

IV. L'angle limite est l'angle d'incidence dont l'angle de réfraction correspondant est droit. Quand un rayon lumineux dépasse l'angle limite, il éprouve le phénomène de la *réflexion totale*.

V. Les phénomènes principaux produits par la réfraction sont le changement apparent de position et de forme des corps plongés dans un milieu plus ou moins réfringent que l'air, le mirage et l'arc-en-ciel.

VI. On distingue deux sortes de lentilles : les lentilles convergentes et les lentilles divergentes.

VII. Les lentilles convergentes présentent trois espèces de foyers : le foyer principal, les foyers conjugués et les foyers virtuels.

VIII. Le *foyer principal* est le point de l'axe où viennent concourir, après leur réfraction, les rayons lumineux qui tombent sur la lentille parallèlement à son axe. Les *foyers conjugués* se forment lorsqu'un point lumineux est situé au delà du foyer principal, de manière à envoyer sur le miroir un faisceau de rayons divergents. Les *foyers virtuels* se produisent lorsque le point lumineux est placé entre le foyer principal et la lentille.

IX. Les lentilles convergentes donnent deux sortes d'images : des images réelles et des images virtuelles. Les *images réelles* se forment lorsque l'objet est placé *au delà* du foyer principal de la lentille ; elles sont renversées, plus grandes ou plus petites que l'objet, selon sa distance à la lentille. Les *images virtuelles* prennent naissance lorsque l'objet est placé *entre la lentille et son foyer principal* ; elles sont droites et toujours amplifiées.

X. Les lentilles biconcaves ne donnent que des foyers et des images virtuels. Ces images sont droites et plus petites que les objets.

XI. Les objets vus à travers un prisme paraissent toujours déviés vers son sommet.

XII. Lorsqu'un pinceau de lumière solaire traverse un prisme, on obtient sur un écran une image appelée *spectre solaire*, dans laquelle on distingue facilement sept nuances principales, qui sont le *rouge*, l'*orangé*, le *jaune*, le *vert*, le *bleu*, l'*indigo* et le *violet*.

XIII. Ces couleurs sont simples et inégalement réfrangibles. La formation du spectre est due à cette inégale réfrangibilité des rayons qui composent la lumière blanche.

XIV. Lorsque la lumière blanche a été décomposée par un prisme, on peut la recomposer de deux manières : 1° en ramenant au parallélisme, au moyen d'un second prisme, les rayons divergents du spectre solaire ; 2° en les réunissant tous au foyer d'une lentille biconvexe ou d'un miroir concave.

XV. Indépendamment des rayons lumineux, le spectre solaire contient encore des rayons calorifiques et des rayons chimiques. Ce spectre présente, en outre, dans sa partie visible, une multitude de *raies obscures*, où la lumière fait en partie défaut.

XVI. L'étude comparée du spectre solaire avec les spectres fournis par les lumières artificielles a conduit à la découverte d'une nouvelle méthode d'analyse chimique, dite *analyse spectrale*, douée d'une sensibilité merveilleuse et à laquelle nous devons la découverte de plusieurs métaux nouveaux, ainsi que la connaissance de quelques-uns des éléments qui entrent dans la composition de l'atmosphère du soleil.

## CHAPITRE XXVIII.

Structure de l'œil et vision. — Appareils et instruments d'optique. — Chambre noire. — Chambre claire. — Loupe ou microscope simple. — Microscope composé. — Microscope solaire. — Lunette astronomique. — Lunette de Galilée. — Télescope. — Phares. — Photographie.

### Structure de l'œil et vision.

407. *Structure de l'œil.* — L'œil (*fig. 278*) est un organe de forme sphéroïdale composé essentiellement de plusieurs enveloppes membraneuses et de milieux transparents à travers lesquels la lumière se réfracte.

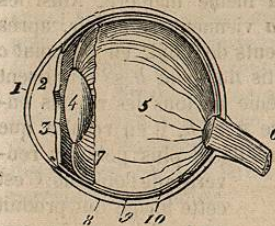


Fig. 278. Coupe verticale de l'œil.

1. Cornée transparente. — 2. Chambre antérieure. — 3. Iris. — 4. Cristallin. — 5. Humeur vitrée. — 6. Nerf optique. — 7. Procès ciliaires. — 8. Sclérotique. — 9. Choroïde. — 10. Rétine.

