Inversement, si le point lumineux était en P′, les rayons réfléchis iraient tous passer sensiblement par P. — Les deux points P et P′ sont donc *réciproques* l'un de l'autre ; on les nomme *foyers conjugués*.

La même construction montre :

1° Que si le point lumineux P se rapproche du centre C, son foyer P′ s'en rapproche également, en s'éloignant du foyer principal F ; car, le rayon incident PI (*fig.* 320) se rapprochant alors de CI, le rayon réfléchi IP′ doit s'en rapprocher également ;

2° Que si le point lumineux est situé entre le centre C et le foyer principal F, son foyer, qui est situé au delà du centre, s'en éloigne d'autant plus que le point lumineux s'approche davantage de F. — Enfin, si le point lumineux arrivait exactement au point F, nous avons déjà vu (486) que les rayons réfléchis deviendraient parallèles à l'axe : il n'y aurait plus, à proprement parler, de foyer.

489. Foyer virtuel d'un point situé sur l'axe principal. — Il reste enfin à examiner le cas où le point lumineux P est situé entre le foyer principal F et le miroir (*fig.* 321). — Soit PI un rayon incident quelconque : si le miroir recevait en I un rayon émané du foyer principal F, ce rayon serait réfléchi parallèlement à l'axe ; donc le rayon réfléchi actuel IS, qui doit s'écarter davantage de la normale CI, ne peut rencontrer l'axe en avant du miroir ; mais le prolongement géométrique IP′ de ce rayon vient couper l'axe en P′, derrière la surface réfléchissante.

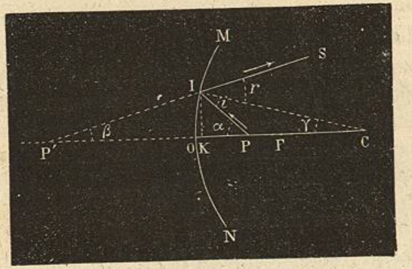

Fig. 321.

— Désignons encore par α, β et γ les angles IPO, IP′O et ICO ; par i et r les angles d'incidence et de réflexion ; on aura les relations : $i=\alpha-\gamma$, $r=\beta+\gamma$, d'où l'on déduit

$$(1') \qquad \alpha-\beta=2\gamma.$$

En supposant toujours l'ouverture du miroir très petite et en adoptant les mêmes notations que dans le cas précédent, la relation (1′) devient :

$$(2') \qquad \frac{1}{OP}-\frac{1}{OP'}=\frac{2}{OC},$$

c'est-à-dire que les prolongements géométriques de tous les rayons réfléchis viennent passer sensiblement *par un même point* P′ (*fig.* 322), qui prend encore le nom de *foyer* du point P.

On remarquera que, la lumière ne parvenant pas réellement à ce point, on ne peut songer à en vérifier la position au moyen d'un écran.

Mais, si l'œil est placé sur le trajet des rayons réfléchis, il perçoit ces rayons comme s'ils émanaient du point P′, c'est-à-dire qu'il *voit* un point lumineux en P′. Ce point prend alors le nom de *foyer virtuel*.

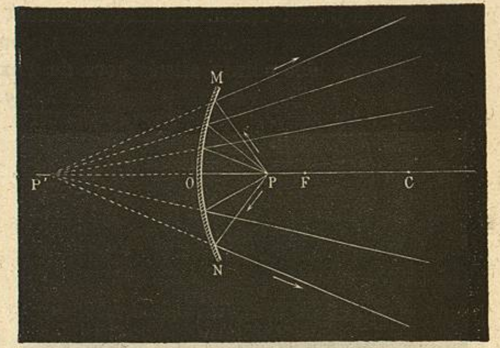

Fig. 322. — Foyer virtuel.

Réciproquement, si l'on recevait sur le miroir des rayons dont les directions prolongées allassent *concourir* au point P′, les rayons réfléchis viendraient converger au point P, en avant de la surface réfléchissante. Pour cette raison, on désigne encore le système des deux points P et P′ sous le nom de *foyers conjugués*.

490. Relation numérique entre les distances conjuguées. — Remarquons que la relation (2′) ne diffère de la relation (2) que par le signe de la grandeur OP′. Or, dans le premier cas (*fig.* 320), la grandeur OP′ était portée à droite du miroir, *dans le sens de la lumière réfléchie* ; dans le second cas (*fig.* 321), cette grandeur OP′ est portée à gauche du miroir, *en sens inverse de la lumière réfléchie* ; selon les conventions usitées en géométrie, on doit donc, dans le second cas, considérer OP′ comme une grandeur négative. — Si l'on adopte ces conventions, et si l'on désigne par R le rayon de courbure et par p et p' les distances OP et OP′, on voit que, quelle que soit la distance p, la distance p' sera déterminée, en grandeur et en signe, par l'équation

$$\frac{1}{p}+\frac{1}{p'}=\frac{2}{R}.$$

Plus généralement, étant données deux des trois quantités p, p' et R, on pourra déterminer la troisième à l'aide de cette relation.

