

dans le plan principal N , de telle sorte que le point B soit sur l'axe, l'image $A'B'$ sera dans le plan principal N' , le point B' étant également sur l'axe. Les images étant égales, les points A et A' sont à la même distance de l'axe; donc tous les rayons incidents qui passent au point A de l'objet correspondent à des rayons émergents qui passent au point A' , c'est-à-dire à la même distance de l'axe. Ces points A et A' étant dans les plans principaux, la proposition se trouve ainsi démontrée.

418. Discussion des lentilles. — Nous avons maintenant tous les éléments pour faire la discussion des lentilles, c'est-à-dire pour étudier les différents cas qui peuvent se présenter lorsque l'objet occupe successivement toutes les positions possibles. Cette discussion conduit à des résultats différents suivant qu'il s'agit de lentilles convergentes ou divergentes; mais il est quelques remarques générales qui s'appliquent aux deux espèces et dont la connaissance simplifie la discussion détaillée. C'est par elles que nous commencerons :

La construction s'applique de la même façon quelle que soit la position de la ligne AB par rapport à la lentille; mais physiquement les conditions sont différentes suivant que, la lumière venant toujours de la gauche, par exemple, la ligne AB est à gauche ou à droite de la lentille, ou en précisant à gauche ou à droite de la première face P_1 .

Si l'objet est à gauche, la lumière émanée des divers points de cet objet et se propageant vers la gauche forme des faisceaux divergents : c'est le cas d'un objet effectif, réel.

Mais si la ligne AB est à droite de P_1 avec le même sens de propagation de la lumière, ce ne peut être un objet qui occupe cette position, et cela revient à considérer des faisceaux qui venant de la gauche ont leurs sommets aux divers points de AB , des faisceaux convergents, par conséquent, qui sont arrêtés avant leurs sommets par la face P_1 ; AB est alors ce que nous avons appelé un objet virtuel.

La première face P_1 de la lentille divise donc l'espace en deux parties correspondant : celle située à gauche, aux objets effectifs, réels; celle située à droite, aux objets virtuels.

D'une manière analogue, avec le sens que nous admettons pour la propagation de la lumière, les images réelles correspondent à des faisceaux qui sortent en convergeant de la lentille, à des faisceaux dont les sommets sont à droite de la deuxième face P_2 de la lentille. Les images virtuelles, au contraire, correspondent à des faisceaux qui sortent en divergeant de la lentille, à des faisceaux dont les sommets sont à gauche de cette même face P_2 .

La deuxième face P_2 de la lentille divise donc l'espace en deux parties correspondant : celle située à droite, aux images réelles; celle située à gauche, aux images virtuelles.

L'image de AB devant toujours se trouver limitée aux lignes XX'

et SS' (fig. 208 et 213), comme nous l'avons dit, l'image sera droite toutes les fois qu'elle se fera dans l'angle formé par la partie de la caractéristique qui est au-dessus de l'axe XX' ; l'image sera renversée, au contraire, toutes les fois qu'elle se fera dans l'angle formé avec l'axe par la partie de la caractéristique qui est au-dessous de cet axe. On voit donc que :

Le plan focal F' divise l'espace en deux parties telles que dans l'une les images sont droites et dans l'autre elles sont renversées.

Lorsque, d'autre part, l'image est dans le plan principal P' ou dans le plan antiprincipal Q' , elle est égale à l'objet (droite ou renversée); devant être limitée toujours par l'axe XX' et par la caractéristique, elle sera plus petite que l'objet lorsqu'elle sera comprise entre chacun de ces plans et le sommet F' des angles, c'est-à-dire lorsqu'elle sera comprise entre les plans P' et Q' , puisque le point F' est toujours situé entre ces mêmes plans; l'image au contraire sera plus grande que l'objet si elle est située plus loin du foyer que chacun des plans P' et Q' , c'est-à-dire si elle n'est pas comprise entre ces plans. Il résulte de ces remarques que :

Le plan principal P' et le plan antiprincipal Q' divisent l'espace en trois parties; dans la partie médiane comprise entre ces plans l'image est diminuée, plus petite que l'objet; dans les parties situées en dehors de ces plans elle est agrandie, plus grande que l'objet.