Les enveloppes de l'œil sont, en procédant de dehors en dedans, la *sclérotique* et la *cornée transparente*, la *choroïde* et la *rétine*. Cette dernière est une membrane nerveuse destinée à recevoir l'impression de la lumière.

Les milieux transparents sont, en procédant d'avant en arrière, l'*humeur aqueuse*, le *crystallin* et l'*humeur vitrée*.



L'espace compris entre la face postérieure de la cornée transparente et la face antérieure du cristallin est occupé par l'humeur aqueuse; cet espace est partagé en deux parties ou chambres (*chambre antérieure* et *chambre postérieure*), par une membrane ou diaphragme circulaire nommé *iris*, lequel est percé d'une ouverture centrale qui est la *pupille*. Cette ouverture par laquelle entre la lumière qui doit pénétrer jusqu'au fond de l'œil, se resserre à une lumière vive et se dilate au contraire dans l'obscurité ou à une lumière peu intense. Enfin derrière le globe de l'œil se trouve le nerf optique, dont la rétine n'est que l'épanouissement, et qui va se rendre dans le cerveau, où il s'entrecroise en partie avec celui du côté opposé, pour y transmettre la sensation de la lumière\*.

**408. Mécanisme de la vision.** — L'œil peut être assimilé à l'instrument d'optique connu sous le nom de *chambre noire* (414). La pupille est l'ouverture par laquelle pénètrent les rayons lumineux; la cornée transparente et le cristallin représentent la lentille qui produit l'image; la rétine forme l'écran qui la reçoit. Les objets extérieurs viennent en effet se peindre en petit sur la rétine, comme le représente la *fig. 279*, c'est-à-dire dans une position renversée. Nous avons expliqué plus haut (373) comment les lentilles biconvexes donnent les images réelles et renversées des objets situés au delà de leur foyer principal. L'image rétinienne se forme de la même manière. Ainsi les rayons lumineux partis du point *a* viennent se réunir, après avoir traversé les milieux réfringents de l'œil, en un point *c* situé sur la rétine; les rayons partis du point *b* se réunissent en *d*; et comme il en serait de même de tous les rayons envoyés par les points compris entre *a* et *b*, il en résulte que l'on aura sur la rétine une image réelle *cd* plus petite et ren-

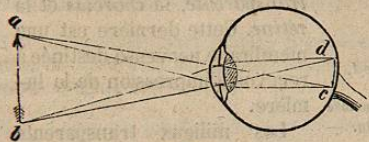


Fig. 279.

versée de l'objet *ab*. C'est cette image qui produit sur la rétine une impression que transmet au cerveau le nerf optique pour y donner la sensation de l'objet.

\* Voir pour plus de détails sur la structure de l'œil et de ses annexes, notre *Histoire naturelle*, page 101 et suiv.

Pour que la vision soit nette et précise, il faut que la rétine se trouve exactement à la distance focale de l'image. Cette distance, comme on le sait, varie avec celle de l'objet; et cependant l'œil possède la faculté merveilleuse de nous faire voir distinctement des corps placés à des distances très-différentes entre elles. L'explication de ce phénomène a pendant longtemps embarrassé les physiologistes; mais il est aujourd'hui démontré que le *pouvoir d'accommodation* de l'œil à des distances différentes tient uniquement à des *changements de courbure* des deux faces du cristallin, particulièrement de la face antérieure, laquelle se bombe de plus en plus à mesure que l'œil regarde un objet plus rapproché, et s'aplatit au contraire quand l'objet s'éloigne, de manière à maintenir constamment l'image sur la rétine.

Ces changements de courbure sont produits par la contraction et le relâchement successifs de fibres musculaires qui entourent le cristallin. On peut les constater directement en plaçant une bougie allumée devant l'œil d'une personne dont les pupilles sont dilatées, et en considérant attentivement les deux images de la flamme, l'une droite et l'autre renversée, produites par la réflexion de la lumière sur les deux faces du cristallin. Si la personne en expérience regarde d'abord un objet très-éloigné, et aussitôt après un objet situé à 20 ou 30 centimètres, on voit ces deux images se rapetisser immédiatement, la première un peu plus que la seconde, ce qui prouve que le cristallin est devenu plus convexe, principalement du côté de sa face antérieure.

**409. Distance de la vision distincte.** — Pour des corps d'un grand volume et suffisamment éclairés, la limite à laquelle nous pouvons les voir distinctement est l'infini; ainsi nous voyons les étoiles, dont l'éloignement est immense. Mais pour des objets de petite dimension, par exemple, pour des caractères d'écriture, il y a une distance déterminée à laquelle nous sommes obligés de les placer pour en avoir une perception nette. Cette distance est celle de la *vision distincte*; en deçà et au delà la perception est confuse.

