

Systèmes optiques à deux lentilles

Comment un objet visible peut-il être toutefois invisible à l'œil nu ?

- il est très petit...
- il est gros, très gros, mais malheureusement très éloigné...

Des instruments optiques ont été élaborés pour voir et observer de tels objets :

- des microscopes pour les objets de petite taille ;
- des télescopes et lunettes astronomiques pour les objets très éloignés.

La lumière issue de l'objet traverse d'abord l'instrument avant d'entrer dans notre œil. Le rôle de l'instrument est donc de former une image très agrandie de l'objet observé.

Ce qui est très intéressant, c'est le fait que ces instruments très performants, sont, à la base, constitués d'un petit nombre (2 ou 3) d'éléments déviant la lumière selon des règles très simples : ces éléments sont les lentilles et les miroirs.

Les règles de déviations de la lumière par les lentilles convergentes ont été présentées dans le cadre du cours de 1^{ère} S. Nous allons les exploiter afin de détailler les fonctionnements du microscope et de la lunette astronomique.

1) Le microscope

a) Introduction, présentation

Image à projeter.

Rôle : former une image très agrandie d'un objet très petit et situé très près du système optique : le microscope ("mesure ce qui est petit").

Le système optique effectif consiste en l'association de deux lentilles convergentes, l'oculaire et l'objectif.

Passons en revue les différentes parties du dispositif et positionnons-les de gauche à droite dans le sens de propagation de la lumière, le long d'un axe optique :

- l'objet AB: généralement de petite taille et surtout enfermé entre deux lames de verre afin de lui donner un épaisseur la plus faible possible (c'est important on verra plus loin pourquoi) ;

- l'objectif L_1 : une lentille convergente de très petite distance focale (dans les vrais microscopes, c'est un ensemble de lentilles accolées afin d'obtenir un système très convergent).

- l'oculaire L_2 : un autre système convergent qui va être utilisé comme une loupe.

Rappel loupe : objet entre la lentille et F , image virtuelle, droite et agrandie... Schémas, expérience.

Donc : l'objectif permet de former une image intermédiaire (elle se forme entre l'objectif et l'oculaire) puis l'oculaire permet d'observer une image définitive agrandie située à gauche du système entre 20 cm et l'infini par rapport à l'œil qui l'observe (on considère que si l'image se forme à l'infini, un œil normal l'observe sans avoir besoin d'accommoder. Par contre si l'image se forme à 20 cm, on considère que c'est la limite d'observation d'un œil normal qui accommode au maximum.

b) Constructions graphiques, caractéristiques d'un microscope.

constructions... exemples... grandeurs caractéristiques :

Diamètre apparent d'un objet.

C'est l'angle α sous lequel on voit cet objet (d'autant plus grand qu'on est près de l'objet)

On fait un schéma... $\tan\alpha = \frac{AB}{d}$ (si α est petit on peut confondre α (en radian) et $\tan \alpha$)

De la même manière, le diamètre apparent de l'image est l'angle α' sous lequel on observe l'image.

Là, on revient à la construction et on établit la formule : $\alpha' = \frac{A_1B_1}{f'_{t_2}}$

le **grossissement standard** du microscope est : $G = \frac{\alpha'}{\alpha}$

On détaille ensuite le calcul qui permet d'arriver à : $G = |\gamma_1| \times G_2$

$|\gamma_1|$: valeur absolue du grandissement de l'objectif ;

G_2 : grossissement de l'oculaire.

Cercle oculaire : On construit la marche des rayons issus du bord de l'objectif : ils convergent de manière à constituer un cercle : le cercle oculaire. C'est à son niveau qu'on reçoit le maximum de lumière, c'est là que l'on doit placer l'œil.

Latitude de mise au point

Le système optique est constitué, le cercle oculaire est défini, l'œil s'y place. On sait que notre œil nous permet une vision nette entre l'infini et $d_m = 20$ cm . On peut alors se poser la question suivante : selon que j'observe l'image à l'infini ou à d_m , où dois-je placer l'objet ?

