

CHAPITRE III

Des microscopes composés.

154. Nous avons vu que le microscope simple consistait en une ou plusieurs lentilles, réfractant et faisant converger les rayons lumineux, et transmettant directement à l'œil l'image amplifiée.

Dans le microscope composé, au contraire, une image est formée par une combinaison de lentilles, et grossie par une seconde placée à une certaine distance de la première.

On voit que, dans cette disposition, l'image n'est reçue dans l'œil qu'après avoir subi une seconde amplification.

Les verres destinés à former l'image se nomment *objectifs* parce qu'ils sont tournés vers l'objet, et ceux qui grossissent celle-ci portent le nom d'*oculaires*, et sont du côté de l'œil.

ART. I. — DU MICROSCOPE COMPOSÉ EN GÉNÉRAL.

155. Le microscope est essentiellement constitué par deux parties, la partie optique et la partie mécanique. La première est fondamentale, invariable dans sa construction au point de vue théorique; c'est principalement de sa perfection que résulte la bonté du microscope. L'autre, quoique secondaire, pouvant varier à l'infini, doit pourtant remplir d'une manière absolue un certain nombre de conditions de solidité et de précision qui facilitent beaucoup l'observation, et dont il sera question plus loin.

A. Partie optique du microscope.

156. Elle se compose de deux appareils distincts : 1° l'*objectif* (pl. III, fig. 1, *x*) qui est tourné du côté de l'objet; et 2° l'*oculaire* contre lequel est appliqué l'œil de l'observateur (pl. III, fig. 2, et fig. 5, *bc*); son application à la construction des microscopes est due à Huyghens (vers 1670).

1° L'*objectif* (fig. 47, *x*) est composé d'une seule lentille pour les faibles grossissements et de deux ou trois placées à peu près au foyer l'une de l'autre pour les grossissements supérieurs. On l'appelle alors quelquefois indifféremment *jeu de lentille* ou *objectif*. Chaque lentille de l'objectif est achromatique, et pour cela formée de deux verres différents collés ensemble à l'aide de térébenthine sèche. L'un est plano-concave, en flint-glass; l'autre biconvexe, en

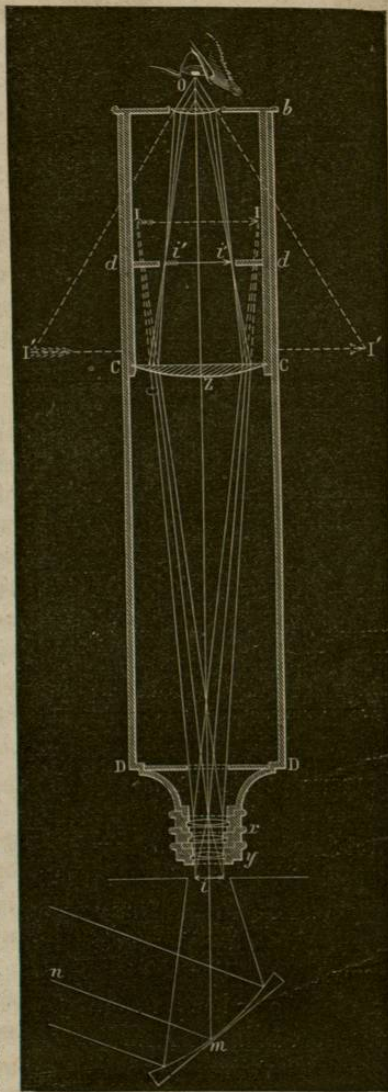
crown-glass, à moitié enfoncé dans la concavité de l'autre. Il en

résulte une lentille plano-convexe dont la face plane doit être tournée vers l'objet. Chacune d'elles est portée par une monture séparée qui dans les objectifs composés se visse avec celle des autres.

2° L'*oculaire* (fig. 47, *B, c*)

* Fig. 47. — Théorie du microscope composé à observation, et coupe du corps. — *m*, Coupe du miroir réflecteur de la lumière. — *xy*, Objectif achromatique formé de trois lentilles faites chacune avec deux verres soudés par de la térébenthine; l'un est inférieur, plano-concave, il est en flint; l'autre est supérieur, biconvexe, il est en crown. — *DD*, Premier diaphragme placé au-dessus du cône, arrêtant les rayons qui divergent trop immédiatement au-dessus de l'objectif. — *bc*, L'oculaire glissant librement, mais juste, dans le corps ou tube du microscope (*bcd*). — *CC*, Le verre de champ. — *b*, Pièce supérieure de l'oculaire dépassant les bords du tube pour empêcher celui-là de descendre tout à fait. Elle porte à son centre le verre supérieur ou oculaire, ou verre de l'oculaire. — *dd*, Diaphragme de l'oculaire, placé exactement au foyer du verre de l'œil. — *ii*, Objet placé un peu au delà du foyer de l'objectif *xy*. — *II*, Image réelle de cet objet, renversée et grandie par l'objectif, telle qu'elle se formerait s'il n'y avait pas de diaphragme et de verre de champ pour la modifier. Au lieu d'être droite, elle serait convexe en haut. — *ii'*, Image réelle de l'objet *ii*, renversée telle qu'elle est réduite par l'action du verre de champ. — *II'*, Image virtuelle de l'image réelle *ii'*, renversée telle qu'elle se peint dans l'œil, et reportée à une certaine distance par les centres nerveux visuels. — Cette image réelle *ii'* est vue en *II'* grandie par le verre de l'œil *b*, comme si c'était un objet vu à l'aide d'une loupe que représente le verre de l'œil. L'image *II'* est une image virtuelle, et elle est reportée à une certaine distance, comme celle de tout objet vu à la loupe; cette distance, comme dans la planche précédente, n'est pas celle de la vision distincte, et, de plus, elle varie avec le grossissement; elle est d'autant plus grande que le pouvoir amplifiant du système (oculaire et objectif) est plus fort.