**410. Presbytie et myopie.** — La distance de la vision distincte est d'environ 25 à 30 centimètres pour les vues ordinaires; mais il y a des individus qui ne peuvent voir distinctement les petits objets qu'à une distance beaucoup plus grande ou plus petite. Si la portée visuelle d'un observateur est de 50, 60 ou 80 centimètres, sa vue cesse d'être normale, et cette infirmité porte le



nom de *presbytie*; au contraire, si la portée visuelle est moindre que 20 centimètres, cette disposition constitue la *myopie*.

La *presbytie*, ainsi nommée parce qu'elle se développe ordinairement avec le progrès de l'âge (*πρεσβυς*, *vieillard*), résulte d'un affaiblissement du pouvoir d'accommodation, lequel ne permet plus au cristallin de prendre la convexité voulue pour que les images des objets rapprochés viennent se peindre exactement sur la rétine; ces images tendent alors à se produire *en arrière* de cette membrane et d'autant plus loin que l'objet est plus près de l'œil. On remédie à cette infirmité en plaçant devant les yeux des *verres convexes* qui augmentent convenablement le pouvoir réfringent de l'organe.

La *myopie* est ainsi nommée parce que les individus qui en sont atteints ont l'habitude de cligner, c'est-à-dire de fermer les yeux à demi (*μύω*, *je ferme*; *ὤψ*, *œil*). Ces individus ne peuvent distinguer les objets qu'à une distance très-rapprochée. La myopie dépend d'un excès de courbure de la cornée ou du cristallin, d'où résulte une trop grande convergence des faisceaux lumineux qui traversent les milieux de l'œil. L'image des objets éloignés ou situés à la distance de la vision normale, au lieu de se produire sur la rétine, se forme *en avant* de cette membrane, dans le corps vitré. On comprend dès lors la nécessité pour le myope de rapprocher beaucoup les objets de l'œil pour les voir distinctement. En effet, plus les objets seront près de l'organe, plus les rayons envoyés par chacun de leurs points seront divergents; leur image s'éloignera par conséquent de la face postérieure du cristallin et la vision sera nette quand cette image se formera sur la rétine. Il est des personnes qui, pour obtenir ce résultat, sont obligées de placer l'objet à 2 ou 3 centimètres seulement de leur œil. On remédie à la myopie au moyen de *verres concaves*, qui tendent à disperser la lumière et à diminuer par conséquent la trop grande convergence des rayons lumineux.

*Remarque.* — Lorsque nous fixons simultanément les deux yeux sur un même point lumineux, nous ne voyons, en général, qu'un seul point, malgré la formation des deux images. Pour obtenir cette unité d'impression, il est nécessaire que les deux yeux convergent exactement vers le point lumineux, afin que les deux images occupent sur les deux rétines des positions rigoureusement correspondantes. Dans le cas contraire, la sensation devient double, ainsi qu'il est facile de s'en convaincre en

exerçant sur l'un des yeux une légère pression, de manière à changer momentanément la direction de son axe.

Remarquons encore que l'impression produite sur la rétine par le contact de la lumière persiste pendant un certain temps après que ce contact a cessé. La durée de cette impression est en raison directe de sa vivacité. C'est pour cette raison qu'une lumière tournée avec rapidité nous représente un cercle de feu; que les rayons d'une roue marchant avec vitesse semblent se confondre et donnent la sensation d'un disque.

Enfin, nous voyons les objets droits, bien que leurs images sur la rétine soient renversées. Cela tient à ce que ce n'est pas l'image rétinienne que nous regardons (nous n'avons en effet aucun moyen de la voir), mais bien l'objet lui-même en suivant la direction des rayons lumineux qu'il nous envoie.

