

donne la sensation de l'existence d'une source lumineuse à l'infini; — un faisceau $HIMM'$ (fig. 124, II) qui est divergent depuis son passage sur une surface quelconque ZZ' jusqu'à l'œil, quelles que soient sa forme et sa direction antérieures, produit, pour la vision, le même effet que s'il venait sans changement du sommet géométrique A du cône auquel il appartient et donne l'impression d'un point lumineux qui serait situé à ce sommet; l'observateur voit un point lumineux à ce sommet quoique, en réalité, il n'y ait rien du tout.

351. Forme des faisceaux incidents. — Les instruments d'optique dont nous aurons à nous occuper ont pour effet, sinon pour but, de modifier la forme des faisceaux qui les traversent; un observateur qui utilise un de ces instruments ne voit donc pas la source lumineuse comme elle est en réalité, comme il la verrait par l'action des faisceaux qu'elle émet directement.

Le faisceau qui arrive sur un instrument d'optique est appelé *faisceau incident*: une remarque analogue à celle que nous venons de faire pour l'œil nous permet de conclure que les modifications que subira ce faisceau dans l'instrument ne dépendent que de la forme et la position du faisceau à l'incidence même et non de la forme et de la direction qu'il avait à quelque distance, forme qui a pu être modifiée par le passage à travers un autre instrument placé avant celui que nous considérons.

Plusieurs cas sont à considérer suivant que le faisceau incident est parallèle, divergent ou convergent.

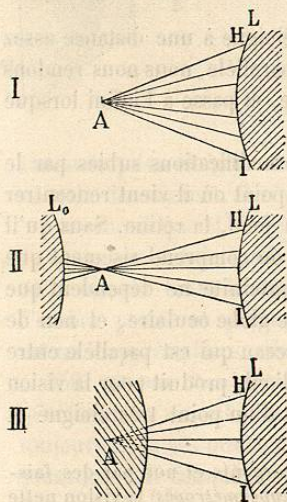


Fig. 125.

était un point lumineux; 3° enfin, si le faisceau sort en divergeant d'un autre appareil (fig. 125, III): d'après ce que nous avons dit, l'effet est le même que si cet autre appareil n'existait pas et que la lumière vint

directement d'un point lumineux A situé au sommet du cône qui constitue le faisceau divergent considéré. Donc, dans les trois cas, l'effet est le même que si la lumière partait directement du sommet du cône; considéré à ce point de vue, le sommet d'un cône divergent arrivant sur un instrument est appelé *point lumineux réel*, parce que tout se passe comme s'il existait réellement, effectivement, un point lumineux à ce sommet.

Le faisceau incident est convergent seulement dans le cas où l'instrument considéré L (fig. 126) rencontre avant son sommet, dans sa partie convergente, par conséquent, un faisceau qui sort en convergeant d'un autre appareil. Le faisceau incident est caractérisé, déterminé par la position de son sommet A , qui se trouve être seulement une donnée géométrique puisque le faisceau considéré est intercepté avant ce point.

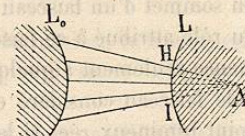


Fig. 126.

Considéré à ce point de vue, par analogie avec ce que nous avons dit dans le cas du faisceau divergent, mais en tenant compte de la différence capitale entre ces deux cas, ce sommet est appelé *point lumineux virtuel*.

352. Forme des faisceaux émergents. — Le faisceau qui sort d'un instrument d'optique et qui, presque toujours, doit pénétrer dans l'œil d'un observateur, est dit *faisceau émergent*: il émane primitivement d'un point lumineux A (fig. 127) situé à une distance finie ou infinie. A son émergence, il peut être divergent, parallèle ou convergent.

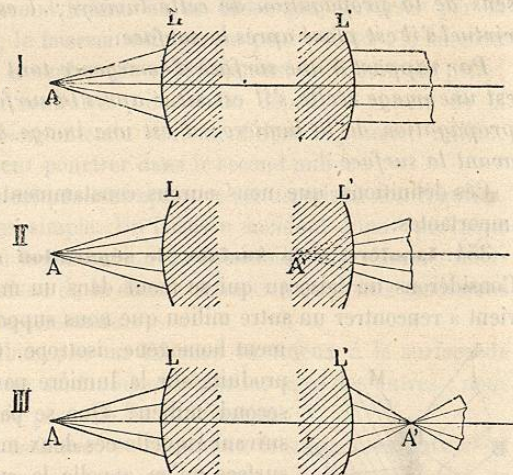


Fig. 127.

