NOUVELLE MANIERE
DE
PERFECTIONNER LES VERRES OBJECTIFS DES LUNETTES.

PAR M. EULER.

I.

La perfection des verres objectifs dépend uniquement de l'ouverture qu'ils admettent, & de deux verres qui ont la même distance de foyer; celui-là est le plus excellent, qui souffre une plus grande ouverture, sans qu'il produise une plus grande confusion. Car c'est la confusion qui met des bornes à l'ouverture des verres, comme nous avons vu que l'espace de diffusion est proportionnel au quarré du diametre de l'ouverture: ainsi, quand un verre produit une trop grande confusion, il en faut rétrecir l'ouverture: mais par ce moyen on perd autant de la clarté, qui est un article presque aussi essentiel que la distinction. C'est donc toujours aux dépens de la clarté qu'on diminue la confusion, & réciproquement aux dépens de la distinction qu'on augmente la clarté. D'où l'on doit conclure, qu'un verre est d'autant plus parfait, qu'il fournit plus de clarté, le degré de confusion étant le même. Or, puisqu'il est presque impossible de delivrer les verres de toute la confusion, on a fixé par l'expérience un certain dégré de confusion, dont l'effet dans la vision est insensible: & de là il faut diminuer l'ouverture des verres, jusqu'à ce que la confusion qu'ils produisent soit portée à ce degré.

2. Ce degré fixé de confusion détermine donc l'ouverture des verres objectifs; & chaque verre acquiert par là sa juste ouverture.

Or on trouve que, plus le foyer d'un verre en eſt éloigné, plus auſſi eſt grande l'ouverture qu'il admet: & c'eſt la raiſon, pourquoi on eſt obligé d'employer des verres objectifs d'une grande diſtance de foyer, quand on veut groſſir beaucoup les objets, & les grandes multiplications ne demandent des verres objectifs d'une grande diſtance de foyer, qu'entant que ces verres admettent une plus grande ouverture. Car, plus on veut groſſir les objets, plus il faut de lumiere pour procurer un ſuffiſant degré de clarté; or la quantité de lumiere dépend de l'ouverture du verre objectif: de là il eſt clair, que ſi l'on avoit deux verres qui admettroient une égale ouverture, quoique leurs diſtances de foyer fuſſent différentes, ils pourroient être employés à produire la même multiplication.

3. Donc, pour perfectionner les verres objectifs, il s'agit de trouver de tels verres, qui admettent la plus grande ouverture, ou ce qui revient au même, qui ayant une ouverture donnée produiſent la moindre confuſion. Or cela doit s'entendre des verres d'une égale diſtance de foyer, car ſi l'on vouloit augmenter la diſtance de foyer, il ne ſeroit pas difficile d'obtenir une auſſi grande ouverture qu'on voudroit. Le plus grand avantage ſera donc de trouver de tels verres, qui ayant, une petite diſtance de foyer, admettent une ouverture auſſi grande que les verres ordinaires, dont la diſtance de foyer eſt fort grande. Par ce moyen on parviendroit à des lunettes aſſès courtes, qui produiroient le même effet que les grandes lunettes ordinaires; ce qui ſeroit le plus grand avantage qu'on puiſſe ſouhaiter. On a remarqué, que ſi l'on veut groſſir cinquante fois le diametre des objets, il faut employer un verre objectif qui admette une ouverture de trois pouces en diametre; pour cet effet, en ſe ſervant des verres ordinaires, l'objectif doit avoir 30 pieds de foyer. On gagneroit donc beaucoup ſi l'on pouvoit trouver un verre d'une moindre diſtance de foyer, qui admît la même ouverture, & le profit ſeroit d'autant plus grand que la diſtance de ce verre ſeroit plus petite.