Fig. 47



est toujours composé de deux lentilles simples plano-convexes, à convexité tournée vers l'objectif, et plus ou moins écartées l'une de l'autre. La lentille inférieure la plus éloignée de l'œil reçoit le nom de *verre de champ* (fig. 47, Z). La lentille supérieure la plus rapprochée de l'œil reçoit le nom de *verre oculaire* ou *supérieur*, *verre frontal* ou encore de *verre de l'œil* et de *loupe de l'oculaire*. Chacune d'elles a une monture séparée, formée d'un anneau de laiton noir.

157. L'objectif est vissé sur une pièce conique, appelée le *cône* (*x D*), fixée elle-même à l'extrémité inférieure d'un tube cylindrique en laiton, qui porte le nom de *corps du microscope* (*D d*). L'objectif se dévisse facilement du cône avec les doigts, afin de pouvoir être remplacé à volonté par un autre. Dans quelques microscopes, c'est le cône lui-même qui se dévisse du corps; il y a alors autant de cônes que de jeux de lentilles ou objectifs.

158. L'oculaire est formé d'un tube cylindrique en laiton qui entre exactement dans l'extrémité supérieure du corps du microscope, mais sans frottement, de manière à pouvoir être remplacé par un autre avec facilité et sans rien déranger. Le verre de champ est fixé à son extrémité inférieure à l'aide des vis de sa monture; on peut ainsi l'enlever au besoin afin de le nettoyer. Le verre supérieur, ou oculaire, est fixé comme l'autre, et peut être enlevé de la même manière; seulement sa monture est plus large que le tube du corps pour empêcher l'oculaire de descendre trop avant (fig. 47, b).

L'intérieur des tubes du corps et de l'oculaire doit être enduit d'une couleur noire ou garni de velours, ou encore de diaphragmes pour éviter la réflexion de la lumière qui les traverse, réflexion qui fatiguerait l'œil et nuirait à la netteté de l'image.

159. L'*oculaire à indicateur* de Quekett est un ingénieux accessoire qui peut, dans certains cas, être utile pour indiquer à une personne l'objet qu'on désire lui faire apercevoir, surtout quand il se trouve parmi d'autres que l'on ne peut isoler. Il consiste en une petite tige de cuivre placée au foyer du premier verre de l'oculaire. Elle traverse le tube de l'oculaire qui est disposé de manière à ne pas s'enfoncer tout à fait aussi loin que le point occupé par l'aiguille ou tige précédente. Celle-ci se meut horizontalement à l'aide d'un petit bouton saillant au dehors.

160. Un objet assez petit pour être examiné, étant placé au-dessous de l'objectif, la lumière réfléchiée par les nuages ou celle d'une loupe est concentrée sur lui de bas en haut à l'aide d'un miroir

concave (fig. 47 n, m). Ce faisceau de lumière traverse l'objet et la série des lentilles de l'objectif et de l'oculaire; il arrive dans l'œil après avoir éprouvé une suite de convergences et de divergences qui ont pour résultat de projeter sur la rétine une ombre de l'objet, qui peut être jusqu'à dix-huit cents fois plus grande que celle qui se peindrait dans un œil assez sensible pour le voir directement.

Un objet ainsi examiné n'est aperçu que parce que la lumière qui passe autour de lui n'étant arrêtée par rien, vient impressionner vivement la rétine, autour de la portion de cette membrane qui reçoit les rayons moins nombreux qu'il a laissés passer. Si le corps est opaque, on ne distingue que les bords, et sa masse se peint en noir; s'il est transparent, on voit dans son intérieur toutes les parties qui ont une densité et une puissance réfringente autres que celles du reste de sa masse.

α. Usages des différentes parties optiques du microscope composé.

161. Si l'objet était au foyer même, les rayons, après avoir traversé l'objectif, sortiraient parallèlement, ou ils divergeraient s'il était entre l'objectif et le foyer, et l'image serait indéfinie. Il est par conséquent placé un peu au delà du foyer (fig. 47, ii). Alors les rayons lumineux qui le traversent quand il est vu par réflexion de la lumière, sont rendus convergents par les lentilles de l'objectif et s'entre-croisent presque immédiatement au-dessus de lui, de manière à ce que ceux de droite passent à gauche, et réciproquement.

En recevant sur un verre dépoli le faisceau lumineux au-dessus du croisement des rayons, on aurait une image renversée de l'objet (*II*), et d'autant plus grandie qu'on la recevrait plus loin au-dessus de l'objectif. Mais comme cette image serait très-vague et irisée sur les bords (parce que l'entre-croisement de tous les rayons ne se fait pas précisément au même point), un premier *diaphragme* (*D D*) est placé au niveau de la jonction du corps et du cône du microscope, et arrête les rayons les plus divergents.

162. Le *verre de champ* (fig. 47, Z) de l'oculaire a pour but de recueillir les rayons divergents les plus centraux que laisse passer ce premier diaphragme, et qui sans lui viendraient former une image en *II*. Il les rapproche et les fait entre-croiser plus tôt, ce qui rend le grossissement deux ou trois fois moins considérable; mais du rapprochement des faisceaux et de la concentration de la lumière qui en résulte, l'image devient beaucoup plus lumineuse et plus nette. En même temps ces faisceaux, devenus convergents,

peuvent arriver à l'œil en beaucoup plus grand nombre, et par conséquent faire voir une plus grande étendue de la préparation à la fois, puisque, au lieu d'être abandonnés isolément à eux-mêmes, si l'on peut ainsi dire, ils sont rassemblés d'une grande surface et rendus convergents vers l'œil. Le champ de la vision est donc agrandi par cette lentille, de là le nom de *verre de champ*.

