

Titre : Le microscope et son emploi

Auteur : Leitz, E.

Mots-clés : Microscopes; Optique*Instruments; Mesure*Instruments; Microscopes*Manuels

Description : 44 p.: ill.; 26 cm

Adresse : [S.l]: [s.n], 1911

Cote de l'exemplaire : CNAM-MUSEE IS0.4-LEI (Centre de documentation du Musée des arts et métiers)

URL permanente : <http://cnum.cnam.fr/redirect?M9907>

ISO.4-Lei...

M 9907



Le Microscope

:: et son emploi ::

Ernest Leitz

:: Wetzlar ::



La maison E. Leitz à Wetzlar fut fondée en 1849 par C. Kellner. Consacrée à ses débuts exclusivement à la construction de microscopes, elle a vu son champ d'activité s'accroître progressivement. En plus des microscopes destinés à toutes les études spéciales dans le domaine de la micrographie, elle construit actuellement des appareils microphotographiques, des microtomes, des appareils de projection, des appareils à dessiner, des objectifs photographiques, des jumelles à prismes, etc.

Les établissements E. Leitz fournissent la plus grande partie de la production allemande de microscopes, ainsi que de celle du monde entier. — Au total, on y a construit depuis 1875, 130 000 microscopes environ et plus de 55 000 objectifs à immersion à huile — Chaque année près de 10 000 microscopes, sortant des ateliers Leitz passent dans les mains des savants de tous les pays.

Outre la maison principale, la maison E. Leitz possède des succursales à **Berlin NW.**, Luisenstrasse 45; à **Francfort s./M.**, Neue Mainzerstrasse 24; à **St. Pétersbourg**, Woskressenski 11; à **Londres**, 9/15 Oxford Street; à **New-York**, 30 East 18th. Street; à **Chicago**, 320/326 Dearborn Street.



Avant-propos.

La petite brochure suivante, qui traite „du Microscope et son emploi“ ne vise en aucune façon de faire une étude complète, ni même approfondie du microscope au point de vue scientifique et technique. Elle ne veut être au contraire qu'une première introduction à des études plus approfondies et un guide pour ceux qui à l'occasion ont à se servir de cet instrument. Mais pour celui dont les recherches consistent principalement en des examens microscopiques, ces pages ne représentent que le strict minimum de ce qu'il doit savoir sur son instrument de travail journalier.

Après avoir examiné rapidement les parties constitutives d'un microscope, tant mécaniques qu'optiques, et décrit avant tout la marche des rayons, nous exposerons aussi clairement que possible les notions d'„ouverture“, „pouvoir résolvant“, „agrandissement“. Nous y ajouterons quelques données sur la construction des condensateurs, des objectifs et des oculaires et nous terminerons en indiquant quels mesurages on peut effectuer avec le microscope.

Nous nous sommes efforcés de rendre cet exposé aussi bref et aussi clair que possible.

Nous confions volontiers, à titre de prêt, les clichés des figures de cette brochure aux personnes désirant les insérer dans des publications scientifiques.

Wetzlar, Mars 1911.

E. Leitz.

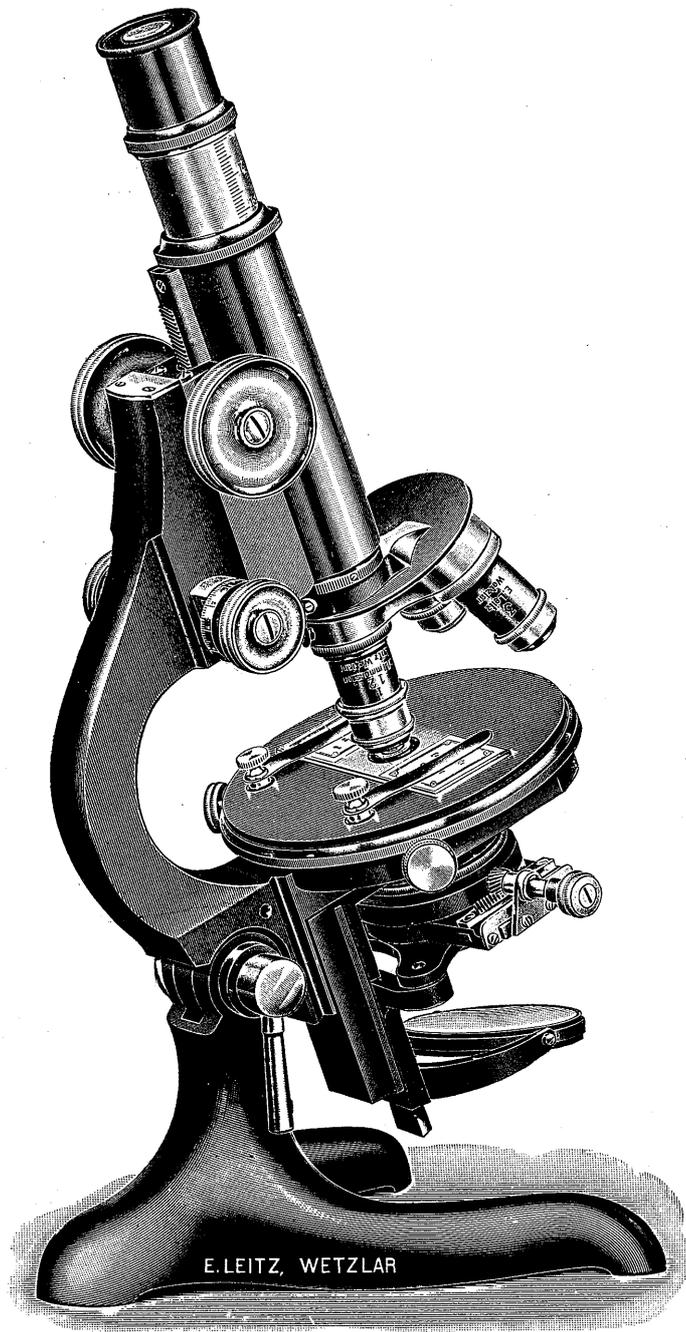


fig 1.

Description sommaire.

Les parties mécaniques d'un microscope sont les suivantes; (fig.1).

1. **Le tube** avec le tube à tirage. Une échelle millimétrique sur le tube à tirage indique la longueur du tube entier, mesurée de la lentille oculaire de l'oculaire jusqu'au pas de vis pour l'objectif. — Le bout supérieur du tube reçoit l'oculaire; à la partie inférieure se trouve le pas de vis pour l'objectif ou le revolver.
2. **La partie supérieure** forme, notamment dans les montures nouvelles, une poignée commode; elle porte les mécanismes de mise au point rapide et exacte; le premier est à pignon et crémaillère, le second, à vis micrométrique.
3. **La platine** est carrée ou ronde; dans ce dernier cas elle est généralement pourvue d'un dispositif pour la tourner et la centrer. La lumière est amenée de l'appareil d'éclairage à l'objet à travers une ouverture aménagée au milieu de la platine.
4. **La colonne** est à charnière pour pouvoir incliner l'instrument.
5. **Le pied** est en forme de fer à cheval ou bien disposé en trépied anglais.

Les **parties optiques** sont les suivantes:

1. **L'appareil d'éclairage.** Il se compose d'un miroir plan et d'un miroir concave, du diaphragme et du condensateur. Le diaphragme est généralement un diaphragme-iris; il est monté, dans les montures avec grand appareil d'éclairage d'Abbe, sur un support spécial s'écartant de l'axe et possédant pignon et crémaillère pour donner au diaphragme une position oblique; au-dessus se trouve le condensateur.
2. **Les objectifs:** On distingue entre objectifs à sec et objectifs à immersion.
3. **Les oculaires:** On utilise les oculaires de Huyghens et les oculaires compensateurs.

Avant de passer à l'étude des différentes parties du microscope au point de vue de leur importance particulière, nous donnerons quelques notions permettant une orientation générale dans le fonctionnement du microscope et en particulier sur la marche des rayons dans cet instrument.

La marche des rayons.

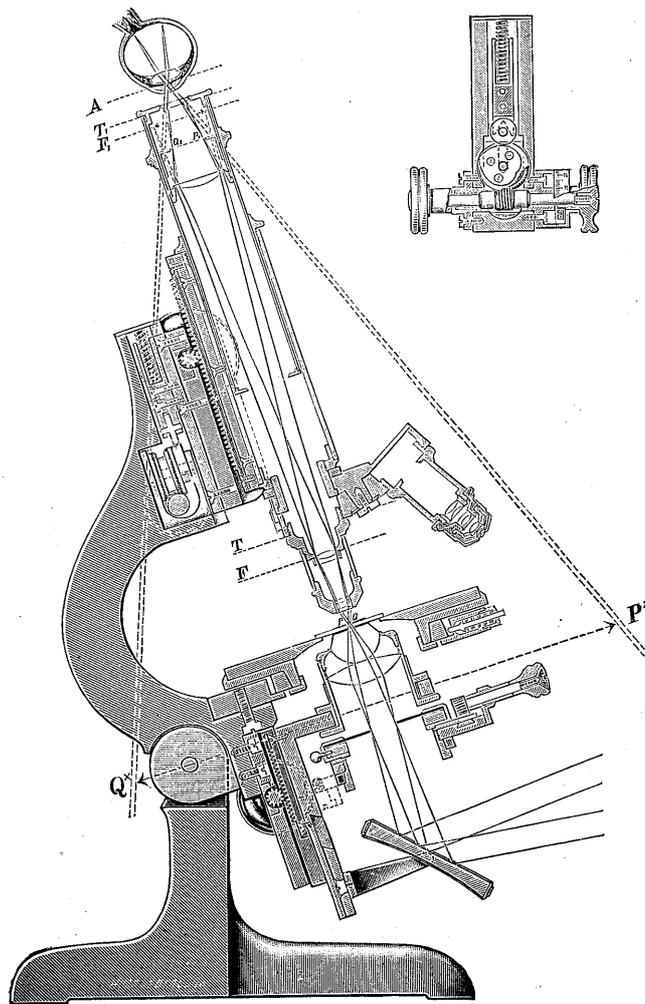


Fig. 2.

Le rayon réfléchi par le miroir du condensateur du microscope traverse successivement les parties suivantes :

1. le condensateur,
2. la lame porte-objet,
3. la lamelle couvre-objet,
4. l'objectif,
5. l'oculaire,
6. les différents milieux interposés entre ces parties.

L'air est le seul milieu interposé entre l'objectif et l'oculaire, ainsi qu'entre le miroir et le condensateur. Mais entre l'objectif et la lamelle couvre-objet, nous avons comme milieu intermédiaire, outre l'air avec les objectifs à sec, l'eau avec les objectifs à immersion à eau et l'huile de cèdre avec les objectifs à immersion homogène à huile.

On retrouve les mêmes milieux dans les condensateurs entre la lentille supérieure et le porte-objet. Entre le porte-objet et la lamelle couvre-objet, on a, outre l'air dans les préparations à sec, les nombreuses substances qui servent, soit à conserver, soit à faciliter l'observation des objets qu'elles renferment; les plus connues sont: l'eau, l'huile de cèdre, la paraffine, le baume de Canada, la térébentine, l'alcool, la glycérine.

La fig. 2*) montre la marche des rayons qui partent du miroir plan et traversent le condensateur à 2 lentilles, l'objectif 3 et l'oculaire de Huyghens II. Pour cela, on a pris les rayons extrêmes des deux faisceaux émis par les points P et Q de l'objet. P et Q se trouvent diamétralement opposés sur la circonférence qui limite le plan de l'objet et sont symétriques par rapport à l'axe optique.

Deux faisceaux divergents partent des points P et Q de l'objet à examiner et pénètrent dans l'objectif du microscope. Par contre, à la sortie de l'objectif, ils convergent vers des points situés dans le plan F_1 . Mais la lentille inférieure de l'oculaire, qu'on appelle lentille collectrice, fait dévier ces faisceaux de telle façon que leurs points de convergence viennent se placer dans le plan du diaphragme de l'oculaire, en sorte qu'il s'y produit une image réelle $Q_1 P_1$ de l'objet P Q. La distance de ce diaphragme et par suite de l'image, à la lentille supérieure de l'oculaire, dite lentille oculaire, est égale à la distance focale de cette dernière; les rayons arrivent ainsi à l'oeil en faisceaux parallèles. D'autre part l'oeil, accommodé ou corrigé pour l'infini, ainsi que nous le supposons dans la figure, pourra percevoir l'image, vu que le cristallin de l'oeil fait converger les faisceaux parallèles ci-dessus en points réels sur la rétine. Ces faisceaux parallèles ont leur intersection dans le plan A et γ forment ce qu'on appelle le cercle de Ramsden ou la "pupille d'émergence"; en reculant quelque peu, on l'observera sous forme d'un cercle clair sur l'oculaire.

