# APPENDICE VI.

## À LA TROISIÈME PARTIE DE LA DIOPTRIQUE: „DE TELESCOPIIS ET MICROSCOPIIS."

## [1654—1692.]

### [Varia fur les lunettes.] ¹)

### § 1 ²).

[1654.]

Telefcopia Wifelij Auguftæ Vind. ³)

1. 16 pedes longum, 3 lentibus. ejufdem effectus atque vulgare pedum 30 conftat. 110 ducatis.

2. 10 vel 12 pedum, 7 vitris ad folem contuendum et terreftria quoq. 75 ducatis, ni fallor.

¹) Sous cette suscription nous avons réuni plusieurs pièces qui se rapportent aux lunettes; toutes empruntées aux manuscrits de Huygens et écrites de sa main à l'exception de celle qu'on trouve au § 7 (p. 607), où nous donnons le dessin et la description d'une lunette de Huygens en possession de l'Observatoire de Leyde. Nous avons arrangé ces pièces chronologiquement, chacune d'elles constituant un paragraphe de l'Appendice présent.

²) Ce paragraphe est emprunté aux p. 93—95 du „boeckje"; manuscrit dont il est question à la p. 4 du T. XI.

³) On peut consulter sur ces télescopes les pp. 215, 308—310 et 424 du T. I, la p. 294 du T. III et la p. 125 du T. IV. Ajoutons qu'à la p. 86 du Manuscrit C on trouve encore la description suivante d'un petit télescope de Wiselius de 3 pouces: „Verkijckertie van Wiselius, van 3 duijm. het voorglas aen wedersijden in een schoteltie van $3\frac{1}{2}$ duijm radius. het oogglas aen wedersijden op een bol van $\frac{6\frac{1}{2}}{10}$ van een duijm radius. diftantie tusschen beijde glazen $2\frac{1}{2}$ duijm. opening $\frac{34}{100}$ van een duijm." De la description il s'ensuit donc que l'objectif, dont l'ouverture mesurait 0,34 pouce, et l'oculaire étaient formés par des lentilles biconvexes symétriques avec rayons de courbure de $3\frac{1}{2}$ et de 0,65 pouce placées à une distance l'une de l'autre de $2\frac{1}{2}$ pouce. Ajoutons que cette description est accompagnée d'un petit dessin qui ne fait connaître que la forme extérieure du télescope. Elle doit dater de l'année 1666 d'après le lieu où elle se trouve.

⁴) Nous ne savons pas à quelles lunettes ces données se rapportent.

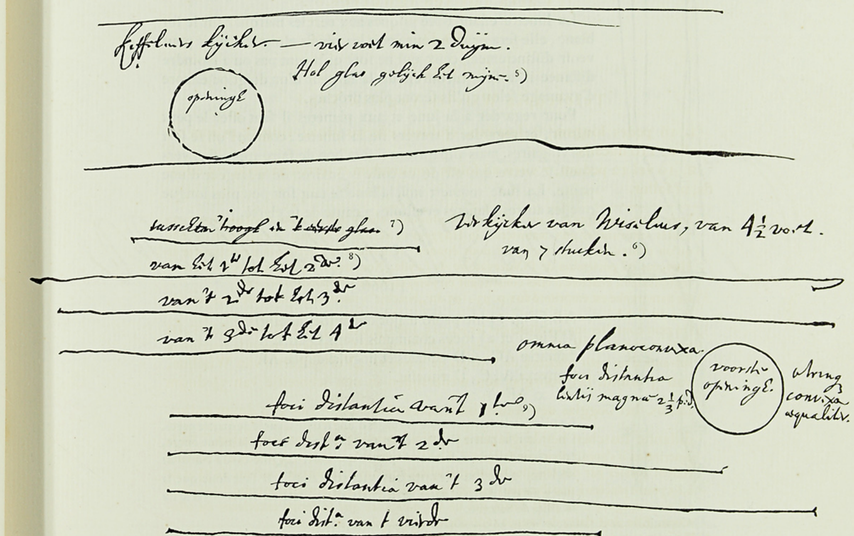
⁵) Traduction: „Lunette de Keffelaer — quatre pieds moins 2 pouces. Verre concave comme le mien." Probablement il s'agit d'une lunette fabriquée par Wiselius mais en possession de Keffelaer. L'ouverture en est représentée en vraie grandeur par le cercle à côté.