**Appareils et instruments d'optique. Chambre noire. Chambre claire.**

**Loupe ou microscope simple. Microscope composé, microscope solaire.**

441. *Chambre noire.* — La *chambre noire* ou *chambre obscure*, inventée au seizième siècle par Porta, a pour but de produire sur un tableau l'image réduite des objets extérieurs. Elle se compose (fig. 280) d'une grande caisse en bois ABCD, dont la partie supérieure est percée d'une ouverture dans laquelle est enchâssée

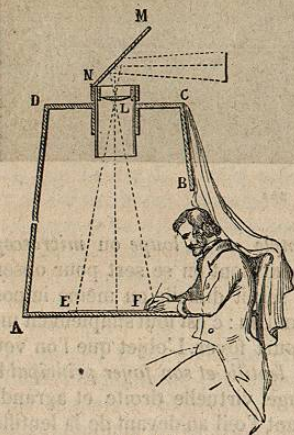


Fig. 280.

horizontalement une lentille convergente L. Au-dessus est un miroir plan MN dont on peut faire varier à volonté l'inclinaison. Ce miroir réfléchit sur la lentille les rayons lumineux partis des objets extérieurs, lesquels vont alors se peindre avec une admirable fidélité sur un tableau EF placé au fond de la caisse. Un dessinateur peut suivre facilement sur ce tableau les contours de l'image.

On remplace quelquefois le miroir et la lentille par un prisme triangulaire EFG (fig. 281), dont la face EF, tournée vers l'objet, est lé-



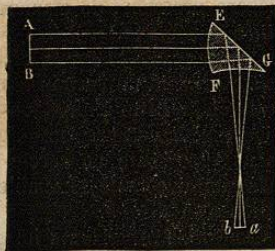


Fig. 281.

412. *Chambre claire.* — La *chambre claire*, inventée par Wollaston, a également pour but de donner une image fidèle des objets environnants. Elle est formée d'un petit prisme de verre à quatre faces, monté sur un pied vertical et dont les angles sont combinés de manière à produire une double réflexion totale qui projette l'image sur un écran placé horizontalement. Il suffit alors de suivre avec un crayon les contours de cette image pour en obtenir le dessin exact.

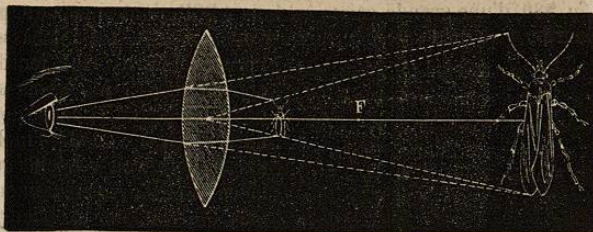


Fig. 282.

415. *Loupe ou microscope simple.* — La *loupe* ou *microscope simple* (fig. 282) est un instrument dont on se sert pour observer de très-petits objets, dont il serait difficile ou même impossible de distinguer les détails à l'œil nu : c'est tout simplement une lentille convergente d'un très-court foyer. L'objet que l'on veut examiner doit être placé *entre la lentille et son foyer principal F*, de manière à produire une image virtuelle droite et agrandie (392), que l'on regarde en plaçant l'œil au-devant de la lentille.

Il est facile de voir que le grossissement sera d'autant plus fort que l'objet sera plus éloigné de la loupe (dans les limites que nous avons indiquées) et que le foyer de celle-ci sera plus court. Ajoutons que, pour obtenir d'une loupe le meilleur effet, la distance de l'objet à la lentille doit toujours être telle que l'image se forme à la *distance minimum* de la vision distincte, c'est-à-dire de la distance à laquelle nous plaçons instinctivement les objets pour en voir le mieux possible les détails à l'œil nu. Le grossissement avec une même loupe sera donc plus grand pour un presbyte que pour un myope, puisque l'image virtuelle donnée par une lentille convergente grandit à mesure qu'elle s'en éloigne.

414. *Microscope composé.* — Le *microscope composé* est destiné à rendre visibles des objets que la loupe seule ne permettrait pas d'apercevoir ou de distinguer suffisamment dans leurs plus petits détails.

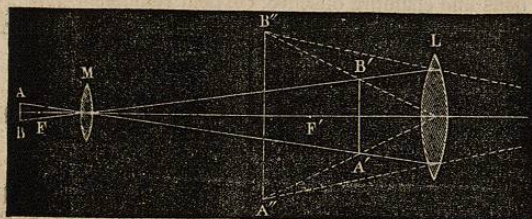


Fig. 283.