4. Ayant donc déterminé non ſeulement les verres ſimples qui produiſent la plus petite confuſion, mais ayant auſſi donné la con-

ſtruc-

ſtruction des verres doubles, triples & quadruples, qui peuvent être ſuſtitués à la place des ſimples, & qui produiſent encore une beaucoup plus petite confuſion, il ſera aiſé de tirer de là tout ce qu'il faut pour la perfection des verres objectifs des lunettes. On pourra même donner des verres objectifs triples & quadruples, qui ne produiſent point du tout de confuſion; & puiſque ces verres admettront une auſſi grande ouverture que leur figure le permet, ils nous fourniront les verres objectifs les plus parfaits qu'on peut ſouhaiter.

5. Il eſt donc clair que la perfection des lunettes dépend de la ſolution de ce probleme: *de trouver parmi tous les verres tant ſimples que multiples, qui ont la même diſtance de foyer, celui qui admet la plus grande ouverture.* Or je parle ici des verres dont les faces ſont exactement ſphériques, puiſque c'eſt la figure qu'il eſt le moins difficile de donner aux verres. Cependant on s'écarte bien ſouvent de cette figure, ſurtout les artiſtes qui n'apportent pas tous les ſoins poſſibles à leur travail; & de là vient qu'un verre n'admet pas ſouvent une auſſi grande ouverture qu'il devroit admettre ſuivant le calcul. Mais, puiſque la figure ſphérique n'eſt pas la plus convenable pour les verres dioptriques, il pourroit bien quelquefois arriver que l'ouvrier s'écartât ſi heureuſement de la figure ſphérique, que le verre admettroit encore une plus grande ouverture, ce qui ſeroit ſans doute un grand avantage; mais, puiſqu'on ne peut pas conter ſur un hazard ſi heureux, & qu'il ſemble même impoſſible de donner aux verres une autre figure preſcrite avec exactitude que la ſphérique, on eſt obligé dans la théorie de s'arrêter uniquement à cette figure.

6. Je commencerai donc par les verres ſimples, & je remarque d'abord, que l'expérience a déjà donné à connoître, qu'il y a une grande différence entre les verres d'une même diſtance de foyer. Cette diſtance étant donnée, on peut faire des verres qui ſont, ou plano-convexes, ou convexes des deux côtés, ou enfin des méniſques. Or on a obſervé, que les méniſques n'admettent qu'une très petite ouverture, ſurtout quand la concavité eſt conſidérable; & un verre plano-convexe

vexe admet à peu près la plus grande ouverture, quand on tourne ſa face convexe vers l'objet. Mais, par ce que j'ai expliqué cy-deſſus, on peut conclure qu'un verre convexe des deux côtés, dont un rayon eſt à l'autre dans la raiſon de 2 à 17, eſt le plus propre pour ce deſſein, quand on tourne vers l'objet la face la plus convexe. Mr. Huygens avoit mis ce rapport comme 1 à 6, ayant ſuppoſé la raiſon de réfraction de l'air dans le verre comme 3 à 2; mais, puiſque ce rapport eſt plus exactement comme 31 à 20, il s'enſuit de là le rapport comme 2 à 17 à peu près.

7. Quand je traitai cette matiere en général, pour la pouvoir appliquer à tous les verres, j'ai nommé la diſtance de l'objet devant le verre $= a$, & la diſtance de l'image après le verre $= \alpha$, & en poſant le demi-diametre de l'ouverture du verre $= x$, l'eſpace de diffuſion a été trouvé exprimé en ſorte:

$$\frac{\mu x x\ (a + \alpha)}{a^3 \alpha} (\lambda\ (a + \alpha)^2 + \nu a \alpha),$$

où j'ai mis pour abréger $\mu = 0{,}93819$, & $\nu = 0{,}23269$: mais la lettre λ dépend de la nature du verre, ſelon qu'il eſt ſimple ou multiple. Or à préſent, comme il s'agit ſeulement des verres objectifs, il faut poſer la diſtance de l'objet $a = \infty$, & partant l'eſpace de diffuſion ſera $= \frac{\lambda \mu x x}{\alpha}$. Dans ce cas, la diſtance de l'image α eſt égale à la diſtance de foyer du verre: donc, ſi nous nommons la diſtance de foyer du verre $= p$, l'eſpace de diffuſion ſera en général $= \frac{\lambda \mu x x}{p}$, d'où je tire la conſtruction des verres ſuivans, qui ſont les plus parfaits dans leur eſpece.