Le plan F est le plan focal postérieur de l'objectif et le plan F_1 , le plan focal antérieur de l'oculaire. La distance entre ces deux plans s'appelle la longueur optique du tube Δ .

*) La même fig. reproduite en tableau colorié (110×70 cm environ) et convenant particulièrement aux besoins de l'enseignement, est remis par la maison E. Leitz gratuitement aux intéressés.

Si f_1 est la distance focale de l'objectif et f_2 celle de l'oculaire, la distance focale totale du microscope tout entier sera $f = \frac{f_1 \cdot f_2}{\Delta}$

La distance entre le plan T_1 , bord supérieur du tube et le plan T , où se visse l'objectif, est la longueur mécanique du tube.

Si l'on prolonge dans le sens opposé, en partant de A , les faisceaux parallèles qui pénètrent dans l'oeil et que l'on mène perpendiculairement à l'axe du microscope une droite $Q^* P^*$ à une distance de 250 mm du plan A , nous aurons

$$\frac{Q^* P^*}{P Q} = G = \frac{250}{f}$$

soit le grossissement total du microscope; en effet, cette formule nous indique le rapport entre la grandeur de l'image et celle de l'objet, vu sans microscope, à une distance de l'oeil de 250 mm, c'est-à-dire à la distance visuelle moyenne.

Pour que tous les rayons, que l'objet envoie dans l'objectif, puissent pénétrer dans l'oeil, il faut que la pupille coïncide avec le cercle de Ramsden du microscope, ainsi que nous l'avons admis dans la figure.

Pour expliquer la formule précédente du grossissement, supposons un objet, examiné avec une loupe de distance focale F . Le grossissement sera de $\frac{250}{F}$, ce qui s'explique comme suit:

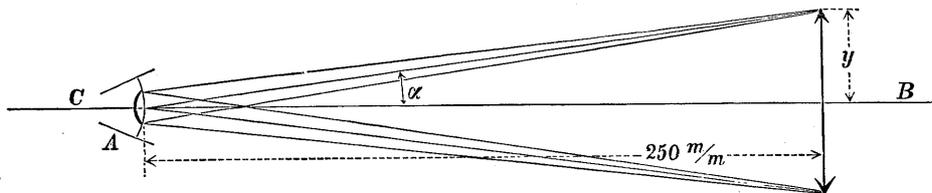


fig. 3.

Si tout d'abord, nous examinons l'objet sans loupe à une distance de 250 mm de l'oeil, la tangente de la moitié de l'angle sous lequel nous voyons l'objet (voir fig. 3), sera:

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{y}{250}$$

Interposons maintenant la loupe et plaçons l'objet dans son plan focal, la lumière émise par chaque point de l'objet sortira de la loupe sous forme de faisceaux parallèles.

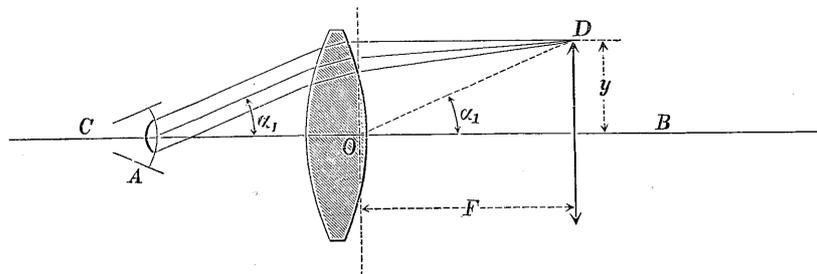


fig. 4.

Examinons le faisceau parallèle produit par le bord de l'objet. Il forme avec l'axe CB de la loupe, le même angle que la droite OD (voir fig. 4). Il résulte donc de la figure que,

$$\operatorname{tg} \alpha_1 = \frac{y}{F}$$

et nous obtenons ainsi pour le grossissement G de la loupe, la formule cherchée:

$$G = \frac{\operatorname{tg} \alpha_1}{\operatorname{tg} \alpha} = \frac{250}{F}.$$

L'ouverture.

Comme on le voit dans la fig. 2, nous avons d'une part le cône lumineux, qui éclaire la préparation et d'autre part un second cône, qui part de celle-ci et pénètre dans l'objectif, nous donnant ainsi l'image de l'objet.

Il faut nettement distinguer entre ces deux cônes lumineux, soit celui qui éclaire l'objet et celui qui donne l'image.

Si nous désignons par u l'angle que forme le rayon extrême d'un de ces cônes avec l'axe du microscope et par n l'indice de réfraction du milieu dans lequel se trouve l'objet, nous aurons

$$a = n \cdot \sin u$$

que l'on appelle l'ouverture numérique. Supposons p. e. que le milieu soit de l'huile de cèdre dont $n = 1,515$; dans ce cas, il est encore possible d'utiliser, pour une ouverture $a = 1,40$, des rayons formant avec l'axe un angle d'inclinaison qui, suivant la formule ci-dessus, se calcule ainsi :

$$\sin u = \frac{1,40}{1,515} = 0,924$$

$$u = 67,6^\circ.$$

Le tableau ci-dessous indique les ouvertures numériques pour différents milieux sous un même angle d'ouverture.

Ouvertures numériques.

	$n = 1,00$ air	$n = 1,33$ eau	$n = 1,52$ huile d'imm.	$n = 1,66$ monobromure de naphthaline
$2u = 10^\circ$	0,09	0,12	0,14	0,15
20°	0,18	0,24	0,26	0,29
30°	0,26	0,35	0,40	0,43
40°	0,34	0,46	0,52	0,57
50°	0,42	0,56	0,64	0,70
60°	0,50	0,66	0,76	0,83
70°	0,57	0,76	0,87	0,95
80°	0,64	0,85	0,98	1,07
90°	0,71	0,94	1,07	1,17
100°	0,77	1,02	1,16	1,27
110°	0,82	1,09	1,24	1,36
120°	0,87	1,15	1,32	1,44
130°	0,91	1,20	1,38	1,50
140°	0,94	1,25	1,43	1,56

Il faut naturellement distinguer, selon qu'il s'agit du cône éclairant ou du cône reproduisant l'image, entre l'ouverture du condensateur et celle de l'objectif. — Nous allons démontrer, à l'aide de la figure 5, l'importance de l'ouverture pour les microscopes.

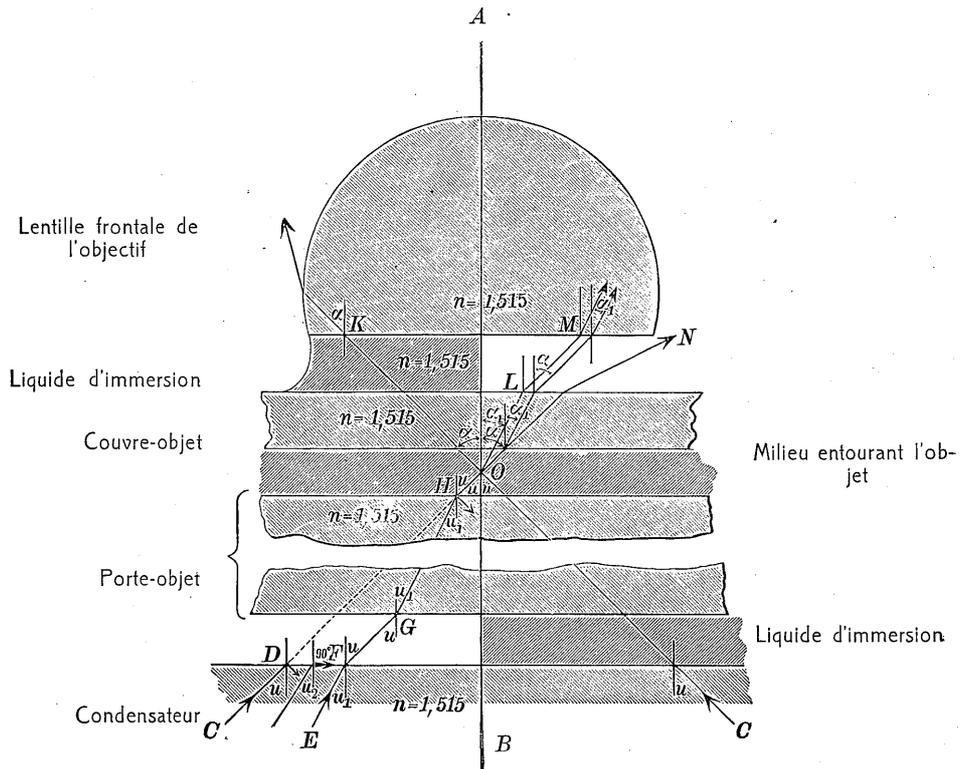


fig. 5.

1. **Ouverture du condensateur.** AB est l'axe optique du microscope, l'objet se trouve en O. Le rayon CO, venant du condensateur, arrive jusqu'à l'objet O sans être réfracté tout en conservant, par rapport à l'axe optique, le même angle d'inclinaison u qu'il avait dans le condensateur. L'ouverture du condensateur est donc

$$a = n \cdot \sin u \quad (1)$$

où n est l'indice de réfraction du milieu entourant l'objet. L'indice du porte-objet comme celui du liquide interposé entre le couvre-objet et la lentille frontale et enfin celui de cette lentille même doivent être à peu près identiques entre eux et de plus égaux à n (ce que nous supposons dans la figure). On appelle cette disposition: **immersion homogène.**

Si, à la place de ces deux liquides, nous avons de l'air (côté gauche de la figure 5), un rayon C_1D , qui est symétrique au rayon précédent CO par rapport à l'axe, ne pourra pas sortir du condensateur;

Il subit en D une réflexion totale. Par contre le rayon moins incliné EFGHO traverse le porte-objet, arrive au point O et forme avec l'axe le même angle u que le rayon CO. Dans ce cas, l'ouverture du condensateur est

$$a_1 = n \cdot \sin u_1 \quad (2)$$

u_1 est l'angle que forme le rayon avec l'axe au point F avant de sortir du condensateur. Or comme l'indice de réfraction du porte-objet est le même que celui de la lentille du condensateur et que de plus toutes les surfaces réfringentes sont parallèles entre elles, il en résulte, d'après la loi de la réfraction, que :

$$\frac{\sin u}{\sin u_1} = n$$

$$\text{donc } a_1 = n \cdot \sin u_1 = \sin u \quad (3)$$

En comparant avec la formule (1) on obtient :

$$\frac{a_1}{a} = \frac{\sin u}{n \cdot \sin u} = \frac{1}{n} \quad (4)$$

S'il y a donc, à la place d'un liquide, de l'air entre l'objet et le porte-objet, ainsi qu'entre le porte-objet et le condensateur, l'ouverture du condensateur devient n fois plus petite.

En outre, l'intensité du cône lumineux, qui sort du condensateur et éclaire l'objet O, est proportionnelle au carré de l'ouverture. Si nous avons donc de l'air à la place de liquide, l'intensité lumineuse diminue dans la proportion :

$$\frac{a_1^2}{a^2} = \frac{1}{n^2} \quad (5)$$

Il en ressort de plus que l'angle formé par le rayon FG avec l'axe est égal à celui du rayon HO ; il est donc égal à u . Mais comme la valeur du $\sin u$ est 1 au maximum, il résulte de (3) que l'ouverture du condensateur ne peut être supérieure à 1. S'il se trouve de l'air entre le condensateur et le porte-objet, on aura en effet dans ce cas $u = 90^\circ$. Avec cet angle, on calcule l'angle d'incidence u_2 , d'après la loi de la réfraction, de la façon suivante :

$$\sin u_2 = \frac{\sin 90^\circ}{n} = \frac{1}{n} \quad (6)$$

Cet angle u_2 s'appelle l'angle extrême de la réflexion totale pour le verre de la lentille condensatrice quand le médium est de l'air. En effet tous les rayons, qui atteignent la surface de la lentille ci-dessus sous un angle plus grand que u_2 , ne contribuent pas à l'éclairage de l'objet, car ils sont renvoyés (comme par ex. en D) dans le condensateur.

