

Les effets de ce genre sont trop connus pour qu'il soit nécessaire d'insister, ils n'en sont pas moins intéressants, parce qu'ils montrent bien quelle est l'origine physique, quelles sont les conditions de la production de la sensation de relief.

L'appareil que nous venons de décrire permet aisément de faire fusionner deux sensations distinctes; aussi peut-il être employé à l'étude du mélange des couleurs: il suffit d'obtenir en ab et $a'b'$ les deux couleurs composantes pour voir en $\alpha\beta$ la couleur du mélange.

Nous ferons remarquer qu'il s'agit là seulement du mélange des sensations et non du mélange des lumières colorées ou des pigments (525).

CHAPITRE IV

INSTRUMENTS D'OPTIQUE

597. — On désigne sous le nom d'instruments d'optique des appareils composés d'un ensemble de surfaces réfléchissantes et réfringentes qui, par leur combinaison, permettent de voir dans les conditions les plus favorables les objets que l'on veut étudier.

Nous rangerons dans cette catégorie, quoique ne répondant pas absolument à cette définition, les appareils qui servent à l'étude de la réfraction de l'œil: nous rapprocherons d'ailleurs de ceux-ci tous les appareils qui se rapportent à l'examen de l'œil.

Nous nous occuperons d'abord des appareils qui servent à assurer l'éclairage plus ou moins intense des points ou des objets que l'on veut observer; nous signalerons ensuite quelques appareils simples qui permettent de substituer à la vision d'un objet ou d'une image la vision d'une image plus commode à observer; nous aurons seulement quelques mots à dire des appareils qui donnent des images réelles sur un écran; puis viendra l'étude des instruments d'optique proprement dits dont nous définirons alors le but et le rôle; et nous terminerons par l'indication des appareils destinés à l'étude de l'œil à un point de vue quelconque.

598. **Éclairage des cavités.** — Nous serons très bref sur les appareils destinés en général à l'éclairage des objets que l'on veut examiner. Si l'éclairage direct à l'aide des sources lumineuses dont on dispose ne paraît pas assez puissant, on reçoit les faisceaux qui en émanent sur un miroir convergent ou sur une lentille convergente de manière à obtenir des faisceaux émergents convergents, au foyer desquels l'éclairage est très intense. C'est ainsi qu'on emploie dans le microscope un miroir convergent dans le cas où les objets sont examinés par transparence, et une lentille convergente dans les cas où les objets examinés sont opaques.

La question est trop simple pour qu'il soit nécessaire d'insister. Il est utile, au contraire, d'examiner avec quelques détails les conditions d'éclairage d'un objet situé au fond d'une cavité.

Soit ABCD (fig. 286) une cavité à parois opaques dont AB soit l'ouverture, et soit M un point qu'il s'agit de voir sur le fond. Pour que ce point puisse être vu, il faut: 1° qu'il reçoive de la lumière d'une source lumineuse convenablement placée; 2° que la lumière qu'il diffuse puisse arriver à l'œil de l'observateur.

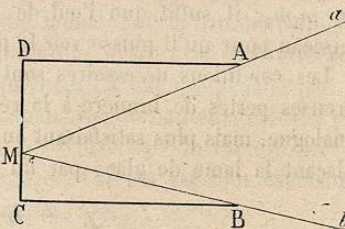


Fig. 286.

Construisons le cône aMb qui aurait son sommet au point considéré

M et qui s'appuierait sur les bords de l'ouverture AB. Il est évident:

1° Que pour que le point M soit éclairé, pour qu'il reçoive de la lumière d'une source lumineuse, il faut que cette source soit comprise à l'intérieur du cône aMb , car si elle était en dehors, les rayons émis dans la direction de M seraient arrêtés par les parois opaques;

2° Que pour que l'observateur puisse voir le point M supposé éclairé, il faut que son œil soit à l'intérieur du même cône aMb .

Ainsi il faut pour satisfaire aux conditions imposées que la source lumineuse et l'œil de l'observateur soient ensemble à l'intérieur du cône ayant pour sommet le point considéré et s'appuyant sur le bord de la cavité.