On voit que, si l'on fait $p=\infty$, c'est-à-dire si l'on considère des rayons incidents parallèles à l'axe principal, la formule précédente donne $p'=\frac{R}{2}$; c'est la position déjà obtenue (486) pour le foyer principal. Si donc on désigne par f la distance focale principale, on a $\frac{1}{f}=\frac{2}{R}$, et la relation précédente peut alors s'écrire :

$$(1) \qquad \frac{1}{p}+\frac{1}{p'}=\frac{1}{f}.$$

En donnant à p diverses valeurs, et discutant les valeurs correspondantes de p', on retrouvera analytiquement tous les résultats que nous avions obtenus par des considérations géométriques (*).

491. Foyers des points situés hors de l'axe principal. — Axes secondaires. — Soit un point lumineux A (*fig.* 323), situé hors de l'axe principal du miroir, mais de telle sorte que la droite AC, menée de ce point au centre du miroir, ne fasse avec l'axe principal qu'un petit angle; cette droite AC rencontrera alors la surface du miroir en un point B. Le miroir présentant, dans les points voisins de B, la même symétrie que dans les points voisins du sommet O, on pourra appliquer à cette droite tout ce qui a été dit de l'axe OC dans les paragraphes précédents; il en résulte que tous les rayons partis d'un même point A de la droite AB passeront, après réflexion, *par un même point* A' situé sur cette droite ; et que, inversement, des rayons émanés du point A' iraient concourir au point A. — La droite AB se nomme l'*axe secondaire* du point A ; les points A et A' sont deux *foyers conjugués* sur cet axe.

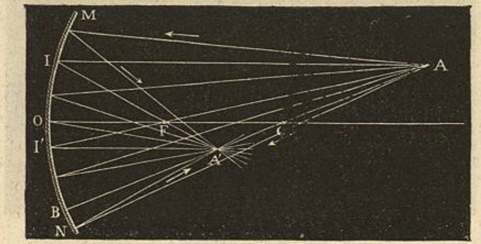

Fig. 323.
Foyers conjugués, sur un axe secondaire.

492. Construction géométrique du foyer d'un point situé hors de l'axe principal. — D'après ce qu'on vient de voir, pour obtenir, par une construction géométrique, la position du foyer conjugué d'un point donné A, il suffira de construire *un seul* rayon lumineux réfléchi, et de déterminer le point où il coupe l'axe secondaire AB. On pourra donc choisir, un rayon dont la construction soit particulièrement simple. — Considérons, par exemple, parmi les rayons incidents, le rayon AI (*fig.* 324) qui est parallèle à l'axe principal : il viendra passer, après réflexion, par le foyer principal F ; on

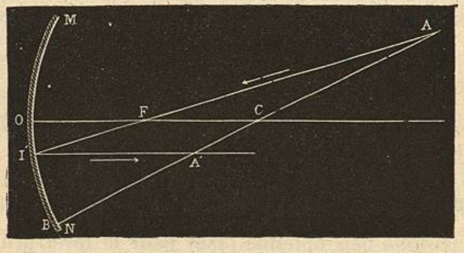

Fig. 324.

(*) Les résultats de cette discussion sont compris dans le tableau de la page 393.

trouvera donc le point A' en déterminant le point d'intersection de FI avec AB. — On pourra aussi employer le rayon incident AI' (*fig.* 325) qui passe par le foyer principal F ; ce rayon se réfléchit parallèlement à l'axe principal et coupe alors l'axe secondaire au point cherché A' (*).

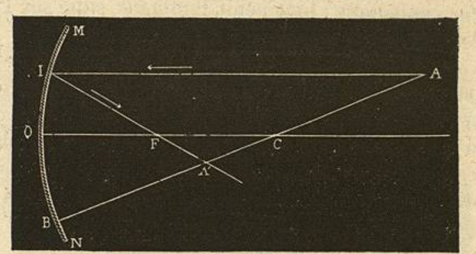

Fig. 325.

