

TP : Le microscope

Objectif :

Réaliser et exploiter un montage permettant d'illustrer le fonctionnement d'un microscope.

Description :

Un microscope est constitué entre autres de 2 systèmes optiques :

- l'objectif assimilable à une lentille convergente de petite distance focale. Son rôle est de faire converger la lumière issue de l'objet observé à l'intérieur du tube du microscope.
- l'oculaire assimilable à une lentille convergente de distance focale de quelques centimètres. Il est utilisé comme une loupe.

Il existe aussi un bouton de réglage et une vis micrométrique, la distance objectif-oculaire étant constante, on peut éloigner ou rapprocher l'ensemble de l'objet observé.

Enfin pour améliorer la qualité de l'image et le confort de l'observation, la quantité de lumière est contrôlée par un condenseur (concentre la lumière extérieure sur l'objet) et par un miroir.

On parle de microscope réduit si objectif et oculaire sont remplacés par des lentilles minces. De même, on parle d'œil réduit si l'œil est représenté par une lentille mince.

Matériel :

- banc d'optique
- une lampe
- une mire (ici une flèche)
- un écran recouvert de papier millimétré
- un jeu de 3 lentilles convergentes marquées :
20 δ (objectif L_1) , + 10 δ (oculaire L_2) , + 4 δ (lentille L_3 de l'œil réduit).

Préparation du dispositif

Travail à faire

Sur le banc d'optique, placez la lampe à 10 cm environ de la lettre lumineuse, placez une lentille de 20 dioptries représentant l'objectif ; à 20,0 cm de l'objectif, placez une lentille de 10 dioptries représentant l'oculaire.

Ne modifiez plus par la suite cette distance objectif-oculaire ($O_1O_2 = 20,0$ cm) qui doit rester fixe comme dans un microscope réel.

Après l'oculaire, réalisez un œil réduit en associant une lentille de 4 dioptries et un écran. On peut aussi placer un diaphragme contre la lentille de l'œil.

Questions

- Calculez les distances focales des lentilles utilisées.
- Faites un schéma soigné représentant la disposition de tous ces éléments et la position des foyers des lentilles.
- Quel est l'intervalle optique Δ de votre microscope ?
- Quelle doit être la distance entre les deux éléments de l'œil réduit pour que cet œil voie sans accommoder ?

Observation des images

Travail à faire

Choisissez la dimension (largeur, hauteur, demi-hauteur...) de la flèche lumineuse AB dont vous allez mesurer la taille.

Effectuez la « mise au point » : avancez la lampe vers le microscope jusqu'à observer sur l'écran de l'œil une image nette A'B'.

Questions

- L'image qui se forme sur l'écran de l'œil est-elle de même sens que l'objet lumineux ?
- Sachant que la lentille de l'œil renverse les images, l'image A'B' observée par l'œil à travers le microscope est-elle droite ou renversée par rapport à l'objet AB ?
- La position exacte de l'œil réduit sur le banc d'optique a-t-elle de l'importance dans le réglage que vous venez d'effectuer ?
- L'espace entre l'objectif et l'oculaire est accessible. Où peut-on placer une feuille de papier blanc pour observer l'image intermédiaire A_1B_1 ? Quelles sont les caractéristiques de cette image (sens, taille, réelle ou virtuelle) ?
- Placez cette image sur le schéma précédent.
- Complétez votre schéma en construisant les trajets de deux rayons issus de B et ressortant de l'oculaire.
- Pouvez-vous observer l'image A'B' fournie par le microscope ? Essayez !

Grossissement du microscope

Questions

- Calculez le diamètre apparent θ de la lettre lumineuse regardée à 25 cm à l'œil nu.

- Calculez l'angle θ' sous lequel l'œil réduit voit l'image A'B' de la lettre.

Conseil : la lentille de l'œil reçoit les rayons provenant de B et sortant de l'oculaire parallèles entre eux sous l'angle θ' . Ces rayons convergent sur l'écran de l'œil au point B". On peut utiliser la construction de celui de ces rayons qui entre par le centre O dans l'œil réduit, donc qui n'est pas dévié dans l'œil.

- Déduisez des valeurs de θ' et θ le grossissement G de votre microscope réduit.

- Calculez par ailleurs le grossissement théorique de ce microscope réduit, en utilisant les relations établies dans la deuxième activité.

Conseil : on remarquera que les données permettent de calculer le grandissement de l'objectif et le grossissement de l'oculaire. On peut aussi calculer le grandissement de l'objectif si on a mesuré l'image intermédiaire A_1B_1 .

- Les deux valeurs trouvées sont-elles en accord ?

- Ce microscope a-t-il un fort grossissement ? Comparez-le aux grossissements disponibles du microscope considéré dans la première activité.