Si l'entrée de la cavité est grande relativement à la profondeur, le cône sera très ouvert et il sera possible de satisfaire à cette condition; il n'en sera plus de même si la profondeur devient relativement grande: l'angle du cône diminuera et il deviendra impossible de placer à la fois la source lumineuse et l'œil à l'intérieur du cône sans qu'ils se gênent mutuellement.

599. — Voici comment on pourrait lever la difficulté: plaçons devant l'ouverture AB (fig. 287)

de la cavité une lame de glace EF inclinée à 45° et rejetons sur le côté, en L, la source de lumière. Le point lumineux L envoie sur cette lame EF un faisceau qui à la surface se divise en deux, une partie qui passe au delà en $l_1 l_2$ et qui est inutilisée, et une partie qui se réfléchit comme si le faisceau émanait de L' image de L sur la lame réfléchissante; c'est cette

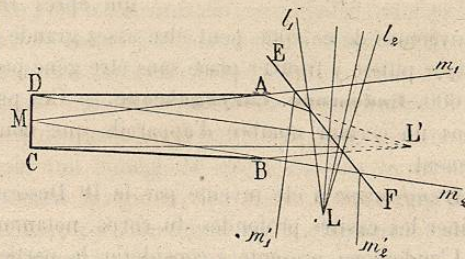


Fig. 287.

partie qui va éclairer le fond CD de la cavité et en particulier le point M.

Le point M envoie un faisceau divergent qui vient rencontrer la lame EF et se divise en deux parties : une partie qui se réfléchit en $m'_1m'_2$ et qui est perdue, et une partie qui passe à travers la lame et arrive en m_1m_2 ; il suffit que l'œil de l'observateur soit à l'intérieur de ce faisceau pour qu'il puisse voir le point M.

Les conditions nécessaires sont donc réalisées, mais il y a de nombreuses pertes de lumière à la réflexion. On peut arriver à un résultat analogue, mais plus satisfaisant au point de vue de l'éclairage en remplaçant la lame de glace par un miroir métallique EF (fig. 288) percé d'une petite ouverture en son centre. Le faisceau qui arrive à l'œil est plus lumineux; il est plus étroit, mais il importe peu, car les seuls faisceaux utiles sont ceux qui peuvent pénétrer à

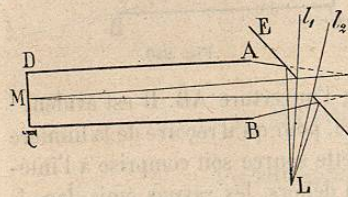


Fig. 288.

travers la pupille et ils sont nécessairement de peu d'amplitude.

Une difficulté d'un autre genre peut se présenter lorsque la cavité a une forme telle qu'on ne puisse voir directement, en ligne droite, les points qui sont situés au fond. Dans ce cas, si la cavité est grande, il suffit de placer au point où la cavité se coude un miroir qui sert tant à

envoyer la lumière au fond de la cavité qu'à ramener à l'œil de l'observateur la lumière émanée des parties éclairées. Soit L (fig. 289) le point lumineux, EF un miroir métallique sur lequel se réfléchit le faisceau qui vient éclairer en l_1l_2 le fond CD de la cavité. Un point M de ce fond envoie un faisceau qui après réflexion sort en m_1m_2 et

l'ouverture de ce cône peut être assez grande pour que l'œil de l'observateur puisse y trouver place sans être gêné par la source lumineuse.

600. **Endoscope. Laryngoscope.** — Ces principes ont été appliqués dans un certain nombre d'appareils que nous allons décrire sommairement.

L'*endoscope* a été inventé par le Dr Desormeaux dans le but d'examiner les cavités profondes du corps, notamment l'urèthre et la vessie.