⁶) Traduction: „lunette de Wiselius, de $4\frac{1}{2}$ pied en 7 pièces". On trouve une description



3. 7 vel 8 p. 5 vitris, ad aftra. 70 aureis n. f.
4. 4 vel 5 pedum eidem ufui. 4 vitris. 40 aureis, puto.

Semidiameter patinæ majoris 6 voet min $1\frac{7}{10}$ duym.
Semidiam. minoris, $2\frac{6\frac{1}{3}}{10}$ duijm ⁴).



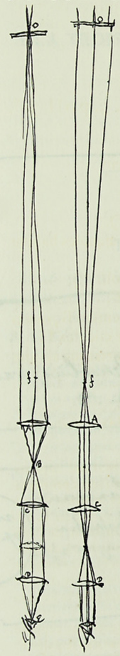

détaillée d'une telle lunette en sept pièces aux p. 308—309 du Tome I.

⁷) Traduction: „[distance] entre l'oeil et le premier verre".

⁸) Traduction: „du premier jusqu'au deuxième [verre]"

⁹) Traduction: „distance focale du premier [verre]".

[Fig. 1.] [Fig. 2.]



§ 2 [1]).

[1655.] [2])

## [Inftruction pour l'ufage des lunettes à miroir.] [3])

Pour veoir les objects prochains il faut allonger la lunette.

La lunette eftant tirée jufques aux cercles marquez fur le fer blanc, elle fera propre pour veoir les objets eloignez, mais pour veoir diftinctement ceux qui ne font qu'a cent pas ou a moindre diftance il la faut racourcir de la largeur d'un doigt ou encore d'avantage felon qu'ils feront plus proches.

Pour regarder a la lune et aux planetes il faut ofter le petit miroir, et regarder a travers de la lunette, comme l'on fe fert des vulgaires. mais auparavant il fera bon de faire approcher vers l'oeil le verre qui eft de ce cofte la environ de la largeur d'une paille. La lune requiert auffi la lunette tant foit peu plus longue que les autres planetes et eftoiles a caufe de fa clartè.

§ 3 [4]).

[1666.]

AB [Fig. 1] hic paulo major quam foci diftantia.
$f$ [Fig. 1 et 2] focus communis lentis O et A.
diftantiæ AC, CD æquales et fingulæ duplæ Af.
Convexa A, C, D æqualia.
DE ∞ AF [5]).

[1]) La pièce était écrite sur une des pages d'une feuille séparée de quatre pages.

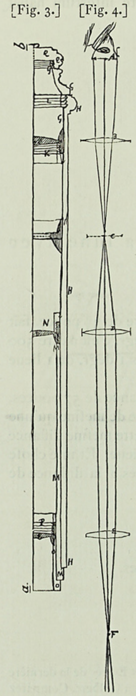
[2]) On lit sur la même feuille, écrit avec la même plume et la même encre, très reconnaissables, le bout de phrase que voici: „Quæ circa Saturni stellam prioribus ignota batavici tubi ope". Il faut donc que la pièce ait été rédigée après le 25 mars 1655, date de la découverte du satellite de Saturne.

[3]) Consultez sur ces lunettes les p. 265—269 du Tome présent.

[4]) La pièce est empruntée à la p. 93 du Manuscrit C. D'après le lieu qu'elle occupe elle doit dater de 1666. Le système de lentilles est identique à celui de Campani décrit dans le paragraphe qui suit et dans la Prop. V, p. 469—473 du Tome présent. La figure à gauche montre comment le champ de vision ne dépend que de l'ouverture de la première des trois lentilles oculaires qui se trouve le plus près de l'objectif; voir le dernier alinéa de la p. 471. La figure à droite correspond entièrement à la fig. 14, p. 469.



[Fig. 3.] [Fig. 4.]



§ 4 [6]).

[1668.]