Si le faisceau émergent sort en divergeant (II) et arrive à l'œil d'un observateur, celui-ci croira voir un point lumineux au sommet A' du cône; ce point est dit *l'image* fournie par l'instrument du point A d'où émane effectivement la lumière.

Si le faisceau émergent est parallèle (I), l'observateur sera impressionné comme si la lumière venait de l'infini; on dira alors encore qu'il y a une image, mais qu'elle est située à l'infini.

Si le faisceau émergent est convergent (III), l'observateur devra, dans

le cas d'un œil normal (350), se placer au delà du sommet A' : il sera impressionné comme si la lumière venait de ce point qui sera dit également l'image fournie par l'instrument du point d'où émane la lumière.

Il existe une différence entre le premier et le troisième cas, différence qui consiste en ce que, dans le premier, le faisceau émergent est divergent, et qu'il est convergent dans le troisième. Pour caractériser cette différence, on dit que l'image est *virtuelle* dans le premier cas (II), qu'elle est *réelle* dans le troisième (III).

353. — Il importe de remarquer que la nature (réalité ou virtualité) du sommet d'un faisceau n'est pas nécessairement absolue, mais dépend du rôle attribué à ce faisceau. Le sommet d'un cône divergent, qui commence seulement à quelque distance de ce point, est une image virtuelle si le faisceau considéré est un faisceau émergent; il joue le rôle d'un point lumineux réel si le faisceau considéré est incident par rapport à une surface sur laquelle il va tomber.

On peut résumer les indications et les définitions précédentes de la façon suivante :

Par rapport à une surface d'incidence tout sommet d'un faisceau est un point lumineux réel s'il est situé avant cette surface dans le sens de la propagation de cette lumière; il est un point lumineux virtuel s'il est placé après la surface.

Par rapport à une surface d'émergence tout sommet d'un faisceau est une image réelle s'il est situé après la surface dans le sens de la propagation de la lumière; il est une image virtuelle s'il est placé avant la surface.

Ces définitions, que nous aurons constamment à appliquer, sont très importantes.

354. **Lumière à la surface de séparation de deux milieux.** — Considérons un faisceau qui se meut dans un milieu homogène et qui vient à rencontrer un autre milieu que nous supposons aussi physiquement homogène, isotrope. Quels seront les effets produits sur la lumière par sa rencontre avec le second milieu? Que se passera-t-il à la surface suivant laquelle ces deux milieux sont en contact, surface qu'on appelle la *surface de séparation* des deux milieux? L'expérience seule peut renseigner à cet égard, et voici ce que l'on observe dans le cas le plus général :

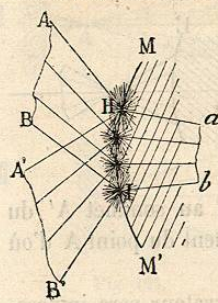


Fig. 128.

Soit AHBI (fig. 128) un faisceau incident, de forme quelconque d'ailleurs, qui coupe en HI la surface de séparation MM' des deux milieux considérés. Au delà de cette surface, dans le second milieu, il existe un faisceau HIab ayant pour base la section HI et dont, en général, la forme

et la direction sont différentes de ce qu'elles étaient dans le faisceau incident : c'est le *faisceau réfracté*.

Il y a, d'autre part, dans le premier milieu, un faisceau HIA'B' ayant même base HI, et dans lequel la lumière s'éloigne de cette base tandis qu'elle s'en rapprochait dans le faisceau incident : ce faisceau est dit *faisceau réfléchi*.

Enfin, de plus, tous les points de HI envoient dans toutes les directions, de la lumière, comme le feraient des points lumineux; cette lumière, qui ne peut être considérée comme constituant des faisceaux, est dite *lumière diffusée*.

Les actions qui produisent ainsi le partage de la lumière incidente en trois sont appelées respectivement : *réfraction, réflexion, diffusion*. Nous aurons à les étudier successivement.

Ces actions n'existent pas toujours toutes : c'est ainsi que la réfraction et la réflexion exigent pour se produire que la surface de séparation soit polie, tandis que la diffusion ne se manifeste pas alors, et qu'elle est d'autant plus nette que la surface est plus rugueuse; si la surface est dans un état intermédiaire au poli et au dépoli, les trois actions se manifestent, inégalement en général.