419. — Nous connaissons les diverses propriétés de l'image, suivant la position qu'elle occupe. Il faut maintenant indiquer comment est déterminée cette position suivant les diverses conditions dans lesquelles se trouve l'objet. On arrive aisément à des indications générales, par les remarques suivantes.

Les plans principaux N et N' sont conjugués : considérons que l'objet se trouve en N , l'image est en N' . Si l'objet se déplace de N vers le foyer correspondant F , l'image se déplace dans le même sens de N' vers l'infini; si, au contraire, l'objet se déplace de N vers l'infini, l'image se déplace dans le même sens de N' jusqu'au foyer F' , puisque le plan focal F' est conjugué de l'infini.

Si l'objet est dans le plan antiprincipal Q , son image est dans le plan antiprincipal Q' , conjugué de Q . Lorsque, partant de cette position, l'objet se dirige vers le plan focal F , l'image se déplace dans le même sens, jusqu'à l'infini. Enfin si, ramené en Q , l'objet se déplace vers l'infini, l'image se déplace dans le même sens jusqu'au plan F' , qui est conjugué de l'infini.

On voit ainsi que trois plans Q , F et N limitent dans l'espace quatre régions dans lesquelles on est conduit à considérer successivement l'objet et que, à ces quatre régions en correspondent également quatre pour les images, ces dernières régions étant limitées par les plans Q' , F' et N' . Ces régions se correspondent deux à deux, ainsi qu'il suit :

Objet.....	∞ à Q'	Q à F'	F à N	N à ∞
Image.....	F' à Q'	Q' à ∞	∞ à N'	N' à F'

Il y a une indétermination dans ce résumé, provenant de ce qu'il n'y a pas d'indication faisant connaître si l'infini (∞) doit être compté à droite ou à gauche. En réalité dans chaque ligne l' ∞ doit être compté une fois à droite et une fois à gauche : mais suivant qu'il s'agit d'une lentille convergente ou d'une lentille divergente, c'est, par exemple, la région ∞ à Q ou N à ∞ qui doit être comptée vers la gauche.

Dans la discussion dont nous venons d'indiquer les éléments, il est à remarquer que la distinction entre les objets réels et les objets virtuels se produit au point P₁ et celle entre les images réelles et virtuelles se fait au point P₂, tandis que c'est dans les plans N et N' que sont placés l'objet et l'image alors qu'ils ont même grandeur. Il y aurait donc lieu de faire une étude spéciale pour le cas où l'objet est entre P₁ et N et une étude analogue pour le cas où l'image est entre N' et P₂; mais, en pratique, dans les lentilles dont on fait usage, les valeurs de ces distances sont assez petites pour pouvoir être négligées, de telle sorte que nous admettrons pour la discussion, que c'est au point N qu'un objet cesse d'être réel pour devenir virtuel, et que c'est en N' que se fait la même distinction pour les images.

Nous pouvons maintenant appliquer les résultats généraux à chacun des groupes de lentille et faire la discussion séparément pour les lentilles de chaque groupe.

420. **Lentilles convergentes.** — Nous supposons, comme nous

OBJET	{ Position.....	I.....	II.....	III.....	IV.....
	{ Nature.....	Réel.....	Réel.....	Réel.....	Virtuel.....

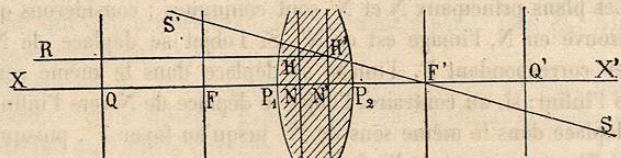


IMAGE	{ Position.....	III.....	IV.....	I.....	II.....
	{ Nature.....	Virtuelle.....	Réelle.....	Réelle.....	Réelle.....
	{ Sens.....	Droite.....	Renversée.....	Renversée.....	Renversée.....
	{ Grandeur.....	Agrandie.....	Diminuée.....	Diminuée.....	Agrandie.....

Fig. 208.

avons fait précédemment, que l'objet se déplace, d'une manière continue, de l'infini à gauche à l'infini à droite et nous examinerons successivement les effets produits lorsque l'objet se trouvera dans une position particulière, position correspondant à un plan cardinal, et ceux qui se manifestent pour les régions limitées par ces plans (fig. 208).