Il s'en suit qu'un condensateur ne peut fournir une ouverture supérieure à 1, qu'au cas où il se trouve un médium approprié entre le condensateur et le

porte-objet, comme aussi entre le couvre-objet et le porte-objet. (Condensateur à immersion).

Même dans le cas où il n'y aurait de l'air que dans l'un des intervalles, aucun condensateur ne pourra avoir une ouverture **supérieure** à 1. Car s'il se trouve de l'air entre le condensateur et le porte-objet, le rayon est réfléchi totalement en D et si le milieu entourant l'objet est de l'air, la réflexion aurait lieu en H, si le rayon pouvait y parvenir.

2) **Ouverture de l'objectif.** — L'ouverture de l'objectif dépend des rayons qui, partant de l'objet, peuvent encore pénétrer dans l'objectif et en outre, des indices de réfraction des différents milieux (liquide entourant l'objet, couvre-objet, liquide d'immersion) que ces rayons ont à traverser.

Si le liquide entourant l'objet en O est de l'huile de cèdre, (ce que nous admettons dans la figure), il s'en suit qu'un rayon OK, qui quitte l'objet en formant avec l'axe l'angle α , passera sans être réfracté dans le couvre-objet et si le liquide d'immersion est également de l'huile de cèdre, il pénétrera, toujours sans être réfracté, dans l'objectif. (Les indices de réfraction de l'huile et du couvre-objet étant à peu près les mêmes, soit $n = 1,515$). Dans ce cas, l'ouverture de l'objectif est donc égale à :

$$a = n \cdot \sin \alpha \quad (1)$$

Si le milieu entourant l'objet est de l'air et que l'objectif est un système à sec (côté droit de la figure 5), un rayon, quittant l'objet sous le même angle α , traversera le couvre-objet sous l'angle α et en ressortira également sous l'angle α . L'ouverture correspondante est dans ce cas $a_1 = \sin \alpha_1$, ou, suivant la loi de la réfraction, comme toutes les surfaces réfringentes sont parallèles entre elles :

$$a_1 = \sin \alpha = n \sin \alpha_1 \quad (2)$$

où n est aussi l'indice de réfraction du couvre-objet qui est égal à celui de l'huile de cèdre.

En comparant (1) et (2), il résulte que :

$$\frac{a_1}{a} = \frac{\sin \alpha}{n \cdot \sin \alpha} = \frac{1}{n} \quad (3)$$

Ici également l'ouverture est devenue n fois plus petite, comme pour le condensateur dont nous avons parlé plus haut.

Supposons maintenant que l'objet soit monté dans de l'huile de cèdre; dans ce cas, le rayon quittant l'objet sous l'angle α arrive au couvre-objet sans être réfracté. Mais à la limite, couvre-objet — air, il est réfracté, de sorte qu'il dévie vers N et ne peut pénétrer dans l'objectif. Il est donc nécessaire, pour que de tels rayons arrivent encore dans l'objectif, que l'angle

extrême, sous lequel ils quittent l'objet, soit égal à α (rayon OLM.). Mais alors l'ouverture est $n \cdot \sin \alpha_1$, ce qui est d'après (2) égal à $\sin \alpha$; c'est-à-dire l'ouverture d'un objectif à sec n'est pas modifiée, même si l'on monte l'objet dans un liquide ou médium réfringent.

Comme l'angle α , sous lequel le rayon quitte le couvre-objet, ne peut être supérieur à 90° , l'ouverture d'un objectif à sec ne pourra d'après (2), dépasser 1. (En pratique, on n'obtient des ouvertures que jusqu'à 0,95).

Si nous désignons par n_1 l'indice de réfraction du milieu entourant l'objet, par n_2 celui du couvre-objet, par n_3 celui du liquide d'immersion et par $\alpha_1 \alpha_2 \alpha_3$ (fig 6) les angles correspondants, il résultera, d'après la loi de la réfraction, comme les surfaces réfringentes sont parallèles, que

$$n^1 \cdot \sin \alpha_1 = n_2 \cdot \sin \alpha_2 = n_3 \cdot \sin \alpha_3 \quad (4)$$

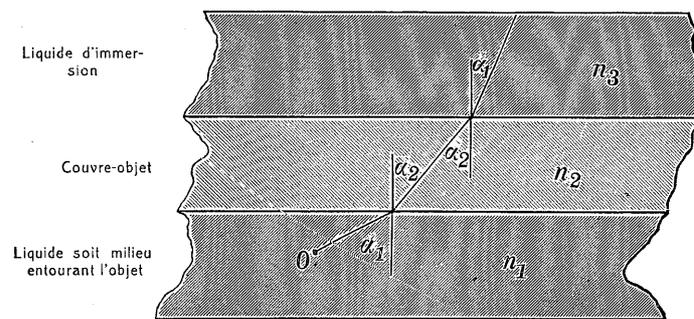


fig. 6.

Cette valeur constante n'est pas autre chose que l'ouverture a .

Si $n_3 = 1$ (donc de l'air comme médium au lieu du liquide d'immersion), l'objectif ne pourra recevoir de l'objet que des rayons pour lesquels la valeur de α_1 est telle, que $n_1 \cdot \sin \alpha_1 \leq 1$. Tous les rayons partant de l'objet sous un angle plus grand sont totalement réfléchis à la surface du couvre-objet. Comme d'après (4), a ne peut être supérieur à 1, qu'au cas où il en est de même pour n_1 , n_2 et n_3 , il s'en suit qu'avec un objectif dont l'ouverture est supérieure à 1, celle-ci ne peut être utilisée entièrement, que si les indices de réfraction du médium entourant l'objet et du liquide d'immersion sont eux-mêmes supérieurs à 1.

L'importance de l'ouverture de l'objectif réside en ce que la quantité de lumière venant de l'objet et pénétrant dans l'objectif et par suite aussi dans l'oeil est proportionnelle au carré de l'ouverture; en outre, le pouvoir résolvant, lui aussi, dépend de l'ouverture. — Nous reviendrons encore plus explicitement sur la notion du pouvoir résolvant (v. p. 18).

Pour finir, nous voudrions ajouter quelques mots concernant la façon de calculer l'ouverture de l'objectif ou du condensateur.

Nous avons défini l'ouverture comme étant le produit de l'indice de réfraction du médium interposé, multiplié par le sinus de l'angle qu'un rayon déterminé forme avec l'axe du microscope. Mais comme il se trouve, entre le condensateur et l'objectif, six surfaces réfringentes et sept milieux différents (v. fig. 5) dont les indices de réfraction peuvent être différents entre eux, il nous faut expliquer de quelle façon on calcule l'ouverture de l'objectif ou du condensateur.

Il ressort dès l'abord de la formule (4), que nous pouvons utiliser un milieu quelconque pour calculer l'ouverture, pourvu que nous considérons le rayon extrême, qui traverse réellement tous les milieux en passant de l'objet à l'objectif ou du condensateur à l'objet. Il suffit donc de multiplier l'indice de réfraction du milieu choisi par le sinus de l'angle que forme, avec l'axe du microscope, le rayon extrême traversant le dit milieu et nous obtiendrons ainsi la valeur de l'ouverture.

La formule $n \cdot \sin \alpha$ nous indique en somme la valeur de l'ouverture numérique de l'objectif; n étant l'indice de réfraction du milieu interposé (air, huile etc.) et α l'angle que forme le rayon extrême pénétrant encore dans l'objectif.

(Pour ce qui concerne la supériorité des objectifs à immersion sur ceux à sec et en particulier des objectifs à immersion à huile sur ceux à eau, voir notre catalogue „Microscopes“ pages 11—13).

Pouvoir résolvant.

Après avoir exposé l'importance générale de l'ouverture, nous allons l'appliquer à l'étude du pouvoir résolvant.

Le pouvoir résolvant joue un rôle particulièrement important dans l'observation d'objets à structure très fine (p. e. les diatomées); nous allons l'expliquer ci-après.

Nous prendrons comme objet à observer un treillis composé de traits parallèles alternativement translucides et opaques (par ex. une lame de verre argenté, où l'on aurait tracé des traits à des intervalles égaux et déterminés.)

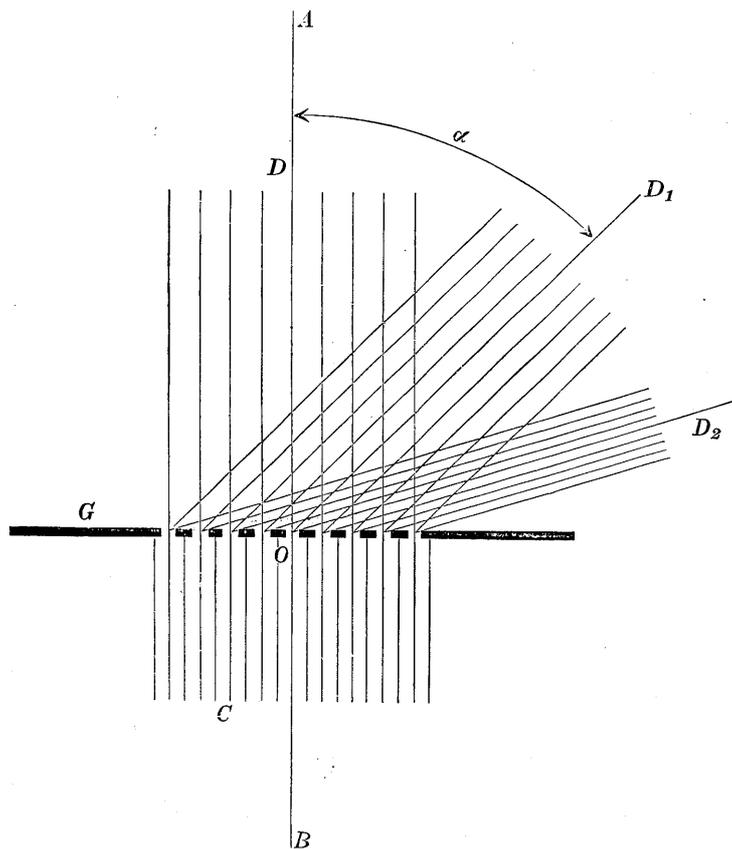


fig. 7.

Soit G (v. fig. 7), la section transversale du treillis par le plan du dessin et AB l'axe du microscope. On se représentera les traits comme perpendiculaires au plan du dessin. On supposera

également que le diaphragme-iris disposé au-dessous du condensateur est recouvert par une plaque de verre dépoli et que le diaphragme-iris lui-même ne présente qu'une très petite ouverture. La plaque de verre dépoli n'est ainsi éclairée que sur un très petit espace et c'est ce dernier que nous considérerons comme source lumineuse.

Comme la plaque de verre dépoli se trouve à peu près dans le plan focal postérieur du condensateur, la lumière qui en provient et particulièrement celle qui part de l'axe même du microscope donne, après avoir traversé le condensateur, un faisceau de rayons CD parallèle à l'axe (v. fig. 7). C'est ce pinceau que nous allons considérer maintenant, en admettant préalablement que la lumière employée est monochromatique.

Ce faisceau CD traverse directement le treillis. Mais, ainsi que nous l'enseigne la théorie, nous obtenons de plus des faisceaux diffractés OD₁, OD₂, etc., (on n'en a dessiné que deux dans la figure) et aussi des faisceaux du même genre du côté opposé à OD (qui ne sont pas représentés dans la figure). Ces faisceaux, produits par diffraction, possèdent une direction et une intensité nettement déterminées, qui dépendent de la nature du treillis, de la longueur d'onde de la lumière incidente et du milieu où se trouve le treillis ou l'objet.

Il est donc clair, que déjà le premier faisceau diffracté peut former avec l'axe un angle α de telle grandeur, qu'il ne peut plus pénétrer dans un objectif déterminé, de sorte que celui-ci ne reçoit que les rayons OD qui ont traversé directement le treillis. Dans ce cas, il est impossible de reconnaître sous le microscope la structure de ce dernier. Nous ne verrons dans l'oculaire qu'une surface uniformément éclairée.