## Telefcopium Jof. Campani ped. 3. poll. 3 [7]).

A amplitudo foraminis ad oculum.
AB ab initio tubi ad lentem primam ocularem
C locus et amplitudo foraminis fine lente.
D lens fecunda.
E lens tertia, paulo minor reliquis duabus [8]).
lentes 3 B, D, E, foci diftantias omnino æquales habent poll. 1 et $\frac{10}{12}$ [9]). Pedis Rhenol.
Objectivum foci diftantiam habet 2 ped. 5 poll. [10]).
Ejus difpofitio ut focus incidat in punctum F.
Pars GGG intrat tubum HH, portatque lentem B, quam tenet cochlea K lignea. Ipfaque pars G tenetur cochlea L.
Tubus M intrat ab altera parte tubum H, portatque ab una

[5]) Lisez: Af.

[6]) La pièce occupe une feuille séparée.

[7]) Il s'agit sans aucun doute de la lunette de Campani qui appartenait à l'Abbé Charles de Bryas et dont les mesures furent prises par Christiaan Huygens en mai 1668 et communiquées le même mois à son frère Constantyn; voir la lettre du 11 mai 1668, p. 213 du T. VI. C'était la lunette dont il est fait mention dans la lettre de Petit à Huygens, p. 266 du T. IV, lettre qui doit être datée du 28 novembre 1664 (et non de 1662 comme elle l'est au lieu cité). Et l'on peut ajouter qu'au mois de novembre 1664 elle fut éprouvée par Auzout contre une lunette à miroir de Huygens, comme on peut le lire à la p. 145 du T. V.

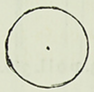
[8]) Le dessin ne donne que les trois oculaires; l'objectif est supposé se trouver à une distance de 2 pieds 5 pouces plus bas que le point F.

[9]) C'est-à-dire à peu près 4,80 centimètres, le pouce Rhinlandais égalant 2,616 cm. La distance BD = DE devrait donc être égale à environ 9,60 cm.; or, en mesurant ces distances sur le dessin on trouve BD = 9,00 cm., DE = 9,80 cm. Le dessin que nous reproduisons ici à mi-grandeur était donc fait à vraie grandeur, mais pas avec beaucoup de soin.

[10]) Le grossissement serait donc de 29 : $1\frac{5}{6}$, c'est-à-dire à-peu-près seize fois. Auzout trouvait environ 14 fois; voir la p. 145 du T. V.

parte lentem D, firmatam cochlea buxea N. ab altera parte insertum habet tubulum O, qui portat lentem E, firmatam cochlea P.

QQ est operculum quod imponitur arcendo pulveri.



aperturæ objectivi diameter $\frac{72}{100}$ poll. [1]).

§ 5 [2]).

[1673.]

## [Grandeur des objets visibles dans la lune avec une lunette de 60 pieds.]

de 60 pieds ouverture de 6 p. 8 l. [3]) 240 fois.

fait 60 pieds ouverture de 4 p. 200 fois [4]) avec un oculaire de $3\frac{3}{5}$ pouce. fait voir le diam. de la lune de 100 degr. puisqu'elle est d'un $\frac{1}{2}$ degr. c'est a dire 500 lieues d'allemagne sous l'angle de 100 degr. ou 5 lieues sous 1 degr. ou 1 lieue sous 12 min.

1 degrè est la $\frac{1}{57}$ partie de sa distance de l'oeuil donc a la distance de 57 pouces, c'est pres de 5 pieds, l'on verra un rond d'un pouce de diametre de mesme qu'une tasche de la lune qui a 5 lieues de diametre. Et $2\frac{2}{5}$ lignes, a cette mesme distance de 5 pieds, comme une chose dans la lune de l'estendue de 1 lieue. Et une chose de $\frac{1}{2}$ lieue, comme seroit la ville de Paris, comme $1\frac{1}{5}$ lignes a la distance de 5 pieds.

1800 lieues le diam. de la terre
30
54000 lieues a la lune. 3000 verges.
3000
162000000

[1]) Nous reproduisons ce dessin à sa vraie grandeur.

[2]) La pièce est empruntée à une feuille séparée collée dans le Manuscrit E près de la dernière page. Elle a servi de brouillon à une partie de la lettre du 9 août 1673 à Colbert. Comparez la p. 351 du T. VII.

[3]) C'est-à-dire 6 pouces 8 lignes. On peut constater que cette mesure de même que le grossissement s'accorde avec le tableau qu'on trouve à la p. 353 des „Rejecta".