Cet instrument consiste essentiellement en deux lentilles convergentes, dont l'une M (fig. 283), d'un très-court foyer, est tournée vers l'objet et porte pour cette raison le nom d'*objectif*, tandis que l'autre L, placée près de l'œil, s'appelle *oculaire*. Pour se servir de cet instrument, on place l'objet AB que l'on veut examiner *au delà*, mais à une petite distance du foyer principal F de l'objectif, de manière à former une image B'A', réelle, renversée et agrandie, que l'on regarde avec l'oculaire *qui joue le rôle d'une loupe*. L'image B'A' doit donc tomber *en deçà* du foyer principal F' de l'oculaire, de manière à produire une seconde image, B''A'', virtuelle et amplifiée de nouveau. Cette deuxième image, droite par rapport à la première, mais renversée par rapport à l'objet, doit être vue par l'observateur à la distance minimum de sa vision distincte. On peut dire en ré-

Physique.



sumé que le microscope est une loupe avec laquelle on regarde non plus l'objet directement, mais son image réelle et agrandie donnée par une première lentille. Le grossissement est évidemment égal au *produit des grossissements de l'objectif et de l'oculaire*.

**415. Microscope solaire.** — Cet instrument a pour effet de projeter sur un tableau des images très-amplifiées d'objets extrêmement petits. Il se compose d'une lentille convergente qui reçoit les rayons du soleil et les concentre à son foyer. A une petite distance au delà de ce foyer, on place, entre deux lames de verre, l'objet dont on veut avoir l'image. En regard de cet objet ainsi éclairé d'une vive lumière, est une autre lentille convergente d'un très-court foyer, disposée de manière à donner une image renversée et très-amplifiée de l'objet. Cette image est reçue sur un mur ou sur un écran convenablement éloigné et placé dans une chambre obscure. On peut remplacer avec avantage la lumière solaire par la lumière électrique. L'instrument porte alors le nom de microscope *photo-électrique*.

**Lunette astronomique. — Lunette terrestre. — Lunette de Galilée.**  
— Télescope de Newton. — Phares.

**416. Lunette astronomique.** — Cette lunette, destinée à l'observation des astres, se compose essentiellement (*fig. 284*) de deux verres convergents, l'objectif et l'oculaire.

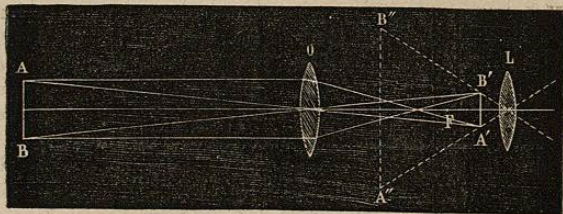


Fig. 284.

L'objectif O, dont la distance focale est assez grande, forme à son foyer principal une image B'A' renversée et très-petite de l'astre AB que l'on observe. Cette image doit tomber un peu en

*delà* du foyer principal F de l'oculaire L, dont la distance focale est plus petite que celle de l'objectif. Cet oculaire, qui fait ainsi l'effet d'une loupe, donne ensuite une image B''A'' virtuelle et très-amplifiée de l'image réelle B'A'. La lunette astronomique reproduit, comme on le voit, la disposition du microscope composé, mais avec cette différence que la distance de l'objet à l'instrument ne pouvant être changée, il est nécessaire que l'oculaire puisse se rapprocher ou s'éloigner de l'objectif, afin d'adapter l'instrument aux différentes vues.

Avec une bonne lunette astronomique, on peut obtenir un grossissement de 1000 à 1200; mais l'astre est toujours vu dans une position renversée, ce qui ne présente, il est vrai, aucun inconvénient sérieux pour les observations astronomiques.

**417. Lunette terrestre.** — La lunette terrestre ou *longue vue*, dont se servent particulièrement les marins, ne diffère de la lunette astronomique que par l'interposition entre l'objectif et l'oculaire de deux lentilles convergentes qui ont pour but de redresser l'image, c'est-à-dire de la faire paraître dans le même sens que l'objet, ce qui est indispensable pour l'observation des objets terrestres.

**418. Lunette de Galilée.** — La *lunette de Galilée* ou *lunette de spectacle* se compose (*fig. 285*) d'un objectif convergent M et d'un oculaire divergent L, placé entre l'objectif et son foyer principal.

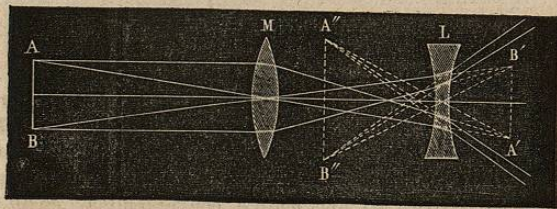


Fig. 285.