1° L'objet est à l'infini à gauche : l'image est dans le plan focal F', réelle, renversée. C'est-à-dire que chacun des points A, B (fig. 209) de l'objet à l'infini envoie sur la lentille un faisceau parallèle qui donne

à l'émergence des faisceaux convergents dont les sommets A', B' sont dans le plan focal F'.

I. L'objet se déplace dans la région I, de l'infini à gauche au plan antiprincipal Q; l'image se déplace dans le même sens du plan focal F' au plan antiprincipal Q', elle est réelle, renversée, diminuée.

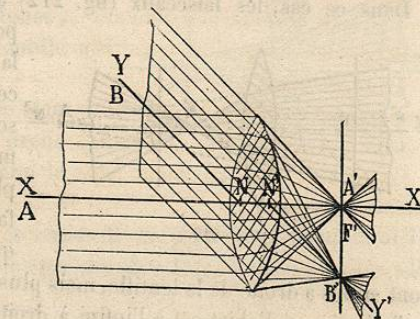


Fig. 209.

2° L'objet est dans le plan antiprincipal Q : l'image est dans l'autre plan antiprincipal Q', réelle, renversée, égale à l'objet.

II. L'objet se déplace dans la région II, du plan Q au plan focal F : l'image se déplace dans le même sens du plan antiprincipal Q' à l'infini à droite, elle est réelle, renversée et plus grande que l'objet.

Dans ces deux régions I et II, les faisceaux émanés d'un point tel que A sont divergents en arrivant sur la lentille (fig. 210); à l'émergence, ils sont remplacés par des faisceaux convergents donnant des images réelles comme A'.

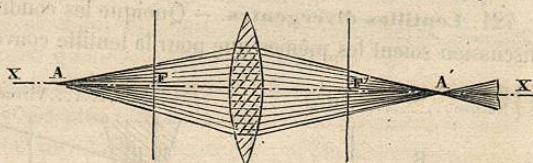


Fig. 210.

3° L'objet est dans le plan focal F, l'image est à l'infini à droite. En réalité, dans ce cas, il n'y a pas d'image, la lumière sort de la lentille sous forme de faisceaux parallèles.

III. L'objet se déplace dans la région III, du plan focal F au plan principal N : l'image est virtuelle, droite et agrandie; elle se déplace de l'infini à gauche au plan N'.

Dans ce cas, le faisceau partant d'un point tel que A (fig. 211) arrive très divergent sur la lentille; à l'émergence, il est transformé en un faisceau également divergent, dont toutefois la divergence est moindre, c'est-à-dire dont le sommet A' est situé à gauche de la lentille, mais plus loin que le point A.

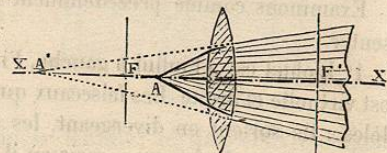


Fig. 211.

4° L'objet est dans le plan principal N : il est virtuel; l'image est alors située dans le plan principal N' : elle est aussi virtuelle, droite et égale à l'objet.

IV. L'objet se déplace dans la région IV du plan N à l'infini à droite : il est virtuel. L'image est dans la région qui s'étend du plan principal N' au plan focal F' : elle est réelle, droite et diminuée.

Dans ce cas, les faisceaux (fig. 212) arrivent en convergeant en un point tel que A situé à droite de la lentille, mais ils sont interceptés par celle-ci avant leur sommet; ils sont alors transformés en faisceaux convergents, plus convergents même que les faisceaux incidents, c'est-à-dire que leurs sommets, tels que A',

sont situés à droite de la lentille, mais plus près de celle-ci que le point A. 5° Enfin, si l'objet est à l'infini à droite, l'image se fait dans le plan focal F'. Ce cas est, en réalité, le même que 1° : dans l'un et l'autre, en effet, les faisceaux sont parallèles, condition qui correspond aussi bien à un objet situé à l'infini à gauche, qu'à un objet situé à l'infini à droite.