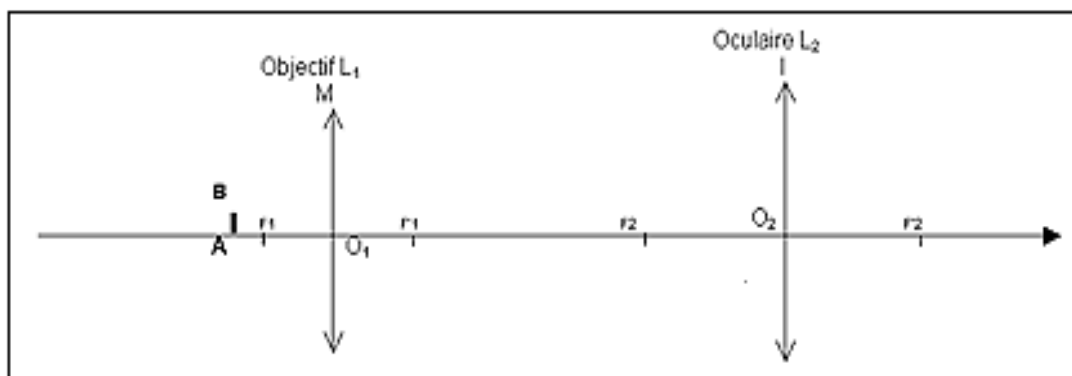
Le microscope simplifié

Cercle oculaire

Définition : le cercle oculaire est l'image de la monture de l'objectif à travers l'oculaire.

Travail à faire

- Sur le schéma ci-dessous, tracez les trajets de rayons issus des bords M et N de la monture de l'objectif et passant par le point F_2 , puis les rayons issus de M et N et arrivant sur les bords I et J de l'oculaire.
- Montrez que les rayons ainsi tracés émergent de l'oculaire en passant tous par une même zone centrée sur l'axe optique.
- Où devra être placée la pupille de l'œil pour recevoir le maximum de lumière sortant du microscope ?
- À l'aide d'une feuille blanche utilisée comme un écran mobile, recherchez la position du cercle oculaire de votre microscope. Votre œil réduit était-il correctement positionné ?

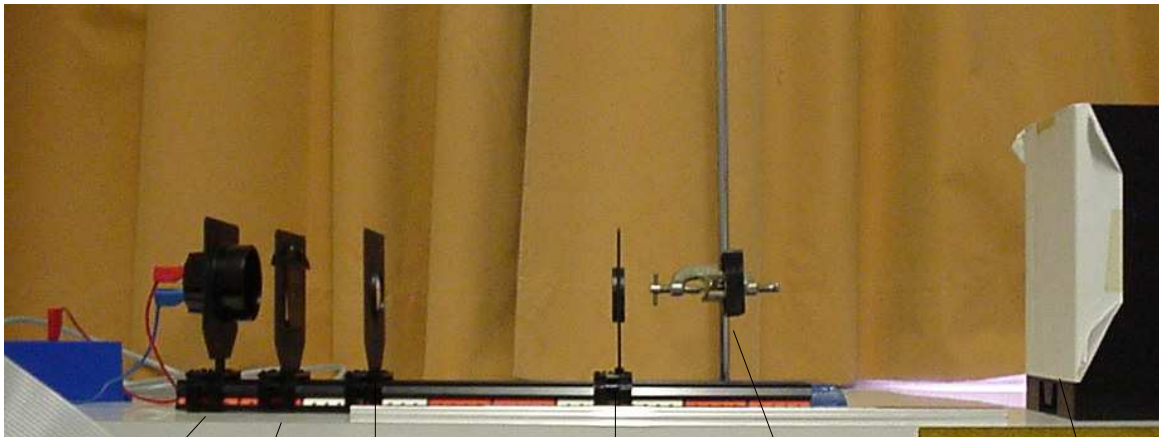


Le microscope optique

Etude d'un microscope simplifié

Photographies du montage :

Module banc optique Leybold : Système optique 1 (155,00 €) + lentille A et C (2 x 21,00 €)