163. Lorsqu'en effet on supprime le verre de champ, et qu'on tient l'œil près du verre supérieur, on ne voit de la préparation qu'une étendue très-petite et circulaire, qui est limitée par l'ouverture de la pupille. En outre, à chaque mouvement de la tête ou de l'œil (*o*), ce point éclairé se déplace dans le même sens que la pupille; de sorte qu'il est impossible de fixer, même pendant un temps assez limité, le même point de la préparation qu'on étudie. Si, au lieu de tenir l'œil près de l'oculaire, on l'éloigne peu à peu, le champ s'agrandit jusqu'à ce qu'il soit limité par le diaphragme, parce que les rayons qui sont reçus dans l'œil étant de plus en plus divergents, limitent un angle optique plus grand. Les objets vus ainsi paraissent bien plus grands, mais leur image est bien moins nette; ses bords sont diffus et irisés, et en outre les faisceaux de lumière n'étant pas rassemblés, l'image est peu éclairée.

Comme le champ est d'autant plus restreint que le pouvoir amplifiant obtenu à l'aide des objectifs est plus considérable (parce qu'on ne voit alors qu'à l'aide des rayons passant très-près de l'axe), il en résulte qu'un oculaire dépourvu de verre de champ ne pourrait être utile que pour des grossissements très-faibles.

164. Ce verre n'est pas achromatique, mais sa convexité étant tournée en bas, c'est-à-dire opposée à celle des lentilles de l'objectif, l'aberration de réfrangibilité de celui-ci, dont l'achromatisme n'est pas parfait, se trouve corrigée par l'aberration même du verre de champ, d'après le mécanisme que nous indiquerons plus loin.

Il ne reste que l'aberration de sphéricité; mais elle est très-diminuée par la concentration même des rayons à l'aide du verre de champ. De plus, au niveau de son foyer se trouve dans l'oculaire un diaphragme (fig. 47, *dd*) qui la réduit à peu de chose, en rétrécissant seulement un peu le champ de la vision.

Ce diaphragme doit avoir une ouverture calculée et être placé assez exactement au foyer du verre de l'œil en tenant compte de l'état de la vision de l'observateur, sans quoi, il en résulte un petit inconvénient: le contour du champ paraît coloré tantôt en

bleu tantôt en rouge, par suite du sectionnement du cône de rayons non achromatiques qui se trouvent dans cette région; il ne faut donc pas croire, *comme cela arrive aux commençants*, qu'un microscope n'est pas achromatique quand ce phénomène se présente, mais simplement constater une petite erreur dans le placement du diaphragme, attendu que les rayons colorés qui apparaissent alors ne dépendent nullement de l'objectif. D'autre part, c'est ce diaphragme qui détermine la grandeur de champ visuel; c'est lui qui délimite la superficie aperçue par l'œil, et non pas l'objectif; celui-ci fournit une surface de vision beaucoup plus grande que le champ visible dans un microscope, ainsi qu'on s'en convaincra en projetant sur un écran et sans oculaire l'image de l'objet, comme on le fait dans la photographie microscopique. On pourrait certainement construire des oculaires d'un champ visuel plus large, mais pour le faire il faudrait augmenter beaucoup le diamètre du verre de champ; il en résulterait un peu de courbure de l'image des objets observés; en outre cela n'aurait pas grand avantage, parce que le champ actuellement donné dans les microscopes est plus que suffisant, un examen attentif ne pouvant guère embrasser que le centre. C'est instinctivement que pour toutes les observations très-déliées les micrographes ramènent constamment au centre le point à examiner qui est presque toujours très-circonscrit.

165. Le pouvoir concentrateur du verre de champ varie avec chaque oculaire. Il est d'autant plus grand que le verre de l'œil grossit davantage; pour cela on donne à ces verres une courbure telle que la longueur focale des plus faibles oculaires est d'environ 54 millimètres, celle des plus forts (dont le tube a 3 centimètres de longueur, par exemple) est de 40 millimètres.

166. L'image formée comme il a été dit plus haut (fig. 47, p. 125, *i' i'*) est une image réelle; on peut la recevoir sur un verre dépoli, ce que j'ai fait souvent, et l'examiner soit à l'œil nu, quand elle est assez grande (comme celle d'une écaille de papillon) soit à la loupe, ainsi qu'on le fait pour un objet quelconque. Son agrandissement n'est que de 40 ou 50 diamètres pour de forts objectifs; l'emploi du *verre supérieur de l'oculaire* (*b*) ou *verre frontal, verre oculaire*, vient compléter le grossissement. Il sert, en effet, à grossir de 5 à 10 fois encore l'image formée dans l'intérieur du tube oculaire par l'objectif et par le verre de champ.

167. Cette lentille n'est autre chose qu'une simple loupe non achromatique, qui sert dans ce cas à amplifier cette image *ii'* et

comme le fait une loupe ou microscope simple pour tout autre corps. Mais comme l'image grossie de tout objet vu à la loupe (fig. 58, p. 112, *d*) est une image virtuelle qu'on dit être reportée par habitude à la distance de la vision distincte (*a' b*), il en résulte qu'en examinant un objet au microscope, c'est l'image virtuelle (*I' I'*, fig. 47) de son image réelle *i' i'* que nous avons sous les yeux.

β. De la distance à laquelle est reportée l'image d'un objet vu au microscope.

168. Cette image étant vue avec la loupe ou verre supérieur de l'oculaire, se trouve reportée par un acte de perception se passant dans les centres nerveux à une certaine distance du côté de l'objet d'où vient l'impression (en *I' I'* par exemple) qu'on dit être celle de la vision distincte. Mais on peut s'assurer, par expérience, que cette assertion n'est vraie, ni dans le cas de la loupe ni dans celui de l'oculaire, qui n'en diffère pas au fond.

Le fait physiologique du report de l'image vue à la loupe au delà du point où est placé l'objet déterminé est bien vrai; mais cette distance n'est pas celle de la vision distincte.