Pour distinguer la structure du treillis, il faudra que non-seulement la lumière directe, mais au moins le premier faisceau diffracté OD₁ pénètre encore dans l'objectif.

La théorie de la diffraction nous permet de déterminer l'angle cherché α_1 . Soit λ la longueur d'onde de la lumière incidente (mesurée dans l'air), n_1 , l'indice de réfraction du milieu entourant l'objet et e la constante du treillis, c'est-à-dire la distance entre les milieux de deux bandes voisines du treillis, soit claires, soit obscures.

On aura alors:

$$n_1 \cdot \sin \alpha_1 = \frac{\lambda}{e} \quad (1)$$

Mais la première partie de l'équation n'est autre chose que la formule bien connue de l'ouverture a . Nous pouvons donc écrire à la place de (1):

$$a = \frac{\lambda}{e} \quad (2)$$

Il s'en suit que, si nous voulons encore distinguer ou résoudre la structure d'un treillis ayant la constante e , en employant une lumière de longueur d'onde λ , l'ouverture de l'objectif devra être au moins égale à $\frac{\lambda}{e}$.

Si l'ouverture de l'objectif est supérieure à celle donnée par (2), il s'en suivra que le second, le troisième, etc. des faisceaux diffractés parviendront encore dans l'objectif. On pourra le constater par le fait que l'image du treillis apparaîtra d'autant plus nette, c'est-à-dire que le contraste d'une bande claire à une bande sombre sera d'autant plus prononcé dans l'image, qu'un plus grand nombre de faisceaux pénétreront dans l'objectif.

Supposons dans l'équation (1) que le treillis soit entouré d'air, c'est-à-dire $n = 1$; alors α_1 est égal à α_2 et nous obtenons:

$$\sin \alpha_2 = \frac{\lambda}{e} \quad (3)$$

Comme les parties de droite de (3) et de (1) sont égales, il en résulte

$$n_1 \cdot \sin \alpha_1 = \sin \alpha_2 \quad \text{c. à. d. } \alpha_1 < \alpha_2 \quad (4)$$

(5)

La figure nous montre que les faisceaux diffractés sont disposés en éventail autour de l'axe AB. En outre, nous voyons d'après la formule 5, que plus l'indice de réfraction du milieu entourant le treillis est élevé, plus l'éventail formé par les faisceaux diffractés tendra à se fermer.

On peut ainsi faire pénétrer dans l'objectif un plus grand nombre de faisceaux diffractés et augmenter de cette manière le pouvoir résolvant. On voit donc quelle est l'importance du milieu entourant l'objet pour la résolution de structures très fines.

Supposons maintenant que la constante e devienne égale à e_1 et tellement petite que l'ouverture a , indiquée par (1), devienne plus grande que l'ouverture du plus fort objectif. Nous savons par les explications ci-dessus que, dans ce cas, le seul faisceau direct OD, fig. 5, pénétrera dans l'objectif et que nous ne pourrions pas voir le treillis.

Pour nous tirer d'embarras, nous prendrons sur la plaque de verre dépoli, comme source d'éclairage, un point en dehors de l'axe. Cela s'obtient très facilement en déplaçant latéralement la petite ouverture de l'iris, en dessous du condensateur, au moyen de l'engrenage disposé dans ce but. Nous effectuerons ce déplacement dans une direction perpendiculaire aux traits du treillis.

Si cette condition est remplie et que la plaque dépolie se trouve à peu près, ainsi qu'il a été dit plus haut, dans le plan focal du condensateur, le faisceau OD, partant du condensateur, traversera le treillis en

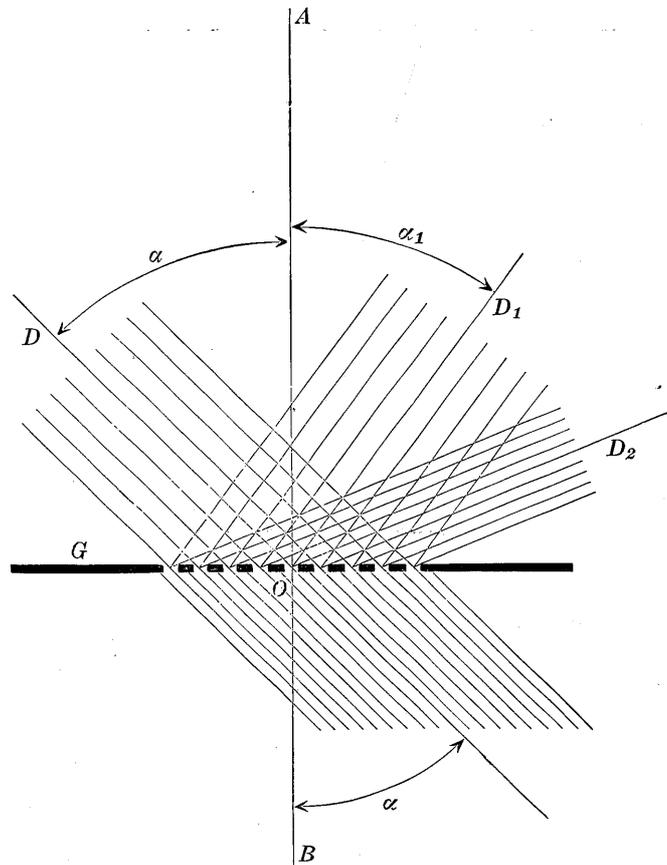


fig. 8.

formant avec l'axe du microscope un angle α (fig. 8); en outre, il produira des faisceaux diffractés, dont le premier formera avec l'axe l'angle α_1 et l'on aura:

$$n_1 \cdot \sin \alpha + n_1 \cdot \sin \alpha_1 = \frac{\lambda}{e_1} \quad (6)$$

où n_1 se rapporte toujours au milieu entourant l'objet.

En comparant les fig. 7 (éclairage central) et 8 (éclairage oblique), nous voyons que, dans ce dernier cas, il nous sera bien plus facile de faire pénétrer dans l'objectif, le premier faisceau diffracté outre le faisceau direct et de reconnaître ainsi la structure du treillis.

La somme $\alpha + \alpha_1$ est minima, si $\alpha = \alpha_1$. Il résulte alors de (6), que,

$$n_1 \cdot \sin \alpha_1 = \frac{\lambda}{2e_1} \quad (7)$$

En admettant que l'angle α_1 de (7) soit égal à celui de (1) et qu'il corresponde à l'ouverture maxima de l'objectif, nous aurons en comparant (7) et (1)

$$e_1 = \frac{e}{2} \quad (8)$$

Ainsi la lumière oblique nous permet de résoudre un treillis de constante deux fois plus petite, soit de structure deux fois plus fine qu'avec la lumière axiale.

Supposons que pour l'examen d'un pareil treillis très fin, nous laissons l'iris au-dessous du condensateur grand ouvert. Qu'arrivera-t-il? Nous aurons de la lumière oblique et de la lumière axiale. D'après ce qui précède, cette dernière ne pourra pas contribuer à la résolution du treillis. Aussi en ouvrant l'iris tout grand, l'image sera inondée de lumière surtout axiale et celle-ci masquera la structure, qui sans cela serait rendue visible par la lumière oblique. C'est pourquoi, lorsqu'on étudie un treillis de cette finesse, il n'est pas avantageux d'ouvrir entièrement l'iris: on utilisera de préférence un diaphragme avec deux petites ouvertures rondes disposées excentriquement, dont le diamètre commun sera perpendiculaire aux traits formant le treillis.

Jusqu'à présent nous avons pris comme objet un treillis formé par des traits parallèles de structure très fine et avons augmenté le pouvoir résolvant du microscope en déplaçant l'ouverture de l'iris au-dessous du condensateur perpendiculairement à la direction des traits. Mais supposons que notre objet présente une structure formée de carrés très fins, soit de deux treillis superposés et rectangulaires. Si nous déplaçons l'ouverture de l'iris perpendiculairement à l'un des treillis, celui-ci seul apparaîtra plus ou moins net, tandis que l'autre sera éclairé uniformément sans donner de contrastes. Si nous déplaçons l'ouverture de l'iris perpendiculairement au second réseau, c'est le contraire qui se produira. Aussi pour reconnaître la fine structure rectangulaire de notre objet, nous devons avoir sous le condensateur un diaphragme à quatre ouvertures excentriques placées de telle façon que les diamètres communs à deux ouvertures opposées soient respectivement perpendiculaires aux treillis superposés.

Il est d'ailleurs facile d'appliquer ce qui précède à des objets encore plus compliqués. On arrive à un nombre toujours croissant d'ouvertures et en fin de compte au condensateur à fond noir, où nous avons l'éclairage oblique dans toutes les directions. Toutefois nous devons renoncer à donner ici plus de détails sur ce genre d'éclairage.

Ce qui précède suffit en somme pour donner une idée de l'effet optique du microscope; nous ne voulons y ajouter qu'une remarque générale.

Un objet quelconque, examiné sous le microscope, laissera passer la lumière directe, mais en la diffractant. L'objectif ne recevra en général qu'une partie de cette lumière directe et diffractée, mais qui sera d'autant plus considérable que l'ouverture de l'objectif sera plus grande. Représentons-nous deux objets, qui, à l'intérieur d'un angle déterminé, donnent les mêmes faisceaux diffractés, soit les mêmes spectres de diffraction. Nous admettrons en outre que seul le premier objet donnera encore de la lumière diffractée à l'extérieur de cet angle, tandis que le second n'en donnera plus. Examinons maintenant ces deux objets avec un objectif, dont l'ouverture correspond exactement à l'angle ci-dessus; nous ne remarquerons aucune différence entre les deux objets. Mais si nous employons un objectif de plus grande ouverture, le premier objet apparaîtra passablement différent de ce qu'il était auparavant; la résolution en sera plus complète. Pour le second objet ce ne sera point le cas, car l'objectif plus faible utilisait déjà tous les rayons diffractés qu'il émettait.

Nous voyons donc que deux objets très différents, examinés avec un objectif déterminé, peuvent apparaître identiques. Ce sera toujours le cas, quand la lumière émise par ces objets est réduite par l'ouverture de l'objectif employé, de telle sorte, que seulement les parties identiques de leurs spectres de diffraction γ pénètrent, tandis que les parties non concordantes du même spectre sont exclues.

L'analyse mathématique en se basant sur la théorie des ondu-
lations*), détermine les conditions de ressemblance et de dissemblance entre l'image et l'objet et les énonce comme suit:

- a. L'image est toujours exactement semblable à l'objet, comme si elle en était une projection géométrique point par point, lorsque tout le faisceau diffracté (que produit l'objet par les rayons qui le traversent) pénètre dans l'objectif du microscope et que, par suite, aucune partie d'intensité sensible de ce faisceau ne se perd.
- b. Lorsque, par contre, une partie plus ou moins grande de la lumière diffractée ne pénètre pas dans l'objectif, l'image diffère alors d'autant plus d'une projection géométrique, que la partie „perdue“ du faisceau diffracté est plus considérable. C'est-à-dire que plus il y a de rayons diffractés exclus et plus l'intensité de ces rayons exclus est grande, plus l'image différera d'une projection géométrique de l'objet.

*) (Voir aussi, Dippel, Handbuch der allgemeinen Microscopie t. 1 p. 139. Braunschweig, Vieweg & Sohn.)

Grossissements respectifs des objectifs et des oculaires et grossissement total du microscope.