493. Droites conjuguées. — Plans conjugués. — Soit MN (*fig.* 326) la section d'un miroir concave par un plan qui passe par l'axe principal ; et considérons, dans ce plan, un point Q dont le foyer conjugué, déterminé par l'une ou l'autre des constructions géométriques précédemment indiquées, est le point Q'. Le rayon QA doit se réfléchir suivant AQ', et la droite AC, normale au miroir au point A, est la bissectrice de l'angle QAQ'. Des points Q et Q', abaissons des perpendiculaires QP, Q'P' sur l'axe principal. Les triangles P'Q'A et PQA sont semblables ; il en est de même des triangles P'Q'C et PQC ; on a donc :

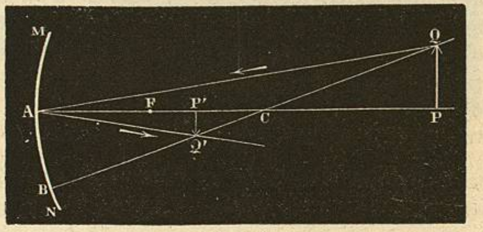

Fig. 326.

$$\frac{Q'P'}{QP} = \frac{AP'}{AP}, \qquad \frac{Q'P'}{QP} = \frac{CP'}{CP},$$

d'où

$$\frac{AP'}{AP} = \frac{CP'}{CP}.$$

La position du point P' est donc indépendante de la distance PQ ; elle ne dépend que de la position du point P. Si l'on suppose que le point lumineux se déplace sur la droite fixe PQ, le foyer conjugué doit se

(*) Dans certains cas, il peut arriver que l'une ou l'autre de ces deux constructions semble en défaut, tantôt parce que le rayon incident employé pour trouver le foyer conjugué n'existe pas, tantôt parce que ce rayon se trouve intercepté avant sa rencontre avec la surface du miroir : il ne faudrait pas pour cela renoncer à ces constructions, qui doivent être regardées comme *purement géométriques*. Les lignes tracées sur la figure, bien que ne représentant plus alors de véritables rayons lumineux, détermineront toujours la position du foyer que l'on cherche.

déplacer sur la droite P'Q'. — Ces droites PQ et P'Q' sont dites des *droites conjuguées* : tout point lumineux situé sur l'une d'elles a son foyer conjugué sur l'autre.

Si maintenant on fait tourner le plan de la figure autour de l'axe principal, les droites PQ et P'Q' engendrent deux plans perpendiculaires à l'axe principal, et tout point lumineux situé dans l'un de ces plans a son foyer conjugué dans l'autre plan. Ces plans sont appelés *plans conjugués*. — Puisque le point P' est le point conjugué du point P, les distances p et p' du sommet du miroir aux deux plans conjugués satisfont à la relation (1) :

$$\frac{1}{p}+\frac{1}{p'}=\frac{1}{f}.$$

494. Construction géométrique de l'image d'une droite perpendiculaire à l'axe principal. — L'image d'un objet est l'ensemble des foyers conjugués de tous ses points. — D'après ce qui précède, l'image d'un objet situé dans un plan perpendiculaire à l'axe principal doit être située dans le plan conjugué du plan de l'objet. Par exemple, l'image de la droite PQ (*fig.* 326) est la droite P'Q'. — D'autre part, les deux triangles APQ et AP'Q' donnent la relation :

$$\frac{P'Q'}{PQ}=\frac{AP'}{AP};$$

c'est-à-dire que le *rapport des grandeurs linéaires de l'image et de l'objet est égal au rapport des distances du miroir à l'image et à l'objet.*

La construction géométrique qui a été indiquée (492) permet d'ailleurs de déterminer, dans les divers cas, la nature de l'image (réelle ou virtuelle), le sens de l'image (droite ou renversée) et le rapport de grandeur de l'image et de l'objet.

1° Si l'objet rectiligne AB (*fig.* 327) est situé *au delà du centre*,

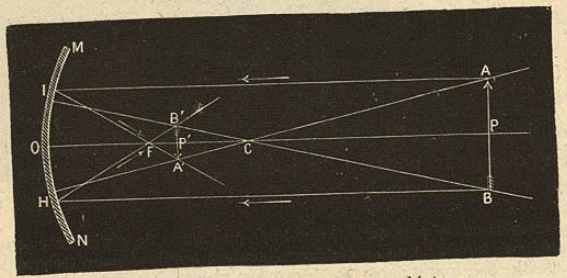

Fig. 327. — Image réelle d'un objet.

on voit, par la construction même, que l'image A'B' est *réelle*. — De plus, elle est *renversée* par rapport à l'objet, puisque les axes secon-

daires des extrémités A et B se croisent au centre C. — Enfin, dans le cas actuel, P'O étant plus petit que PO, l'image est *plus petite que l'objet.*

Si l'on suppose que l'objet AB *se rapproche du centre*, les axes secondaires des extrémités de l'objet s'écartent l'un de l'autre ; or, les foyers conjugués de ces points sont toujours déterminés par les intersections de ces axes avec les rayons réfléchis IF et HF ; dès lors l'image *grandit*, tout en restant *plus petite que l'objet*, et se rapproche du centre (*).