I. *Des verres objectifs ſimples.*

8. Les plus parfaits de cet ordre donnent $\lambda = 1$, & l'eſpace de diffuſion $= \frac{\mu x x}{p}$. Or la diſtance de foyer étant donnée

$= p$,

$= p$, les deux faces de ce verre doivent être formées en sorte.

$$\text{Le rayon de la face}\begin{cases}\text{antérieure} = \dfrac{p}{1{,}62740} = 0{,}61448\,p, \\ \text{postérieure} = \dfrac{p}{0{,}19078} = 5{,}24164\,p.\end{cases}$$ Fig. 9.

II. *Des verres objectifs doubles.*

9. Les plus parfaits de cet ordre donnent $\lambda = 0{,}19183$, & partant l'espace de diffusion $= 0{,}19183\,\frac{\mu xx}{p}$, qui est plus que 5 fois plus petit que dans le cas des verres simples. Et si la distance de foyer est $= p$, les faces doivent être formées en sorte:

Le rayon de la face

$$\text{du premier verre}\begin{cases}\text{antérieure} = \dfrac{2p}{1{,}62740} = 1{,}22896\,p, \\ \text{postérieure} = \dfrac{2p}{0{,}19078} = 10{,}48328\,p,\end{cases}$$ Fig. 10.

$$\text{du second verre}\begin{cases}\text{antérieure} = \dfrac{2p}{3{,}06402} = +\,0{,}65274\,p, \\ \text{postérieure} = \dfrac{-\,2p}{1{,}24584} = -\,1{,}605[illegible]\,p.\end{cases}$$

III. *Des verres objectifs triples.*

10. Considérons premierement ces verres triples, qui produisent encore un espace de diffusion, mais qui est le plus petit dans son espece. Pour ces verres nous avons $\lambda = 0{,}04217$, & l'espace de diffusion $= 0{,}04217 \cdot \frac{\mu xx}{p}$, qui est presque 24 fois plus petit,

 que

que ſi l'on employoit un verre ſimple. Or les faces de ces verres doivent être formées en ſorte :

Le rayon de la face

Fig. 11.

du premier verre $\begin{cases} \text{antérieure} = \dfrac{3p}{1,62740} = +\ 1,84344\,p, \\ \text{poſtérieure} = \dfrac{3p}{0,19078} = +\ 15,72492\,p, \end{cases}$

du ſecond verre $\begin{cases} \text{antérieure} = \dfrac{3p}{3,06402} = +\ 0,97211\,p, \\ \text{poſtérieure} = \dfrac{-3p}{1,24584} = -\ 2,40801\,p, \end{cases}$

du troiſieme verre $\begin{cases} \text{antérieure} = \dfrac{3p}{4,50064} = +\ 0,66657\,p, \\ \text{poſtérieure} = \dfrac{-3p}{2,68246} = -\ 1,11838\,p. \end{cases}$

IV. *Des verres objectifs triples*
qui ne produiſent aucune confuſion.

11. J'ai trouvé pluſieurs eſpeces de verres triples, qui ne produiſent point de confuſion, puisque la valeur de λ y eſt égale à zéro. En voici donc les 3 premieres eſpeces, que j'ai développées dans le précédent Mémoire, comme les plus propres à la pratique.

Premiere Espece.

Le rayon de la face

Fig. 12.

du premier verre $\begin{cases} \text{antérieure} = \dfrac{p}{2,18016} = +\ 0,45868\,p, \\ \text{poſtérieure} = \dfrac{p}{0,25558} = +\ 3,91267\,p, \end{cases}$

du

du ſecond verre $\begin{cases} \text{antérieure} = \dfrac{-p}{0{,}80834} = -1{,}23710\,p, \\ \text{poſtérieure} = \dfrac{-p}{2{,}24496} = -0{,}44544\,p, \end{cases}$

du troiſieme verre $\begin{cases} \text{antérieure} = \dfrac{p}{1{,}69220} = +0{,}59094\,p, \\ \text{poſtérieure} = \dfrac{p}{0{,}74354} = +1{,}34493\,p. \end{cases}$

Seconde Espece.