421. **Lentilles divergentes.** — Quoique les conditions générales de la discussion soient les mêmes que pour la lentille convergente, les résultats

OBJET	Position.....I.....II.....III.....IV.....
	Nature.....Réel.....Virtuel.....

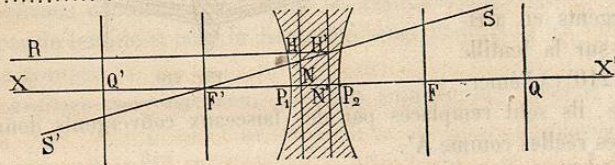


IMAGE	Position.....III.....IV.....I.....II.....
	Nature.....Virtuelle.....Réelle.....
	Sens.....Renversée.....Droite.....
	Grandeur...Agr.....Diminuée.....Agrandie.....

Fig. 213.

sont différents, ce qui tient, ainsi que le montre aisément la construction, à ce que, par suite de la position inverse du foyer F' (fig. 213), la caractéristique est inclinée inversement par rapport à l'axe.

Examinons comme précédemment les divers cas qui peuvent se présenter.

1° L'objet est à l'infini à gauche, l'image est dans le plan focal F' : elle est virtuelle et droite. Les faisceaux qui arrivent sur la lentille sont parallèles : ils sortent en divergeant, les sommets (sommets définissant géométriquement le faisceau, mais où il n'y a pas de lumière) sont dans le plan focal F', à gauche de la lentille.

I. Lorsque l'objet se déplace de gauche à droite dans la région I de l'infini au plan principal N, l'image se déplace dans le même sens, de F' au plan principal N' : l'image est alors virtuelle, droite et diminuée.

Ce cas correspond à des points lumineux A (fig. 214) situés à gauche de la lentille, envoyant sur celle-ci des faisceaux divergents qui, à l'émergence, sont divergents et dont même le degré de divergence a augmenté, c'est-à-dire que le sommet A' de ces faisceaux, sommets géométriques, sont plus rapprochés de la lentille que le point A.

2° L'objet virtuel est dans le plan principal N, l'image virtuelle, droite et de même grandeur, est dans le plan principal N'.

II. L'objet se déplace dans la région II du plan N au point focal F ; l'image se déplace dans le même sens du plan N' à l'infini à droite, elle est réelle, droite et agrandie.

Dans ce cas, l'objet est virtuel, c'est-à-dire que les faisceaux arrivent en convergeant ; ils sont même très convergents, car le sommet A (fig. 215) est placé très près de la lentille, ils sont remplacés à l'émergence par des faisceaux qui sont aussi convergents, quoique à un moindre degré, c'est-à-dire que le point A' est plus éloigné de la lentille que A.

3° L'objet est dans le plan focal F, l'image est à l'infini à droite. En réalité, il n'y a pas d'image, les faisceaux arrivent en convergeant, sont interceptés par la lentille avant leur sommet et transformés en faisceaux parallèles.

III. L'objet se déplace dans la région III de F à Q, l'image se déplace de l'infini à gauche au plan Q', elle est virtuelle, droite et agrandie.

4° L'objet est dans le plan Q, l'image est dans le plan Q', elle est virtuelle, droite et égale à l'objet.

IV. L'objet se déplace dans la région IV de Q à l'infini à droite, l'image se déplace de Q' à F', elle est virtuelle, droite et diminuée.

Dans les cas III et IV (fig. 216), l'objet est virtuel, les faisceaux incidents, convergents, sont interceptés avant leur sommet; ils sont peu convergents, car le sommet est placé assez loin de la lentille; les faisceaux émergents correspondants sont divergents, leurs sommets sont à gauche de la lentille, ce qui donne des images virtuelles.

5° L'objet est à l'infini à droite, l'image est dans le plan focal F', virtuelle et droite.

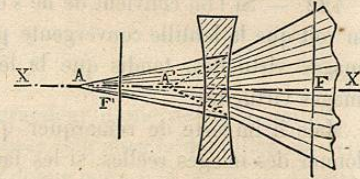


Fig. 214.

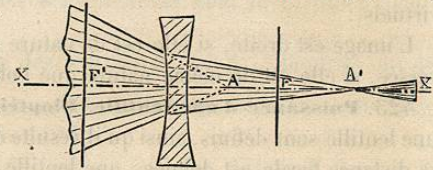


Fig. 215.