Source
lumineuse

Objet

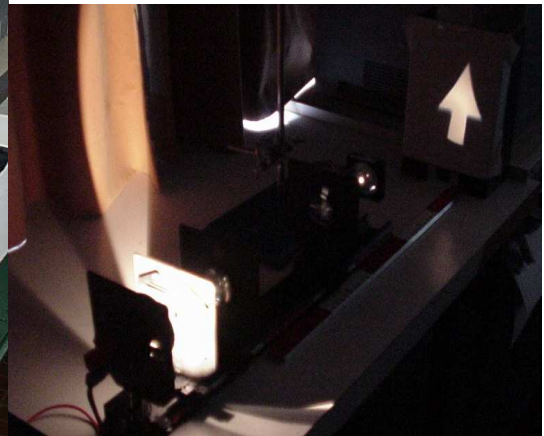
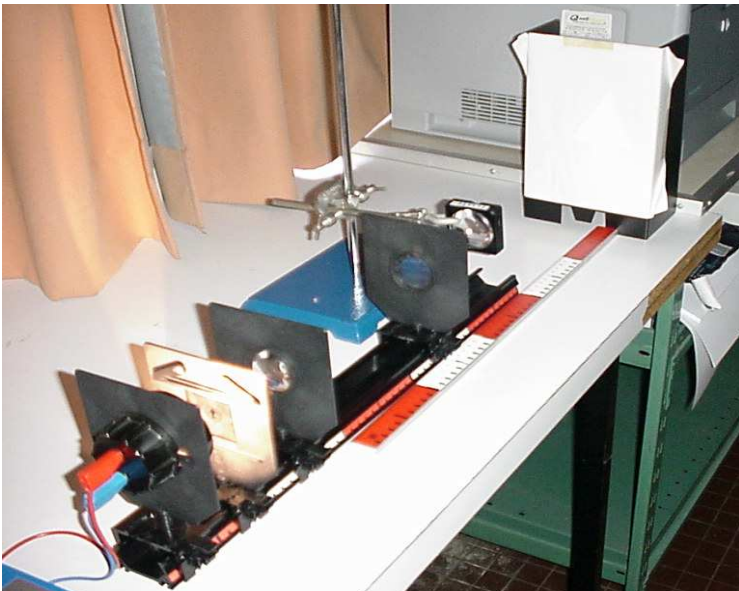
Lentille
 L_1 (objectif)

Lentille
 L_2 (oculaire)

Lentille
 L_3

Ecran

←—————→
Oeil réduit



Modélisation :

Un microscope simplifié est constitué d'un objectif L_1 de très courte distance focale f_1 (environ 1 mm) placé près de l'objet AB observé, et d'un oculaire L_2 de distance focale f_2 (1 à 2 cm) placé devant l'œil.

- L'objectif donne de l'objet AB une image réelle renversée et très agrandie A_1B_1 .

- L'oculaire sert de loupe pour observer cette image.

L'image finale $A'B'$ est virtuelle, très agrandie et renversée par rapport à AB .

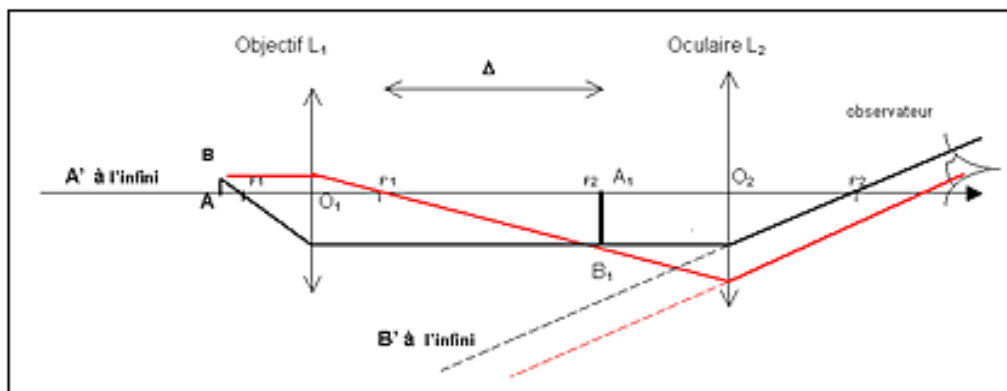
Ces deux systèmes optiques convergents sont maintenus à une distance constante O_1O_2 l'un de l'autre.

Seule la distance AO_1 est réglable grâce à une vis de mise au point rapide et à une vis micrométrique.

La distance $\Delta = F'_1.F_2$ entre le foyer image de L_1 et le foyer objet de L_2 est appelée intervalle optique. Sa valeur normalisée est de 16 cm dans les microscopes utilisés en biologie.

Construction des images successives : cas d'une vision à l'infini

(œil normal qui regarde sans accommoder)



AB , objet réel, donne par L_1 l'image intermédiaire réelle A_1B_1 . Celle-ci se comporte comme un objet réel pour L_2 qui en donne une image virtuelle $A'B'$. Cette image virtuelle se comporte pour l'œil comme un objet réel.

L'œil doit pouvoir regarder l'image finale $A'B'$ sans accommoder (vision moins fatigante pour l'œil).