D'autre part, si le second milieu ne se laisse pas traverser par la lumière, s'il est opaque, le faisceau réfracté ne peut exister : le faisceau réfléchi se manifeste, si la surface de séparation est suffisamment polie; si celle-ci présente, au contraire, un certain dépoli, il y aura de la lumière diffusée, mais bien entendu seulement dans le premier milieu, puisque la lumière ne peut pénétrer dans le second milieu.

Si le second milieu n'est pas isotrope, si c'est un cristal non régulier, le phénomène est moins simple. Un faisceau incident donné provoque dans le deuxième milieu la production de deux faisceaux réfractés différents; c'est là le phénomène de la double réfraction que nous étudierons seulement d'une manière sommaire.

Les modifications subies par un faisceau lumineux à la surface de séparation de deux milieux sont indépendantes les unes des autres : nous commencerons leur étude par celle de la diffusion.

355. **Diffusion de la lumière.** — Lorsqu'un faisceau lumineux vient rencontrer une surface qui n'est pas absolument polie, chaque point de cette surface envoie de la lumière comme s'il était un point lumineux, dans toutes les directions si le second milieu est transparent, dans un sens seulement, dans le premier milieu seulement si le second milieu est opaque; c'est cet éparpillement des rayons lumineux, pour ainsi dire, qui constitue la diffusion.

Au point de vue de l'optique géométrique qui ne considère que la direction, il ne saurait être question des lois relatives à la diffusion, car le caractère même de ce phénomène, c'est que quelles que soient

la forme et la direction du faisceau incident, *tous* les points de la surface de séparation rencontrés par ce faisceau envoient de la lumière dans *toutes* les directions. Il n'y aurait donc pas à s'arrêter à ce phénomène si son existence ne donnait l'explication d'effets très importants et qu'on observe fréquemment : nous en signalerons quelques-uns.

Considérons une lame transparente à faces très polies, une lame de glace bien propre MM' (fig. 129) placée sur le trajet d'un faisceau lumineux AA'BB' dans une pièce dans laquelle il n'existe aucune source de lumière et soit un observateur placé en O. Conformément à ce que nous

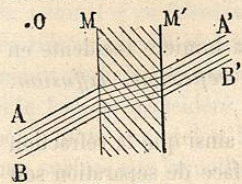


Fig. 129.

avons dit (344), cet observateur ne sera pas impressionné par le faisceau lumineux ; il ne le verra pas ; rien non plus ne l'avertira de l'existence de la lame de glace. Recouvrons maintenant cette lame d'une feuille de papier, aussitôt l'observateur verra se dessiner une tache lumineuse qui correspondra à l'intersection de cette feuille avec le faisceau : le papier est un corps diffusif, recevant de la lumière dans une direction déterminée ; il la renvoie, il la diffuse dans *toutes* les directions : il y aura donc de la lumière qui arrivera à l'observateur O et qui fera naître en lui la sensation lumineuse.

Soit un point lumineux, un corps lumineux, que regarde un observateur placé à quelque distance : interposons un corps transparent, une lame de glace polie et propre. L'existence de cette lame, si elle est mince, modifiera très peu, comme nous le dirons (404), la marche de la lumière, et le faisceau arrivant à l'œil de l'observateur n'étant pas changé, la sensation restera la même : l'observateur ne se rendra pas compte de la présence de cette lame. Remplaçons la lame de glace par une lame de verre dépolie, ou simplement recouvrons-la par une feuille de papier : la lumière alors n'est plus transmise directement, le faisceau incident ne peut traverser le corps qu'il rencontre, il n'arrive pas à l'œil en tant que faisceau ; mais la surface de séparation est diffuse, et chacun de ses points envoie de la lumière dans toutes les directions ; l'observateur recevra donc de la lumière de chacun des points de la lame qu'il verra ainsi dans toute son étendue, tandis qu'il ne verra plus la source lumineuse. On sera donc averti de l'existence de cette source par l'éclaircissement de la lame, mais on ne sera pas renseigné sur sa forme et sa position.

Les corps qui sont ainsi diffusifs du côté opposé à celui où vient la lumière sont dits corps *translucides*.