[4]) Grossissement intermédiaire entre celui de 241 du tableau mentionné dans la note précédente et celui de 170 du tableau de la p. 499.

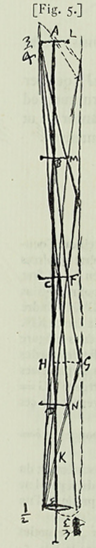


§ 6 [5]).

[1683].

## [Sur les diaphragmes qui doivent empêcher la lumière qui tombe sur les parois du tube d'atteindre l'oeil de l'observateur] [6]).

[Fig. 5.]




[Première Partie.] [7])

$$AB, BC, CD, DE \infty a$$
$$AL, BM, CF, DN \infty b$$
$$CH \infty x$$

$$BC(a) \text{ ad } CF(b) \text{ ut } BH(a+x) \text{ ad } HG\left(\frac{ab+bx}{a} \text{ sive } b+\frac{bx}{a}\right)$$

$$KD(\tfrac{1}{2}a) \text{ ad } DN(b) \text{ ut } KH(\tfrac{3}{2}a-x) \text{ ad } HG\left(\frac{\frac{3}{2}ab-bx}{\frac{1}{2}a}\right) \infty \frac{ab+ax}{a}$$

$$\tfrac{3}{2}ab-bx \infty \tfrac{1}{2}ab+\tfrac{1}{2}bx$$
$$3ab-2bx \infty ab+bx$$
$$2ab \infty 3bx$$
$$\tfrac{2}{3}a \infty x$$

$$b+\tfrac{2}{3}\frac{ab}{a} \infty HG \infty \tfrac{5}{3}b$$

[5]) La pièce occupe les p. 165—167 du Manuscrit F et doit, d'après le lieu qu'elle occupe, dater de 1682 ou de 1683.

[6]) De tels diaphragmes furent employés p. e. en assez grand nombre dans les grandes lunettes de Hevelius, et, d'après les p. 227 et 228 du T. IV et la p. 417 du T. VIII, ils existaient aussi dans les grandes lunettes anglaises et dans les lunettes des frères Huygens. La première partie du paragraphe présent traite le cas d'un tube cylindrique (voir la Fig. 5). On doit la considérer comme un premier essai. La deuxième partie, qui est plus achevée, s'occupe du cas d'un tube de forme conique. Et il paraît que de tels tubes pourvus de diaphragmes ont, en effet, été construits par les frères Huygens, mais ils ont abandonné cette construction à la suite d'un accident survenu à une lunette de Constantyn, qu'il décrit dans une lettre à Christiaan du 25 mars 1683 (p. 413 du T. VIII). La lunette étant placée dans un coin, l'objectif en bas, les pièces du tuyau, plus minces en haut qu'en bas, tombèrent avec un grand fracas sur l'objectif qu'elles faillirent écraser, mais qui résista heureusement au choc.

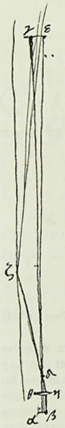
[7]) Dans cette première partie Huygens suppose connues les ouvertures des diaphragmes, égales entre elles et à celle, se trouvant en E qui semble représenter l'ouverture de l'oculaire (voir toutefois la note 3 de la p. 604), et il se propose de calculer la largeur qu'on doit donner au

lunette de 12 pieds. ouverture [1]) de $1\frac{1}{2}$ pouce. diaphragme de $\frac{9}{10}$ d'un pouce. oculaires de 2 pouces de foier.

Si elle conſiſte en 4 pieces et que la ſeparation en D ait une ouverture de 1 pouce; la groſſeur de la lunette au bout A devra eſtre environ de $2\frac{1}{2}$ pouces. Et a l'autre bout E environ de 2 pouces, alors elle ſera obſcure parfaitement, c'eſt à dire le tuyau en dedans; ce qui eſt très neceſſaire.

## [Deuxième Partie.] [2])

[Fig. 6].




$\gamma\varepsilon$ apertura objectivæ lentis. $\delta$ focus ejus, idemque lentis ocularis $\theta\eta$.