Le rayon de la face

du premier verre $\begin{cases} \text{antérieure} = \dfrac{p}{2{,}18016} = +0{,}45868\,p, \\ \text{poſtérieure} = \dfrac{p}{0{,}25558} = +3{,}91267\,p, \end{cases}$ Fig. 13.

du ſecond verre $\begin{cases} \text{antérieure} = \dfrac{p}{4{,}10475} = +0{,}24362\,p, \\ \text{poſtérieure} = \dfrac{-p}{1{,}66900} = -0{,}59916\,p, \end{cases}$

du troiſieme verre $\begin{cases} \text{antérieure} = \dfrac{p}{1{,}11624} = +0{,}89586\,p, \\ \text{poſtérieure} = \dfrac{-p}{4{,}16955} = -0{,}23984\,p. \end{cases}$

Troisieme Espece.

Le rayon de la face

du premier verre $\begin{cases} \text{antérieure} = \dfrac{-p}{2{,}73293} = -0{,}36591\,p, \\ \text{poſtérieure} = \dfrac{-p}{0{,}32038} = -3{,}12130\,p, \end{cases}$ Fig. 14

du ſecond verre
$$\begin{cases} \text{antérieure} = \dfrac{-p}{0,23238} = -4,30330\,p, \\ \text{poſtérieure} = \dfrac{p}{2,66813} = +0,37479\,p, \end{cases}$$

du troiſieme verre
$$\begin{cases} \text{antérieure} = \dfrac{p}{1,69220} = +0,59094\,p, \\ \text{poſtérieure} = \dfrac{p}{0,74354} = +1,34802\,p. \end{cases}$$

V. *Des verres objectifs quadruples qui ne produiſent aucune confuſion.*

12. Puiſque nous avons déjà des verres triples, qui ſont délivrés de toute confuſion, il ſemblera ſuperflu de rapporter des quadruples. Mais, puiſque dans les triples il y a des faces dont le rayon eſt fort petit, on fera ſouvent mieux de ſe ſervir plutôt des quadruples, deſquels je n'ai rapporté que les eſpeces qui ont des faces le moins courbes. En voici donc les deux eſpeces que j'y ai développées, accommodées à notre deſſein.

Premiere Espece.

Le rayon de la face

Fig. 15.

du premier verre
$$\begin{cases} \text{antérieure} = \dfrac{p}{0,53642} = +1,86421\,p, \\ \text{poſtérieure} = \dfrac{p}{0,06288} = +15,90367\,p, \end{cases}$$

du ſecond verre
$$\begin{cases} \text{antérieure} = \dfrac{p}{0,75081} = +1,33190\,p, \\ \text{poſtérieure} = \dfrac{-p}{0,44103} = -2,26742\,p, \end{cases}$$

du

$$\text{du troisieme verre}\begin{cases}\text{antérieure} = \dfrac{p}{1,25473} = +\ 0,79700\,p, \\[2ex] \text{postérieure} = \dfrac{-\,p}{0,65542} = -\ 1,52576\,p, \end{cases}$$

$$\text{du quatrieme verre}\begin{cases}\text{antérieure} = \dfrac{p}{1,46912} = +\ 0,68069\,p, \\[2ex] \text{postérieure} = \dfrac{-\,p}{1,15934} = -\ 0,86257\,p. \end{cases}$$

Seconde Espece.