Si l'oculaire n'y mettait obstacle, un objet éloigné AB irait former son image réelle et renversée en B'A', un peu au delà du foyer principal de l'objectif. Mais, en traversant l'oculaire, les rayons lumineux émis par l'objet s'écartent de leurs axes respectifs, et prennent une direction telle que, prolongés en sens



contraire de leur direction, ils vont former en A'B' une image virtuelle et redressée. Cette image, pour être vue nettement, doit être à la distance de la vision distincte de l'observateur. Il en résulte que l'objet paraît beaucoup plus rapproché et légèrement grossi. L'écartement de l'oculaire et de l'objectif doit être à peu près égal à la *différence* de leurs distances focales principales, ce qui rend la lunette de Galilée beaucoup plus courte et plus commode que la lunette terrestre ou *longue-vue*, dont la longueur est toujours supérieure à la *somme* de ces mêmes distances. Toutefois, pour des objets très-éloignés, on préfère la longue-vue, parce qu'elle permet d'embrasser un champ plus étendu qu'avec la lunette de Galilée.

419. *Télescope de Newton.* — Les *télescopes*, qu'il ne faut pas confondre avec la lunette astronomique, bien qu'ils servent au même usage, sont des instruments avec lesquels on produit des images très-amplifiées des astres, en utilisant à la fois la réflexion et la réfraction.

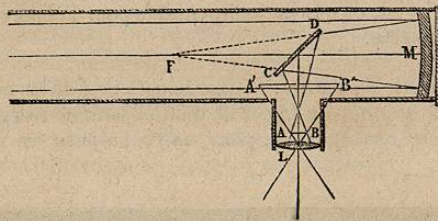


Fig. 286.

Le *télescope de Newton* (fig. 286) est formé d'un long tuyau en cuivre au fond duquel est un grand miroir concave M en métal. En regard de ce réflecteur est un petit miroir plan CD, incliné de 45° sur son axe, et placé en avant de son foyer principal F. L'oculaire est une lentille convergente L, enchâssée dans un petit tube latéral, en regard du miroir plan. L'image réelle, qui se formerait au foyer principal du réflecteur M, si le miroir plan n'existait pas, est réfléchi par ce miroir en AB, entre l'oculaire L et son foyer principal. Il en résulte que cet oculaire fait encore fonction de loupe pour donner en A'B' une image renversée et très-amplifiée de l'astre.

Le *télescope de Newton* a été perfectionné par Foucault. Cet habile physicien a remplacé le miroir en métal, dont la surface est sujette à se ternir sous l'influence de l'air humide, par un miroir de verre argenté chimiquement. Il a de plus substitué à l'oculaire simple un microscope composé qui permet d'obtenir un plus fort grossissement.

420. *Phares.* — L'emploi de la lumière pour guider les navigateurs pendant la nuit remonte à la plus haute antiquité. On citait comme une des sept merveilles du monde le fanal élevé sur la petite île de *Pharos*, voisine du port d'Alexandrie, sous le règne de Ptolémée Philadelphe. De là vient le nom donné depuis à tous les appareils semblables.

Les anciens phares, dits *phares de réflexion*, se composaient d'un miroir sphérique ou parabolique en métal poli, au foyer duquel était placée une forte lampe. Ces phares sont aujourd'hui remplacés presque partout par des appareils à verres lentillaires ou *phares à réfraction*, beaucoup plus puissants et moins dispendieux, inventés au commencement de ce siècle par Fresnel, le créateur de l'optique moderne.

Nous avons vu plus haut (391) que les rayons lumineux partis d'un point situé au foyer d'une lentille convergente forment, après avoir traversé la lentille, un faisceau de lumière parallèle à l'axe principal. Mais il faut pour cela que le diamètre de la lentille soit suffisamment petit par rapport aux rayons de courbure de ses deux faces ou, en d'autres termes, que l'*ouverture* de la lentille ne soit pas trop grande. Dans le cas contraire, les rayons réfractés formeraient, en grande partie, un faisceau divergent dont l'intensité diminuerait rapidement avec la distance. Or, c'est précisément là ce qu'il faut éviter dans la construction d'un phare, où il est cependant nécessaire, pour obtenir un éclairage intense, d'employer des lentilles d'une grande étendue superficielle.

Cette difficulté a été heureusement tournée par Fresnel, au moyen des lentilles dites *annulaires* ou à *échelons*, qui, tout en présentant une large surface, réfractent néanmoins dans des directions sensiblement parallèles tous les rayons émis par une source de lumière placée à leur foyer.