Propter latitudinem pupillæ $\alpha\beta$, non tantum radij $\gamma\delta$, $\varepsilon\delta$, qui per totam aperturam lentis majoris tranſeunt, ad ipſam deferuntur, ſed et qui a tubi latere egrediuntur ut $\zeta\delta$, niſi annulis impediantur ita ut punctum $\zeta$, illuſtratum radio $\varepsilon\zeta$, lucem projicere poſſit in lentem $\theta\eta$.

tube pour qu'aucune lumière réfléchie par la paroi ne puisse atteindre l'oculaire. Or, il est évident qu'une des parties du tube, qui peuvent être éclairées par la lumière qui passe par le diaphragme en C, commence en G. Il faut donc faire en sorte que la lumière partant du point G, ou des points voisins de la partie éclairée du tube, soit empêchée par le diaphragme en D d'atteindre l'oculaire en E et pour cela il suffira que le point G se trouve sur la droite KN. C'est là la base des calculs qui suivent; toutefois les lignes tirées dans la figure montrent que Huygens n'a pas manqué d'examiner également l'effet des parties de la paroi éclairées par la lumière passant par les ouvertures des diaphragmes en D et en B. Alors ces calculs lui auront appris que la même largeur HG $=$ $= \frac{5}{3}b$ est nécessaire et suffisante pour empêcher toute lumière venant de ces parties de la paroi de parvenir à l'oculaire en E.

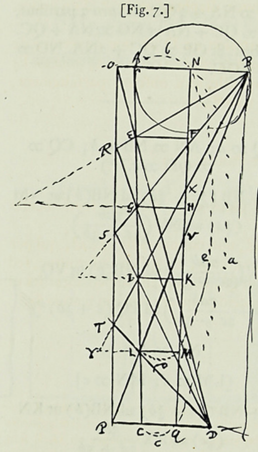
[1]) Lisez plutôt „largeur du tube"; alors on aurait, en effet, $2HG = \frac{3}{2}$ pouce et $2b =$ $= \frac{3}{5} \times 2HG = \frac{9}{10}$.

[2]) Dans cette deuxième partie il s'agit de construire un tube à diaphragmes qui se rétrécit du côté de l'oculaire, de manière qu'aucune lumière venant des parties éclairées de la paroi ne puisse passer par les ouvertures des diaphragmes; consultez sur la réalisation pratique d'un tel tube de forme conique la note 6, p. 603, qui précède.

[3]) Il s'agit donc du dernier diaphragme qui précède à l'oculaire. Or, ces mots „sive potius diaphragmatis" font supposer que peut-être on doit s'imaginer qu'aussi dans la Fig. 5, p. 603, on n'a pas affaire en E avec l'oculaire mais avec le diaphragme qui le précède. Dans ce cas le diamètre des diaphragmes pourrait excéder celui de l'oculaire, ce qui n'apporterait aucun changement dans les calculs, puisqu' il s'agit alors d'empêcher la lumière, qui tombe sur les parois, de passer par ce dernier diaphragme en E.



[Fig. 7.]




NQ axis teleſcopij [Fig. 7].

AB apertura lentis objectivæ; CD apertura ocularis ſive potius diaphragmatis [3]).

Sit tubus ex quinque partibus compoſitus, in quarum ſingulis foramina aperta quorum ſemidiametri AN, EF, GH, IK, LM; quæ definit recta AC, quia ab omnibus punctis aperturæ AB ad omnia puncta CD radij pervenire debent.

BL, DC conveniant in P, idem BA, DE conveniant in O. Erit NO [4]) dimidia craſſitudo ejus tubi ex illa parte, QP ex altera [5]); quantæ ad minimum requiruntur, ut tubus intus plane obſcurus fiat; quantacunque fuerit tubi longitudo.

Rectæ BE, BG, BI, BL productæ uſque in latus tubi OP, referunt radios lucis; et apparet lucem inde ortam non poſſe percipi ab ullo puncto aperturæ ſeu lentis CD, ductis DEO, DGR, DIS, DLT quæ cum prioribus conveniunt in ipſa linea OP. quod tamen demonſtrandum ſupereſt [6]).