D'une part, même avec les plus forts grossissements, elle est toujours moindre que celle de la vision distincte ordinaire. D'autre part, elle varie avec chaque système optique donnant un pouvoir amplifiant différent, soit qu'on l'obtienne en changeant les oculaires et laissant le même objectif, soit qu'on change les objectifs sans toucher à l'oculaire. Plus le pouvoir amplifiant est considérable, plus l'image est reportée loin; plus sa distance se rapproche de celle de la vision distincte. Plus il est faible, moins l'image est reportée loin, plus la distance diffère de celle de la vision distincte.

Pour chaque système grossissant (oculaire et objectif), la distance à laquelle l'image est reportée est la même, quel que soit le point de la vision distincte des individus, depuis le cas de myopie ordinaire jusqu'à celui de vision distincte habituelle à 24 ou 26 centimètres. Elle est encore la même pour un même grossissement, quels que soient le volume de l'objet étudié et l'intensité de la lumière employée. Nous aurons à revenir sur ces questions.

169. Pour faire cette expérience exactement, il faut se servir d'un oculaire micromètre (qui sera décrit plus loin) dont le verre supérieur grossit exactement dix fois, et rend par conséquent égal à 1 millimètre chacun des dixièmes de millimètre tracés sur la plaque de verre dont il est formé. On mesure alors exactement les dimen-

sions linéaires de l'image d'un objet déterminé, une écaille de papillon, par exemple, placée au foyer de l'objectif. Cette image ainsi mesurée est reportée à l'aide d'une chambre claire sur une feuille de papier que l'on place à toutes les distances de l'œil qu'il est nécessaire pour exécuter l'expérience.

On trouve ainsi qu'avec un pouvoir amplifiant réel de 400 diamètres, il faut que l'image soit mesurée à 15 centimètres $\frac{3}{4}$ du prisme réflecteur, pour que ses dimensions coïncident exactement avec celles de l'image du même objet mesurée au microscope. Si la distance est moindre, l'image faite à la chambre claire sera plus petite que celle qui est vue dans l'instrument. Si elle est plus considérable, elle sera de plus en plus grande, et à 22 centimètres indiqués comme distance ordinaire de la vision distincte, on aura un dessin qui sera environ le double de l'image vue dans le microscope.

170. Voici, du reste, le tableau des chiffres que j'ai obtenus pour chacun des objectifs de mon microscope et l'oculaire précédemment indiqué qui est le plus fort. Les oculaires plus faibles donnaient avec les mêmes objectifs des chiffres intermédiaires.

Ce microscope est un ancien modèle à tube court.

Avec l'objectif	et P ocul.	Pouv. amplifiant	Dimens. de l'image de l'objet dans le microscope.	Dist. à laquelle elle est vue avec les mêmes dimensions à la chambre claire.	Dimens. de l'image vue avec la ch. claire à 22 cent.
0	5	(46)	10 mill.	41 $\frac{1}{2}$ centim.	49 mil.
1	<i>id.</i>	(100)	10	12	18
2	<i>id.</i>	(200)	19	12 $\frac{1}{2}$	58
3	<i>id.</i>	(256)	26	15	46
4	<i>id.</i>	(341)	24	15 $\frac{1}{2}$	48
5	<i>id.</i>	(400)	38	15	59
6	<i>id.</i>	(545)	47	14	68
7	<i>id.</i>	(688)	49	15 $\frac{1}{2}$	68
8	<i>id.</i>	(800)	56	16	75

171. Ces mesures sont susceptibles d'une assez grande précision quand on a acquis un peu l'habitude de les prendre et qu'on y met le soin nécessaire. Mais lors même qu'en les répétant avec diverses chambres claires et des objets d'autres dimensions on ne tombe pas exactement sur les mêmes chiffres, les différences ne dépassent jamais 1 ou 2 millimètres. En outre, on retrouve toujours que la distance à laquelle est reportée l'image de l'objet avec les dimensions qu'elle a dans le microscope varie avec chaque système d'oculaire et d'objectif, et que plus le pouvoir amplifiant est considérable, plus l'image est reportée loin, et *vice versa*.

C'est là un fait physiologique expérimental curieux qui démontre que l'hypothèse qui veut que l'image d'un objet vu à la loupe

soit reportée à la distance de la vision distincte, ne se vérifie pas par l'expérience, et que par conséquent elle doit être rejetée.

Il explique pourquoi les dessins faits à la chambre claire ou par le procédé dit de la double vue, à la distance de la vision distincte, sont toujours à peu près deux fois plus grands que l'image de l'objet figuré vue directement dans le microscope.

Il explique aussi pourquoi, en divisant le chiffre 20 ou 22 centimètres, donné comme étant celui de la vision distincte, par la longueur focale d'une loupe, afin d'avoir le pouvoir amplifiant de celle-ci, on obtient un chiffre qui est plus fort au moins d'un tiers (et ordinairement plus) que le pouvoir amplifiant indiqué par la comparaison directe d'un objet d'une grandeur connue (et grossi par cette loupe) avec une règle divisée exactement en millimètres.

Ainsi ce procédé est inexact, et appliqué au microscope il a causé des erreurs analogues; comme nous le verrons, il doit être abandonné dans ce cas comme dans l'autre, et à bien plus forte raison.

7. Théorie des avantages du verre de champ.

172. C'est à Huyghens qu'on doit le perfectionnement des oculaires, qui consiste à leur ajouter un verre de champ, et, depuis cette époque, on les appelle quelquefois oculaires de Huyghens. Il avait ajouté le verre de champ dans le but d'augmenter la largeur du champ de la vision et de diminuer l'aberration de sphéricité en produisant les réfractions des deux verres au lieu d'un seul. Mais Huyghens ne reconnut pas toute la valeur de cet oculaire: ce fut le savant jésuite de Raguse, Boscowich, qui, vers 1770, démontra le premier que par cette importante disposition des deux verres de l'oculaire, il avait, sans le savoir, corrigé une grande partie de l'aberration de réfrangibilité.