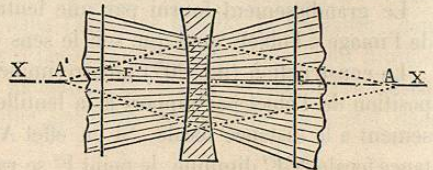


Fig. 216.

Le résultat pour 5° est le même que pour 1°, parce que, en effet, les faisceaux incidents sont les mêmes, parallèles, soit qu'ils viennent de l'infini à gauche, soit qu'ils aillent à l'infini à droite.

422. — Si l'on convient de ne s'occuper que des objets réels, effectifs, on voit que la lentille convergente peut donner des images réelles ou des images virtuelles, tandis que la lentille divergente ne donne que des images virtuelles.

Mais il importe de remarquer que les lentilles divergentes peuvent donner des images réelles, si les faisceaux incidents convergents ont un certain degré de convergence, c'est-à-dire si l'on considère des points ou objets lumineux virtuels assez rapprochés de la lentille.

De même, si on ne considère que des objets effectifs, réels, on peut dire que, dans tous les cas, les images sont droites si elles sont virtuelles, renversées si elles sont réelles.

Mais on peut donner une règle plus générale, dont celle-ci n'est qu'un cas particulier, si l'on admet qu'on considérera également les objets virtuels :

L'image est droite, si elle est de nature opposée à l'objet; elle est renversée, si elle est de même nature que l'objet.

423. **Puissance d'une lentille. Dioptrie.** — Les effets produits par une lentille sont définis, ainsi qu'il résulte de tout ce qui précède, lorsque sa distance focale est donnée; une lentille sera donc déterminée au point de vue de la construction des images quand cette distance focale sera donnée. Cette quantité est une *longueur*, elle sera donc évaluée à l'aide de l'unité de longueur adoptée, en centimètres généralement.

Il importe de remarquer que, géométriquement, la forme de la lentille n'est pas déterminée par la valeur de sa distance focale; il y a une infinité de courbures différentes qui permettent d'obtenir une distance focale donnée.

On peut caractériser une lentille par une donnée autre que sa distance focale; on arrive à ce résultat par les considérations suivantes :

Le grandissement fourni par une lentille est le rapport de grandeur de l'image à l'objet, quel que soit le sens de cette image.

La construction (fig. 207) montre immédiatement que pour une même position de l'objet par rapport à la lentille le grandissement varie inversement à la distance focale. Si en effet AB est invariable et que la distance focale N'F' diminue, le point F' se rapprochant de N' la droite E'N' s'écartera de l'axe et il en est de même de la parallèle NE, le point E descend et l'image A'B' qui est égale à FE grandit.

On dit d'une lentille qu'elle est d'autant plus *puissante* que, pour une même distance de l'objet, elle donne un plus fort grandissement, c'est-à-dire que sa distance focale est plus petite. On peut dire aussi, ce qui revient au même, qu'une lentille est d'autant plus puissante que l'inverse

de sa distance focale est plus grande. Il est donc assez naturel de prendre l'inverse de la distance focale pour caractériser, pour mesurer la puissance. Si donc nous désignons par f la distance focale et par π la puissance, nous pourrions écrire :

$$\pi = \frac{1}{f}$$

La puissance dioptrique est une grandeur d'une nouvelle nature : il faut une nouvelle unité pour la mesurer. On aura la définition de cette unité en cherchant quelle valeur de f donne pour π la valeur de l'unité : si l'on fait $\pi = 1$, on a $f = 1$: la distance focale qui correspond à l'unité de puissance est l'unité de longueur : à la suite d'une entente au Congrès international d'ophtalmologie de Bruxelles, on a convenu de prendre le mètre pour unité de longueur et de donner à l'unité de puissance le nom de *dioptrie*.

On a donc la définition suivante :

La dioptrie est la puissance d'une lentille dont la distance focale est de 1^m.

On voit immédiatement que des lentilles de 2, 3, 4... dioptries ont des distances focales de $\frac{1}{2}$, $\frac{1}{3}$, $\frac{1}{4}$... de mètre, soit 0^m,50 — 0^m,33 — 0^m,25...

et que des lentilles de $\frac{1}{2}$, $\frac{1}{3}$ de dioptrie ont des distances focales de 2, 3... mètres.

