

Memoire sur l'application qui a été faite  
de l'heliometre de M. Bouguer aux Telescopes  
à reflexion

C'est aux decouvertes que les modernes ont faites en  
Optique, qu'ils sont redevables de l'avantage de leurs  
observations astronomiques sur celles des anciens.  
Dex l'invention des lunettes d'approche les astronomes  
decouvrirent des astres qui leur étoient inconnus, et  
ils distinguèrent dans les autres des phenomenes  
qui ne peuvent être aperçus à la simple vue. Lorsque  
leur curiosité ne trouva plus par ce moyen de spectacles  
nouveaux dans le ciel, ils firent de leurs decouvertes un  
usage moins piquant mais plus utile, en les  
faisant servir à déterminer le cours des astres,  
avec une précision à laquelle on n'avoit pu atteindre  
avant ce secours.

Les 1.<sup>eres</sup> lunettes étoient formées d'un objectif convexe  
et d'un oculaire concave. La petitesse incommode du champ  
de ces lunettes avoit obligé de substituer à l'oculaire  
concave un ou plusieurs oculaires convexes. Les  
astronomes se firent dex lors à n'employer qu'un  
seul oculaire convexe; le renversement que la  
suppression des autres produit sur les objets étant  
compensée pour eux avec avantage par une plus  
grande distinction. Cette seconde forme des lunettes,  
indépendamment de l'augmentation du champ, fournit  
un moyen pour la mesure des angles du quel les



astronomes reconnoissent bientôt le prix.

Il se forme au foyer de l'objectif une image qui représente les objets mieux que la miniature la plus plus parfaite. Toutes les règles de la perspective y sont observées tant à l'égard des formes que du coloris. C'est cette image que l'on voit à travers de l'oculaire et dont les vixits sont grossis tout comme le seroient ceux d'une vraie miniature par le moyen d'une loupe. Après cette reflexion la mesure des angles sous lesquels paroissent les objets éloignés, se réduit à celle de leur image comparée à sa distance du verre objectif.

Pour parvenir à cette mesure M<sup>rs</sup> Ricardet Auxout placèrent à l'endroit même où se forme l'image des objets deux fils de soye dont l'un demeura immobile tandis que l'autre se meut perpendiculairement au premier auquel il reste toujours parallèle. Ce mouvement se exécute au moyen d'une vis qui fait marcher le chariot sur lequel le fil mobile est attaché. La connoissance de la longueur des pas de la vis et de leur nombre donne la grandeur de la partie de l'image comprise entre les deux fils.

Un micrometre construit sur ces principes donne avec beaucoup de facilité et de précision la mesure des objets dont l'image peut être comprise dans le champ d'une lunette, et dont l'immobilité permet de vérifier si les fils coïncident bien avec leurs extrémités. La dernière de ces deux conditions manqua toujours aux objets célestes qui sont dans un mouvement continu. On y supplée en disposant les fils dans un sens parallèle à leur mouvement en sorte que l'un des points de la base

parcoure le fil immobile pendant tout le tems qu'il met à traverser le champ de la lunette, on a le tems de faire passer l'autre point par le fil immobile ce qui donne la mesure de la distance de ces deux points dans un sens perpendiculaire à leur cours. Mais il est presque impossible de mesurer exactement par ce moyen les distances prises dans un autre sens.

En outre comme le champ des lunettes diminue à proportion qu'elles grossissent on ne peut mesurer que des petites distances avec des lunettes un peu fortes. et les plus longues dont on puisse faire usage pour la mesure des diamètres de la lune et du soleil n'excedent pas neuf pieds.

M<sup>r</sup> Bouguer a donné dans le vol. de l'acad. des Sci. de l'année 1748 la description d'un nouveau micrometre avec lequel le mouvement des objets ne nuit point à l'exactitude de la mesure de leur distance dans quelque sens qu'on la prenne, et qui permet d'y employer les plus longues lunettes quoique les distances excèdent du double les diamètres du soleil et de la lune. Il a donné le nom d'héliometre à ce nouvel instrument qu'il destinoit surtout à la mesure des diamètres du soleil, tant pour en connoître la quantité absolue que pour vérifier si l'expérience justifie la parfaite égalité qu'on suppose entre eux.