Si la lame de glace n'était pas absolument polie, sans cependant être dépolie, les deux phénomènes se produiraient à la fois : on verrait la source lumineuse par la partie de lumière transmise ; mais en même temps on verrait la lame elle-même par la lumière diffusée.

356. — L'emploi de lames translucides est nécessaire pour montrer à un auditoire l'existence de faisceaux lumineux et les modifications de forme qu'ils présentent. Un faisceau ne produit la sensation lumineuse que pour les observateurs dans les yeux de qui il peut pénétrer, et ils sont nécessairement en petit nombre. Mais si on les coupe par un écran translucide, ils donnent des taches lumineuses visibles dans toutes les directions. L'écran peut d'ailleurs avoir une position quelconque par rapport au faisceau : souvent on le place perpendiculairement à celui-ci et on a alors la forme de la section : nous trouvons quelquefois avantage à le placer longitudinalement, ce qui renseigne mieux sur la nature du faisceau et donne de la marche des rayons ou des faisceaux lumineux un dessin lumineux conforme aux figures explicatives que l'on trace au tableau ou sur le papier.

Lorsqu'un instrument d'optique donne une image réelle (352) d'un point lumineux, en plaçant au sommet du cône convergent un écran diffusif, on obtient une tache lumineuse très petite qui peut être vue par un observateur, quelle que soit la position de celui-ci. Si l'écran n'est pas exactement au sommet, la tache lumineuse, au lieu d'être réduite à un point, a des dimensions d'autant plus grandes que l'écran est plus éloigné du sommet : ces taches, qui ordinairement sont circulaires, sont appelées *cercles de diffusion*.

On considère les objets lumineux comme formés par la réunion de points lumineux. Si à chacun des points lumineux correspond sur un écran une image réelle réduite à un point, l'ensemble de ces points donnera une image *nette* de l'objet ; mais, si à chaque point de l'objet correspond un cercle de diffusion, l'image cessera d'être nette par suite de l'empiètement réciproque de ces taches lumineuses, et l'image sera d'autant moins nette que les cercles de diffusion seront plus grands, d'autant moins nette, par conséquent, que l'écran sera plus éloigné des sommets des cônes.

357. — Nous avons dit qu'un observateur n'éprouve aucune sensation lorsqu'il est placé latéralement par rapport à un faisceau lumineux qui passe devant lui. Si, cependant, on fait l'expérience, on voit dans l'air une trace lumineuse qui fait connaître l'existence et la forme du faisceau, ce qui semble en contradiction avec ce que nous avons indiqué. En réalité la contradiction n'existe pas ; l'atmosphère dans laquelle nous vivons n'est pas seulement, en effet, le mélange gazeux étudié en chimie : elle contient en suspension de nombreuses particules solides, particules qui sont diffusives et envoient de la lumière dans toutes les directions. Ce n'est donc pas le faisceau que nous voyons, mais les particules solides qui sont sur son trajet, les particules solides éclairées par lui. On reconnaît aisément qu'il en est bien ainsi, car si, par un procédé quelconque, on augmente le nombre de ces particules, soit en projetant directement

des poussières légères sur le trajet du faisceau, soit en y amenant de la fumée, le faisceau devient beaucoup plus visible.

L'existence de la diffusion soit sur les particules de l'atmosphère, soit sur les parois d'une chambre, soit sur les corps qui s'y trouvent, explique

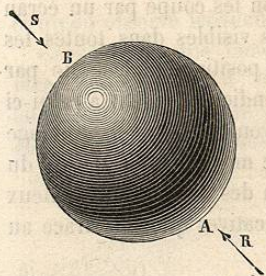


Fig. 130.

que lors même que cette chambre est éclairée par une seule fenêtre ou par une seule lumière, il n'y a aucune partie qui soit absolument dans l'ombre, qui soit absolument obscure : quelle que soit la position d'un point, celui-ci reçoit toujours de la lumière, soit directement, soit après diffusion sur les particules de l'atmosphère. C'est ce qui explique qu'une sphère opaque éclairée par de la lumière arrivant suivant S présente à la partie opposée en A (fig. 130) une région qui n'est pas absolument dans l'ombre : la lumière diffusée dans l'atmosphère produit le même effet que s'il y avait une source lumineuse envoyant de la lumière suivant R.