L'*endoscope* présente à considérer la partie destinée à l'examen des organes et le moyen d'éclairage. La première consiste en un tube métallique portant, à l'extrémité à laquelle on place l'œil, un diaphragme percé d'une petite ouverture et à laquelle on peut adapter des instru-

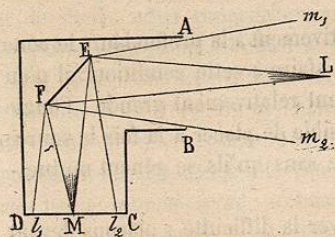


Fig. 289.

ments grossissants. L'autre extrémité est une douille effilée sur laquelle on fixe des sondes destinées à être introduites dans les organes à examiner l'urèthre, les fosses nasales, l'utérus, etc. Latéralement et vers le milieu du tube se trouve une ouverture à laquelle est adapté l'appareil d'éclairage; celui-ci consiste en une petite lampe dont la flamme est placée entre un petit miroir concave et une lentille, ayant l'un et l'autre pour effet de produire un faisceau lumineux assez intense qui pénètre par une ouverture latérale dans le tube principal. A cette hauteur, celui-ci présente un miroir métallique incliné à 45° vers l'axe du tube et présentant en son centre une petite ouverture : l'action est donc exactement celle que nous avons décrite ci-dessus (fig. 288).

Dans des appareils du même type mais plus récents, des uréthrosopes notamment, l'éclairage est produit par une petite lampe électrique à incandescence.

Pour examiner la membrane du tympan située au fond du canal auditif on emploie le *speculum auri* constitué par un tube de faible diamètre qu'on introduit dans ce canal. Pour éclairer le fond du tube, on emploie un miroir métallique percé d'une petite ouverture centrale, comme nous l'avons indiqué plus haut. Pour obtenir un plus grand éclairage, M. le Dr Ratel a eu l'ingénieuse idée de choisir pour section du miroir un arc d'ellipse dont la dimension et la position sont telles que la source de lumière est à l'un des foyers et l'extrémité du tube, où se trouve la membrane du tympan, est à l'autre foyer (368).

601. — Enfin le laryngoscope, destiné à observer le larynx soit à l'état physiologique, soit à l'état pathologique, repose sur l'emploi du miroir pour observer le fond des cavités coudées (399). Le mode d'emploi est fort simple : aussi son usage est-il absolument généralisé.

Les rayons émanés d'une lampe B (fig. 290) traversent une lentille convergente C, maintenue à une distance convenable par un support à collier : le faisceau obtenu, qui est parallèle ou à peu près, est dirigé dans la cavité buccale de la personne soumise à l'observation et rencontre à la partie postérieure un petit miroir métallique supporté par un manche que l'observateur tient à la main. En faisant varier l'inclinaison de ce miroir, on peut amener le faisceau réfléchi sur le larynx qui est éclairé; les rayons diffusés par les différents points du larynx rencontrent le miroir et sont réfléchis à peu près horizontalement pour pénétrer dans l'œil de l'observateur qui voit l'image du larynx derrière le miroir et à peu près verticale. Un écran opaque E, fixé sur la lampe, empêche les rayons d'arriver directement à l'observateur qu'ils éblouiraient et rendraient incapable de voir l'image moins éclairée du larynx.

Les miroirs consistent simplement en de petites plaques A carrées, à angles arrondis, en métal poli, soudées par un de leurs angles à une tige métallique avec laquelle elles font un angle de 135° environ.

L'appareil peut être facilement complété de manière à permettre l'examen *autoscopique* du larynx grâce à l'addition d'un miroir D au-dessus de la lentille, ce miroir étant susceptible de s'incliner plus ou moins.