La figure (287) représente la section d'une de ces lentilles. A est une lentille plan-convexe dont l'ouverture est d'environ 45 degrés, et qui est entourée

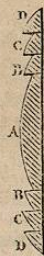


Fig. 287.



d'une série d'anneaux B, C, D, dont les surfaces convexes sont calculées de façon que le foyer de chaque anneau coïncide avec le foyer de la lentille centrale. Il résulte de cette disposition que si une lumière intense est placée au foyer d'une telle lentille, tous les rayons lumineux formeront, après l'avoir traversée, un large faisceau parallèle qui, par un temps clair, pourra pénétrer à de très-grandes distances, son intensité ne s'affaiblissant que par son passage à travers l'atmosphère.

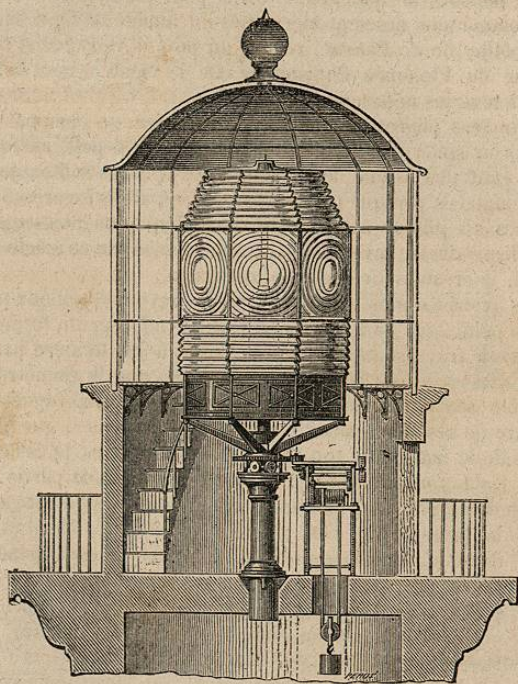


Fig. 288.

C'est sur ce principe que repose la construction des phares modernes ou à réfraction. Dans les phares de premier ordre, qui peuvent éclairer la côte jusqu'à 15 ou 20 lieues en mer,

la source de lumière est une lampe Carcel à quatre ou cinq mèches concentriques\*.

Autour de la flamme sont disposés, à une égale distance et à la même hauteur, plusieurs lentilles annulaires (fig. 288), de forme identique, d'où partent autant de faisceaux de lumière parallèles. Pour que ces divers faisceaux puissent éclairer successivement tous les points de l'horizon, un mécanisme d'horlogerie fait tourner le système de lentilles autour de son axe vertical où se trouve la flamme.

Un observateur placé à une grande distance aperçoit le feu chaque fois qu'un faisceau lumineux passe devant lui; puis il cesse de le voir jusqu'au moment où la lentille suivante lui ramène un nouveau jet de lumière. Chaque apparition du feu se trouve ainsi suivie d'une éclipse dont la durée dépend de la vitesse de rotation de l'appareil et du nombre de ses lentilles.

Telle est la disposition des *phares à éclipses* ou à *feux tournants*. Quand plusieurs de ces phares sont situés à proximité sur une même côte, on fait varier pour chacun d'eux la durée et la succession de leurs éclipses, ce qui permet aux navigateurs de les distinguer l'un de l'autre, et de reconnaître ainsi le point de la côte qui est en vue.

Les phares qui n'ont pas besoin d'une très-longue portée, par exemple, ceux qui servent à signaler l'entrée d'un port ou l'embouchure d'un fleuve, sont généralement à *feux fixes*. Leur lampe, au lieu d'être entourée de plusieurs lentilles, est alors placée dans l'axe d'un cylindre lenticulaire, d'où s'échappe en divergeant une large nappe de lumière, qui éclaire à la fois tous les points de l'horizon.

\* Quelques phares, entre autres celui du cap de la Hève, près du Havre, sont maintenant éclairés par la lumière électrique, obtenue au moyen de la machine magnéto-électrique de Nollet. Cette machine n'est autre chose qu'un assemblage de plusieurs appareils de Clarke (332) disposés circulairement sur un bâti de fonte autour d'un arbre horizontal en fer, lequel porte de nombreuses bobines dont l'axe est occupé par un cylindre creux en fer doux. Ces bobines communiquent toutes entre elles, et sont mises en mouvement par une machine à vapeur, qui les fait passer successivement devant les pôles de puissants faisceaux magnétiques en fer à cheval fixés au pourtour de l'appareil sur plusieurs rangées transversales. De là résulte une succession rapide de courants induits, qui, convenablement recueillis et dirigés, donnent une lumière des plus vives.