2° Si l'objet AB (*fig.* 328) est situé dans un plan perpendiculaire à l'axe principal et passant *par le centre*, l'axe secondaire du point A ne rencontrant plus le miroir, la construction géométrique paraît en défaut. Mais on peut déterminer le foyer conjugué de ce point par l'intersection de deux rayons réfléchis, savoir : d'une part, celui qui provient du rayon incident AM parallèle à l'axe principal, et qui passe, après réflexion, par le foyer principal F ; d'autre part, celui qui provient du rayon incident AF mené par le foyer principal, et qui est réfléchi parallèlement à l'axe OC. Il est facile de voir que leur intersection A' est symétrique de A par rapport à l'axe principal (**). On déterminerait de même le foyer conjugué B' du point B. — Cette construction montre que l'image A'B' est *réelle, renversée, égale à l'objet* et *symétriquement placée par rapport à l'axe principal.*

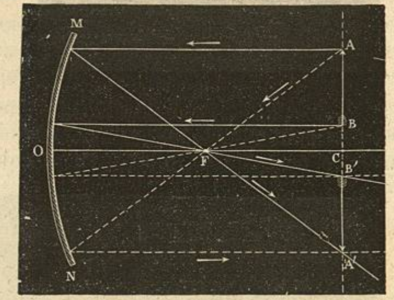

Fig. 328. — Image réelle égale à l'objet.

3° Si l'objet AB est placé *entre le centre et le foyer principal*, on trouvera, en répétant la construction géométrique (492), que l'image est située *au delà du centre* ; qu'elle est *réelle, renversée* et *plus grande que l'objet.* — On verra facilement que, plus l'objet s'approche du foyer, plus cette image grandit en s'éloignant du miroir.

4° Si l'objet AB coupe l'axe principal au *foyer principal* F (*fig.* 329), l'axe secondaire du point A et le rayon réfléchi IF doivent être considérés comme parallèles, pourvu que l'ouverture du miroir soit très petite : en effet AI devient alors égal à OF, et par suite à FC ; la figure AIFC est donc un parallélogramme. Il en résulte que IF, qui, par son inter-

(*) L'objet et l'image sont toujours compris entre deux droites, AA' et BB', qui se coupent au centre : c'est ce qu'on exprime en disant que, dans chaque cas particulier, un objet et son image *seraient vus du centre sous des angles égaux*. — Il est facile de voir que le *sommet* du miroir jouit de la même propriété (*fig.* 326). — Mais le centre et le sommet sont les deux seuls points pour lesquels il en soit ainsi.

(**) On devait s'attendre à trouver le point A' sur le prolongement de la perpendiculaire AC, car cette perpendiculaire est ici l'axe secondaire du point A.

section avec AC, devait déterminer le foyer conjugué du point A, ne rencontre AC ni en avant ni en arrière du miroir. Dans ce cas, il n'y a donc *pas d'image* (*).

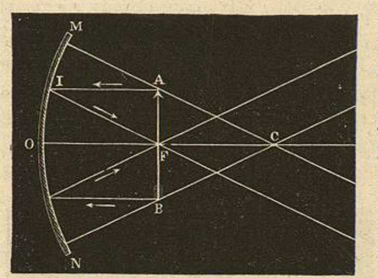

Fig. 329.

5° Supposons enfin que l'objet AB soit situé *entre le foyer principal et le miroir* (*fig.* 330). En menant encore l'axe secondaire du point A, et le rayon AI qui émane de ce point parallèlement à l'axe principal et se réfléchit suivant IF, on forme un trapèze AIFC, dans lequel le côté AI est plus petit que FC, puisqu'il est moindre que OF : le rayon réfléchi IF, prolongé en avant du miroir, ne rencontre donc pas l'axe secondaire du point A. Mais les prolongements de ces deux directions se rencontrent derrière le miroir, en un point A', qui est le foyer conjugué *virtuel* du point A. On déterminerait de même le point B'. — On voit donc que, dans ce cas, l'image est *virtuelle, droite* et *plus grande que l'objet.* — A mesure que l'objet se rapproche du miroir, l'image s'en rapproche également et diminue de grandeur.

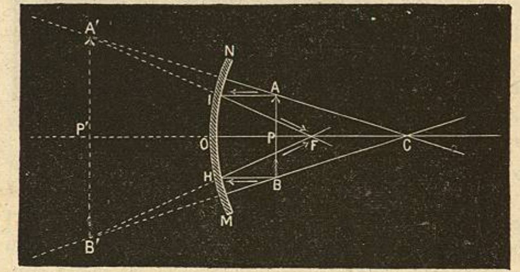

Fig. 330. — Image virtuelle.