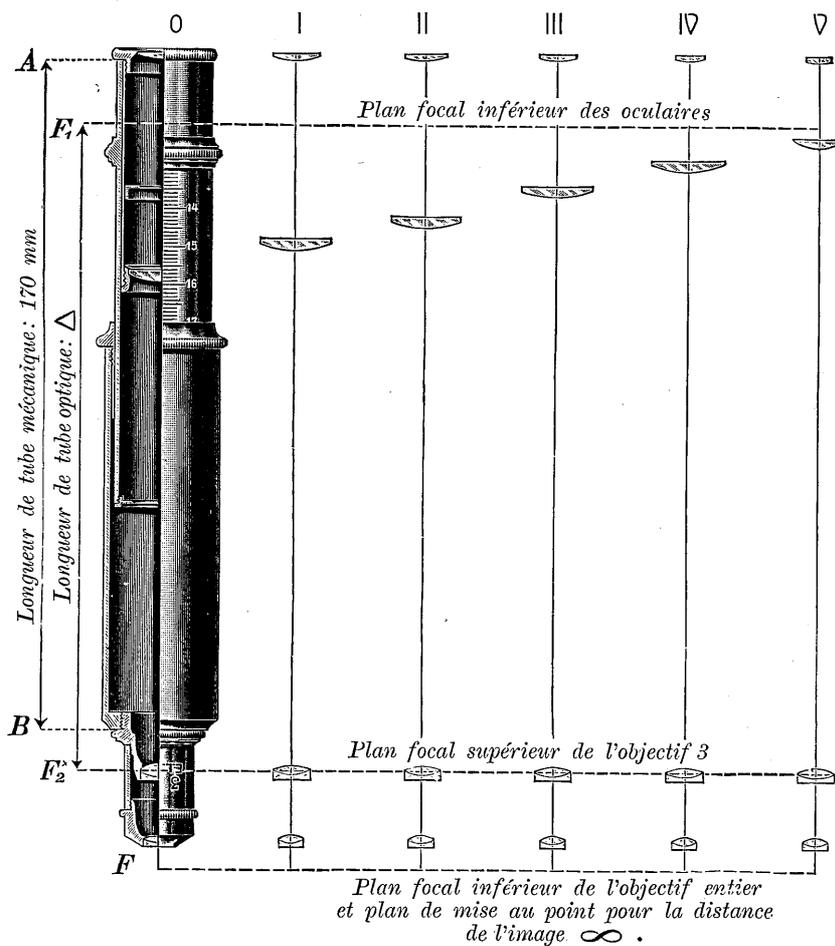


fig. 9.

En commençant, nous nous permettons de rappeler les principes suivants de l'optique.

1. Tout système optique ayant un objet situé dans son plan focal en donne une image projetée à l'infini; c'est-à-dire que les rayons des différents faisceaux, qui doivent former l'image, sont parallèles entre eux en sortant du système optique.

2. Le grossissement linéaire d'une image formée par un système optique est égal à la distance de cette image du foyer le plus court du système, divisé par la distance focale.

On peut donc considérer l'image que donne le microscope comme le résultat d'une double projection, dont l'une est produite par l'objectif et l'autre par l'oculaire. Comme il a été dit à la page 9, l'image que l'oeil perçoit est projetée à l'infini. Les rayons des différents faisceaux sont donc parallèles entre eux, lorsqu'ils quittent l'oculaire. Ils semblent ainsi provenir d'un objet situé au foyer ou dans le plan focal F_1 de l'oculaire. Cet objet apparent n'est autre chose que l'image de l'objet réel que l'objectif γ projette.

Si nous désignons, comme plus haut, par Δ (voir page 9) la distance $F_1 F_2^*$ (fig. 9) de cette image au foyer postérieur de l'objectif, l'on a, d'après ce qui a été dit précédemment, comme valeur du grossissement propre de l'objectif :

$$G_{\text{obj.}} = \frac{\Delta}{F_{\text{obj.}}}$$

où $F_{\text{obj.}}$ représente la distance focale de l'objectif.

Si l'on a des objectifs de différentes distances focales et de constructions diverses, la longueur optique du tube devra nécessairement beaucoup varier par suite de la position variable du point F_2^* , soit du foyer postérieur de l'objectif. Dans les objectifs faibles, F_2^* est rapproché de l'oculaire, de sorte que la longueur optique Δ du tube est assez petite. Avec des objectifs forts, au contraire, le foyer F_2^* se trouve généralement près de la lentille postérieure de l'objectif et même parfois à l'intérieur du système optique. Il s'en suit, qu'avec des objectifs de même longueur focale, mais de constructions diverses, la position des foyers à l'égard du plan focal F_1 de l'oculaire peut beaucoup différer, de sorte que les grossissements propres qui en résultent pour chaque objectif doivent aussi varier dans une large mesure pour une même longueur mécanique de tube AB.

Le tableau suivant contient les distances focales $F_{\text{obj.}}$ obtenues par le calcul pour quelques objectifs de Leitz, les longueurs optiques du tube, Δ , et les grossissements propres des mêmes objectifs, trouvés à l'aide de la formule :

$$G_{\text{obj.}} = \frac{\Delta}{F_{\text{obj.}}}$$

Objectif Leitz	Dist. foc. $F_{obj.}$	Longueur optique du tube Δ	Grossissement respectif $\frac{\Delta}{F_{obj.}}$	Type de l'objectif
1	40 mm	126 mm	3,2	2 doubles lentilles positives
1a	24 "	75 "	3,1	Double lentille antérieure négative; double lentille postérieure positive
2	24 "	141 "	5,9	2 doubles lentilles positives
3	16,2 "	167 "	10,3	Idem
6	3,95 "	182 "	46,0	Lentille frontale semi-sphérique et 2 lentilles doubles positives
$\frac{1}{12}$	1,85 "	187 "	101,0	Immersion à huile. Lentille frontale semi-sphér. avec ménisque et 2 lentilles doubles positives.

Distances entre les deux doubles lentilles: 14—30mm

Toutes les lentilles sont étroitement rapprochées les unes des autres.

On voit d'après ce tableau que la longueur optique du tube pour les objectifs ci-dessus varie entre 75 et 187 mm.

Il est à remarquer que l'objectif 1a, par suite de sa construction particulière, présente le même grossissement propre que l'objectif 1, bien que sa distance focale soit beaucoup plus petite; par contre l'objectif 2, dont la distance focale est égale à celle de l'objectif 1a, présente un grossissement propre presque double.

Le grossissement propre des oculaires s'obtient de la même manière que celui du microscope tout entier (p. 10). L'image formée par l'objectif joue ici le rôle de l'objet. Comme elle se trouve dans le plan focal de l'oculaire, il en sort des faisceaux parallèles que le cristallin de l'oeil fait converger sur la rétine en points réels de l'image.

Pour le grossissement propre de l'oculaire, nous obtenons donc:

$$G_{oc.} = \frac{250}{F_{oc.}}$$

Le grossissement total G du microscope est le produit des deux grossissements respectifs; soit:

$$G = G_{obj.} \times G_{oc.} = \frac{\Delta}{F_{obj.}} \times \frac{250}{F_{oc.}}$$

ce qui concorde avec la formule indiquée à la page 10. Nous avons trouvé pour la distance focale totale du microscope:

$$f = \frac{F_{obj.} \times F_{oc.}}{\Delta} \quad \text{donc: } G = \frac{250}{f}$$

Le tableau suivant donne le grossissement total pour quelques combinaisons d'objectifs et d'oculaires de Leitz.

Oculaires		Objectifs 1a	3	6	$1/12$
No.	$G_{oc.}$	$G_{obj.} = 3,1$	10,3	46,0	101,1
0	4	12,5	41	184	403
I	5	15,6	51	230	503
II	6	18,8	62	277	605
III	8	25,0	82	368	805
IV	10	31,3	103	461	1009
V	12	37,6	123	553	1210

Ces valeurs, qui ont été calculées avec soin, concordent naturellement avec celles que l'on obtient en mesurant directement, c'est-à-dire en divisant la grandeur de l'image d'une échelle millimétrique vue sous le microscope à la distance de 250 mm, par sa grandeur effective (voir p. 11.) En même temps, on aura soin que le tube soit tiré à une longueur de 170 mm; elle se mesure du pas de vis de l'objectif, jusqu'au bout supérieur du tube. Les objectifs de Leitz sont corrigés pour cette longueur de tube avec laquelle ils donnent par conséquent les meilleures images.

Eclairage.

L'ancien dispositif d'éclairage se compose uniquement d'un miroir plan et d'un miroir concave. Il est encore employé avec les petites montures et il suffit même pour les plus grandes, tant qu'on se sert d'objectifs faibles. Pour de faibles grossissements, jusqu'à 100 fois environ, on emploie le miroir plan et pour les grossissements plus forts, le miroir concave.

Le miroir plan donne des rayons parallèles, le miroir concave des rayons convergents, dont l'ouverture correspond à un angle d'environ 40° , soit à une ouverture numérique de 0,65.

Pour les forts grossissements, on emploie en outre les condensateurs suivants :

Le condensateur à 2 lentilles (v. fig. 10).

Le condensateur à 3 lentilles (v. fig. 11).

Le condensateur aplanétique (v. fig. 12),

qui reçoivent la lumière du miroir plan, ou bien, si la source lumineuse est très rapprochée, du miroir concave.

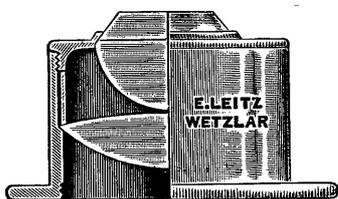


fig. 10.

Condensateur à 2 lentilles,
ouverture numér. 1,20

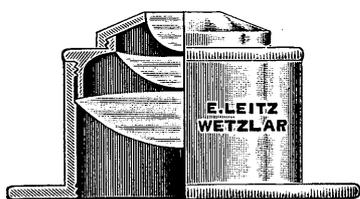


fig. 11.

Condensateur à 3 lentilles,
ouverture numér. 1,40

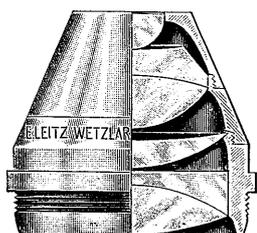


fig. 12.

Condensateur aplanétique,
ouverture numér. 1,40.

Le condensateur à 2 lentilles suffit dans la plupart des cas. Il possède une ouverture numérique de 1,20 et permet d'obtenir un cône de lumière de 104° , quand on l'emploie comme condensateur à immersion.

Avec le condensateur à 3 lentilles à ouverture numérique de 1,40, l'angle d'ouverture atteint 134° , si on l'emploie comme condensateur à immersion. On le choisira quand on veut obtenir des cônes de lumière très ouverts ou bien très obliques.

La même observation s'applique au condensateur aplanétique dont l'ouverture numérique est également 1,40. En outre grâce à sa correction, il offre encore l'avantage d'un éclairage égal et achromatique, convenant tout particulièrement à la microphotographie.

Pour limiter le champ visuel, et pour intercepter la lumière latérale gênante, quand on travaille sans condensateur, on se sert d'un disque-diaphragme tournant, de diaphragmes-cylindres avec différentes ouvertures échangeables ou d'un diaphragme-

iris dans la platine. Les diaphragmes à grande ouverture sont pour les faibles grossissements, tandis que ceux à petite ouverture sont pour les grossissements forts. Avec les microscopes munis d'appareils d'éclairage,

on n'ouvre le diaphragme-iris qu'à moitié environ, si l'on emploie des objectifs à sec; par contre on l'ouvrira entièrement ou du moins davantage avec les objectifs à immersion et pour l'examen de préparations à fine granulation.

Outre l'éclairage direct ordinaire, on peut aussi employer avec ces instruments l'éclairage oblique. Pour l'obtenir avec les microscopes, munis de diaphragmes-cylindres, on enlève le diaphragme (avec les microscopes à disque tournant, on interpose la plus grande ouverture), puis on écarte le miroir et le place de côté dans une situation plus ou moins excentrique à l'axe du microscope, en ayant soin que la lumière qu'il réfléchit éclaire quand même la préparation. Avec les microscopes munis de grands appareils d'éclairage, on obtient l'éclairage oblique en plaçant le diaphragme plus ou moins excentriquement à l'axe optique au moyen du pignon et de la crémaillère, disposés sur le côté; en même temps, on aura soin de fermer quelque peu l'iris. En faisant ensuite tourner le porte-diaphragme, le diaphragme lui-même étant toujours excentré, on peut éclairer l'objet obliquement de tous les côtés.

Le mécanisme vertical à pignon et crémaillère permet de monter ou de descendre plus ou moins l'appareil d'éclairage tout entier, jusqu'à ce que le cône lumineux soit dirigé le plus avantageusement possible sur le champ visuel.