175. Nous savons déjà que l'aberration de sphéricité est diminuée beaucoup par le fait du rapprochement par le verre de champ des rayons lumineux vers l'axe du microscope, ce que prévoyait Huyghens, et enfin par le diaphragme qui supprime les rayons les plus divergents.

Quant à l'action du verre de champ sur l'aberration de réfrangibilité, elle est plus compliquée. Soit (fig. 48) un oculaire formé de deux verres plans convexes LE , CN , séparés par un diaphragme et placés à une distance l'un de l'autre qui égale la moitié de leurs longueurs focales; ayant de plus leurs plans tournés vers

l'œil et leur convexité vers un objectif non achromatique ou non parfaitement achromatique, ce qui est le cas ordinaire.

Si le verre de champ manquait, les rayons extrêmes partis des bords et du centre de l'objet viendraient de rr en vv former une image colorée, composée d'autant d'images qu'il y a de couleurs dans la lumière blanche et sous-tendant tous l'angle o . Les couleurs les moins réfrangibles, comme le rouge, sont les plus extérieures rr ; les plus réfrangibles, comme le violet, sont au contraire les plus intérieures vv .

Il faut remarquer, en outre, que les images rr et vv sont courbées en sens inverse de ce qu'il faudrait pour qu'elles fussent vues distinctement par le verre convexe LE .

Or l'action du verre de champ CN est précisément de modifier la disposition des images de manière à ce que les couleurs rr et vv sous-

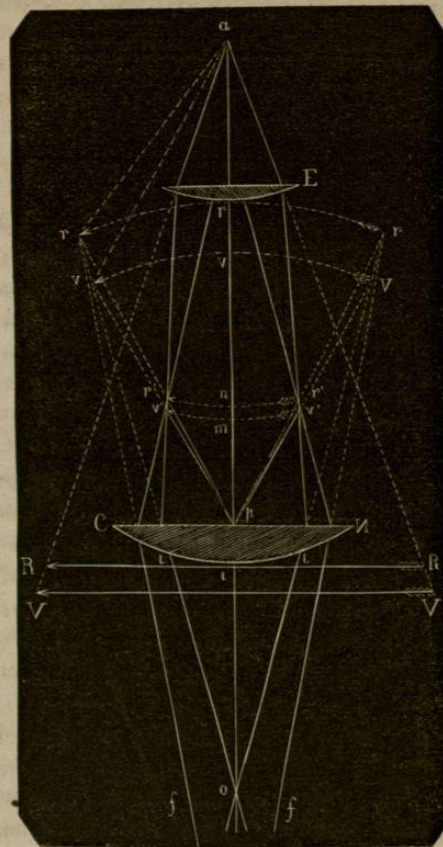


Fig. 48.

tendent l'angle visuel VaV , ouvert en sens inverse de l'angle ror , et soient enveloppées par lui en RV , RV ; de telle sorte que les rayons rouges rr , au lieu d'être placés en dehors des violets vv , soient au contraire en dedans, en un mot qu'on ait $RR < VV$.

L'œil se trouve alors au sommet d'un cône qui enveloppe toutes les images, ce qui n'a pas lieu quand le verre de champ manque, ainsi que le montrent les angles $rar > vav$; d'où $rr > vv$ ne seraient pas superposés, et les rayons rouges se trouveraient en de-

hors des rayons violets formant ainsi des anneaux concentriques diversement colorés.

Enfin, en même temps que le verre de champ fait converger les rayons or, or' en oir, oir' , il renverse aussi la courbure des images rr et vv pour leur donner la forme $r'r'$ et $v'v'$. C'est la courbure nécessaire pour qu'elles soient vues nettement avec le verre de l'œil LE , à l'aide duquel on obtient les images virtuelles à peu près droites RR, VV , sous-tendant, comme nous l'avons dit, toutes les couleurs dans le même angle VaV . Les images rouges et bleues ont été aussi amenées très-près l'une de l'autre en $r'r', v'v'$ par le verre de champ, ce qui tend encore à les faire passer presque incolores par le verre de l'œil.

Ainsi les faisceaux de rayons ffo partis d'un objet concourent, après leur réfraction dans un objectif non achromatique ou incomplètement achromatique, vers des images colorées placées entre le foyer conjugué r situé sur l'axe oa , correspondant aux rayons rouges, et le foyer v des rayons violets; toutes ces images ainsi que l'objet sous-tendent le même angle au centre optique o . La lentille CN reçoit en ii les faisceaux réfractés par l'objectif avant leur concours en rr ; les nouvelles réfractions qu'elle leur fait subir déterminent la formation d'autres images $r'r'$ et $v'v'$, plus petites et plus rapprochées de l'objet que rr et vv ; chaque image r' ou v' sous-tend le même angle au centre optique p du verre de champ que l'image r ou v correspondante. Mais cet angle p varie d'une couleur à l'autre: il est plus grand pour les rayons les plus réfringibles, qui sont les rayons violets.

D'après cela, quoique l'image rr soit plus grande que vv , la nouvelle image $r'r'$ qui sous-tend le petit angle npr' peut devenir plus petite que $v'v'$, qui sous-tend le grand angle mpv' , et sous-tendre conséquemment le même angle que cette dernière au centre optique a de l'oculaire LE ; en sorte que les images virtuelles RR, VV soient vues sous le même angle et reportées à une certaine distance de l'œil de l'observateur.

174. Nous venons de voir quelles sont les modifications que le verre de champ fait subir à la direction des faisceaux lumineux qui, en traversant l'objectif, ont subi une dispersion plus ou moins considérable, et se sont colorés. Il nous reste à dire comment l'action dispersive du verre de champ, qui n'est pas achromatique, se trouve corrigée par le verre de l'œil, qui lui-même n'est pas achromatique (fig. 49). C'est là le progrès que Boscowich a fait faire à la

théorie du perfectionnement de l'oculaire par le verre de champ.