Le rayon de la face

Fig. 16.

$$\text{du premier verre}\begin{cases}\text{antérieure} = \dfrac{p}{0,27728} = +\ 3,60647\,p, \\[2ex] \text{postérieure} = \dfrac{p}{0,03250} = +\ 30,76923\,p, \end{cases}$$

$$\text{du second verre}\begin{cases}\text{antérieure} = \dfrac{p}{0,78119} = +\ 1,28010\,p, \\[2ex] \text{postérieure} = \dfrac{-\,p}{0,18189} = -\ 5,49783\,p, \end{cases}$$

$$\text{du troisieme verre}\begin{cases}\text{antérieure} = \dfrac{p}{0,99059} = +\ 1,00950\,p, \\[2ex] \text{postérieure} = \dfrac{-\,p}{0,68580} = -\ 1,45817\,p, \end{cases}$$

$$\text{du quatrieme verre}\begin{cases}\text{antérieure} = \dfrac{p}{1,49950} = +\ 0,66689\,p, \\[2ex] \text{postérieure} = \dfrac{-\,p}{0,90020} = -\ 1,11085\,p. \end{cases}$$

13. Voici donc cinq verres objectifs qui ne produisent aucune confusion, trois triples & deux quadruples. Si la pluralité des verres ne semble pas convenable, les triples mériteront la préférence, mais, si l'on demande une grande ouverture, on employera avec plus de succès les quadruples. Car, si l'on ne veut admettre qu'une ouverture, qui ne comprenne que 60 dégrés de la face la plus courbée, le demi-diametre de l'ouverture de la premiere espece des verres triples sera $= 0,2227\,p$, ou $= \frac{2}{9}\,p$; & de la seconde espece $= 0,1199\,p$, ou $\frac{1}{8}\,p$; & de la troisieme espece $= 0,1830\,p$, ou $\frac{1}{6}\,p$. Or, en se servant des verres quadruples, la premiere espece admettra une ouverture, dont le demi-diametre sera $= 0,340\,p$, & de la seconde espece $= 0,3334\,p$, ou de l'une & de l'autre à peu près $= \frac{1}{3}\,p$. Or, dans les lunettes qui doivent grossir beaucoup, il y a encore d'autres circonstances auxquelles on peut satisfaire par une moindre ouverture, & dans ces cas on pourra se servir avec le même succès des objectifs triples.

Fig. 1.

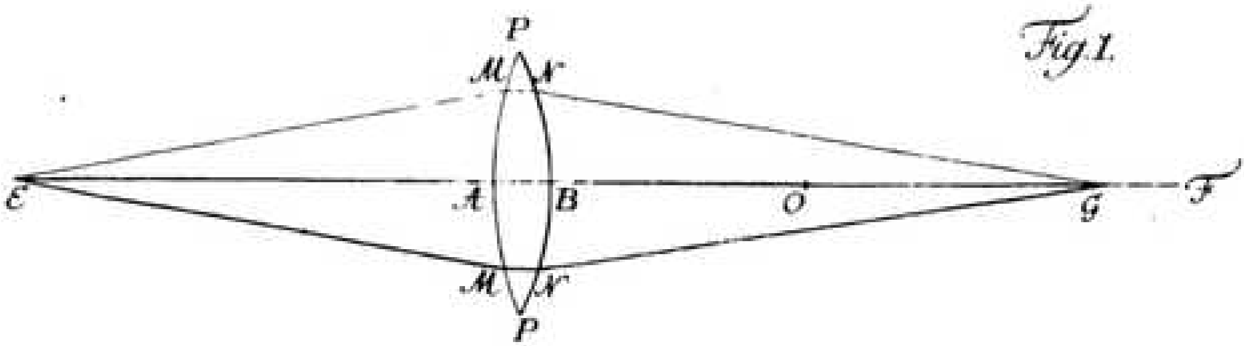


Fig. 2.