Cet instrument avec les commodités que M<sup>r</sup> de la Lande a proposé d'y ajouter dans le vol. de 1754 consiste en une lunette composée d'un oculaire et de deux objectifs réglés portés placés à côté l'un de l'autre en sorte qu'on peut les approcher ou les éloigner

entre eux au moyen d'une verge attachée sur le bord  
du tuyau. L'image formée par l'un des objectifs  
vient se confondre au devant de l'oculaire avec  
l'image produite par le second, deux points différents  
des objets paroissent coincider, et la distance qui separe  
les centres des objectifs fait connoître celle des points  
qui se peignent dans le même lieu comme la  
distance des fils dans le 1.<sup>er</sup> micrometre donne celle  
des objets qui se peignent sur chacun d'eux.

L'attention de l'observateur dans l'usage de cet  
instrument se réduit à examiner si les images  
des deux points des objets dont il veut mesurer la  
distance coincident bien et leur mouvement  
nécessairement pas la difficulté de cet examen.  
D'ailleurs on peut écarter les objectifs l'un de l'autre  
de plus d'un degré sans nuire sans nuire à la  
distinction des images qu'ils forment au foyer  
commun. Ainsi on peut mesurer avec autant  
de précision que de facilité les distances qui  
surpassent de beaucoup le diamètre du soleil, quoique  
les objets qui les terminent soient en mouvement, et  
quelle que soit la direction de la ligne qui les joint  
par rapport à leur cours. Tout comme on mesure  
fort exactement sur mer malgré l'agitation  
du vaisseau la hauteur d'un astre au dessus  
du niveau de la mer en se servant du quartier  
de reflexion: parce qu'au moyen du miroir qui  
est porté par son alidade on voit en même temps  
et dans le même lieu le bord de l'astre et la surface  
de l'eau.

Un des avantages de l'héliometre étoit de pouvoir  
employer à la mesure du diamètre du soleil des  
lunettes au dessus de neuf pieds quoique leur champ  
ne peut en comprendre qu'une petite partie. Malgré  
la précision qui devoit résulter de cet usage, il étoit  
bien à craindre que les astronomes ne fussent dégoûtés  
par la difficulté qu'il y a de manœuvrer des lunettes si  
longues. On a cherché en Angleterre à éviter cette  
inconvenance en appliquant l'héliometre aux télescopes  
à reflexion. Dans cette sorte de télescopes un miroir  
concave fait la même fonction que les verres objectifs  
dans les lunettes dioptriques. La précision avec laquelle  
ce miroir doit être placé relativement aux autres parties  
essentielles de l'instrument ne permet pas de lui  
laisser aucun mouvement et encore moins de  
employer deux dont la distance peut changer.  
La manière dont on a levé cette difficulté est fort  
ingénieuse quoiqu'elle fasse perdre quelque chose  
dans la distinction des objets.

On met à l'entrée du tuyau du télescope ou deux  
objectifs égaux d'un très long foyer ou les deux moitiés  
du même objectif. Ces deux moitiés glissent l'une sur  
l'autre dans le sens du diamètre duquel elles ont été  
coupées. Chacune produit une image comme un  
objectif entier. Ces deux images se confondent lorsque  
les deux moitiés de l'objectif occupent respectivement  
la même place qu'elles avoient tandis qu'il étoit entier,  
elles se separent à mesure que les deux moitiés s'éloignent  
de cette 1.<sup>re</sup> situation et s'éloignent de ces moitiés. On

de mesure à la distance des parties de l'objet dont les images coincident.