Les rayons E'' qui vont frapper le verre de champ en Cc s'y décomposent, car ce verre n'est pas achromatique; les rayons rouges se dirigent en dehors en CE et Ca , les violets plus en dedans ce et ce' . Or, si les rayons n'étaient pas ainsi séparés en différentes couleurs à leur arrivée au verre de l'œil LL , celui-ci n'étant pas achromatique non plus, ils se chromatseraient, et sortiraient en direction non parallèle, de manière à aller produire sur la rétine des images colorées. Mais la séparation même, effectuée par le verre de champ, fait que les rayons ponctués violets Ce et ce' tombent plus près du centre du verre oculaire que les rouges CE et ca . Or, comme le pouvoir réfringent de cette lentille, à cause de sa courbe sphérique, est plus petit vers le centre qu'au bord, et que les rayons violets sont justement les plus réfringibles, il en résulte que l'action du verre de l'œil compense exactement la dispersion produite par le verre de champ, et que les rayons E et e, a et e' sortent sensiblement parallèles. Ils peuvent conséquemment rencontrer tous l'axe optique ao très-près l'un de l'autre, et agir sur la rétine comme un seul point lumineux. Ce qui se passe ici pour un seul faisceau et les couleurs extrêmes rouge et violet se passe aussi de la même manière pour les faisceaux et les couleurs intermédiaires.

175. Dans tout ce que nous avons vu jusqu'à présent, relativement au microscope composé, on a pu reconnaître que l'image se peignait renversée dans l'œil (voyez ci-dessus p. 125, fig. 47), telle qu'on peut la recevoir au-dessus de l'objectif. Tous les mouvements qu'on veut faire exécuter dans une direction donnée à l'image vue dans le microscope ne sont par conséquent obtenus que par un mouvement en sens inverse de l'objet lui-même, ce qui offre du

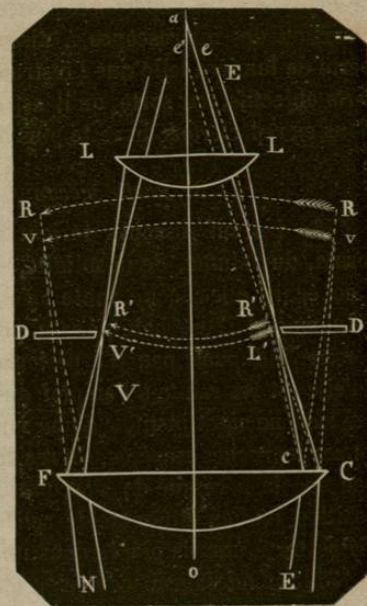


Fig. 49.

reste peu d'inconvénients, car on prend vite l'habitude d'exécuter ces mouvements en sens inverse de ceux que fait l'image. Pour la redresser, il faudrait employer deux prismes croisés à angle droit ou deux objectifs superposés; ces moyens sont utilisés dans la construction des microscopes à dissection, mais ils entraînent une perte de lumière telle que l'instrument ne pourrait plus recevoir de forts objectifs, en sorte qu'il est impossible de les employer ici. Nous en reparlerons du reste plus loin.

B. *Partie mécanique du microscope.*

176. Les microscopes varient à l'infini sous le rapport de la forme, du volume, de la solidité, de l'élégance, etc. C'est surtout à cet égard que chacun vante au détriment des autres instruments celui auquel il est habitué. On peut en général regarder ce fait comme indiquant peu d'expérience du microscope, ou au moins qu'elle est restreinte à l'emploi du seul instrument dont on parle, car rien ne vient justifier d'une manière bien frappante ces éloges ou ces reproches exagérés. On reconnaît bientôt qu'ils ne sont basés que sur la nécessité de s'accoutumer à tenir les mains dans une position un peu différente de celle à laquelle on est exercé, ou à les porter à une vis placée dans un autre endroit, etc.

177. On ne saurait contester qu'en anatomie les plus simples microscopes et les plus solides sont les meilleurs; ce sont même là des conditions qu'il est habituellement indispensable de leur voir remplir. Il faut en outre que le poignet puisse être appuyé sur la table où est placé l'instrument, afin de pouvoir travailler longtemps sans fatigue, pendant que les doigts reposent sur la platine du microscope et y exécutent divers mouvements.

Une certaine pesanteur du pied destinée à lui donner de la solidité, tout en laissant ses dimensions limitées à 10 ou à 12 centimètres de diamètre, sont encore des qualités nécessaires au microscope de l'anatomiste qui est obligé de le porter dans un laboratoire, ou en voyage, sans qu'il occupe trop de place et qu'il risque d'être ébranlé, faute d'une table disposée exprès. Il est encore indispensable que la platine soit horizontale et en verre noir dépoli, inattaquable à l'eau de mer et aux réactifs acides dont à chaque instant il faut se servir, ce qu'on ne peut guère faire sans en répandre sur elle.

Il est incontestable aussi que les microscopes qui remplissent ces conditions nécessaires pour l'étude de l'anatomie sont égale-

ment propres à tous les autres genres d'études, telles que la botanique, l'anatomie végétale, la zoologie, la physiologie, etc., qui en général sont plus simples, demandent l'emploi de moins de réactifs et de moins de manœuvres diverses que les études d'anatomie animale.

178. Ces motifs doivent décider à repousser l'emploi de ces grands microscopes qui demandent souvent une table faite exprès, soit à cause de leur hauteur, soit à cause de leur complication. Ceux qui se vissent sur la boîte qui doit les renfermer, dont le volume est toujours gênant, sans parler de la hauteur et du peu de solidité de leur platine, doivent aussi être laissés de côté. Ceux dont la platine est oblique et fixe ne doivent pas nous arrêter non plus, parce que, dès qu'on est obligé de mettre l'objet à examiner dans une quantité de liquide un peu considérable, ce qui est à chaque instant indispensable, la plaque de verre supérieure glisse sur l'autre et la préparation se perd. Ceux-là ne sont guère bons que pour les préparations sèches.