Si l'on désire travailler sans le condensateur, il faut tout d'abord sortir de côté le porte-diaphragme avec le diaphragme-iris hors de l'axe optique, puis on sort également le condensateur de la douille au-dessous de la platine, pour y glisser le diaphragme-cylindre. Si la monture est munie du diaphragme-iris à coupole et du condensateur à charnière, il faudra tout d'abord sortir aussi, comme ci-dessus, le porte-diaphragme avec le diaphragme-iris de l'axe optique, puis, en appuyant sur un bouton, on déclanche le condensateur et l'écarte latéralement de l'axe optique. Avant de remettre le condensateur en place, on aura soin d'ouvrir entièrement le diaphragme-iris à coupole au moyen du levier qui se trouve de côté sous la platine. Le diaphragme-iris inférieur, qui peut être réglé par un bouton disposé de côté, sert pour le condensateur.

La lumière diffuse d'un ciel uniformément couvert mais clair est plus avantageuse pour les observations micrographiques, que celle d'un ciel bleu sans nuages; il faudra éviter en général la lumière solaire directe.

Les porte-diaphragmes des appareils d'éclairage a et b sont munis d'un rebord au-dessous du diaphragme-iris; on peut y placer, quand on emploie la lumière artificielle, des tablettes de verre dépoli ou coloré, qui sont jointes à chaque appareil. Dans l'appareil d'éclairage moyen c, ces tablettes se placent sur une bague disposée au-dessous du diaphragme-iris et s'écartant de côté. Quand on observe à la lumière d'une lampe, on utilisera avec avantage une tablette de verre bleu, qui donne une lumière particulièrement agréable pour les recherches micrographiques; on peut aussi employer une tablette en verre dépoli donnant de la lumière diffuse.

Objectifs.

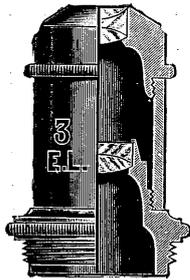


fig. 13

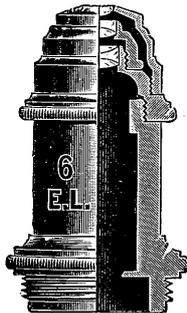


fig. 14

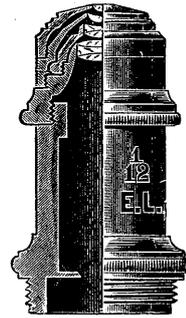


fig. 15

Les trois figures ci-dessus représentent les trois types principaux d'objectifs de microscopes.

La figure 13 montre l'objectif no. 3, type des objectifs à sec faibles ou moyens; ceux-ci se composent de 2 lentilles doubles ou triples, collées ensemble, par lesquelles on obtient la correction de l'objectif.

La fig. 14 représente le type des objectifs à sec puissants. Ils sont caractérisés par une lentille frontale semi-sphérique derrière laquelle sont disposées deux lentilles doubles, collées ensemble, remplacées parfois par des lentilles triples. — La lentille semi-sphérique est le facteur principal du grossissement, tandis que les deux lentilles doubles ou triples postérieures servent à la correction sphérique et chromatique.

L'immersion à huile $\frac{1}{12}$ fait l'objet de la figure 15; à la lentille frontale semi-sphérique, s'ajoute ici en outre un ménisque. Les deux lentilles doubles ou triples postérieures servent à la correction.

En utilisant les objectifs plus puissants, à partir du no. 5, on observera qu'ils sont corrigés pour des lamelles de 0,16—0,18 mm d'épaisseur avec une longueur de tube de 170 mm. Il faut se conformer rigoureusement à cette longueur de tube TT_1 (v. fig. p. 8) surtout avec les objectifs puissants. Si le microscope est muni d'un revolver, on tirera le tube à tirage gradué jusqu'à la division 152; sans revolver, il faudra le tirer jusqu'à 170. Un objectif à immersion à huile, si parfait qu'il soit, ne donnera que des résultats médiocres, si la longueur de tube diffère de 10 mm ou davantage de celle indiquée ci-dessus.

De même les lamelles dont l'épaisseur diffère de la normale font diminuer de beaucoup l'effet optique de l'objectif. Pour remédier à cet inconvénient, certains objectifs à sec puissants sont pourvus d'une „bague de correction“, celle-ci permet de modifier les distances entre les différentes lentilles de l'objectif, selon l'épaisseur de la lamelle. Cette bague porte une division, que l'on peut mettre au point suivant l'épaisseur de la lamelle.

Il existe 3 séries d'objectifs différents: la série apochromatique, la série des objectifs à spath-fluor et la série achromatique. Elles se distinguent par leur achromatisme plus ou moins complet.

1. Les objectifs apochromatiques. Ces objectifs présentent un achromatisme très complet, que l'on obtient en γ introduisant du spath-fluor.

Ce minéral possède trois qualités si avantageuses pour la construction des objectifs de microscopes que son emploi dès l'année 1886 a fait époque dans ce domaine.

Les qualités particulières du spath-fluor sont:

1. Sa grande clarté et transparence.
2. Son indice de réfraction peu élevé.
3. Sa dispersion particulièrement avantageuse.

Son indice de réfraction est de 1,4339 et la valeur réciproque de sa dispersion relative, $\nu = 97$, tandis que pour les verres d'optique, le maximum de cette valeur ne dépasse pas $\nu = 66.5$. Par suite de sa réfraction faible, il remplace l'ancien crown. Allié avec un verre beaucoup moins réfringent que l'ancien flint, on obtient une combinaison, qui convient mieux à la correction de l'aberration sphérique que l'ancienne combinaison de crown et de flint.

La dispersion avantageuse dans le spectre du spath-fluor permet de remplacer, dans les différentes combinaisons, le flint par des verres dont la dispersion est à peu près proportionnelle à celle du spath-fluor. On obtient ainsi une coïncidence des rayons d'au moins trois couleurs spectrales, tandis que cela n'était possible jusqu'à présent que pour deux.

Grâce à cette coïncidence de rayons si favorable, le reste chromatique, „dit spectre secondaire“, qui n'était pas encore corrigé dans les objectifs anciens, a pu être complètement éliminé.

Le prix élevé de ces objectifs se justifie par les difficultés que présente leur construction compliquée, ainsi que par la rareté du spath-fluor utilisable en optique.

L'achromatisme très complet des objectifs apochromatiques, résultant de l'élimination du spectre secondaire, donne à certaines préparations un éclat, que l'on ne pourrait obtenir avec les objectifs achromatiques.

Les objectifs apochromatiques font tout particulièrement ressortir la beauté de la structure de fines écailles de papillons et de diatomées. Le plus parfait des objectifs de microscope est celui de 2 mm apochromatique avec ouverture numérique 1,40.

Bien que ces objectifs présentent une coïncidence idéale des rayons de différentes couleurs, les écarts entre les distances focales des mêmes couleurs spectrales existent toujours. Il en résulte que les images microscopiques correspondant à ces couleurs et à ces différentes distances focales ne coïncident pas exactement et les bords du champ visuel apparaissent plus ou moins colorés. Pour compenser ces restes d'aberration chromatique, on se sert des „**oculaires compensateurs**“, auxquels on a laissé à dessein un reste d'aberration chromatique, opposé à celui des objectifs apochromatiques; ils se compensent ainsi réciproquement. Nous construisons les oculaires compensateurs avec des grossissements encore plus forts que les oculaires de Huyghens, lesquels d'ailleurs peuvent aussi s'employer avec les objectifs apochromatiques. La correction achromatique du bord de l'image, que l'on atteint avec les oculaires compensateurs, n'aura toute sa valeur pratique, que quand l'on pourra obtenir avec tous les objectifs des images absolument planes également nettes au milieu comme dans les bords (voir p. 33).

2. Les objectifs à spath-fluor. Nous avons été guidés dans la construction de ces objectifs par les considérations suivantes; conserver autant que possible pour ces objectifs les mêmes types simples, qui ont fait leurs preuves pour les objectifs achromatiques; utiliser largement les nombreuses sortes de verre, si avantageuses pour la correction du spectre secondaire, que fournit la verrerie Schott & Cie à Jena; enfin réduire dans la mesure du possible l'emploi du spath-fluor.

Mais pour obtenir une supériorité réelle de ces objectifs sur les objectifs achromatiques au moyen d'une correction achromatique plus complète, on ne pouvait (le nom d'ailleurs l'indique) supprimer complètement le spath-fluor. Les objectifs à sec 6a, 7a, 8, 9, et les immersions à huile $\frac{1}{12a}$ et $\frac{1}{16}$ appartiennent à cette série. Quant à leurs qualités optiques, les objectifs à spath-fluor, surtout les immersions à huile $\frac{1}{12a}$ et $\frac{1}{16}$, se rapprochent beaucoup des objectifs

apochromatiques correspondants. Ce n'est qu'avec des tests très délicats, qu'un micrographe très exercé pourra constater une différence entre les objectifs indiqués ci-dessus et l'objectif apochromatique 2 mm au point de vue de l'achromatisme. La supériorité des objectifs apochromatiques et à spath-fluor sur les objectifs achromatiques se manifeste surtout dans les observations sur fond noir, où l'aberration chromatique de ces derniers devient beaucoup plus visible. Nous recommandons tout particulièrement l'emploi des objectifs apochromatiques puissants ou de ceux à spath-fluor pour ce genre d'observations.

3. Les objectifs achromatiques. Ces objectifs ont conservé toute leur valeur pour les recherches générales tant scientifiques que pratiques et cela ne changera probablement pas dans l'avenir. En effet, il faut tenir compte d'un côté de tous les perfectionnements qui ont été apportés dans ces dernières années à la construction de ces objectifs au point de vue de la correction sphérique et achromatique et de l'aplanissement de l'image, grâce aux progrès de la verrerie optique. D'autre part, il faut considérer la difficulté, l'impossibilité même, de trouver suffisamment de spath-fluor utilisable en optique, si l'on ne voulait construire que des objectifs apochromatiques ou à spath-fluor. Le fait que l'on peut obtenir actuellement des images beaucoup plus planes qu'autrefois rend tout particulièrement de grands services en microphotographie.

Oculaires.

1. Les oculaires de Huyghens s'emploient avec tous les objectifs, mais conviennent particulièrement aux objectifs achromatiques et à spath-fluor.

Ces 6 oculaires 0, I, II, III, IV, V, présentent une graduation rationnelle dans les grossissements. Leurs grossissements respectifs sont de 4, 5, 6, 8, 10, 12. Il s'en suit, que les grossissements obtenus avec les oculaires 0, I, II et III, IV, V sont dans la proportion de 4 : 5 : 6, en outre, que ceux des oculaires plus forts, III, IV, V, sont le double de ceux des faibles 0, I, II et enfin que l'oculaire le plus puissant V a un grossissement triple de celui de l'oculaire le plus faible 0.

Ils sont calculés de façon à ce que le foyer inférieur F_1 de la fig. 9 (v. p. 24) se trouve à la même hauteur pour tous les oculaires. Ainsi la mise au point effectuée pour l'un des oculaires, combiné avec un objectif, reste la même pour les autres oculaires. En changeant les oculaires, on n'a donc pas à procéder à une nouvelle mise au point exacte.

Nous tenons à signaler ici un fait, qui a sans doute été observé par tous les micrographes, mais qui n'a pas toujours été interprété en connaissance de cause.

Comme on le sait, les images que donnent les objectifs d'une certaine puissance sont moins nettes dans les bords que vers le milieu et plus ou moins déformées; nous ajouterons en outre que rien n'est plus difficile à éliminer que ce genre d'aberration.

Cette déformation s'explique par le fait qu'un faisceau de rayons partant d'un point de l'image en dehors de l'axe optique n'est plus symétrique à celle-ci.

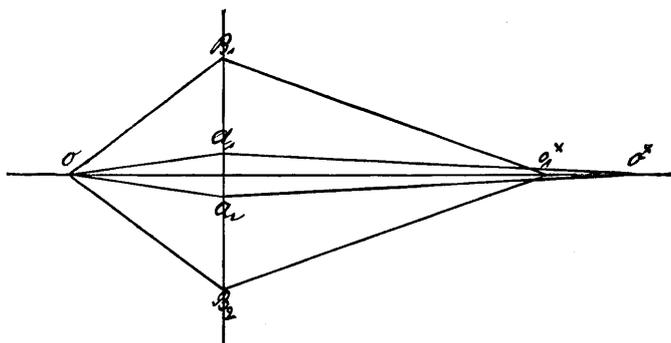


fig. 16.

Considérons tout d'abord la marche d'un faisceau de rayons partant de points de l'objet situés dans l'axe optique ou près de celui-ci, par ex. en O (voir fig. 16).