## Photographie.

421. *Photographie.* — La photographie, ou l'art de fixer les images produites par la lumière, a été inventée en 1824 par un physicien français nommé Nicéphore Niepce, et perfectionnée d'abord par Daguerre, à qui l'on doit la photographie sur plaque ou *daguerréotypie*. Quelques années après, un chimiste anglais, Fox Talbot, fit connaître la *photographie sur papier*, que nous décrirons seulement ici, attendu qu'elle a aujourd'hui remplacé presque partout la photographie sur plaque. Nous nous bornerons à rappeler que la photographie sur plaque se composait de quatre opérations principales, savoir : 1<sup>o</sup> le dépôt sur une lame de cuivre plaquée d'argent d'une couche mince d'iodure d'argent sensible à la lumière, 2<sup>o</sup> l'exposition de la plaque dans une chambre noire; 3<sup>o</sup> l'exposition de la plaque aux vapeurs mercurielles pour faire apparaître l'image; 4<sup>o</sup> le lavage de la plaque dans une dissolution d'hyposulfite de soude pour fixer l'image.

422. *Photographie sur papier.* — La photographie sur papier comprend deux opérations distinctes et successives : la première a pour objet d'obtenir une épreuve dite *negative*, dans laquelle les parties éclairées du modèle sont représentées par des teintes noires, et les ombres par des blancs; la seconde a pour but de former avec cette première épreuve une seconde image dite *positive*, sur laquelle les clairs et les ombres sont replacés dans leur situation naturelle.

*Épreuve négative.* — Pour obtenir l'épreuve négative, on prend une plaque de verre sur laquelle on étend une légère couche de collodion\* ou d'albumine, contenant en dissolution de l'iodure et du bromure d'ammonium ou de potassium et de l'iodure de cadmium; on la laisse égoutter, puis on la plonge dans une solution d'azotate d'argent, afin d'obtenir par double décomposition une couche d'iodure et de bromure d'argent. La plaque de verre étant ainsi préparée, on la porte dans une chambre noire particulière, connue sous le nom de *daguerréotypie*.

\* Le collodion est une dissolution de fulmicoton dans un mélange d'alcool et d'éther.

Cet instrument (*fig. 289*) se compose d'une caisse rectangulaire en bois G, qui est fixe, et d'un tiroir D. La face antérieure de la caisse porte un gros tube en cuivre dans lequel est enchâssé un objectif convergent et achromatique, que fait mouvoir un bouton à tige K.

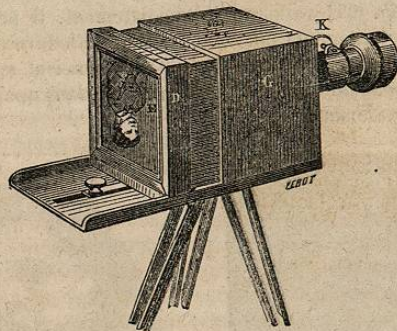


Fig. 289.

Cet objectif est lui-même formé de deux lentilles A et B (*fig. 290*) que l'on peut rapprocher ou écarter l'une de l'autre au moyen d'une crémaillère et du bouton K : disposition qui, en permettant de faire varier à volonté les distances focales, a pour avantage d'agrandir le champ de l'instrument et de concentrer sur l'image une lumière plus intense. La face postérieure du tiroir est formée par un écran de verre dépoli, fixé dans un cadre en bois E (*fig. 289*) qui s'enlève à volonté.

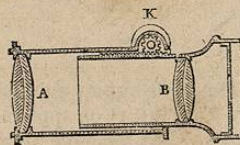


Fig. 290.

On place l'objet dont on veut obtenir le dessin de manière à l'éclairer convenablement, et on dirige vers lui l'instrument. Puis, au moyen du tiroir et du bouton K que l'on fait mouvoir convenablement, on met l'écran au foyer de l'objectif; ce qui a lieu lorsque l'image renversée de l'objet vient se peindre avec netteté sur sa surface. Le foyer étant ainsi trouvé, on enlève le cadre E avec son écran, et on le remplace par une boîte en bois qui renferme la plaque de verre iodurée. On soulève alors un petit volet à coulisse, et l'image, qui tout à l'heure se formait sur l'écran, tombe actuellement sur la plaque de verre.