La complication de ces microscopes entraîne beaucoup d'autres inconvénients qu'il est inutile d'énumérer, sans qu'il y ait compensation réelle par d'autres avantages.

On trouvera la description de ces instruments et de beaucoup d'autres accessoires de toute espèce, dans les traités du microscope de MM. Chevallier (1839), Dujardin¹, Harting (*loc. cit.*) Strauss², Quekett³, etc., où ils sont longuement décrits.

α. *Disposition générale des pièces du microscope.*

179. Dans le microscope grand modèle de Nachet (fig. 50) l'instrument se compose d'une base en forme de fer à cheval, sur laquelle sont fixées deux colonnes, dont les chapiteaux sont les axes d'un arbre transversal solide porteur de tout l'appareil. Sur cet arbre est vissé un plateau circulaire dans lequel tourne la table ou platine destinée à recevoir les objets. Cette platine contient un système de coulisses très-minces pouvant se mouvoir par le moyen de deux vis et produisant deux mouvements à directions rectangulaires, de telle façon que l'objet peut être promené dans toutes les directions. Sur cette platine mobile sont fixées des pinces à ressorts pour tenir les

¹ Dujardin, *Manuel de l'observateur au microscope*. Paris, 1845. 1 vol. in-18, avec atlas.

² Strauss-Durckheim, *Traité d'anatomie comparative*. Paris, 1842. 2 vol. in-8.

³ Quekett, *Practical treatise on the use of the Microscope*. Londres et Paris, 1848. In-8, avec figures.

objets, et elle est incrustée d'une glace noire qui la garantit contre la destruction produite sur le cuivre par les réactifs employés pendant les observations. Sur l'oreille de la partie fixe de cette platine se trouve établie la base d'une colonne dans laquelle se meut une

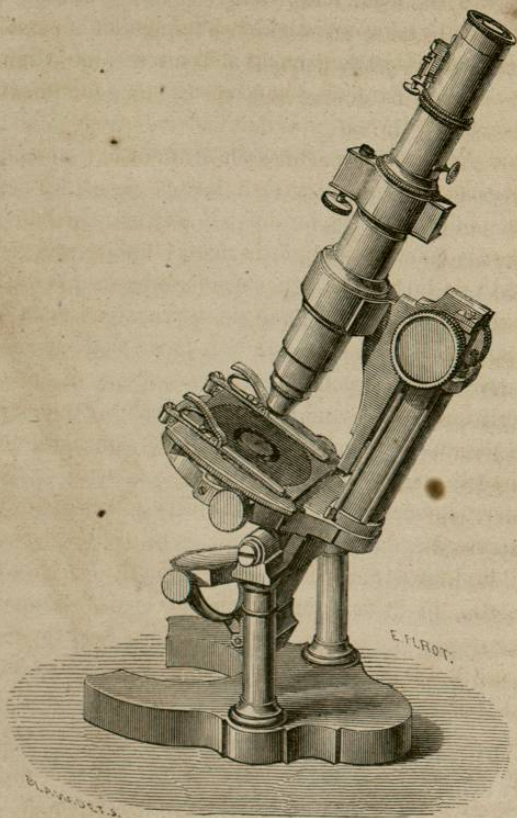


Fig. 50. — Microscope grand modèle de Nachet.

tige à crémaillère reliée au tube dans lequel glisse le corps du microscope. Cette crémaillère, mise en mouvement par les deux boutons que l'on voit à la partie supérieure de la colonne produit un mouvement d'abaissement ou d'élévation de tout le système optique. On voit que la platine, en tournant dans l'anneau de repos fixé à l'arbre d'inclinaison, fait tourner en même temps l'appareil optique avec toute sa disposition des appareils destinés à la mise au point. Le mouvement lent se compose d'une vis micrométrique

appliquée au milieu du corps. Le mécanisme de ce mouvement lent consiste en un double tube intérieur sur lequel les objectifs se visent de telle sorte, que s'ils viennent à toucher l'objet, ils remontent sous l'effort de la résistance; c'est ce même tube qui, monté à ressort, obéit à l'impulsion de la vis de rappel agissant sur un petit levier placé dans la boîte circulaire qu'on aperçoit au milieu du corps. Le corps tout entier, pouvant s'élever et tourner dans le canon central, permet de donner à la vis de rappel la position qu'il devient nécessaire d'obtenir.

L'éclairage par transparence des objets s'obtient au moyen d'un double miroir concave monté sur un système d'articulation (fig. 51) concourant à permettre toutes les positions possibles des miroirs dans un espace assez considérable, de façon que les effets de lumière oblique puissent être obtenus avec la plus grande facilité. La pièce de cuivre rectangulaire qui relie ces articulations à la platine du microscope porte un système de coulisses mues par un levier pour faire approcher ou éloigner de l'objet un anneau centré avec la platine, dans lequel on place les condensateurs, diaphragmes et appareils dont l'intervention est nécessaire pendant les études, et que nous décrirons plus loin dans le chapitre où il sera question de l'éclairage des objets. Quand on fait intervenir

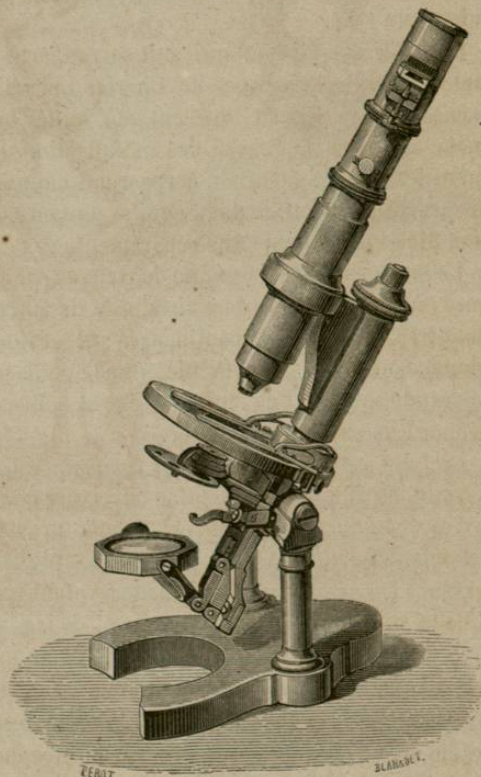


Fig. 51. — Microscope Nachet, grand modèle.

la lumière oblique, on enlève cet anneau afin de dégager le dessous de la platine, de sorte que la lumière rasante puisse atteindre l'objet. Cet instrument renferme ainsi tous les mécanismes importants et nécessaires aux observations les plus délicates.