Cet effet est entièrement semblable à celui qui est produit par deux objectifs seulement dans les lunettes dioptriques mais la cause n'en est pas aussi simple. Dans les lunettes dioptriques chaque image est formée uniquement par l'objectif auquel elle répond et les deux parties du rayon principal de chacun de ces points étant parallèles entre elles la mesure de l'angle sous lequel sont vus deux points dont les mesures coincident doit être évidemment la distance des objectifs divisée par la longueur de leur foyer.

Dans les télescopes à réflexion les rayons qui après avoir été rompus par chacun des deux objectifs ou par chaque moitié d'un seul ne se seroit réunis qu'à une grande distance sont d'abord réfléchis par le grand miroir, les effets réunis de ces différentes réflexions forment deux 1.<sup>es</sup> images avant le petit miroir, qui les réfléchit une seconde fois pour former deux nouvelles images au delà du premier oculaire, et ces dernières peintures que l'observateur voit par le moyen du second oculaire.

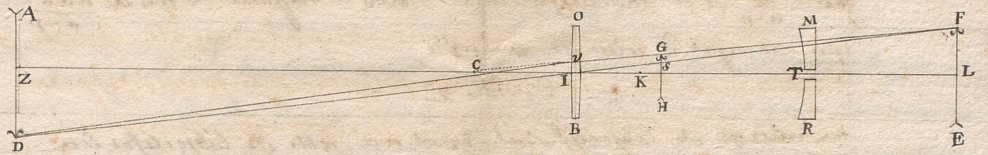
La difficulté qu'il y a de suivre les rayons pourroit faire naître quelque doute sur le rapport entre la distance des centres des objectifs, et l'angle sous lequel paroissent les points dont les peintures coincident. C'est ce que je me suis proposé d'éclaircir dans les propositions suivantes.

Comme aussi la gradation des diverses images formées par les verres et les miroirs de ce nouvel hélicometre

1.<sup>re</sup> Proposition

Connoissant la place et le foyer tant d'un objectif que

d'un grand miroir concave d'un hélicometre, déterminer leur foyer commun et le rapport de l'image qui y est formée à celle qui le droit par le miroir seul.



Soit OB l'objectif, MR le miroir concave, AD l'objet, FE l'image qui seroit formée par l'objectif seul GH l'image produite par les effets réunis de l'objectif du miroir, C le centre du miroir K son foyer, suivant les règles de la catoptrique  $CK = KT$ . Or soit  $IL$  (longueur du foyer de l'objectif) =  $a$ ,  $FL$  rayon de l'image =  $na$ ,  $CK$  ou  $KT$  longueur du foyer du miroir =  $b$ ,  $IK$  distance de l'objectif au foyer du miroir =  $p$

Les règles de l'optique donnent cette proportion  $IL$  distance des foyers, est à  $KT$  longueur du foyer du miroir, comme  $KT$  est à  $KS$  distance entre le foyer du miroir seul et celui qui est produit par l'objectif et le miroir : C'est à dire  $a-p : b :: b : \frac{bb}{a-p} = KS$ . Le point  $S$  étant déterminé par la méthode précédente il sera aisé de connoître le rapport entre  $GS$  et  $FL$ . Soit considéré pour cela le rayon  $DVG$  tel qu'après avoir été rompu par l'objectif en  $v$  il tombe perpendiculairement sur le miroir. Sa partie  $vG$  de ce rayon prolongée passeroit donc par le centre  $C$  ce qui donne à cause des triangles semblables  $SCG$  est à  $CS$ , comme  $LF$  est à  $SG$ , et en substituant à  $a$  ces grandeurs leurs expressions algébriques  $a-p + b : b + \frac{bb}{a-p} :: b : \frac{a-p+b}{a-p}$  ::  $na : \frac{na \cdot b}{a-p} = SG$  rayon de l'image produite par l'objectif et le miroir.