495. Détermination analytique de la position, de la nature, du sens et de la grandeur de l'image. — Tous ces résultats peuvent encore se déduire analytiquement de la discussion de la relation entre les distances conjuguées (490).

Et d'abord, l'objet étant supposé dans un plan perpendiculaire à l'axe principal, son image est située dans le plan conjugué (493) ; sa *position*, caractérisée par la distance p' de ce plan au miroir, est donnée par l'équation

$$(1) \qquad \frac{1}{p} + \frac{1}{p'} = \frac{1}{f}.$$

(*) En considérant cette position de l'objet comme la limite des positions, qu'il peut prendre lorsqu'il s'approche indéfiniment du foyer principal, on dit quelquefois que l'image est alors *infiniment éloignée du miroir* et *infiniment agrandie.*

Selon que la valeur de p', tirée de cette équation, est *positive* ou *négative*, l'image est *réelle* ou *virtuelle.*

De plus, l'image d'un point du contour de l'objet est sur l'axe secondaire qui passe par ce point ; l'image du contour de l'objet, c'est-à-dire le contour de l'image, est donc déterminée par l'intersection du plan conjugué avec le cône dont le sommet est le centre du miroir, et dont la base est le contour de l'objet. — Si les deux plans conjugués sont du même côté du centre, ils coupent la même nappe du cône, et alors l'image est *droite* : c'est ce qui arrive lorsque, l'objet étant placé entre le miroir et son foyer principal, l'image est derrière le miroir (*fig.* 330) : dans ce cas, p' est négatif. — Si les deux plans conjugués sont de part et d'autre du centre, l'un d'eux coupe l'une des nappes du cône ; l'autre, la nappe opposée (*fig.* 327), et alors l'image est *renversée* : c'est ce qui arrive lorsque, l'objet étant situé au delà du foyer du miroir, l'image est en avant du miroir ; dans ce cas, p' et p sont tous deux positifs. — En résumé, selon que, en résolvant l'équation (1), on trouve que le rapport $\frac{p'}{p}$ est *positif* ou *négatif*, on en doit conclure que l'image est *renversée* ou *droite*.

Enfin, le rapport de deux dimensions linéaires correspondantes de l'image et de l'objet est égal à la valeur absolue du rapport des distances du miroir à l'image et à l'objet (494) ; on aura donc, en désignant par i et o deux *dimensions homologues* de l'image et de l'objet,

$$(2) \qquad \frac{i}{o} = \sqrt{\frac{p'^2}{p^2}}.$$

L'image est donc *plus grande* ou *plus petite* que l'objet, selon que $\frac{p'^2}{p^2}$ est *supérieur* ou *inférieur* à l'unité.

On voit donc que la résolution de l'équation (1), en faisant connaître p', $\frac{p'}{p}$ et $\frac{p'^2}{p^2}$, détermine la *position*, la *nature* (réelle ou virtuelle), le *sens* et la *grandeur* de l'image.

Tous ces résultats sont résumés dans le tableau suivant :

$p = \infty$	$p' = f$	image	réelle,	renversée,	infiniment diminuée
$\infty > p > 2f$	$f < p' < 2f$	—	réelle,	renversée,	diminuée.
$p = 2f$	$p' = 2f$	—	réelle,	renversée,	égale.
$2f > p > f$	$2f < p' < \infty$	—	réelle,	renversée,	agrandie.
$p = f$	$p' = \pm \infty$	—	réelle, virtuelle,	renversée, droite.	infiniment agrandie.
$f > p > 0$	$p' < 0$	—	virtuelle,	droite,	agrandie.

496. Vérifications expérimentales. — Devant un miroir sphérique concave, on dispose une bougie, de manière que le milieu de la flamme P se trouve à peu près sur l'axe principal du miroir. A l'aide d'un petit écran de papier, on cherche le lieu où l'image se forme avec le plus de netteté. — On constate alors les résultats suivants, qui vérifient tous les résultats compris dans le tableau ci-dessus :

1° La bougie P étant d'abord placée très loin du miroir (*fig.* 331), l'image P′ se forme très près du foyer principal F ; elle est renversée, très petite et très brillante. — Si l'on rapproche graduellement la bougie du centre C, l'image s'en rapproche en sens inverse ; elle grandit, mais en restant toujours plus petite que l'objet.