180. L'emploi de deux tiges ou colonnes (au lieu d'une seule ou d'un tambour), afin de pouvoir renverser le corps du microscope, a été introduit par Georges Jackson en 1838¹. Le pied triangulaire à deux branches ouvertes en fer à cheval en avant et portant deux colonnes a été décrit par Ross en 1845². Le volume et la forme arrondie ou anguleuse du pied et de ses colonnes ont été depuis plus ou moins modifiées successivement par chacun des constructeurs ayant adopté ce type.

181. La description qui suit se rapporte aux grand et moyen modèles des microscopes de Charles Chevalier, de Georges Oberhäuser et de Nacet, qui ont été imités par d'autres opticiens, mais ordinairement avec des modifications parfois plus nuisibles qu'utiles. La longueur du corps rend moins commodes des microscopes d'un modèle analogue qui se font en Allemagne. Il sera question plus loin des objectifs séparément.

Le pied des microscopes de moyen ou de petit modèle se compose en général d'une base circulaire de 10 centimètres environ de diamètre, épaisse de 2 centimètres; elle est en laiton creux, et du plomb coulé dans sa cavité lui donne le poids auquel est dû en partie sa grande solidité. Une lame de cuir est collée en dessous, afin d'empêcher l'instrument de glisser.

La base est surmontée d'un tambour cylindrique haut de 6 ou 7 centimètres, qui présente une ouverture quadrilatère pour laisser arriver la lumière sur un miroir. La monture de celui-ci est fixée dans le tambour à l'aide de deux vis, dont les pignons saillants en dehors servent à faire varier son inclinaison à volonté pour éclairer l'objectif.

Cette monture doit porter sur une de ses faces un miroir concave, destiné à concentrer la lumière, et un miroir plan sur l'autre face. Ce dernier sera employé dans les cas où l'on se sert de faibles grossissements, ayant un champ trop vaste pour que les rayons réunis par le miroir concave puissent l'éclairer en entier.

Le tambour est fermé en haut par la platine (fig. 52), formée d'une plaque circulaire de verre noir dépoli, enchâssé exactement dans une épaisse plaque de cuivre, dont les bords sont percés de

¹ *Microscopical Journal*, 1838.

² *London philosophical Journal*, 1845.

deux ou quatre trous, dans lesquels on engage de petits *chevalets* en laiton, destinés à fixer le porte-objet à une place déterminée.

La platine peut être fixe ou à *tourbillon*. Elle est dite *tournante* ou à *tourbillon* quand elle peut, à l'aide d'un mécanisme particulier, tourner en tout sens autour de son centre. Ce moyen est très-utile pour placer un objet que l'on veut dessiner dans un sens déterminé, sans être obligé de tourner la plaque qui porte la préparation, ce qui souvent dérange celle-ci. Cette platine est encore utile dans beaucoup d'autres circonstances, et peut être regardée comme indispensable en anatomie et encore plus en zoologie.

C'est à Strauss-Durckheim qu'on doit l'invention du *pied à tambour* des microscopes et de la platine tournante qui les surmonte. (Voy. Strauss-Durckheim, *Traité d'anat. comparative*, Paris 1842, in-8°, p. 81, et Comptes rendus des séances de l'Académie des sciences, Paris 1845, t. 20, p. 744 et 892.) Sa platine tournait sur celle qui est fixe à la partie supérieure du tambour. Ce fut Trécourt qui fixa la tige portant le corps du microscope à la platine tournante même pour que l'instrument restât toujours bien centré (Strauss-Durckheim, *loc. cit.*, p. 79). C'est en raison des faits précédents que le nom de *microscope de Strauss* est parfois donné aux microscopes à platine tournante quelle que soit la forme du pied, etc.

Au centre de la platine se trouve un orifice circulaire que traverse la lumière, et au-dessus duquel on amène l'objet à étudier. Dans ce trou glisse verticalement, au moyen d'un genou articulé et d'un manche qui fait saillie hors du tambour par une fente pratiquée à son côté gauche, un petit tube destiné à recevoir des diaphragmes à ouvertures de diverses grandeurs. Ces diaphragmes à mouvement vertical peuvent être rapprochés plus ou moins de l'objet, et sont surtout utiles lorsqu'on observe à l'aide de la lumière artificielle.

La plaque de cuivre de la platine porte sur un point de la circonférence une *oreille* à laquelle est fixée solidement, à l'aide de trois

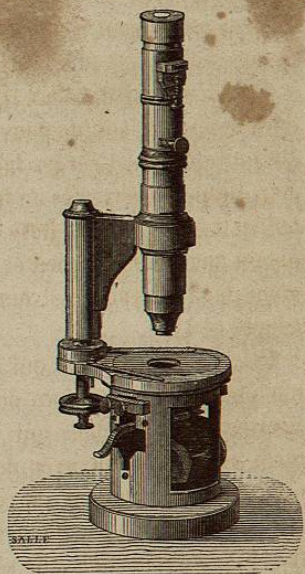


Fig. 52. — Ancien microscope grand modèle de Nacet.