme les étoiles doubles ou les détails d'une cellule végétale, ils sont limités : ils n'ont pas une résolution suffisante. Ils nous faut donc améliorer les caractéristiques de nos capteurs, et pour faire cela, nous utilisons des instruments d'optique : lunettes et télescopes pour agrandir les images vues de loin et microscopes et loupes pour grossir les détails de petits objets étudiés.

Notre analyse lors de ce montage portera sur comment grossir des petits détails. Ainsi, nous allons en premier lieu étudier la loupe, puis construire un microscope simplifié. Nous étudierons ensuite ses caractéristiques, telles que le grandissement de l'objectif, le grossissement et la puissance du microscope. Nous verrons ensuite où positionner notre œil pour avoir la meilleure image possible et le pouvoir de résolution de notre appareil.

A De la loupe au microscope

A.1 Loupe, avantages et inconvénients

Pour observer les petits détails d'un objet, nous pouvons en premier lieu essayer de les regarder avec notre œil. Si nous ne pouvons pas les voir, nous pouvons essayer de regarder à la loupe cet objet pour grossir les détails. Cet outil présente l'avantage d'être simple à construire, il est composé d'une unique lentille convergente, mais l'image donnée n'est pas placée à l'infini, l'œil doit donc accommoder.

Nous pouvons calculer la puissance de cet instrument :

$$P_{\text{loupe}} = 1/f'_1$$

Nous avons donc une puissance assez faible même si nous prenons une lentille très convergente. Nous pouvons donc opter pour l'étude du microscope qui nous offrira une puissance supérieure et une image observable à l'infini.

A.2 Construction d'un microscope simplifié

Un véritable microscope est un instrument complexe formé de multiples lentilles visant à fournir une image avec un minimum d'aberrations chromatique et géométrique. Pour simplifier l'étude et se concentrer sur l'essence du microscope, nous allons construire un microscope simplifié. Ainsi, l'objectif et l'oculaire seront tous deux représentés par une simple lentille convergente de focale choisie. L'œil fictif utilisé ici pour visualiser les images observera des images sans accommoder. Le microscope est construit comme suit :

1. Placer l'objet et la source de lumière blanche.
2. Placer l'objectif de manière à avoir la distance entre l'objet et l'objectif voulue, $\overline{AO_1} = 17 \text{ cm}$. Utiliser le condenseur pour faire l'image du filament à proximité de l'objectif.
3. Recherche l'image de l'objet par l'objectif.
4. Placer l'oculaire de manière à avoir coïncidence du plan focal objet et de l'image fournie par l'objectif de manière à avoir la formation d'une image à l'infini.
5. Placer l'œil de manière à avoir coïncidence du plan focal objet de l'œil et du plan focal image de l'objectif.

Nous avons pour cette étude :

$$f'_1 = 107 \pm 2 \text{ mm}$$

$$f'_2 = 223 \pm 2 \text{ mm}$$

$$f'_3 = 308 \pm 2 \text{ mm}$$

Ces focales ont été déterminées par autocollimation afin d'avoir la plus faible incertitude possible sur ces paramètres.

Nous obtenons une image contenant une partie centrale de pleine lumière et une autre de pénombre en périphérie.

B Étude du microscope simplifié

B.1 Grandissement, puissance et grossissement

Une fois notre microscope construit, nous pouvons mesurer ses caractéristiques. Nous avons placé l'œil de manière à pouvoir remonter très rapidement à l'angle α . Pour obtenir la puissance du microscope et le grandissement de son objectif, nous proposons d'étudier divers microscopes ayant des intervalles optiques D différents. Ceci diffère de la réalité vu que nous avons normalement D fixé et un changement d'oculaire, mais ce cas est plus facile à exploiter.