Dans l'examen laryngoscopique, il faut avoir soin de chauffer légère-

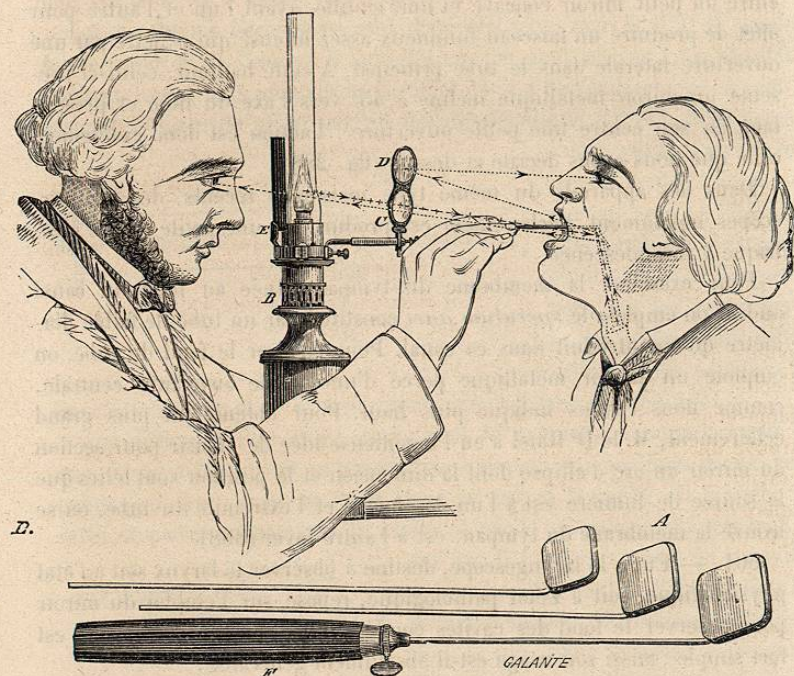


Fig. 290.

ment le miroir avant de l'introduire dans la bouche afin d'éviter le dépôt de rosée produite par l'air expiré.

Le laryngoscope a été employé d'abord par le chanteur Garcia. Czermak qui, ultérieurement, l'a inventé à nouveau, en a généralisé l'emploi.

Nous retrouverons dans l'étude de l'ophtalmoscope des conditions d'éclairage analogues à celles que nous avons indiquées précédemment.

602. **Chambre claire.** — Parmi les instruments qui servent à substituer la vision d'une image à celle de l'objet, moins commode pour une cause quelconque, il faut placer en premier lieu les miroirs plans; le miroir du laryngoscope, en même temps qu'il produit l'éclairage du larynx, est ainsi utilisé puisqu'il permet de voir l'image de cet organe qui n'est pas directement visible.

C'est de la même façon que les dentistes emploient des miroirs également métalliques pour voir les parties des dents qui sont directement invisibles ou qui ne seraient visibles que dans des conditions incommodes.

Ces applications et quelques autres qu'on pourrait citer sont trop simples pour qu'il soit nécessaire de s'y arrêter longuement.

Les miroirs plans donnent des images virtuelles que l'on ne peut utiliser pour obtenir une reproduction dessinée de l'objet; car, pour atteindre à ce résultat, il faudrait pouvoir voir une feuille de papier et un crayon ou un pinceau qu'on placerait à l'endroit où on voit l'image; or on ne peut rien voir en ce point, à cause de l'opacité du miroir.

Mais on peut arriver à ce résultat en obtenant l'image par la réflexion sur une lame transparente, sur une lame de verre ou mieux de verre platiné.

Soit AB (fig. 291) un objet dont on veut reproduire l'image, et soit MM' une lame de verre inclinée à 45° devant l'objet.

Un observateur dont l'œil serait placé en O verrait en A'B' l'image de AB par les faisceaux émanés des différents points de cet objet et dont une partie est réfléchiée par MM', l'autre partie traversant cette lame et étant inutilisée. Mais si en A'B' se trouve une feuille de papier, et la pointe d'un crayon, ils pourront être vus en O, car la lumière qui en émane traverse en partie la lame MM' et arrive à l'œil de l'observateur qui, au même endroit, voit le papier et le crayon, et l'image de AB, image dont il peut alors suivre les contours.

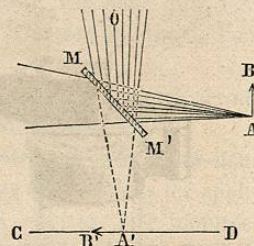


Fig. 291.

C'est sur ce principe et sur des dispositions plus ou moins analogues que sont basés les divers appareils connus sous le nom de *camera lucida* ou *chambre claire*¹.

603. — La chambre claire de Wollaston est constituée pour un prisme quadrangulaire ABCD (fig. 292) dont les angles ont été choisis de telle façon qu'un faisceau émané du point E d'un objet FG et qui pénètre à peu près horizontalement par la face BD subit deux réflexions totales dans le

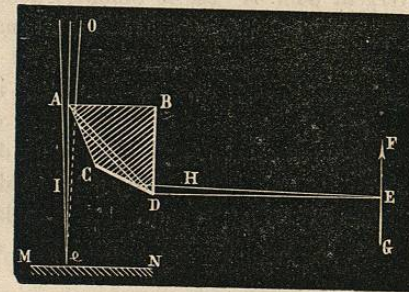


Fig. 292.