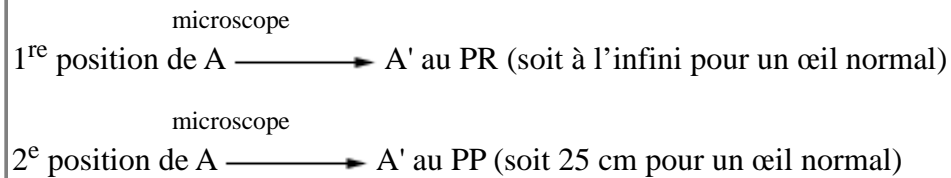
Dans ce cas, $A'B'$ se trouve à l'infini, c'est à dire « très loin » de l'œil, de sorte que les rayons provenant de B' , par exemple, arrivent dans l'œil parallèles entre eux (A' , non figuré, est à l'infini sur l'axe à gauche).

Le microscope optique

Latitude de mise au point :

Si l'objet AB est légèrement rapproché de L_1 , l'image A'B' n'est plus à l'infini : l'œil peut la voir nette en accommodant, à condition que cette image soit à une distance de l'œil (en pratique de L_2) supérieure à la distance minimale de vision distincte $D_{pp} = 25$ cm.

La latitude de mise au point est la longueur séparant les deux positions du point objet A dont les images dans le microscope se forment au punctum remotum (PR : point le plus éloigné que l'œil peut voir nettement sans accommoder) et au punctum proximum (PP : point le plus proche que l'œil peut voir nettement en accommodant) :

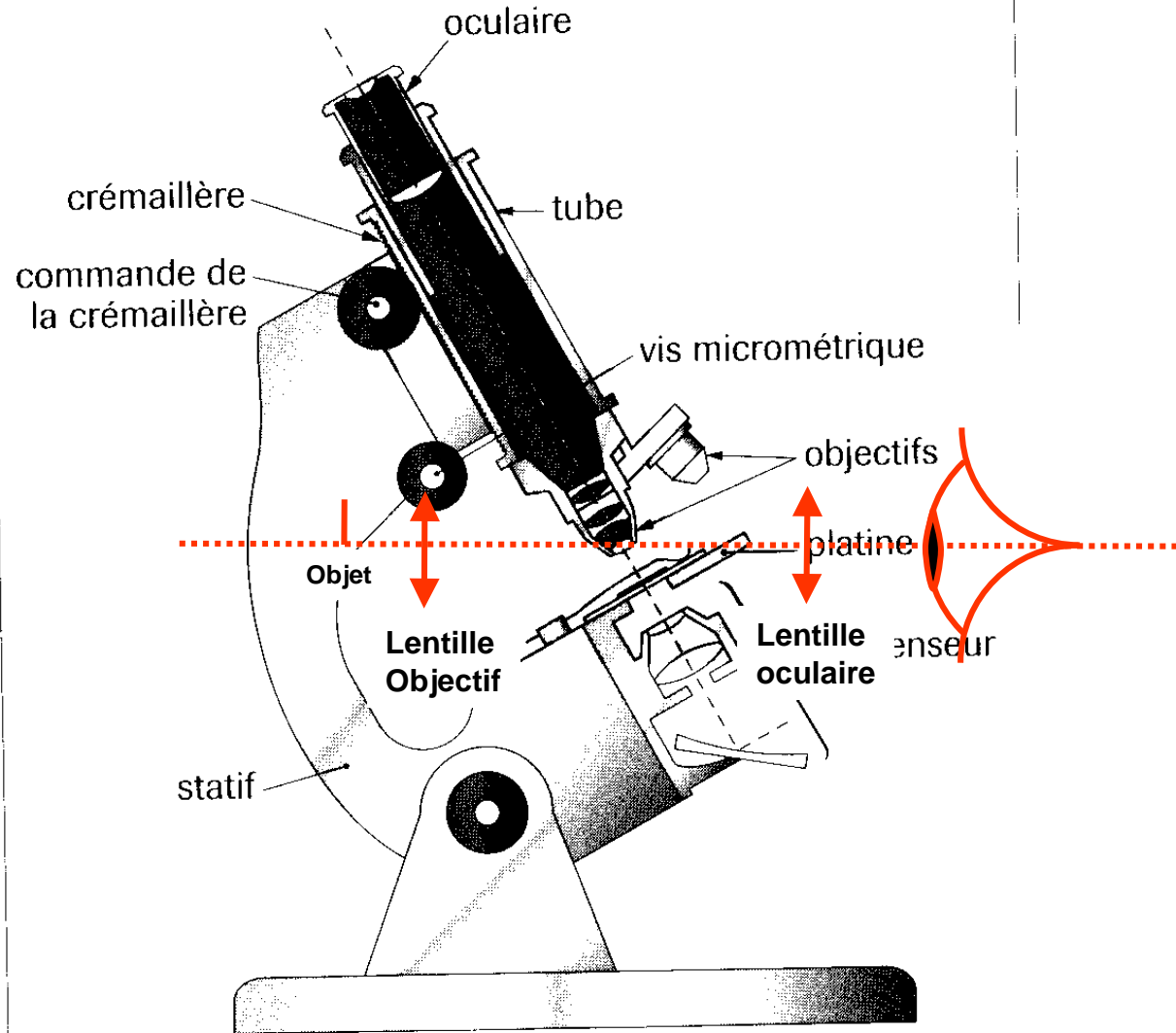


Pour un microscope réel, la latitude de mise au point est de 1 à 2 μm .