Corollaire 1

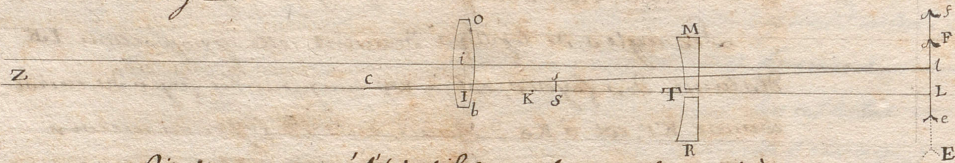
Si ni avait point d'objectif l'image seroit en K et son rayon seroit egal à nb. Subjectif a deplacé l'image de la quantité  $Ks = \frac{bb}{a-p}$  et il la augmente dans le rapport de nb à  $\frac{na}{a-p}$  qui est egal à celui de  $a-p : a$

Coroll. 2<sup>e</sup>

L'image de l'objectif seul seroit na, celle de l'objectif et du miroir est  $\frac{na}{a-p}$  : elles sont dans le rapport de  $a-p : b$

2<sup>e</sup> Proposition

Le miroir demeurant immobile si l'objectif glisse à droite ou à gauche en conservant la même distance avec le miroir, déterminer le rapport entre le déplacement de l'objectif et celui de l'image



Soit transporté l'objectif dans la position ob, à cause de la grande distance des objets  $zL, zL$  sont sensiblement parallèles. Donc les rayons qui forment la peinture du point z, et qui dans la première position de l'objectif tombent en L sont transportés en l de la quantité Ll égale et dans le même sens que il changement du centre de l'objectif. Or les rayons destinés à former le point l sont réfléchis par le miroir forment sur la ligne El le point s de l'image produite par l'objectif et le miroir donc ss est le déplacement de l'image causé par celui de l'objectif et les triangles semblables css, CLl montrent que le rapport de ss à Ll ou à cl

est le même que celui de cs à CL, est à dire de  $b + \frac{bb}{a-p} =$

$b \frac{a-p+b}{a-p} : a-p+b$  ou de  $b : a-p$  ou enfin par le Coroll. 2<sup>e</sup> comme

la 2<sup>e</sup> image à celle de l'objectif seul

Corollaire 1<sup>er</sup>

Le déplacement de l'objectif en cause un égal dans tous les points de son image et un autre dans la 2<sup>e</sup> image qui est comme la 1<sup>e</sup> image à la 2<sup>e</sup>. Donc si dans la première image la peinture du point A de l'objet vient par le déplacement de l'objectif prendre la place qu'occupoit auparavant la peinture du point B il en sera de même dans la 2<sup>e</sup> image

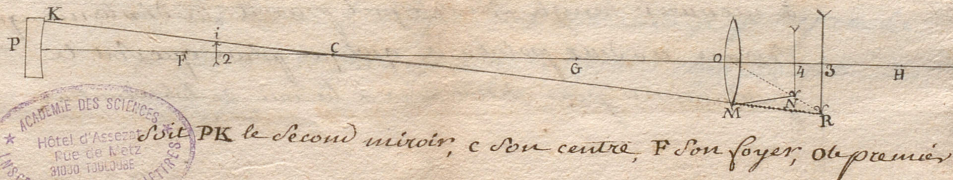
Coroll. 2<sup>e</sup>

Si l'on a deux objectifs ou deux moitiés d'un seul et que la 1<sup>e</sup> moitié conservant la première place la seconde moitié vienne prendre la 2<sup>e</sup> position, la peinture du point A formée par le second objectif coïncidera avec celle du point B formée par le second, et a dans chacune des images.

3<sup>e</sup> Proposition

Déterminer la place et la grandeur de la dernière image des objets dans l'héliometre

Independamment des deux images que nous venons de considérer, l'héliometre en présente deux autres. La 3<sup>e</sup> en comptant les deux précédentes est celle qui seroit formée par la reflexion du second miroir si les rayons avant de se reunir ne rencontroient pas le premier oculaire, et la dernière est celle qu'ils forment en effet apres cette rencontre



oculaire dont les foyers sont GH, soit encore 2<sup>e</sup> la 2<sup>e</sup> image  
formée par l'objectif et le premier miroir BR la 3<sup>e</sup> et enfin  
N4 la 4<sup>e</sup>. Dans les principes de l'optique on a  $2F:PF::PF:F3::$   
et  $C2:C3::21:3R$  ces deux analogies donnent la place et la  
grandeur de la 3<sup>e</sup> image. on trouvera celles de la 4<sup>e</sup> par  
les 2 suivantes  $3G:OH::3O:O4::3R:N4$