1. Par opposition à la *camera oscura* ou *chambre noire* (607) qui, par un procédé complètement différent, permet également d'obtenir le dessin des objets.

prisme, sur DC et CA, et sort à peu près verticalement de telle sorte qu'un observateur dont l'œil serait en O et recevrait ce faisceau verrait en *e* l'image de E. Mais si en ce point *e* se trouvent une feuille de papier et la pointe d'un crayon, les rayons qui en émanent formeront un faisceau dont une partie raserà l'arête du prisme et pourra arriver à l'œil O de l'observateur. Celui-ci verra alors le papier et le crayon où ils sont et il verra au même endroit le point *e* image de E; comme il en sera de même pour d'autres points, il pourra suivre les contours de l'image avec le crayon.

Il importe seulement de remarquer que chaque point dans ce cas ne sera vu que pour une position déterminée de l'œil qui, ainsi, ne pourra observer l'image dans son ensemble, ce qui est un inconvénient.

604. — Nous n'insistons pas sur les détails relatifs à cette forme d'appareils, préférant nous arrêter sur une disposition qui est plus fréquemment employée et qui sert pour la reproduction des images des objets vus au microscope (fig. 293).

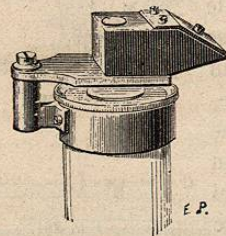


Fig. 293.

Soit L (fig. 294) l'oculaire d'un microscope duquel sort un faisceau divergent dont M' est le sommet; pour un observateur qui reçoit le faisceau émergent, le point M' est l'image virtuelle d'un point M de l'objet d'où émane le faisceau incident qui a pénétré dans l'appareil. C'est ce point M', qui fait partie d'une image de l'objet examiné, dont il faut fixer la position sur une feuille de papier. A cet effet, on place au-dessus de l'instrument un prisme de section ABCDE sur la face AE duquel est fixé un petit prisme additionnel F dont la base, parallèle à AB, est placée au-dessus de l'oculaire, de telle sorte que le faisceau considéré traverse l'ensemble des deux prismes sans changement appréciable.

D'autre part, si on considère un point K d'une feuille de papier GH placée à côté de l'appareil, on voit qu'un faisceau pénétrant par la face CD subit deux réflexions totales, sur BC et sur AE, et sort dans la direction du faisceau dont le sommet est en M' : l'observateur qui recevra ce fais-

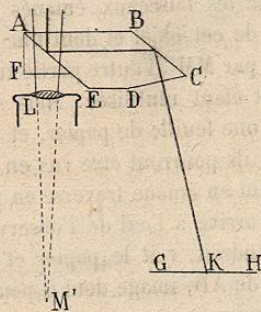


Fig. 294.

ceau verra donc le point K se confondre avec M', c'est-à-dire qu'il verra au même endroit la feuille de papier, le crayon qu'on y appuie et l'image de l'objet, image qu'il pourra reproduire en suivant les contours.

Il importe de remarquer que pour pouvoir suivre avec exactitude les contours de l'image, il faut voir avec une égale netteté l'image virtuelle et la pointe du crayon, il faut donc qu'elles soient à la même distance de l'œil. Généralement le papier est placé sur la table sur laquelle est posé l'appareil, c'est-à-dire à une distance invariable de l'œil, il faut donc que l'image puisse se faire à la même distance. Comme nous le dirons en parlant du microscope, on peut faire varier à volonté la position de cette image; il faudra déplacer le microscope par rapport à l'objet jusqu'à ce que la coïncidence soit obtenue. Il est d'ailleurs facile de s'assurer si ce résultat est atteint; si, en effet, il y a coïncidence effective, elle subsistera même si on déplace l'œil latéralement par rapport à l'oculaire; si, au contraire, il n'y a pas coïncidence effective entre deux points M' et K' qui se projettent seulement l'un sur l'autre, le déplacement de l'œil aura pour effet de séparer ces deux points, car pour que deux points se projettent l'un sur l'autre, il faut que le centre optique de l'œil se trouve sur la droite qui les joint.

Nous dirons, en parlant du microscope, que la chambre claire permet de mesurer le grandissement que donne cet appareil.