2° Lorsqu'on atteint le centre, en ayant soin d'abaisser suffisam-

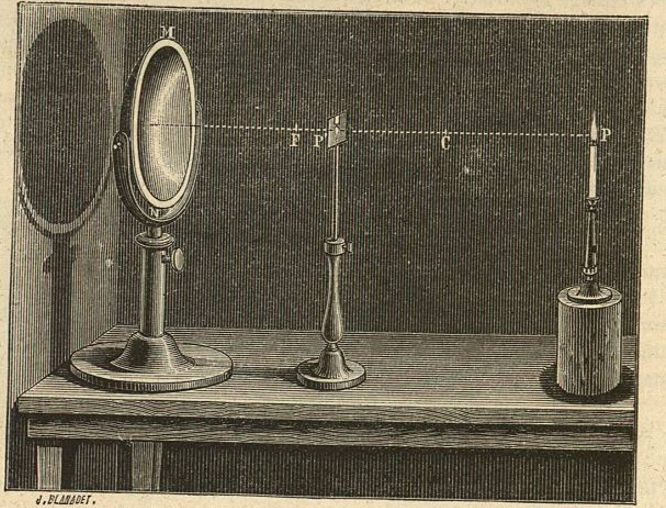

Fig. 331. — Image réelle, plus petite que l'objet.

ment la flamme au-dessous de l'axe, on peut constater que l'image, toujours renversée, se trouve à la même distance du miroir, et qu'elle est égale en grandeur à l'objet (*).

3° Quand la bougie P arrive entre le centre et le foyer F (*fig.* 332), l'image P′ se forme au delà du centre C ; elle est encore renversée, mais plus grande que l'objet ; elle est d'autant plus grande et d'autant plus éloignée du miroir, que la flamme se rapproche davantage du foyer principal.

4° Quand la bougie atteint le foyer principal, l'image disparaît ; les rayons issus de chacun des points de la flamme forment, après réflexion, un faisceau parallèle.

(*) On donne quelquefois une autre forme à cette expérience. Au-dessous du centre d'un grand miroir concave, et dans une salle bien éclairée, on suspend un bouquet de fleurs, dans une position *renversée*. Les personnes placées à quelque distance, en avant du miroir, aperçoivent alors, au-dessus du centre, une image aérienne et *droite* de ce bouquet.

5° Enfin, quand la bougie arrive entre le foyer F et le miroir (*fig.* 333),

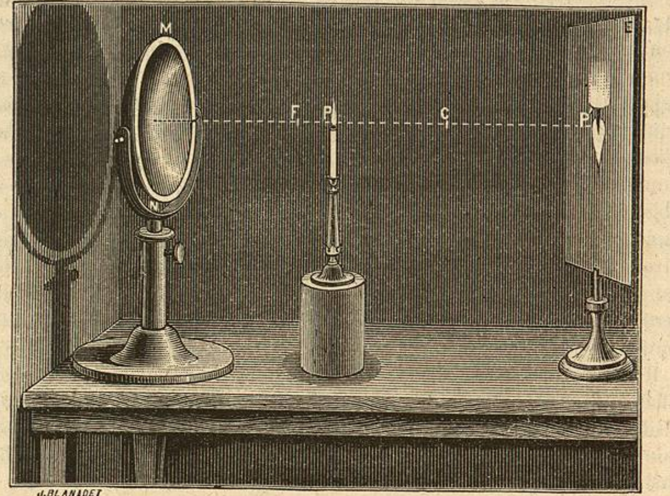

Fig. 332. — Image réelle, plus grande que l'objet.

un observateur placé en avant du miroir voit apparaître, derrière le miroir, une image virtuelle, droite et agrandie ; cette image, d'abord très grande et très éloignée, se rapproche et diminue progressivement, à mesure qu'on approche la bougie de la surface du miroir. — Cette expérience explique l'usage qu'on fait des miroirs concaves, comme *miroirs grossissants*.

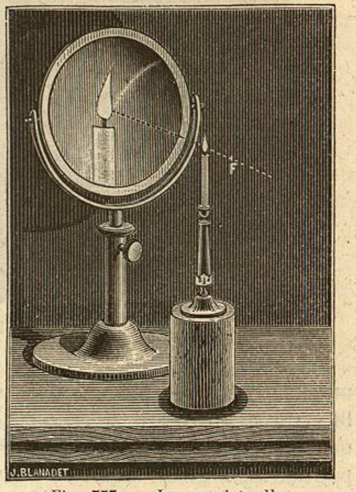

Fig. 333. — Image virtuelle.

497 Observation des images réelles, sans l'emploi d'écrans. — Images aériennes. — Dans les expériences précédentes, pour constater la production d'une image réelle, nous avons employé un écran, que nous placions au point où l'image apparaissait avec le plus de netteté : elle était alors *visible de tous les points de l'espace environnant*, parce que les points de l'écran qui étaient éclairés diffusaient de la lumière dans toutes les directions.