Corollaire 1

La 4<sup>e</sup> image dont nous venons de marquer la place  
et la grandeur, est la dernière et elle dont les traits sont  
grossis par le dernier oculaire. Nous avons vu que les  
points de la première image forment des points correspondants  
dans la 2<sup>e</sup> il en est de même dans deux autres. Ainsi lorsque  
les deux objectifs sont placés de manière que dans la 1<sup>e</sup>  
image la peinture du point A formée par l'un des objectifs  
coïncide avec celle du point B formée par l'autre objectif,  
il en est de même non seulement dans la seconde image  
mais aussi dans les deux autres quoique leur place  
varie par le changement de la distance entre les miroirs.  
Or comme pour faire concourir les peintures de deux points  
dans les premières images, il faut écarter les objectifs d'une  
distance qui divisée par la longueur de leur foyer mesure  
l'angle sous lequel est vue la ligne qui joint ces deux  
points. donc aussi pour que les peintures de ces deux  
points coïncident dans les autres images, l'angle des  
objectifs doit être le même; et il est de la même manière  
à mesurer l'angle sous lequel paroit la distance qui  
separe ces deux points à quelque place que soit le  
petit miroir pour s'accommoder à la vue de l'observateur.

Corollaire 2

On deduira encore de ce qui precede pourquoi dans  
l'héliometre de M. Bouguer si on fait faire un petit  
mouvement à l'oculaire les points dont les images  
coïncident ne sont plus les mêmes pour la même  
vue, en sorte que si on retire l'oculaire les points  
dont les images doivent coïncider sont plus proches  
dans l'objet que ne sont ceux dont les images coïncident  
dans la première position de l'oculaire. Pour en voir  
la raison, il suffit de savoir qu'un objectif forme  
l'image des objets non seulement à la distance de  
son foyer mais encore dans un espace assez sensible  
avant et après. Ces images contigües ne sont pas  
toutes égales, leur diamètre augmente comme leur  
distance à l'objectif, donc lorsqu'il y a deux objectifs  
à côté l'un de l'autre les images qu'ils forment se  
croisent davantage à mesure qu'elles sont plus  
éloignées, donc les points dont les peintures coïncident  
dans les images éloignées sont plus voisins dans  
l'objet, et ce sont ces images éloignées de l'objectif que  
l'on voit lorsqu'on retire l'oculaire. Si l'oculaire demeurant  
immuable, un miope met l'œil à la lunette, l'apparence  
sera pour lui la même que pour le presbite qui auroit  
retiré l'oculaire, parceque dans la même position  
de l'oculaire le miope voit une image plus proche  
de son œil et par conséquent plus éloignée de  
l'objectif.

Corollaire 3

Il est évident que les apparences doivent changer  
du microscope au presbite dans l'héliometre anglais  
tout comme dans celui de M. Bouguer, et par la même  
raison. Les apparences doivent changer aussi pour  
la même vue quand on fait marcher le petit miroir.  
En éloignant on augmente les images dont  
la distance aux oculaires demeure la même. On  
fait donc celles se croiser davantage et que  
les points dont les peintures coïncident sont plus  
écartés. C'est le contraire si on rapproche le petit miroir.

25. Juin 1761

Sur l'application de  
L'heliometre de M. Bouguer  
au telescope a Reflexion

P. M. Garjean

$$\begin{array}{r} 76 \\ 15 \end{array} \frac{12}{84} \\ \frac{74}{91.4}$$

Copie

N.º 125.

per entrée a Paris par l'Académie  
le 18 mai 1780. par le Bureau general  
L. de Rey

Copie Orig. y. p. 103.

1789

80088 <sup>56</sup> —