605. **Appareils à projection. Chambre noire.** — Occupons-nous maintenant des appareils qui donnent des images réelles; dans les applications, ces images sont recueillies sur un écran, soit pour être montrées à un auditoire, soit pour obtenir une épreuve photographique. Dans le premier cas, il suffit que l'écran soit diffusif (356); dans le second, il faut qu'il soit sensible (547).

Lorsqu'un instrument quelconque LL' (fig. 127, III) donne d'un point A une image réelle A', cette image est vue directement par un œil situé dans le faisceau divergent qui est le prolongement du faisceau convergent dont le sommet est en A'; en général, ce faisceau a une faible amplitude, de telle sorte que très peu de personnes peuvent voir à la fois l'image réelle A'. Si au point A' nous plaçons un écran diffusif, ce point A' enverra de la lumière dans toutes les directions (356) et sera vu dès lors de tous les points.

Cette disposition, sous des noms différents, est très employée maintenant pour montrer à un auditoire des dessins, des objets, des photographies. On comprend qu'il puisse servir à reproduire l'image obtenue; celle-ci se voit sur l'écran comme un dessin dont tous les points enverraient de la même façon de la lumière dans toutes les directions; on pourra donc en suivre les contours avec un crayon ou un pinceau. Ce procédé est à peu près abandonné maintenant; on lui a substitué, d'une manière générale, l'obtention des images photographiques.

Nous avons assez insisté sur les effets produits sur les papiers sensibles par la production des images réelles (547) pour qu'il soit inutile de revenir maintenant sur le procédé d'utilisation de ces images.

606. — Si les résultats et les applications sont différents suivant le but à atteindre, le côté optique de la question est le même dans les divers cas : examinons-en les points les plus importants.

Soit $MM'NN'$ (fig. 295) une enceinte à parois opaques; supposons que dans la paroi antérieure soit percée une ouverture CD et soit A un point lumineux placé au-devant. Les rayons lumineux qu'enverra ce point seront arrêtés par la paroi opaque, à l'exception de ceux qui passent à travers l'ouverture CD pour constituer au delà un faisceau divergent; ce faisceau coupera la paroi postérieure NN' sur laquelle il produira une tache lumineuse, un cercle de diffusion aa' .

Les dimensions de cette tache dépendent des distances de la paroi MM' au point lumineux A et à la paroi postérieure NN' , et du diamètre de l'ouverture CD que nous supposons circulaire. Si les dimensions de la tache aa' sont petites, on pourra l'assimiler à un point, et elle produira le même effet que ferait une image réelle de A .

Dans ce cas, si l'on prend un objet AB , on aura de même pour chacun de ses points une petite tache lumineuse assimilable à un point, et l'ensemble de ces petits cercles de diffusion donnera une image de AB , image analogue à une image réelle recueillie sur un écran, image renversée.

Cette disposition, excessivement simple, a pu être employée pour obtenir des images photographiques et M. Colson, qui a étudié les meilleures conditions de réalisation de la *photographie sans objectif*, la préconise dans certains cas.

607. — Ce procédé présente un inconvénient; il n'entre que peu de lumière à travers l'ouverture CD et, par suite, l'action photographique ne peut être rapide. On augmente la quantité de lumière et la rapidité de l'action en employant une plus grande ouverture, mais alors les cercles de diffusion croissent et les images obtenues ne sont plus nettes. Cette disposition ne peut donc avoir que des applications très limitées.

On reconnaît aisément que l'addition d'une lentille convergente dans l'ouverture CD obvie aux inconvénients que nous venons de signaler. En effet, quelque grandes que soient l'ouverture et la lentille qui y est enchâssée, on peut toujours amener les sommets des faisceaux réfractés sur la surface NN' , c'est-à-dire avoir une image réelle nette, en même

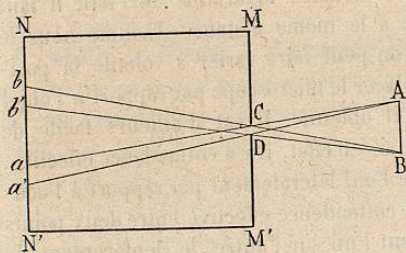


Fig. 295.

temps qu'une grande quantité de lumière. Cette lentille qui sert à produire une image réelle d'un objet est appelée *objectif*.