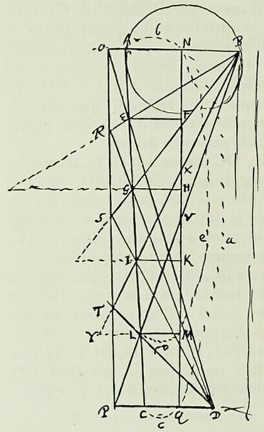
Fit QP $\infty$ QC $+ \frac{1}{2}$ NA [5]). Et NO $\infty$ NA $+ \frac{1}{2}$QC [4]). quæ regula obſervanda cum 5 partibus tubus conſtat. at ſi 4 partibus, fit QP $\infty$ QC $+ \frac{2}{3}$ NA, et

[4]) Posant $AN = b$, $CQ = c$ on trouve, pour le cas de $n$ diaphragmes, $OA = \frac{2c}{n-1}$; puisque $OA : CD\,(2c) = AE : EC = NF : FQ = 1 : n-1$. Donc $NO = b + \frac{2c}{n-1}$.

[5]) Au cas général $PQ = c + \frac{2b}{n-1}$.

[6]) Il n'en est rien. Huygens s'est laissé tromper par les apparences. Toutefois la construction est bonne. En effet, il est clair d'abord que le tube ne peut pas être rétréci ni à l'un ni à l'autre bout sans manquer le but proposé. Ensuite nous montrerons qu'aucune lumière ne peut pénétrer dans l'oeil par l'intermédiaire de la paroi. Soit à cet effet S le point d'intersection de DI avec la paroi et S' celui de BG avec la même paroi. Il suffira alors de démontrer que dans tous les compartiments du tube la somme des distances de S au plan CD et de S' au plan AN dépasse ou égale la longueur $NQ = l$ du tube. Soit donc $QK = \frac{p}{n}l$ et, par conséquent, $IK =$ $= \frac{p}{n}b + \frac{n-p}{n}c$; si nous prenons alors QN et QP pour l'axe des $x$ et des $y$ d'un système de coordonnées, on trouvera $y = \frac{pb + (2n-p)c}{pl}x - c$ pour l'équation de la droite DI et $y =$

[Fig. 7.]




et NO ∞ NA + $\frac{2}{3}$QC. Si vero 3 partibus, fit QP ∞ QC + NA et NO ∞ NA + QC. Si duabus, fit QP ∞ QC + 2NA. NO ∞ NA + 2QC.

---

[NQ ∞ $a$; AN ∞ NB ∞ $b$; CQ ∞ ∞ QD ∞ $c$.] [1])

LM + NB $(\frac{4}{5}c + \frac{6}{5}b)$ ad NB($b$) ut NM $(\frac{4}{5}a)$ ad NV $\left(\frac{2ab}{2c+3b}\right)$

NV$\left(\frac{2ab}{2c+3b}\right)$ ad NB($b$) ut VQ $\left(a - \frac{2ab}{2c+3b}\right)$ ad PQ $(c + \frac{1}{2}b)$ [2])

NO ∞ $b + \frac{1}{2}c$

[LM ∞ $d$; MN ∞ $e$]

IK + NB $(\frac{3}{4}d + \frac{5}{4}b)$ ad NB($b$) ut KN $(\frac{3}{4}e)$ ad NX $\frac{3be}{3d+5b}$

---

$= \frac{(n-1)b+2c}{(n-1)l}x + \frac{2b+(n-1)c}{(n-1)l}(l-x)$ pour celle de la droite OP. Il en résulte $x_S = \frac{b+(n-1)c}{b+\left(\frac{n(n-1)}{p}-1\right)c}l$. Si nous remplaçons dans cette formule $b$ par $c$, $c$ par $b$ et $p$ par $n-p-1$, on aura $\frac{c+(n-1)b}{c+\left(\frac{n(n-1)}{n-p-1}-1\right)b}l$ pour la distance de S′ au plan AN. Or, l'excès sur $l$ de la somme de $x_S$ et de cette dernière distance se trouve être égal à

$$\frac{(n-1)(b-c)^2}{\left(b+\left(\frac{n(n-1)}{p}-1\right)c\right)\left(c+\left(\frac{n(n-1)}{n-p-1}-1\right)b\right)}l,$$

expression essentiellement positive excepté pour le premier et le dernier compartiment, où elle devient égale à zero, puisqu' alors on a respectivement $p = 0$, et $p = n-1$.