Ces mesures universellement adoptées en ophtalmologie sont les seules dont il faille se servir pour caractériser les lentilles¹.

424. **Lentille à foyer variable.** — Lorsqu'on étudie la formule qui donne la valeur de la distance focale d'une lentille en fonction des rayons de courbure, on reconnaît que cette distance focale diminue, que la puissance augmente, pour une forme donnée de lentille, au fur et à mesure que les rayons de courbure diminuent.

Le fait est important à vérifier expérimentalement parce que, comme nous le dirons, on rencontre dans l'œil une lentille, le cristallin, dont les rayons de courbure des faces peuvent varier entre certaines limites. La démonstration peut se faire à l'aide de la lentille variable du D^r Cusco.

Cet appareil consiste en une garniture cylindrique en métal dans

1. On trouve encore des verres de lunettes qui sont définis suivant un autre mode de numérotage. Le numéro ancien exprime le rayon, évalué en pouces, des faces de la lentille, cette lentille étant supposée avoir ses deux faces de même courbure. En s'appuyant sur la formule qui lie la distance focale aux rayons de courbure d'une part et, d'autre part, sur la valeur de l'indice de réfraction du verre et sur celle du pouce, on trouve que si on désigne par n le numéro du verre d'après l'ancien système et par Π sa puissance évaluée en dioptries, on a la relation simple $n\Pi = 40$.

laquelle sont enchâssées deux lames de verre mince à faces parallèles : de l'eau est introduite dans le vase ainsi formé qui porte un ajutage latéral auquel on adapte un tube de caoutchouc aboutissant d'autre part à un réservoir qu'on peut élever ou abaisser, ce qui fait varier la pression à l'intérieur.

Pour une hauteur déterminée les lames sont planes et parallèles entre elles : l'appareil ne modifie pas la convergence des faisceaux qui le traversent. On s'en assure par exemple en produisant sur un écran l'image réelle d'un objet ; on intercale l'appareil sur le trajet des faisceaux et l'on trouve que l'image ne change pas de grandeur.

Mais si on élève le réservoir la pression croît à l'intérieur, les lames minces se laissent déformer, deviennent convexes vers l'extérieur et d'autant plus que la pression est plus grande, que le réservoir est plus élevé. Si, au contraire, on abaisse le réservoir, la pression décroît, les faces se déforment, devenant concaves vers l'extérieur et d'autant plus que le réservoir est plus abaissé.

Dans le premier cas, cet appareil est devenu une lentille convergente ; dans le second, une lentille divergente et, dans chaque cas, la puissance est d'autant plus grande que la position du réservoir aura varié davantage.

Il est facile de vérifier ces résultats en reconnaissant que l'appareil joue effectivement le rôle d'une lentille et forme des images conformément aux résultats de la discussion que nous avons faite. On voit aussi de la même façon comment varie la puissance.

425. Action des diaphragmes. — Si nous considérons une image réelle formée par une lentille convergente, l'image d'un point, par exemple, nous avons dit que cette image est le sommet du faisceau émergent correspondant au faisceau incident qui est arrivé sur la lentille. En général, dans ce cas, la lumière couvrira toute la lentille qui sera la base commune du faisceau incident et du faisceau émergent.

Il importe de remarquer que l'image se ferait de la même façon, serait également nette, si, par un procédé quelconque, on interceptait une partie de la lumière de manière qu'elle ne couvrit pas toute la lentille, si l'on n'avait qu'un pinceau lumineux de peu d'étendue. Le sommet du pinceau émergent serait également bien déterminé et donnerait, par suite, une image nette sur un écran. Il y aurait bien dans ce cas une différence, c'est qu'il parviendrait moins de lumière sur l'écran, que l'image serait moins éclairée, mais c'est là un point dont nous occuperons plus tard seulement.