Nous avons dit qu'une semblable lentille peut amener sur l'écran les sommets des faisceaux qui en émergent; en réalité cette condition ne serait remplie exactement que si les lentilles étaient aplanétiques et achromatiques.

Aussi pour satisfaire autant que possible à ces conditions sans diminuer l'ouverture de la lentille, ce qui diminuerait en même temps l'éclaircissement, on emploie non des lentilles simples, mais des systèmes composés, qui ont pour but de diminuer l'aberration de sphéricité et de produire l'achromatisme. Dans le cas de la photographie, on a besoin d'avoir une image visible nette pour *mettre au point*, c'est-à-dire que les sommets des faisceaux *lumineux* doivent être sur la lame de verre dépoli; mais pour produire l'action chimique et donner une épreuve nette, il faudrait que ce fussent les sommets des faisceaux *chimiques* qui se trouvaient sur la plaque sensible. La distance qui sépare les sommets des deux espèces est faible et peut être négligée en général; il convient cependant d'en tenir compte lorsqu'on veut avoir des épreuves très nettes, comme on le recherche dans les photographies de la carte du ciel, par exemple.

608. — D'après ce que nous avons dit dans la discussion des lentilles convergentes (420), nous savons qu'un objet donne toujours une image réelle pourvu que sa distance à la lentille soit plus grande que la distance focale; la distance de l'image à la lentille variant en sens inverse de la distance de l'objet, il faut donc que l'écran sur lequel se fait l'image puisse se déplacer; on arrive facilement à ce résultat à l'aide de dispositions variées, trop simples pour qu'il soit nécessaire de les décrire.

On sait d'autre part que, en faisant varier la distance de l'objet et par suite celle de l'écran, l'image peut avoir toutes les grandeurs possibles : elle est égale à l'objet si celui-ci est dans le plan antiprincipal, elle est agrandie si l'objet est compris entre ce plan et le plan focal, elle est diminuée si l'objet est plus loin que le plan antiprincipal.

609. — Les appareils à projection qui sont si fréquemment usités maintenant et auxquels il faut rattacher la lanterne magique, le mégascope, etc., ont pour but de donner sur un écran une image réelle agrandie de dessins ou de photographies, généralement fixés sur des plaques de verre.

Au point de vue de l'optique géométrique, nous n'avons rien à ajouter à ce que nous avons dit précédemment : mais il faut remarquer que l'image étant notablement plus grande que le dessin projeté, la quantité de lumière qui produirait pour celui-ci un éclaircissement satisfaisant ne donne qu'une image peu éclairée, d'autant qu'il y a des pertes de lumière dans les lentilles qui servent à produire l'image réelle. Pour que l'image soit suffisamment éclairée, il faut donc envoyer sur le dessin un excès de

lumière : aussi tout appareil de projection quel qu'il soit comprend-il une source lumineuse puissante. Celle-ci, enfermée dans une lanterne à parois opaques, est placée entre un miroir concave et une lentille (ou un système de lentilles) enchâssée dans une des parois de la lanterne : l'ensemble de ces deux pièces fournit un faisceau intense que l'on dirige sur la plaque de verre portant le dessin à projeter.

Suivant les conditions de l'expérience, l'obscurité plus ou moins complète qui peut régner dans la salle, la grandeur de l'image obtenue, la distance à laquelle on peut s'en approcher, l'éclairement doit varier. Aussi, suivant les circonstances, emploie-t-on une lampe à huile ou à pétrole, un bec de gaz, un bec oxhydrique ou même un arc électrique.

610. — Lorsqu'il s'agit de projeter des objets de très petites dimensions, des objets microscopiques et d'en obtenir de grandes images, la méthode générale est la même : l'objet doit seulement être très près du foyer et le système convergent doit être construit avec soin, pour éviter les aberrations dont les effets seraient très appréciables. Il faut de plus que l'éclairement soit très considérable : aussi employait-on autrefois la lumière solaire et l'appareil était, pour cette raison, connu sous le nom de *microscope solaire* ; cette disposition est généralement abandonnée maintenant, et comme l'ont proposé Foucault et Donné (1846) on fait usage de la lumière fournie par un arc électrique ; c'est ce qui constitue le *microscope photoélectrique*.