On peut encore percevoir la formation d'une image *réelle* sans employer d'écran. En effet, les rayons émis par un point A de l'objet (*fig.* 323) donnent naissance, après réflexion, à un cône de rayons convergents, ayant pour base le miroir et pour sommet le point A' : donc, si l'on supprime l'écran, ces rayons, continuant leur marche au delà de A', forment un cône de rayons *divergents*, dont les arêtes sont dans le prolongement de celles du cône précédent. Dès lors, *si l'œil de l'observateur est placé à l'intérieur de ce dernier cône*, il recevra de la lumière dans les mêmes conditions que si le point A' appartenait à un objet lumineux. L'observateur verra de même les autres points de l'image, pourvu que son œil soit placé dans la région commune aux divers cônes ayant ces divers points pour sommets. — Cette région est généralement assez étendue pour que plusieurs observateurs puissent voir simultanément l'image, en se plaçant à une distance suffisante.

Il est intéressant d'observer la formation de ces *images aériennes*. Elles offrent absolument l'aspect d'objets lumineux, mais elles ne sont visibles que *pour des positions déterminées de l'œil*. — Nous verrons que les images aériennes jouent un rôle essentiel dans la plupart des instruments d'optique.

498. Miroirs sphériques convexes. — Foyer principal virtuel. — Soit MOM' (*fig.* 334) la section d'un miroir sphérique *convexe*, par

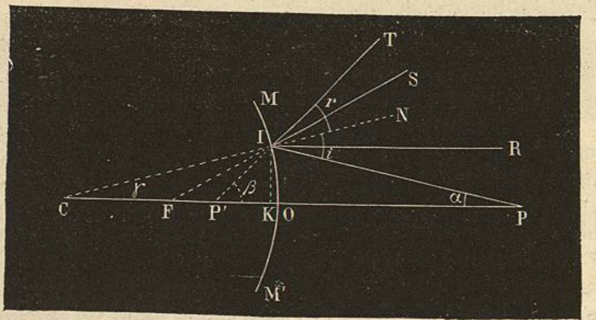

Fig. 334. — Foyers virtuels, produits par un miroir sphérique convexe.

un plan mené par l'axe principal, et considérons un rayon lumineux RI parallèle à l'axe; il se réfléchit suivant IS, en faisant avec la normale CIN, un angle de réflexion SIN égal à l'angle d'incidence RIN. Le prolongement géométrique du rayon réfléchi IS rencontre cet axe en un point F, situé derrière le miroir. — Un raisonnement semblable à celui que nous avons fait pour les miroirs concaves (486) montre que, pour un miroir convexe de très petite ouverture, le point F est à égale

distance du centre C et du sommet O du miroir. Donc, *tous les rayons parallèles à l'axe principal se réfléchissent de manière que leurs prolongements géométriques passent par un point situé sur l'axe, sensiblement à égale distance du centre et du sommet.* — Ce point F est le *foyer principal* du miroir; c'est un foyer *virtuel.*

499. Foyers des points situés sur l'axe principal d'un miroir convexe. — Si maintenant on considère un rayon PI (*fig.* 334), émané d'un point P situé sur l'axe principal, ce rayon se réfléchit suivant une direction IT faisant avec la normale un angle TIN plus grand que SIN : le prolongement géométrique du rayon réfléchi rencontre donc l'axe principal en un point P' situé entre le foyer principal F et le sommet O. — Désignons toujours par α, β et γ les angles IPO, IP'O et ICO ; par i et r les angles d'incidence et de réflexion. On a : $i = \alpha + \gamma$, $r = \beta - \gamma$, en remarquant que l'angle de réflexion est égal à l'angle P'IC ; et comme $i = r$, il vient

$$\beta - \alpha = 2\gamma.$$

En raisonnant comme précédemment (488), on obtient la relation

$$\frac{1}{\mathrm{P'O}} - \frac{1}{\mathrm{OP}} = \frac{2}{\mathrm{CO}}.$$

La position du point P' est donc indépendante de la position du point d'incidence I, pourvu que l'ouverture du miroir soit très petite. — Donc, *tout point lumineux situé sur l'axe principal d'un miroir convexe a un foyer virtuel, situé derrière le miroir, entre le foyer principal et le sommet.*

Inversement, si l'on fait tomber sur un miroir convexe des rayons convergents, tels que TI, dont les prolongements géométriques aillent rencontrer l'axe principal en un point P', situé entre le foyer principal et le sommet O, les rayons réfléchis vont former un foyer *réel* P sur l'axe principal; les points P et P' doivent donc être considérés comme des *foyers conjugués*.

500. Images produites par les miroirs sphériques convexes. — Si l'on continue à appliquer aux miroirs convexes les raisonnements qui ont été faits pour les miroirs concaves, on voit que *tout point lumineux situé en dehors de l'axe principal a un foyer conjugué virtuel, situé sur son axe secondaire*, c'est-à-dire sur la droite qui joint ce point lumineux au centre du miroir. Ce foyer conjugué peut donc être obtenu en construisant géométriquement un seul rayon réfléchi, et en déterminant le point où l'axe secondaire est coupé par ce rayon ou par son prolongement; c'est ce que nous allons montrer sur un exemple.