338. — L'effet produit par les particules solides en suspension dans l'atmosphère a été utilisé pour reconnaître l'absence ou la présence de poussières et de germes dans l'air. Tyndall, voulant, dans une série d'expériences, opérer sur des gaz ne contenant aucun corps en suspension, renfermait ces gaz dans un récipient rectangulaire (fig. 131) dont les parois étaient enduites de glycérine : peu à peu, des particules se déposaient sur ces parois et y restaient adhérentes. Pour savoir à quel moment le gaz serait absolument purifié, trois ouvertures munies de glaces, M, N, P, étaient pratiquées sur les parois de la caisse ; un faisceau de lumière était envoyé par l'ouverture M et sortait en N pendant qu'un observateur placé en O regardait par l'ouverture latérale P.



Fig. 131.

Tant que cet observateur voyait le faisceau, c'est qu'il y avait diffusion et, par suite, qu'il existait des particules en suspension ; mais on pouvait être assuré que celles-ci avaient complètement disparu lorsque, malgré le passage de la lumière de M en N, l'observateur ne voyait rien, n'éprouvait aucune sensation lumineuse. Un procédé entièrement analogue et sur lequel il n'est pas nécessaire d'insister a été employé pour étudier et comparer les divers procédés de filtration de l'eau, et reconnaître si une eau filtrée contient ou non des particules solides en suspension.

339. — Lorsqu'un corps translucide est éclairé par une masse lumineuse, il diffuse de la lumière de l'autre côté et se comporte par rapport aux autres corps comme le ferait une source lumineuse : il peut donner naissance à des cônes d'ombre et de pénombre.

Les remarques que nous avons faites relativement aux modifications de forme que subit le cône d'ombre suivant les dimensions relatives du corps éclairant et du corps opaque sont entièrement applicables ici.

Cette observation est intéressante en ce qu'elle donne l'explication de faits qui sont observés en chirurgie ; par exemple dans les cas d'hydrocèle, tumeur constituée par une collection de sérosité dans les bourses, on a noté quelquefois que, en éclairant la tumeur par transparence, on n'était point averti de la présence du testicule, corps opaque placé dans la sérosité, alors que la constatation de sa présence était utile pour le traitement à instituer ; dans d'autres circonstances, la formation d'une ombre sur la paroi regardée par l'observateur ne laissait aucun doute sur la présence du testicule.

L'explication est simple : par rapport au testicule TT' (fig. 132) et à la paroi CD regardée par l'observateur, la source lumineuse n'est

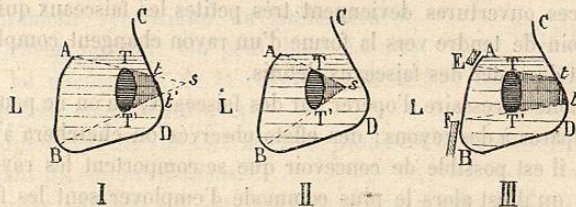


Fig. 132.

pas la lumière L placée derrière les bourses, mais la paroi postérieure AB de la tumeur, paroi translucide et diffusive ; c'est cette surface éclairée, plus grande que le corps opaque, qui donne naissance aux cônes d'ombre et de pénombre : le cône d'ombre est alors convergent, et suivant que la paroi antérieure, regardée par l'observateur, coupe ce cône avant son sommet (I) ou est placée après (II), il y a ou il n'y a pas d'ombre portée ; dans ce dernier cas, il n'y a qu'une pénombre répandue sur toute la paroi antérieure et qui ne permet de rien conclure.

L'explication précédente donne le moyen de lever le doute lorsque ce cas se présente : en effet, en restreignant l'étendue de la source lumineuse, ici la paroi postérieure, on allonge le cône d'ombre et on peut l'amener à rencontrer la paroi antérieure et à y projeter une ombre. Pour réaliser cette condition, il suffit de placer entre la source de lumière et la paroi postérieure un écran opaque EF (III) percé d'une ouverture de 2 centimètres de diamètre qui limite la partie éclairée de la paroi postérieure.

Il est vrai que, par là même, on diminue la quantité de lumière, ce qui peut être un inconvénient. On évite cet inconvénient en interposant entre la source de lumière et la paroi postérieure de la tumeur une lentille convergente (420) qui donne un faisceau limité produisant sur cette paroi une partie lumineuse dont on restreint à volonté l'étendue.