Dans l'un et l'autre appareils, la lentille qui concentre les faisceaux lumineux sur l'objet y concentre aussi les faisceaux calorifiques : l'objet se trouverait donc soumis à une forte élévation de température qui le détériorerait, en général. Pour éviter cet inconvénient, il convient de placer entre l'objet et la source de lumière une cuve à faces parallèles contenant de l'eau ou mieux une dissolution d'alun : ces liquides laissent passer les radiations moyennes et par suite ne diminuent pas l'éclairement, mais elles arrêtent les radiations infra-rouges, inutiles pour l'éclairement, et qui, par leur grande intensité, contribuent pour la plus forte part à l'échauffement observé.

Ces appareils sont moins employés maintenant qu'ils ne l'étaient autrefois : on préfère faire des images photographiques très agrandies des objets microscopiques, et projeter ces photographies avec les appareils ordinaires.

611. — Au point de vue général, nous n'avons rien à ajouter à ce que nous avons dit, pour la chambre noire des photographes ; quelques remarques particulières méritent seulement d'être signalées.

D'après ce que nous avons indiqué, à chaque distance de l'objet correspond une distance à laquelle doit se placer l'écran pour qu'il s'y fasse une image nette. De là résulte qu'on ne peut pas obtenir à la fois les images nettes de deux ou plusieurs objets placés à des distances différentes. Deux inconvénients se manifestent dans le cas où deux objets

sont à des distances différentes : d'une part, si l'image de l'un est nette, l'autre est formée par des cercles de diffusion et ne peut être nette ; d'autre part, lors même que le manque de netteté absolue pourrait être admis, le grossissement, qui dépend de la distance, ne serait pas le même et il en résulterait une disproportion fâcheuse dans la représentation de ces objets.

Ajoutons toutefois que, ainsi que le démontrent aisément les formules classiques, la variation de distance de l'image ne dépend pas de la valeur absolue de la variation de distance de l'objet, mais seulement du rapport de cette variation à la distance même. Il en résulte que lorsqu'il s'agit de photographier des objets à grande distance, comme il arrive pour les paysages, la distance qui sépare les images de deux objets éloignés est assez faible pour que leurs images paraissent également nettes, tandis que dans le cas d'un portrait pour lequel la distance est petite, il suffit que la main, que le pied avancent de quelques décimètres pour que leurs images viennent flou et ne soient pas en rapport de grandeur avec la figure et le reste du corps.

612. **Lunettes et microscopes. Grossissement.** — Les instruments d'optique les plus intéressants en général sont ceux qui ont pour but de nous permettre de voir dans un objet un plus grand nombre de détails que nous n'en voyons ordinairement, qui nous permettent de mieux connaître cet objet. Comme nous avons dit que le nombre de détails que nous pouvons voir dans un objet dépend (557) de la grandeur de l'image rétinienne qu'il forme, nous pouvons donc dire :

Un instrument d'optique proprement dit a pour but de donner d'un objet une image rétinienne plus grande que celle que peut former cet objet vu sans l'intervention de l'instrument.

Tel est en réalité le véritable but des instruments d'optique dont le rôle ne saurait être séparé de l'intervention de l'œil de l'observateur. Mais, pour simplifier l'étude, il peut être commode de ne pas faire toujours intervenir l'œil ; on peut donner alors une autre définition qui s'appuie sur la remarque que nous avons signalée (573) que les images rétiniennes sont proportionnelles aux diamètres apparents :

Un instrument d'optique proprement dit a pour but de donner d'un objet une image qu'un observateur voit sous un diamètre apparent plus grand que celui sous lequel il voit directement l'objet même.

La valeur absolue d'un instrument d'optique serait connue si on pouvait déterminer la grandeur de l'image rétinienne qu'il fournit d'un objet de grandeur déterminée, égale à l'unité par exemple, dans les conditions où cette image rétinienne est la plus grande possible.

On peut remplacer cette quantité par une autre qui lui est proportionnelle, le diamètre apparent correspondant, l'angle sous lequel on voit l'image d'un objet de grandeur égale à l'unité.