Soit AB (*fig.* 335) un objet rectiligne, placé devant un miroir convexe MN. Pour trouver le foyer conjugué du point A, traçons l'axe secondaire AC, et considérons un rayon AI parallèle à l'axe principal :

ce rayon se réfléchit suivant une direction IS, telle que son prolongement géométrique passe au foyer principal virtuel F (498). Ce prolongement rencontre l'axe secondaire AC au point A', qui est l'image virtuelle du point A. On obtiendra de même l'image B' du point B : les autres points de la droite AB auront leurs images placées sur la droite A'B', entre A' et B'.

Cette construction montre qu'un miroir convexe donne toujours une image *virtuelle, droite, et diminuée*, d'un objet placé devant lui. —

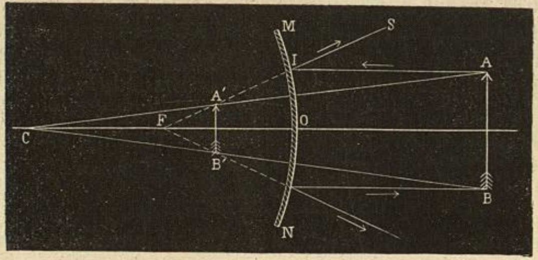

Fig. 335. — Image virtuelle, produite par un miroir sphérique convexe.

Il est d'ailleurs facile de voir que cette image est *d'autant plus petite e d'autant plus rapprochée du foyer principal que l'objet est lui-même plus loin du miroir* (*).

501. Détermination expérimentale de la distance focale principale d'un miroir sphérique. — 1° *Miroir concave.* — On obtient immédiatement la distance focale principale d'un miroir sphérique concave, en orientant ce miroir de façon que son axe principal soit dirigé vers un point lumineux très éloigné, par exemple vers le centre du soleil. On cherche, à l'aide d'un petit écran, l'endroit où l'image se forme avec le plus de netteté ; on obtient ainsi le foyer principal, dont il ne

(*) En désignant, comme on l'a fait pour les miroirs concaves, par p et p' les distances OP et OP' (*fig.* 334) du miroir à un point et à son image, et par R le rayon de courbure du miroir, la relation $\frac{1}{P'O} - \frac{1}{OP} = \frac{2}{CO}$ donne $\frac{1}{p'} - \frac{1}{p} = \frac{2}{R}$.

Si l'on fait $p = \infty$, on trouve $p' = \frac{R}{2}$; en désignant par f la distance focale principale, $f = \frac{R}{2}$, la relation précédente devient :

$$\frac{1}{p'} - \frac{1}{p} = \frac{1}{f}. \tag{1}$$

On a d'ailleurs toujours, entre la grandeur de l'image et celle de l'objet, la relation

$$\frac{i}{o} = \sqrt{\frac{p'^2}{p^2}}. \tag{2}$$

La discussion de ces expressions fournira, comme précédemment (495), tous es rapports de grandeur et de position de l'image et de l'objet.

reste plus qu'à mesurer la distance au sommet du miroir. — Le double de la distance focale ainsi trouvée est le rayon du miroir.

2° *Miroir convexe.* — On dirige encore l'axe principal du miroir vers le soleil, et l'on place, en avant de la surface réfléchissante MN (*fig.* 336), un écran perpendiculaire à l'axe et percé de deux ouvertures A, A'. Ces deux ouvertures laissent passer deux faisceaux de rayons solaires AI, A'I', qui tombent sur le miroir et produisent deux faisceaux réfléchis IR, I'R' ; on obtient ainsi sur l'écran deux surfaces éclairées R,R', et l'on approche ou l'on écarte l'écran du miroir, jusqu'à ce que la distance de ces petites surfaces soit *double* de celle des ouvertures A,A'. Lorsque ce résultat est atteint, les prolongements des rayons réfléchis allant toujours passer sensiblement par le foyer principal virtuel F, on a sensiblement FP = 2FO. Par suite, il suffit de mesurer la distance du miroir à l'écran, pour avoir la distance focale principale. — Le rayon du miroir est le double de cette distance.

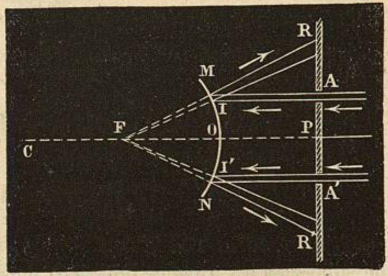

Fig. 336.

BIBLIOTECA
FAC. DE MED. U.A.N.L.