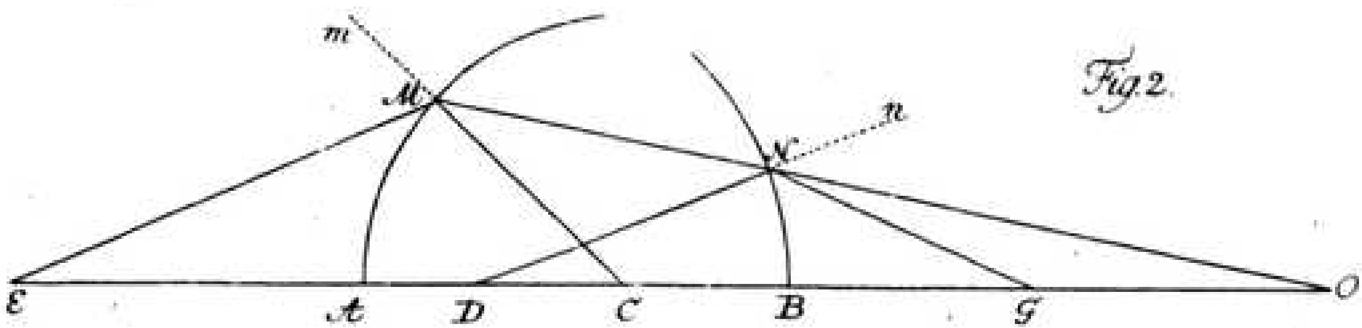


Fig. 3.

Fig. 4.

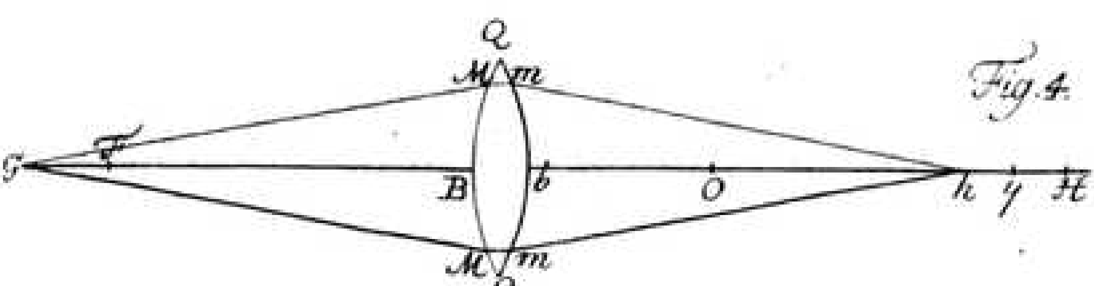
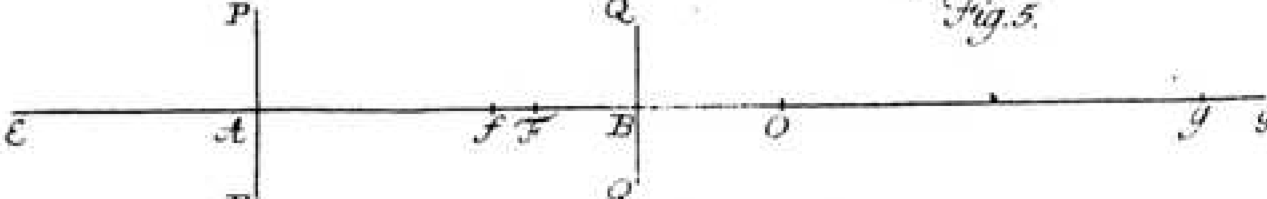


Fig. 5.



Mem. de l'Acad 1761. Pl. V pag 190.

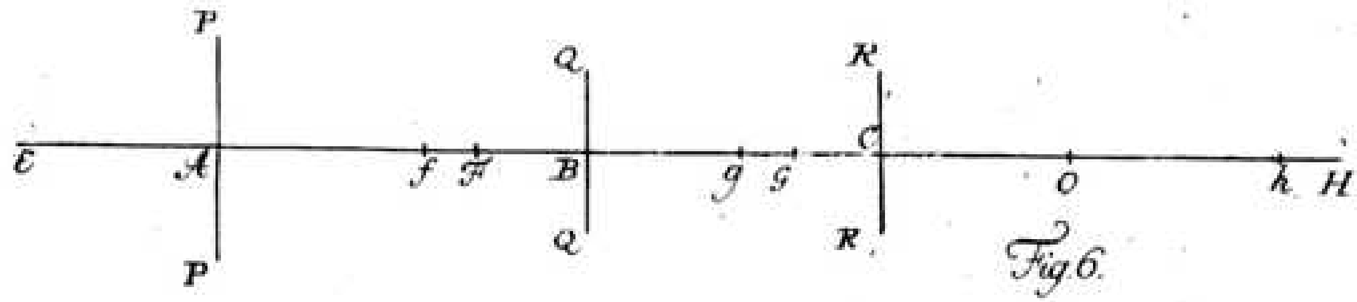


Fig. 6.