Ces remarques rendent compte du fait suivant : la netteté de l'image réelle produite par une lentille n'est pas altérée si l'on place sur celle-ci un écran opaque percé d'ouvertures de forme quelconque. En réalité, on substitue au faisceau total-unique, des pinceaux en nombre égal à

celui des ouvertures du diaphragme et ayant précisément ces ouvertures pour bases. Mais ces pinceaux se comportent lorsqu'ils sont isolés comme lorsqu'ils appartiennent au faisceau total et vont concourir en un point unique, sommet du faisceau total : le point de concours sera donc une image nette qui ne présentera aucune particularité, sauf le plus faible éclaircissement, qui indique comment elle a été formée, qui permette de soupçonner l'existence de pinceaux distincts, d'un diaphragme par conséquent.

Il n'en serait pas de même bien entendu si on coupait les pinceaux lumineux en tout autre point qu'en leur sommet commun ; chacun d'eux donnerait en effet une tache lumineuse distincte. Aussi dans le cas où il existe ainsi de semblables pinceaux, ce caractère permet-il de déterminer exactement la position du foyer.

Une remarque importante qui est en relation avec ce que nous venons de dire, c'est que si, au point de vue de la construction géométrique, les rayons AH et AF (fig. 207) dont nous nous sommes servi pour construire l'image du point A sont utiles, nécessaires, ils n'ont au point de vue optique, au point de vue physique, aucun caractère particulier, ils ne jouent aucun rôle différent de ceux de tous les autres rayons. Aussi peuvent-ils manquer effectivement dans les faisceaux qui servent à produire une image sans que celle-ci soit modifiée en rien.

426. Aberration de sphéricité : lentilles aplanétiques. — En réalité, il n'est pas vrai pour les lentilles dont on fait usage dans la pratique, que l'homocentricité soit conservée rigoureusement (410). Notamment, si l'on fait arriver sur une lentille convergente un faisceau parallèle, tous les rayons ne vont pas, à l'émergence, couper l'axe en un même point. La théorie complète montre que les rayons *marginiaux*, qui rencontrent la lentille près des bords, coupent l'axe plus près de la lentille que les rayons *centraux* qui rencontrent la lentille dans le voisinage de l'axe.

On peut vérifier le fait expérimentalement en recouvrant une lentille d'un écran opaque percé de quatre ouvertures, deux près du centre et deux près des bords. En bouchant les deux premières, on peut trouver à l'aide d'un écran le foyer des rayons marginaux, puisque, d'après ce que nous venons de dire (425), ce point se trouvera à l'endroit où on a une image nette sur l'écran. De la même façon on obtiendra le foyer des rayons centraux, en débouchant les ouvertures qui étaient fermées et démasquant les deux autres.

On reconnaît ainsi que ces foyers ne coïncident pas : ce défaut qui revient, en somme, à constater que le faisceau émergent n'est pas homocentrique, a reçu le nom d'*aberration de sphéricité*. On désigne spécialement sous le nom d'*aberration longitudinale* la distance qui sépare le foyer des rayons marginaux extrêmes du foyer des rayons centraux.

Une lentille qui n'aurait pas d'aberration de sphéricité serait dite

aplanétique : il n'en existe pas de semblables ne contenant que des surfaces planes ou des surfaces sphériques.

L'aberration de sphéricité dépend de l'amplitude des faces de la lentille, croissant avec celle-ci. Pour une même distance focale et les mêmes rayons de courbure elle augmente si l'ouverture des faces croît.

D'autre part, pour une même distance focale et une même ouverture, l'aberration varie avec les rayons de courbure des faces ; parmi toutes les combinaisons satisfaisant à ces conditions, il y en a une meilleure que les autres à ce point de vue : on peut la déterminer par le calcul.

Ajoutons que pour une même lentille, si les faces ne sont pas symétriques, l'aberration de sphéricité varie suivant que la lumière arrive sur l'une ou l'autre face.

L'aberration provenant d'un point donné de la lentille ne dépend pas absolument de ce qu'il est éloigné de l'axe, mais bien de ce que, à cause de cela, les angles d'incidence sont grands en général. Si donc il est possible de ne laisser arriver en ce point que des rayons faisant un petit angle d'incidence l'aberration sera diminuée.

Cette remarque a été utilisée dans la construction de certaines loupes.

427. Lentilles cylindriques. — Une lentille cylindrique est rarement limitée par deux surfaces cylindriques : le plus souvent, l'une des surfaces seulement est cylindrique ; l'autre est plane généralement ou, quelquefois, sphérique.