La distance entre ces deux positionnements limites de l'objet est appelée latitude de mise au point. On va voir que pour un microscope, elle est très petite, c'est pourquoi l'objet doit avoir une épaisseur très faible, sinon on risque de ne pas pouvoir observer une image entièrement nette (certaines parties de l'image seront nettes, d'autres ne le seront pas).

2) La lunette astronomique

Ici nous étudions un instrument d'optique dont le rôle est de former une image agrandie d'un objet très lointain et observable à l'œil nu sous un diamètre apparent très petit. Nous verrons que nous allons reprendre des raisonnements très similaires à ceux proposés pour le microscope, il n'y aura donc pas de réelle nouveauté.

On se situera toujours dans le cas où l'objet étant considéré comme à l'infini, l'image est, elle aussi, observée à l'infini (par un œil qui ne fait pas d'effort d'accommodation).

a) A propos de la lunette astronomique

Présentation

Il s'agit d'un instrument d'optique dont le rôle est de former une image agrandie d'un objet très lointain et observable à l'œil nu sous un diamètre apparent très petit.

Les objets observés sont considérés comme se trouvant à l'infini. Les rayons issus d'un point de l'objet (le point B) seront donc parallèles entre eux.

Ces rayons pénètrent dans la lunette astronomique et sont déviés de manière à former une image qui est renversée et agrandie par rapport à l'objet. La plupart des lunettes astronomique peuvent être réglée de telle sorte que l'image obtenue se forme, elle aussi, à l'infini et qu'elle peut donc être observée par un œil ne faisant pas d'effort d'accommodation.

Constitution

Il s'agit d'un simple système de deux lentilles convergentes positionnées sur le même axe optique.

Les rayons issus de l'objet AB pénètrent dans la lunette par la première lentille L_1 (de distance focale f_1) appelée objectif. Il se forme donc une image intermédiaire A_1B_1 . (A_1B_1 est l'image de AB donnée par L_1)

A la suite de L_1 se trouve une deuxième lentille L_2 (de distance focale f_2) appelée oculaire. (parce que l'observateur pose son œil contre cette lentille L_2)

Les rayons qui ont traversé L_1 ont convergés en A_1B_1 . Les rayons qui arrivent sur L_2 semblent donc provenir de A_1B_1 . A_1B_1 joue donc le rôle d'objet par rapport à l'oculaire L_2 . On connaît les propriétés des lentilles convergentes, on n'aura donc aucune difficulté particulière à construire $A'B'$, image de A_1B_1 donnée par L_2 . $A'B'$ est, bien évidemment l'image finale, l'image de AB donnée par la lunette astronomique. (les rayons issus de B qui traversent la lunette convergent en B')

On peut la modéliser par un système très simple de deux lentilles convergentes appelées logiquement objectif (L_1) et oculaire (L_2). En général, $f_1 < f_2$.

Comme l'objet est à l'infini, l'image intermédiaire de cet objet formée par l'objectif se trouve dans le plan focal image de l'objectif.

Comme l'image finale doit se situer à l'infini, l'image intermédiaire, qui joue le rôle d'objet par rapport à l'oculaire, doit se trouver dans le plan focal objet de l'oculaire.

Donc, dans ce système optique, le plan focal image de l'objectif et le plan focal objet de l'oculaire sont confondus (F_1' et F_2 sont confondus).

Un tel système est dit **afocal**.

Remarque : en général, on a $f'_1 < f'_2$.

On retrouve pour la lunette astronomique les caractéristiques déjà définies pour le microscope :

- cercle oculaire : image de la monture de l'objectif donnée par l'oculaire, c'est là qu'on reçoit le maximum de lumière et qu'il faut donc placer l'œil pour une observation de qualité optimale ;

- grossissement : $G = \frac{\alpha'}{\alpha}$, α et α' étant respectivement les diamètres apparents de l'objet et de l'image.

On démontre (cas d'un système afocal) que $G = \frac{f'_1}{f'_2}$

On construit une image ...