Le microscope

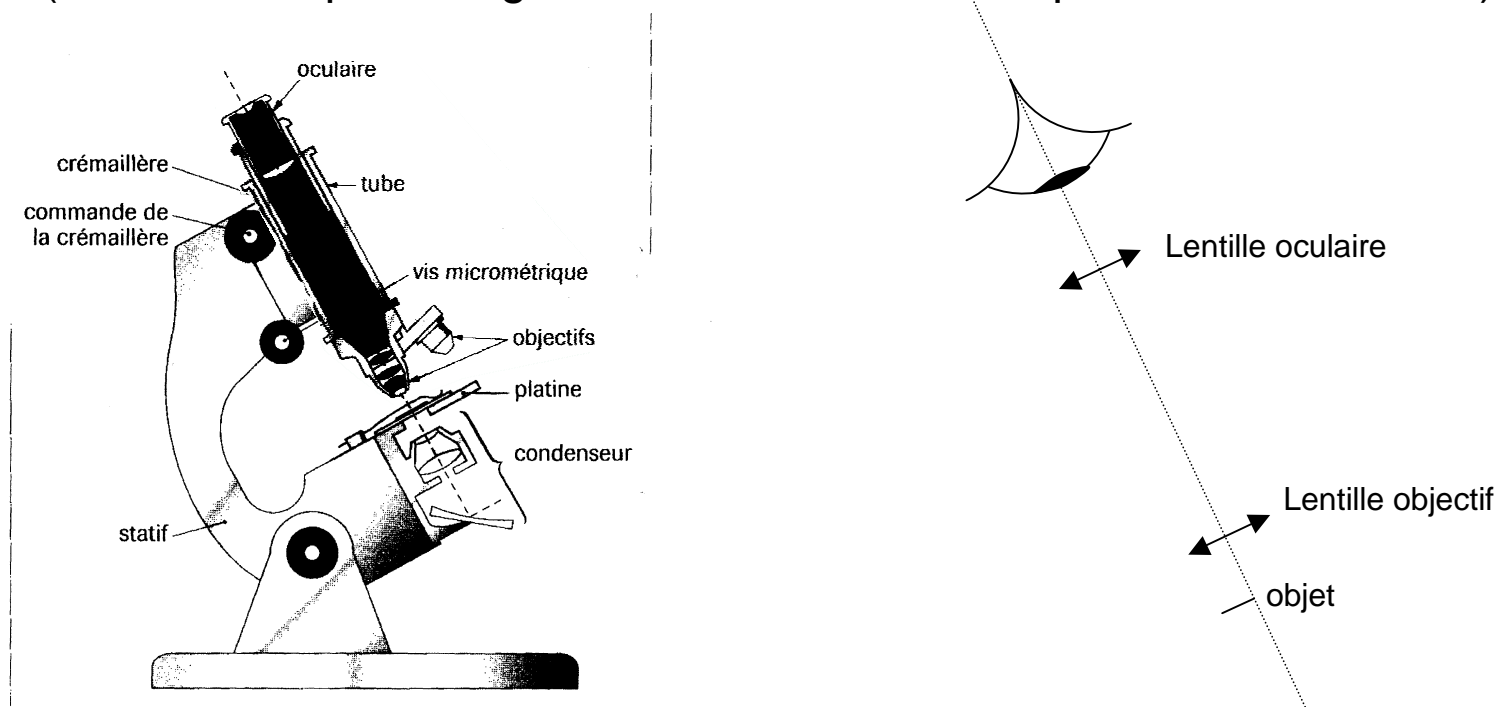
Principe de fonctionnement

Structure et modélisation



Mise au point

La mise au point consiste en un réglage permettant d'observer l'image de l'objet au travers du microscope sans que l'œil ait à accommoder (c'est-à-dire que l'image au travers du microscope se forme à l'infini)



C'est l'ensemble du tube que l'on déplace par rapport à l'objet :
Les lentilles objectifs et oculaires sont fixes l'une par rapport à l'autre
La distance qui les sépare est donc constante