Remarquons encore que pour $b = c$, c'est-à-dire pour un tube cylindrique, les points S et S′ se confondent pour tous les compartiments. C'est le cas de la figure 5 de la première partie dans laquelle on aura donc, au cas général, HG $= \frac{n+1}{n-1}b$.



NX$\left(\frac{3be}{3d+5b}\right)$ ad NB($b$) ut XM $\left(e - \frac{3be}{3d+5b}\right)$ ad MY $(d + \frac{2}{3}b)$

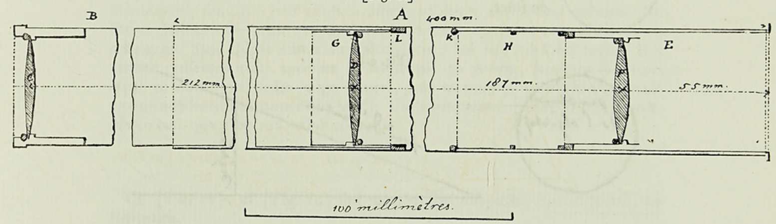
imo facile erat videre LY eſſe ∞ $\frac{1}{3}$AB ſive $\frac{2}{3}$AN quia AI ad IL ut 3 ad 1.

## § 7.

[1683.]

## [Oculaire d'une lunette [3]) de Huygens qui ſe trouve à l'Obſervatoire de Leyde.]

[Fig. 8.]




---

[1]) Dans ce qui suit Huygens a évidemment voulu déterminer la position des points d'intersection R, S, T, mais il n'a pas achevé le calcul.

[2]) Comparez les notes 4 et 5 de la p. 605, qui précède.

[3]) La lunette en question porte un objectif sur lequel Huygens écrivit, avec un diamant, sur l'un des côtés sa signature caractéristique „Chr. Hugenius f." et sur l'autre „Ped. 12 Opt." Le tube en fer blanc est composé de 5 pièces, entrant l'une dans l'autre, sans compter l'oculaire terrestre qui contient trois lentilles, disposées d'après les indications données dans la Prop. V, p. 469.

La figure ci-jointe fait connaître en détail la disposition de cet oculaire, qui nous semble être identique avec celui qui est mentionné dans les lettres échangées par les frères Huygens en mars et avril 1683; voir les pp. 411, 412, 415, 416, 417, 419 et 420 du T. VIII.

On distingue dans la figure le tube A d'une longueur de 400 mM., dans lequel se trouve du côté de l'objectif un tube B contenant deux lentilles biconvexes C et D de 38 et de 40 mM. de diamètre, ayant des distances focales de 104 et de 106 mM., et du côté de l'oeil un tube E contenant la lentille biconvexe F ayant un diamètre de 38 mM. et une distance focale de 77 mM. La lentille C a une position invariable dans le tube B, tandis que la lentille D, fixée

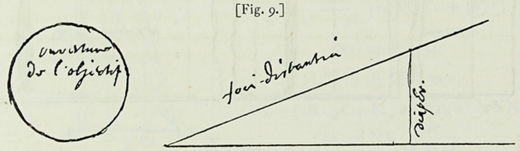
§ 8 [1]).

[1683.]

## [Sur une lunette de Coveri.] [2])


25 mars [3]) Vu une lunette de 6 pieds 10 pouc. de Stefano Coueri a Livorno à 4 verres. l'ouverture de l'objectif eſtoit celle cy ſcavoir d'un pouce, et $\frac{1}{2}$ ligne. la diſtance du foier des oculaires depuis le milieu du verre, 2 pouces $\frac{4}{10}$. l'ouverture du diaphragme $10\frac{1}{2}$ ligne. la grandeur des oculaires preſque la moitie de leur diſtance de foier.

[Fig. 9.]




dans un petit tube G qui glisse dans B, peut être rapprochée ou éloignée de C; la plus grande distance entre les deux, telle qu'elle est indiquée dans la figure, étant de 212 mM.

La lentille F est fixée dans le tube E qu'on peut enfoncer dans A, jusqu'à ce qu'il butte contre l'extrémité d'un autre tube H qui peut glisser aussi dans A mais qui est retenu en place par un anneau ressort K.

Quand, du côté de l'objectif, on enfonce le tube B autant que possible dans le tube A, c'est-à-dire jusqu'à ce qu'il touche l'anneau L, et que du côté de l'oeil on enfonce entièrement le tube E, comme nous l'avons indiqué dans la figure, la distance des lentilles D et F est de 187 mM. Celle de F jusqu'au bord du tube, où l'on place l'oeil, est de 55 mM.