Nous voyons que chaque rayon, après avoir passé par l'objectif, tombe au même point de l'axe optique ou à peu près que celui qui lui est symétrique et opposé.

Dans la fig. 16 où l'objectif est représenté par la ligne B₁B₂, on voit que O A₁ et O A₂, ainsi que tous les rayons de la même zone, qui forment avec l'axe optique le même angle d'ouverture O* O A₁, sont symétriques; il en est de même des rayons O B₁ et O B₂ d'une zone plus excentrique. Ces rayons symétriques arrivent dans l'objectif sous un même angle d'ouverture pour une même zone, passent par les différentes surfaces de l'objectif sous les mêmes angles de réfraction et tombent sur l'axe optique sous les mêmes angles A₁ O* O et A₂ O* O au même point O*. C'est ce qu'on appelle des faisceaux symétriques.

L'opticien n'a plus alors qu'à éliminer l'aberration de sphéricité, c'est-à-dire à compenser les différences de foyer entre les rayons passant dans l'axe optique ou du moins près de celle-ci, par ex. O O* et ceux dont la marche est plus excentrique, par ex. O O₁*. Cela s'obtient par nombre de procédés connus et éprouvés et qui pour cela ne présentent pas de grandes difficultés.

Examinons maintenant, par contre, la marche des rayons dans un faisceau oblique (voir fig. 17.) Dans ce cas, les rayons P A, P B, P C partant d'un point situé passablement en dehors de l'axe optique, forment

des angles incidents, dissidents et de réfraction absolument différents de ceux que nous avons considérés plus haut; il en est de même pour tous les rayons de ce faisceau, qui doivent tous aussi être corrigés séparément; il en résulte que la correction sphérique de ces rayons est beaucoup plus difficile, que pour ceux que nous avons examinés précédemment.

Comme on le sait, l'angle d'ouverture du cône lumineux, qui est de 10° pour l'objectif le plus faible, augmente pour les objectifs puissants jusqu'à 170° et davantage. Quoiqu'il en soit, on est parvenu à réunir en un même point de l'image pour tous les objectifs, tous les rayons d'un faisceau partant d'un même point de l'objet, même si ce point est situé en dehors de l'axe optique. Par contre et malgré tous les efforts qui ont été faits, il n'a pas encore été possible pour les objectifs puissants de réunir aussi ces différents points dans un même plan de l'image. Par ex. le point P devrait tomber en P* tandis qu'il tombe en P₁* (voir fig. 17).

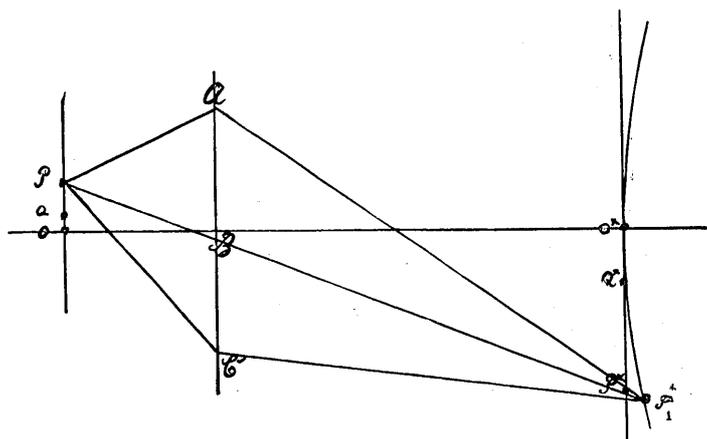


fig. 17.

Nous voyons, d'après la même figure, que plus les différents points de l'objet sont éloignés de l'axe optique, plus leurs points correspondants dans l'image s'éloignent également du plan de l'image. Il en résulte aussi que les distances entre ces différents points et l'axe optique dans l'image ne sont plus homologues à celles qui leur correspondent dans l'objet; l'image apparaît donc recourbée vers les bords (voir fig. 17), tandis que la proportion entre les différents points de l'objet et de l'image devrait être,

$$OQ : OP = O^*Q^* : O^*P^*.$$

Il est du reste facile de constater qu'une image, qui a été mise au point pour des parties de l'objet situées vers l'axe, ne sera pas nette dans les bords. On pourra, par contre, en modifiant la mise au point, obtenir la même image nette dans les bords, mais non pas dans le milieu.

Il n'existe pas d'objectifs puissants exempts de ce défaut, qui n'a pu être corrigé jusqu'à présent; en outre, les efforts que l'on a fait d'autre part, non sans succès, dans ces dernières années, pour obtenir des objectifs de grande ouverture numérique ont compliqué de beaucoup la solution de ce problème; en effet une ouverture numérique plus grande augmente la courbure de l'image.

Pour les observations subjectives, cette courbure n'est pas trop gênante; par contre elle est très sensible, quand il s'agit de reproductions microphotographiques, aussi la construction d'objectifs exempts de cette aberration est l'une des tâches et non des moindres que l'optique moderne ait encore à résoudre.

2. **Oculaires compensateurs.** Ces oculaires ont déjà été décrits à la page 32.

Mise au point des objets.

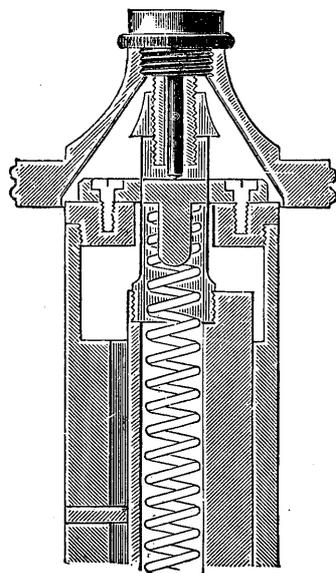


fig. 18.

Dans les instruments grands et moyens, la mise au point rapide se fait par pignon et crémaillère; ce n'est que dans les petits modèles qu'elle se fait par glissement du tube dans une douille faisant ressort; en même temps, pour monter ou descendre le tube, on le fait tourner lentement dans sa douille.

Le mécanisme de la mise au point exacte est construit suivant deux modèles différents. L'un est muni d'une vis micrométrique, disposée au-dessus de la colonne, l'autre, dans les nouvelles montures A, B, C, D, E, F, G et H, se compose aussi d'une vis micrométrique, mais sans fin, commandée par deux boutons, disposés latéralement. Dans le premier type (fig. 18), le mouvement micrométrique s'effectue sur une colonne prismatique, qui tout en ayant

un frottement très doux, empêche tout vacillement. A l'intérieur du prisme, se trouve un ressort, qui soulève la partie supérieure du microscope, autant que le permet une entaille aménagée vers le haut du prisme. La pression du haut en bas est transmise par la vis micrométrique, qui n'agit cependant pas directement,

mais par l'intermédiaire d'une pointe d'acier qui se meut librement dans la tige creuse portant le pas de vis. Cette pointe d'acier participe donc au mouvement vertical, mais non pas au mouvement circulaire de la vis micrométrique, ce qui rend son mouvement beaucoup plus doux. Le jeu de la vis micrométrique est d'environ 5 mm; la tête de la vis porte 50 divisions et une division correspond à $\frac{1}{100}$ de mm. Pour graisser la vis micrométrique, on la dévisse entièrement et après avoir nettoyé le pas de vis à la benzine, on l'enduit de nouveau, si possible, avec de l'huile de pied de boeuf ou du moins avec une huile exempte d'acide.

Dans l'autre type de construction (fig. 19) pour la mise au point exacte, qui est plus récent, les boutons de réglage sont placés au-dessous des gros boutons pour la mise au point rapide. Ils font mouvoir un axe qui traverse la partie supérieure du microscope; cet axe porte en son milieu un pas de vis, qui s'engrène dans une roue dentée. La pression constante, qui au moyen d'un ressort agit sur l'un des coussinets de l'axe, empêche qu'il n'y ait de temps perdu au contact de la roue et de l'axe. Une pièce en forme de coeur est fixée sur l'axe de la roue; cette pièce agit sur le galet disposé au-dessus. Le galet

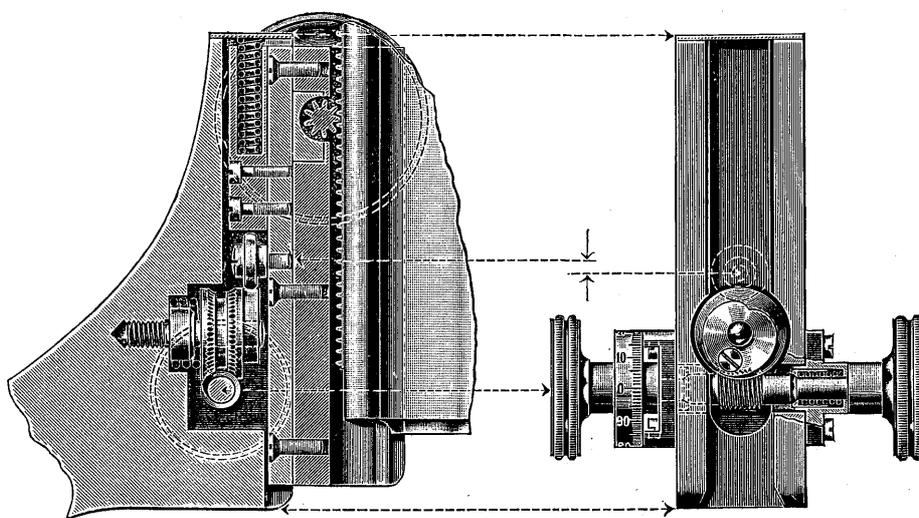


fig. 19.

appuie contre la pièce en forme de coeur par le poids même du tube; en outre, sa position est assurée par un faible ressort à boudin qui se trouve au-dessus. La périphérie de la pièce en forme de coeur est formée par deux spirales, dont les différents points, quel que soit le sens dans lequel on fait tourner la vis, s'éloignent ou se rapprochent de quantités égales du centre de rotation. Ce mouvement est transmis au tube par

le galet. Le déplacement vertical de la spirale est de 3 mm. La roue a 60 dents; une demi-rotation, soit de 30 dents, déplace le tube de 3 mm; par conséquent une rotation d'une dent le déplacera de $\frac{3}{30}$ soit 0,1 mm. Pour faire avancer la roue dentée d'une dent, une révolution complète de l'axe est nécessaire. Le tambour de l'axe porte 100 divisions; la rotation du tambour pour une division déplace donc le tube de 0.001 mm = 1 μ .

En dehors de sa délicatesse, ce mouvement micrométrique présente encore l'avantage pratique très appréciable que le tube monte et descend alternativement sans arrêt.

Lorsque le tube, pendant les observations, ou par suite du fonctionnement prolongé de la vis micrométrique, est arrivé au point le plus bas ou le plus haut de sa course, et que l'on continue à tourner, il se produit dans les deux cas une inversion automatique dans le mouvement du tube. Si cette inversion devait se produire au moment d'obtenir la mise au point exacte, il faudra naturellement corriger à l'aide du mouvement rapide. On montera donc le tube et tournera la vis micrométrique un certain nombre de fois dans un sens ou dans l'autre de façon à ce que la pièce en forme de coeur arrive de nouveau dans la position inclinée. Puis on procède à la mise au point habituelle en abaissant d'abord le tube avec le pignon et la crémaillère, jusqu'à ce que l'objet devienne visible pour passer ensuite à la mise au point exacte. En mettant ainsi l'objectif au foyer, il est indifférent de savoir s'il s'est trouvé auparavant au-dessus ou au-dessous de la mise au point exacte. C'est après un demi-tour au plus du bouton, qu'on reconnaît si l'image est devenue plus nette ou non. Comme le changement de marche se produit seulement après 30 tours entiers, le cas dont nous venons de parler se présentera rarement.

Avec cette vis micrométrique, il est pour ainsi dire impossible de briser la préparation, car en cas de contact avec l'objectif, le tube s'arrête et repose sur la lamelle; celle-ci supporte sans dommage la légère pression exercée sur le tube du fait de son propre poids et par le ressort à boudin, disposé au-dessus du galet.

Sur le côté du tube et sur la colonne se trouve une division permettant de lire le point le plus haut ou le plus bas du mouvement micrométrique.