Caractéristiques du microscope

La distance focale de l'objectif f_1 $f_1 = O_1F'_1$

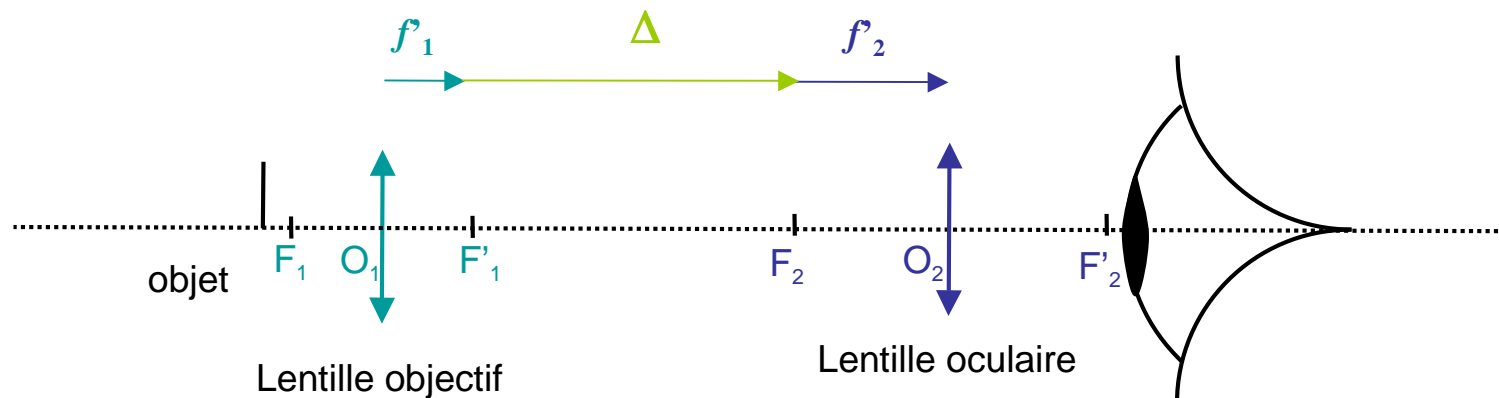
La lentille objectif est de très courte distance focale (f_1 est très petit)

La distance focale de l'oculaire f_2 $f_2 = O_2F'_2$

La lentille oculaire a une distance focale de l'ordre de quelques cm

La distance qui sépare les deux lentilles :

On utilise la distance séparant le foyer image de l'objectif du foyer objet de l'oculaire
cette distance appelée intervalle optique est notée $\Delta = F'_1F_2$



Tracé de rayons avec un microscope réglé pour une observation sans accommoder (image définitive rejetée à l'infini)

L'image définitive est l'image par la lentille oculaire d'une image intermédiaire A_1B_1 (A_1B_1 sert d'objet à la lentille oculaire).

Puisque l'image définitive est rejetée à l'infini, l'image intermédiaire A_1B_1 est située dans le plan focal objet de la lentille oculaire

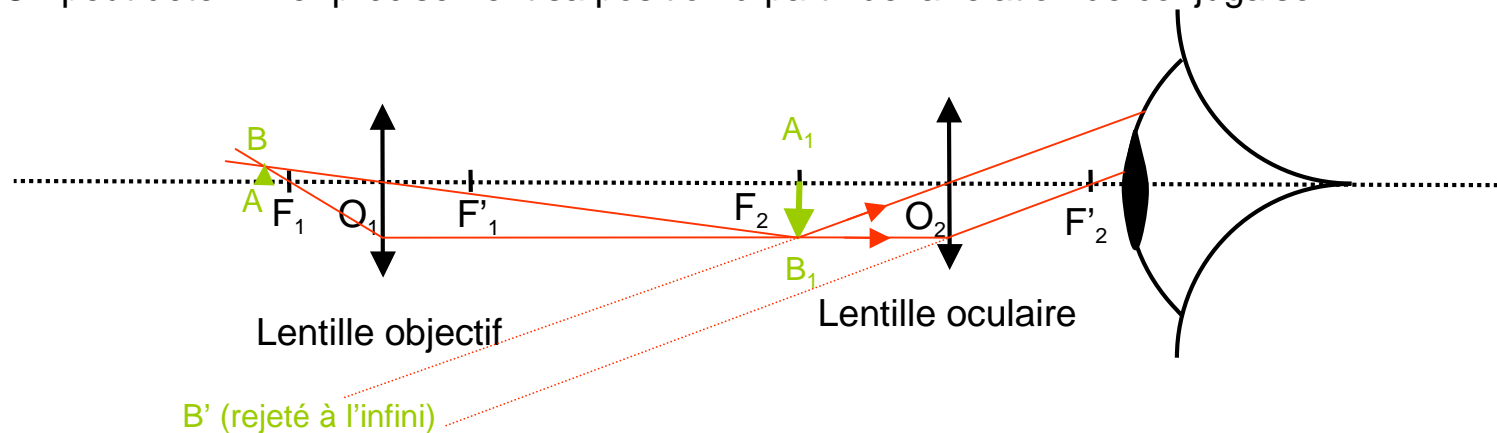
A_1B_1 est l'image par la lentille objectif de l'objet AB