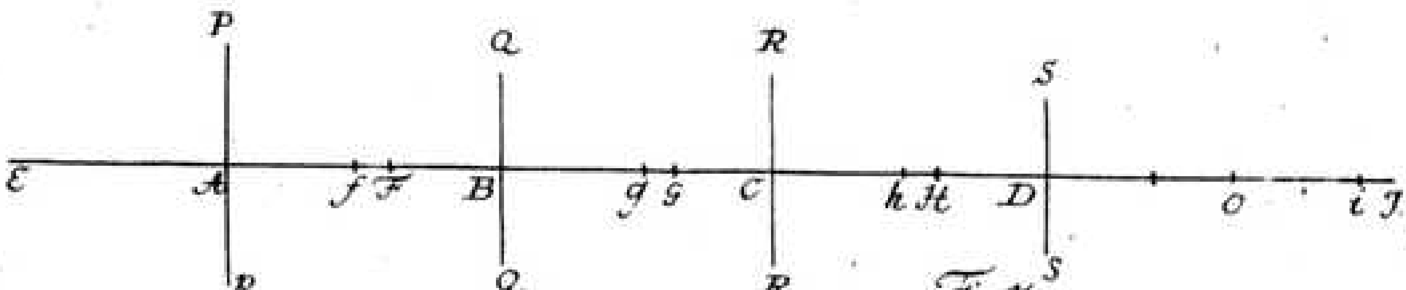


Fig. 7.

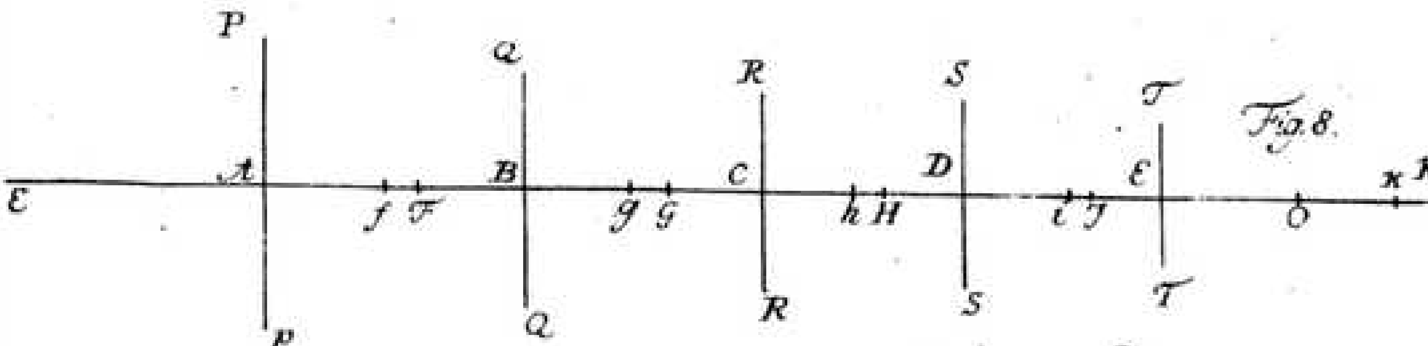


Fig. 8.

Fig. 9.

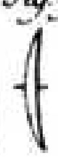


Fig. 10.

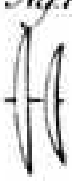


Fig. 11.

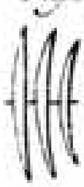


Fig. 12.

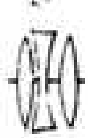


Fig. 13.

Fig. 14.

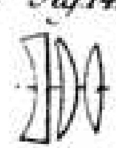


Fig. 15.

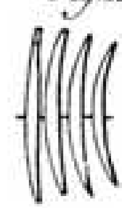


Fig. 16.