Nous faisons donc varier la distance $\overline{AO_1}$. Pour notre microscope actuel, nous calculons les grandeurs suivantes :

$$\Delta = \overline{O_1A'} - f'_1$$

$$\gamma_1 = \overline{A'B'}/\overline{AB}$$

$$\tan\alpha \simeq \alpha = \overline{A''B''}/f'_3$$

$$P = \alpha/\overline{AB}$$

Nous obtenons alors la puissance et le grandissement en fonction des grandeurs que nous pouvons mesurer sur notre montage. Ces grandeurs sont aussi exprimables en fonction de l'intervalle optique D. Pour différentes valeurs de la distance $\overline{AO_1}$, nous trouvons que la puissance et le grandissement varient linéairement :

$$P = \frac{\Delta}{f'_{obj} \cdot f'_{ocu}} = \gamma_1 \cdot 1/f'_{ocu} = \gamma_1 \cdot P_{ocu} = 8 \pm 1 \delta$$

$$\gamma_1 = \frac{\Delta}{f'_{obj}} = -1,7 \pm 2$$

Ici, nous observons que la puissance du microscope est le grandissement de l'objectif fois la puissance de l'oculaire. Ainsi, l'objectif grandit l'image qui est ensuite utilisée par l'oculaire qui joue le rôle de loupe.

Nous retrouvons ainsi :

$$\begin{cases} f'_1 = 104 \pm 3 \text{ mm} \\ f'_2 = 215 \pm 8 \text{ mm} \end{cases}$$

Cette méthode est un peu moins précise que autocollimation mais nous retrouvons bien les bonnes valeurs.

Nous pouvons aussi trouver le grossissement du microscope et son grossissement commercial :

$$G = P \cdot d = 10 \pm 1$$

$$G_c = P \cdot d_m = 2,0 \pm 0,2$$

B.2 Position du cercle oculaire

La position du cercle oculaire est une question d'importance pour nous qui n'avons qu'un faible diamètre d'entrée de notre œil. En effet, le microscope nous donne une image, mais il y a une position optimale pour que nous positionnons notre œil afin d'avoir le maximum de champ et de luminosité. Nous mesurons alors la position du cercle oculaire. Cette mesure est assez imprécise :

$$\overline{O_2C} = 39 \pm 2 \text{ cm}$$

Par le calcul, nous obtenons :

$$\overline{O_2C} = 39,4 \text{ cm}$$

B.3 Diaphragmes contrôle de l'image

Dans un instrument d'optique, les éléments ont une taille finie et limitent donc la quantité de lumière admissible. Ainsi, nous pouvons étudier l'influence de la taille de chaque élément sur l'image obtenue.

Si nous posons un diaphragme derrière l'objectif et que nous faisons varier son ouverture, nous constatons que l'image varie en éclaircissement mais pas en champ, c'est donc un diaphragme d'ouverture. Si nous posons un diaphragme devant l'oculaire et que nous faisons varier son ouverture, nous constatons que l'image varie en champ mais pas en luminosité, c'est donc un diaphragme de champ.

Si le diaphragme est placé à l'emplacement de la formation de l'image A'B', nous observons que nous avons disparition du champ de contour (zone de pénombre). Si nous remplaçons ce diaphragme par une lentille convergente, nous observons que l'image voit la disparition de la zone de pénombre et l'augmentation de la luminosité de la zone de pleine lumière. C'est une première manière d'améliorer l'image fournie par le microscope.

B.4 Pouvoir de résolution

Le pouvoir de notre instrument peut être mesuré en utilisant un filtre interférenciel et des bifentes de Young avec différentes tailles. Nous observons que la taille minimale de résolution est :

$$r = 0,3 \text{ mm}$$

En mesurant la taille de l'objet sur l'écran, il est possible de remonter à la taille effective de celui-ci grâce à la puissance du dispositif.

Conclusion

Durant ce montage, nous avons étudié la problématique de grossissement des objets que notre œil ne peut pas voir sans aide. Dans un premier lieu, nous avons étudié la loupe qui, tout en étant simple, ne présente pas des performances optimales. En effet, elle ne projette pas d'image à l'infini et possède une puissance assez faible. Nous nous sommes donc tourné vers le microscope, ici dans sa version simplifié à l'extrême, pour gagner en performance.

Bibliographie

- [1] Optique expérimentale, Sextant, Herman
- [2] Montages de physique : agrégation de sciences physiques, option physique, Charmont, Dunod
- [3] Physique expérimentale pour les concours de l'enseignement, JP. Bellier, Dunod