On peut déterminer sa position par construction

L'objet AB est bien sûr très petit (d'où l'utilisation du microscope)

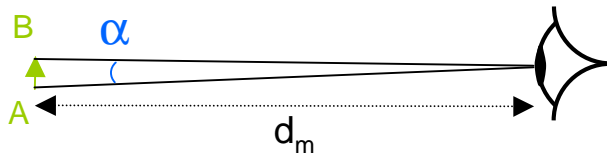
Il est aussi placé très proche du foyer objet de l'objectif

On peut déterminer précisément sa position à partir de la relation de conjugaison



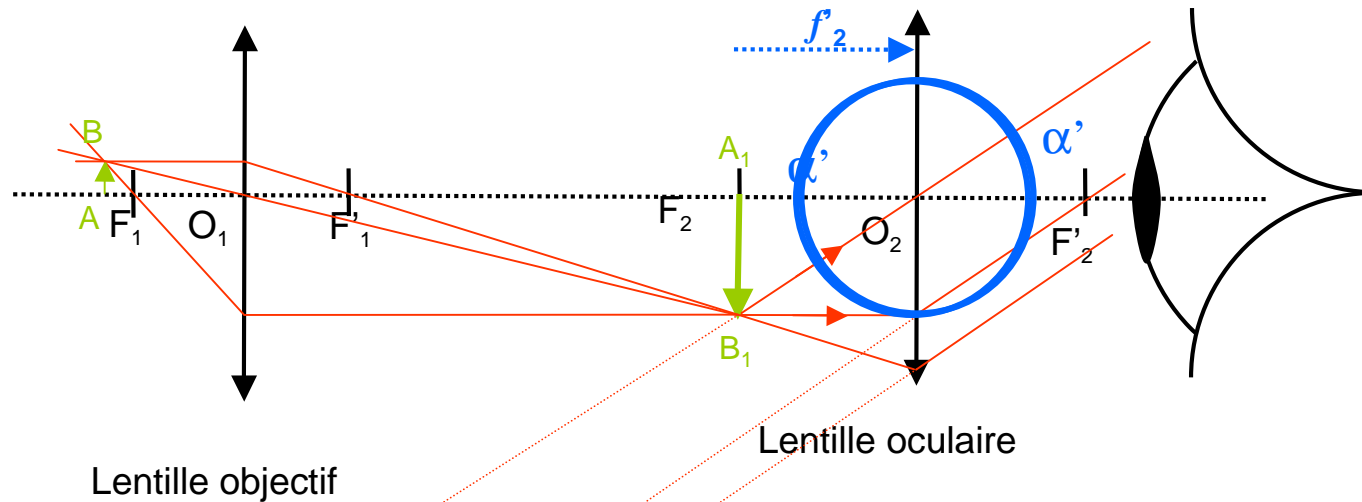
Grossissement d'un microscope

Soit α l'angle sous lequel on voit l'objet AB à l'œil nu
 Lorsque l'objet est placé à la distance minimum de vision distincte d_m



Les angles sont petits et exprimés en radian
 On obtient $\alpha = \tan \alpha = AB / d_m$