L'étude que nous avons faite du dioptré cylindrique et du dioptré astigmaté nous permettra de passer rapidement. Il est facile de reconnaître en effet que les résultats obtenus par de semblables lentilles ne diffèrent pas comme nature de ceux indiqués pour les dioptrés cylindriques.

Supposons en effet que nous fassions arriver la lumière sur la face de la lentille qui n'est pas cylindrique. Le faisceau incident est homocentrique, parallèle ou conique, il entre dans la lentille à travers une face qui est plane ou sphérique ; il reste donc homocentrique et c'est sous cette forme qu'il traverse la deuxième face de la lentille, c'est-à-dire un dioptré cylindrique. Nous avons donc seulement à appliquer les résultats trouvés pour cette nature de dioptré.

Si la lentille cylindrique a une face plane, il n'y a pour la lumière venant dans un sens déterminé qu'une seule droite focale, parallèle aux génératrices du cylindre comme pour le dioptré (il y a une seconde droite focale de même direction pour la lumière venant en sens contraire) ; mais si la deuxième face est sphérique, il y a pour chaque sens de propagation de la lumière deux droites focales perpendiculaires à l'axe, l'une parallèle aux génératrices du cylindre, l'autre perpendiculaire à ces mêmes droites.

Dans ces conditions, on conçoit qu'on puisse appliquer d'une manière générale aux lentilles cylindriques les résultats déjà indiqués pour les dioptrés de même nature.

On peut se rendre compte directement aussi, de la manière dont agit une lentille cylindrique, plan convexe par exemple, en étudiant la forme des sections qu'elle présente par les divers plans méridiens. On voit en effet qu'une section parallèle aux génératrices du cylindre coupe la lentille suivant deux droites parallèles ; que, dans ce plan, la lentille agit comme une lame à faces parallèles, ne modifiant rien à la nature du faisceau (parallèle, convergent ou divergent) ; mais que, dans des sections ayant une autre direction, elle agit comme une lentille convergente. La section est circulaire si le plan est perpendiculaire aux arêtes ; elle est elliptique pour toute autre direction, mais on peut, sans erreur au point de vue pratique, l'assimiler à un arc de cercle ; on reconnaît aisément que le rayon de courbure de cet arc est d'autant plus petit et par suite que l'action convergente est d'autant plus grande que la section se rapproche plus d'être perpendiculaire aux génératrices. L'action convergente de cette lentille cylindrique sera maxima dans le plan perpendiculaire aux génératrices ; elle décroîtra jusqu'à devenir nulle lorsque la section s'inclinera de plus en plus jusqu'à contenir la direction des génératrices.

428. Systèmes centrés. — On désigne sous le nom de *système centré* un ensemble de milieux diversement réfringents limités par des portions peu étendues de surfaces sphériques dont les centres sont situés sur une même droite qui est appelée l'*axe* du système.

En répétant à propos de ces systèmes le même genre de raisonnement employé pour les lentilles (410), qui sont en réalité une forme simple de systèmes centrés, et l'appliquant de proche en proche à chacune des surfaces jusqu'à la dernière, on arrive aisément aux résultats suivants qu'il nous suffit d'énoncer sans insister sur la démonstration :

Si, dans un système centré, le faisceau incident est homocentrique, il en est de même du faisceau émergent.

L'image d'une petite droite perpendiculaire à l'axe est une petite droite perpendiculaire à l'axe.

Si l'on considère une série de faisceaux parallèles arrivant dans diverses directions, mais dans le même sens, les sommets des faisceaux émergents sont dans un même plan perpendiculaire à l'axe, *plan focal* du système. Il y a deux plans focaux, un pour chaque sens dans lequel peut se propager la lumière incidente.

Les systèmes centrés diffèrent les uns des autres par le nombre et la nature des milieux qui les composent et par la forme des surfaces qui limitent ces milieux ; mais on peut établir une division importante, et considérer successivement :

1° Les systèmes centrés où le dernier milieu, celui dans lequel a lieu l'émergence, est de même nature que le premier ;

2° Les systèmes centrés dans lesquels le dernier milieu diffère du premier.