Le tableau ci-après indique aux micrographes débutants, quelles doivent être les distances entre la préparation et les différents objectifs pour obtenir l'image microscopique; il est recommandable de se familiariser quelque peu avec ces indications.

En ce qui concerne les faibles objectifs, un débutant même pourra obtenir à l'aide de ce tableau, une mise au point exacte sans trop de difficultés. En travaillant avec des objectifs très puissants, on les abaissera jusqu'à ce que la lentille frontale touche presque le couvre-objet; on s'en convaincra le mieux en inclinant la tête jusqu'à la hauteur de la platine, on peut ainsi facilement contrôler la distance entre

	Obj.	Dist. focale	Ouvert. numér.	Distance de l'objet	Champ visuel objectif avec l'oculaire 0	
Objectifs achromatiques	1*	42 mm	0,08	40 mm	8,5 mm	Objectifs à sec
	1	40 „	0,11	34,5 „	7 „	
	1a	33 – 24 „	0,05—0,07	14,0—2,0 „	6,5—10 „	
	2	24 „	0,21	16,0 „	4 „	
	3	16,2 „	0,30	5,5 „	2,1 „	
	3a	13,0 „	0,40	3,2 „	1,6 „	
	4	10,0 „	0,47	2,0 „	1,1 „	
	5	5,4 „	0,77	0,76 „	0,70 „	
	6	4,0 „	0,82	0,42 „	0,48 „	
	7	3,2 „	0,85	0,29 „	0,35 „	
	10	2,1 „	1,20	0,11 „	0,23 „	Immersion à eau
	$\frac{1}{10}$	2,8 „	1,30	0,28 „	0,34 „	Immersion à huile
$\frac{1}{12}$	1,8 „	1,30	0,17 „	0,24 „		
Objectifs à spath-fluor	6a	4,0 „	0,82	0,38 „	0,48 „	Objectifs à sec
	7a	3,2 „	0,85	0,27 „	0,35 „	
	8	2,6 „	0,87	0,22 „	0,30 „	
	9	2,2 „	0,87	0,16 „	0,24 „	
	$\frac{1}{12^a}$	1,8 „	1,32	0,12 „	0,24 „	Immersion à huile
	$\frac{1}{16}$	1,6 „	1,32	0,09 „	0,20 „	
Objectifs apochromatiques	16	16,0 „	0,30	4,3 „	0,94*) „	Objectifs à sec
	8	8,0 „	0,65	0,96 „	0,46*) „	
	4	4,0 „	0,95	0,21 „	0,23*) „	
	3	3,0 „	0,95	0,15 „	0,16*) „	
	2	2,0 „	1,32	0,13 „	0,12*) „	Immersion à huile
	2	2,0 „	1,40	0,07 „	0,12*) „	

En employant l'oculaire III, les diamètres du champ visuel objectif sont seulement 0,785 des valeurs obtenues avec l'oculaire 0.

*) Mesuré avec l'oculaire compensateur 8.

l'objectif et la préparation. Il faut procéder dans ces opérations avec précaution, afin de ne pas endommager l'objectif ou briser la lamelle par suite d'un rapprochement trop brusque. Après avoir obtenu la position désirée, on remonte le tube lentement, jusqu'à ce que l'image apparaisse.

Dans les microscopes munis de révolvers, les objectifs sont ajustés de telle façon que, en les changeant, l'image est immédiatement au point pour obtenir une mise au point rigoureusement exacte, on n'a qu'à corriger légèrement au moyen de la vis micrométrique, pourvu que la longueur de tube soit de 170 mm.

Mesures sous le Microscope.

Pour faire des mesures dans le plan de l'objet, on se sert d'un micromètre-objectif ou d'un micromètre-oculaire. Ce sont des divisions très fines gravées sur des plaques ou des tablettes de verre. Le micromètre-objectif se place sur la platine comme une préparation; le micromètre-oculaire, par contre, dans le plan du diaphragme de l'oculaire. En les comparant à l'aide d'un grossissement déterminé (objectif et oculaire) et en conservant toujours la même longueur de tube, on pourra établir à quelle longueur correspond, dans le plan de l'objet à mesurer, une division du micromètre-oculaire. On appelle ce rapport „valeur micrométrique“. Dans le tableau ci-dessous, les valeurs micrométriques, pour les objectifs achromatiques et à spath-fluor, ont été mesurées avec l'oculaire II et pour les objectifs apochromatiques avec l'oculaire compensateur 4. En outre, elles ont été établies avec un micromètre-oculaire divisé en $\frac{1}{10}$ de mm et pour une longueur de tube de 170 mm; cette dernière doit être rigoureusement observée, quand on se sert de ces valeurs micrométriques. En utilisant pour des mesurages un micromètre-oculaire divisé par ex. en $\frac{1}{20}$ de mm, il faudra naturellement diminuer ces valeurs de moitié.

Exemple: Une écaille d'*Hipparchia Janira* mesurée avec l'objectif 6 a une longueur égale à 50 et une largeur correspondant à 18 divisions, du micromètre-oculaire. Sa longueur réelle est donc: $50 \times 0,0037 = 0,185$ mm, sa largeur $18 \times 0,0037 = 0,067$ mm.

Un exemplaire de *Pleurosigma angulatum* correspond en longueur avec l'objectif 4 à 29 divisions, } du micromètre-
 „ „ 6 à 71 „ } oculaire.
 „ „ 7 à 90 „ }

Par conséquent la longueur de cette préparation sera de :

$$29 \times 0,009 = 0,261 \text{ mm,}$$

$$71 \times 0,0037 = 0,262 \text{ „}$$

$$90 \times 0,0029 = 0,261 \text{ „}$$

Tableau.

Objectifs achromatiques		Objectifs à spath-fluor	
Objectifs	Valeurs micrométriques, mesurées avec l'oculaire II	Objectifs	Valeurs micrométriques mesurées avec l'oculaire II
1*)	62 μ	6a	3,7 μ
1	54 μ	7a	2,9 μ
1a	80 — 54 μ	8	2,4 μ
2	30 μ	9	1,9 μ
3	17 μ	1/12a	1,7 μ
3a	13 μ	1/16	1,4 μ
4	9 μ	Objectifs apochromatiques	
5	5,4 μ	Objectifs	Valeurs micrométriques mesurées avec l'ocul. comp. 4
6	3,7 μ	16 mm	16 μ
7	2,9 μ	8 „	8 μ
10	1,8 μ	4 „	4 μ
1/10	2,6 μ	3 „	3 μ
1/12	1,7 μ	2 „	2 μ

1 μ = 0,001 mm*)

*) Pour ces mesures, on emploie en général comme unité le micron μ ou micromillimètre, 0,001 = mm.

Pour des mesures plus précises, il est préférable d'utiliser notre grand oculaire micrométrique au lieu du micromètre-oculaire ordinaire. Il est pourvu d'un index mobile dans le plan du diaphragme de l'oculaire, soit à l'endroit où se trouve l'image réelle de l'objet, projetée par l'objectif. Un déplacement de l'index de 5μ correspond à une division du tambour.

Pour mesurer avec cet instrument, il faut procéder comme ci-dessus, c'est-à-dire déterminer d'abord combien de divisions du tambour correspondent à un intervalle du micromètre-objectif. Cette valeur dépend également de la longueur du tube; il faudra donc en tenir compte en déterminant les valeurs micrométriques des différents objectifs avec cet instrument, comme aussi chaque fois que l'on voudra faire des mesures sous le microscope.

Lorsqu'il s'agit de mesurer des distances perpendiculaires au plan de l'objet, c'est-à-dire dirigées dans le sens de l'axe optique, soit de mesurer par ex. la profondeur d'un objet, on se sert de la division pour la mise au point micrométrique. — Comme on l'a vu à la page 36, une division de la nouvelle vis micrométrique correspond à un déplacement vertical de l'objectif de 1μ . La distance verticale entre deux objets ou deux points du même objet est égale à la différence, entre leurs mises au point, multipliée par l'indice de réfraction de la lamelle; il faut dans ce cas que ces objets ou points se trouvent vers le milieu du champ visuel ou sur l'axe même, sinon la courbure de l'image vers les bords, dont nous avons parlé plus haut, rendrait ces mesures inexactes.

Remarques générales.

Avant de sortir le microscope de sa boîte ou de son armoire, on aura soin de se rendre compte de quelle façon il y est placé.

On transporte le microscope en le tenant de préférence par la partie supérieure; d'ailleurs il est placé dans l'armoire de façon que cette partie soit à portée de la main.

Si l'instrument s'est trouvé dans un endroit froid, on ne pourra s'en servir immédiatement; la vapeur d'eau produite par la respiration ternirait les lentilles.

On fera bien de s'habituer dès l'abord à rapprocher l'oeil autant que possible de l'oculaire et d'observer alternativement des deux yeux.

On modérera la lumière trop intense par des diaphragmes; elle ne saurait que gêner dans les recherches et nuire à la vue.

Pour chaque observation, on commencera avec de faibles objectifs pour passer ensuite aux objectifs plus forts, suivant la nature de la pré-

paration ou du but que l'on poursuit. Il faut également garder une certaine mesure dans l'emploi des oculaires; ce ne sont que les numéros faibles ou moyens tout au plus, qui servent aux recherches microscopiques proprement dites, tandis que les plus forts conviennent plutôt pour mesurer et compter.

Il est nécessaire d'examiner soigneusement de temps en temps les oculaires et les objectifs, pour s'assurer de leur propreté. L'oculaire est construit de telle façon que la lentille oculaire comme la lentille collective se dévissent, ce qui permet de les examiner et de les nettoyer à fond.

Les surfaces antérieure et postérieure de l'objectif peuvent également être nettoyées par le micrographe lui-même. Pour examiner les parties intérieures de l'objectif, on se sert le mieux d'une loupe. Si ces parties sont plus ou moins troubles, il faudra les nettoyer avec précaution ou les confier de préférence à un opticien. Il est parfois arrivé que les anciens objectifs de toutes marques se sont troublés au bout d'un certain temps, par le fait que l'on avait employé des verres qui n'avaient pas fait suffisamment leurs preuves au point de vue de leur résistance à l'influence de l'atmosphère; dans ce cas, nous échangeons nos anciens objectifs gratis contre de nouveaux, de constructions différentes, dont les verres sont à l'épreuve de toute altération, comme tous ceux que nous construisons actuellement.

On enlève la poussière avec un pinceau fin et absolument sec, en soufflant en même temps légèrement sur la surface des lentilles. Si l'on ne parvient pas à les nettoyer de cette façon, on se servira de linge très fin humecté d'un peu d'eau, ou bien après avoir soufflé légèrement sur la lentille on l'essuiera soigneusement avec le même linge. Des taches persistantes, qui ne disparaîtraient pas par ce procédé, s'enlèveront si l'on humecte le linge d'alcool. En faisant usage de matières chimiques dans les observations, il faut particulièrement avoir soin qu'elles n'atteignent pas les lentilles. Si toutefois cela arrivait, ce qui est toujours possible, il faudra les laver avec de l'eau et les essuyer soigneusement. On évitera le mieux ces inconvénients en employant des lamelles très grandes.

Il ne faut jamais dévisser les différentes parties des objectifs les unes des autres pour tâcher d'obtenir d'autres grossissements; chaque objectif forme une combinaison fixe, qui ne saurait être modifiée à volonté.

Avant et après l'emploi du microscope, il faut examiner les objectifs, les oculaires, etc., pour les nettoyer au besoin. On maintiendra également la monture en bon état; ses vis et pas de vis devront de temps en temps être graissés avec soin avec de l'huile exempte d'acide (huile de pied de boeuf).

On nettoiera la monture elle-même avec un linge doux ou avec une peau de daim en prenant soin de frotter dans le sens du polissage et non pas en travers. Il ne faut jamais employer de l'alcool pour nettoyer les parties vernies en jaune, par contre on pourra très bien se servir de benzine en pareil cas.

Les taches claires qui pourraient se produire sur la plaque d'ébonite de la platine en employant par ex. de la benzine, s'enlèvent en frottant la plaque avec une huile quelconque, par ex. de l'huile de cèdre que l'on utilise avec les objectifs à immersion.

Pour chaque partie à nettoyer, notamment pour les objectifs et oculaires, il est bon de réserver un linge spécial que l'on maintiendra à l'abri de la poussière.