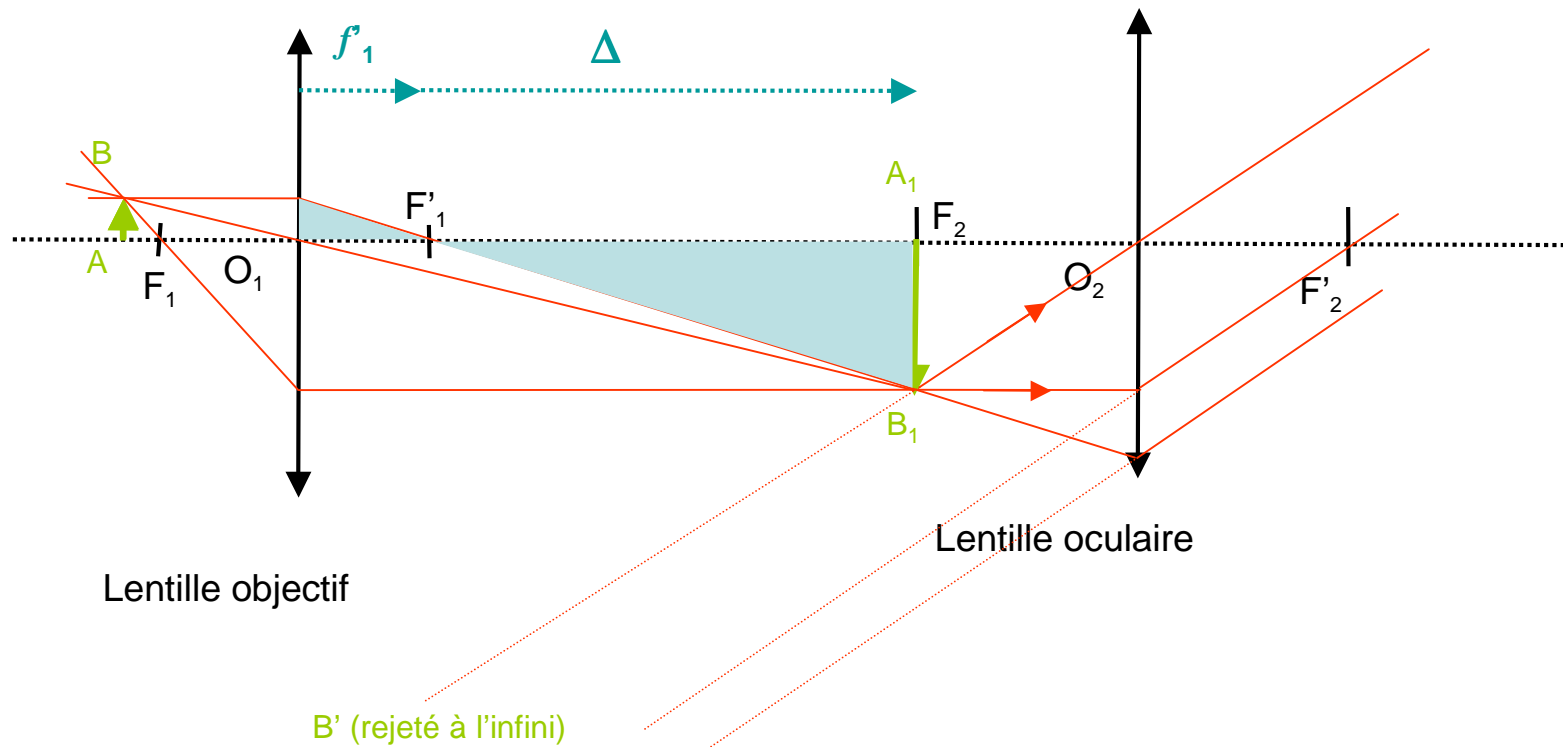
Soit α' l'angle sous lequel on voit $A'B'$ l'image de l'objet AB au travers du microscope



B' (rejeté à l'infini)

Les angles sont petits et exprimés en radian
 On obtient $\alpha' = \tan \alpha' = A_1B_1 / f_2$

- Le grossissement est défini par $G = \alpha' / \alpha$
 Or $\alpha' = A_1B_1 / f_1$ et $\alpha = AB / d_m$
 Donc $G = (A_1B_1 / AB) * (d_m / f_1) = \gamma_1 * d_m / f_1$
 Exprimons le grandissement γ_1 de l'objectif



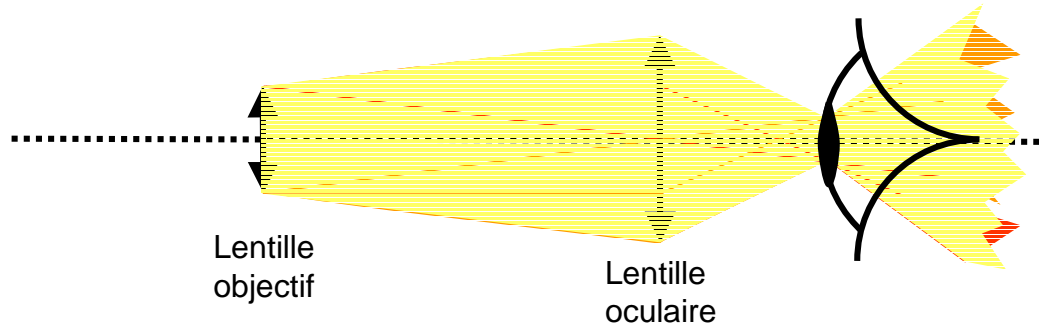
A l'aide du théorème de Thalès on obtient $\gamma_1 = A_1B_1/AB = \Delta/f_1$

Soit finalement $G = (\Delta \cdot d_m) / (f_1 \cdot f_2)$

Où placer son œil pour être dans les meilleures conditions d'observation ?

Cercle oculaire

Il faut placer son œil à l'endroit où le faisceau lumineux est le plus étroit
De façon à ce qu'un maximum de lumière pénètre par la pupille
et qu'ainsi l'image soit la plus lumineuse possible.
Il suffit de raisonner sur les rayons extrêmes.



Il faut placer son œil au niveau du cercle oculaire :

Le cercle oculaire est l'image de la monture de la lentille objectif par la lentille oculaire

On peut déterminer précisément sa position à partir de la relation de conjugaison