Ajoutons qu'on n'aperçoit nulle part une trace de diaphragmes.

Afin que cette combinaison de lentilles satisfasse aux conditions exposées dans la Prop. V citée, il faut que les distances focales de C et D soient les mêmes, ce qui est le cas à fort peu près, et que la distance de ces deux lentilles (212 mM.) soit égale à la somme (210 mM.) de leurs distances focales. Quant à la troisième lentille F, sa distance focale de 77 mM. diffère sensiblement de celles des autres, mais la condition que les rayons venant d'un point à distance infinie redeviennent parallèles entre eux après leur sortie de la lentille F peut être remplie à peu près, puisqu'elle exige que la somme des distances focales des lentilles D et F, laquelle est de 183 mM., soit égale à leur distance mutuelle qu'on peut réduire à 187 mM. D'ailleurs il est clair qu'on peut obtenir un parallélisme complet p. e. en diminuant un peu la distance entre l'objectif et le système des trois oculaires.



§ 9 [4]).

[1684.]

## [Manière d'obſerver les ſatellites de Saturne et d'autres petites étoiles.] [5])

Ad comites Saturni aliasque minimas ſtellulas conſpiciendas poſſet apertura teleſcopij multo amplior ſolita uſurpari, quia enim tantum ut puncta apparent iſtæ ſtellulæ nihil prodeſt earum diametros amplificari teleſcopio, ſed oportet ut quanta poſſunt luce clareſcant. Ideo augeatur apertura vel ad duplam ſolitæ latitudinem, ſimulque lens ocularis aſſumatur dupla majori foci diſtantia. Sic fiet ut ſtellulæ iſtæ quadruplo clariores appareant, et tamen æque diſtinctæ ſeu terminatæ. Sane duplo minus amplificabuntur; ſed hoc nihil hic refert. Hac ratione poſſemus aucta apertura in teleſcopio 30 pedum, ſatellites Saturnios æque ac nunc 120 pedes longo intueri, quia in quadrupla longitudine dupla tantum adhibetur aperturæ diameter [6]). Unde patet eandem tunc fore in teleſcopio 30 ped. quæ alias 120 pedali convenit.

---

CF [Fig. 11], **cf** [Fig. 10] ſint æquales foci diſtantiæ. Aperturæ AC, **ac** inæquales.

Cum aberrationes extremorum radiorum FQ, **fq** ſint inter ſe ut ſemidiam.i

En écartant le tube B on peut obtenir une lunette astronomique avec une seule lentille oculaire, donnant le même grossissement.

On trouvera encore d'autres détails sur cette lunette avec une exposition des résultats d'une investigation de ses qualités optiques aux pp. 409—412 et 423—429 d'un article de feu l'astronome de Leyde F. Kaiser „Iets over de kijkers van de gebroeders Christiaan Huygens" dans les „Verslagen en Mededeelingen van het Koninklijk Nederlandsch Instituut" de l'année 1846.

1) La pièce se trouve à la p. 169 du Manuscrit F.

2) On peut consulter sur cette lunette les pp. 415 et 420 du T. VIII, d'après lesquelles elle grossissait 31 fois et fut jugée par Huygens „tres excellente et bien ordonnée."

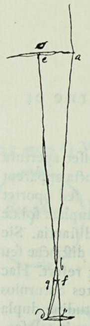
3) Sans doute le 25 mars 1683 d'après le lieu que la pièce occupe au Manuscrit F.

4) Ce paragraphe est emprunté à la p. 182 du Manuscrit F. D'après le lieu où il se trouve, il doit dater d'un des premiers mois de 1684.

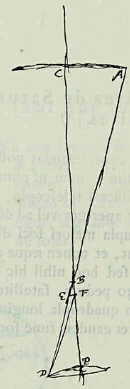
5) Comparez le dernier alinéa de la p. 511.

6) Voir la règle qui commence en bas de la p. 487.

[Fig. 10.]



[Fig. 11.]



aperturarum AC, **ac**. nam BF, **bf** ſunt æquales, (ut patet ex ijs quæ pag. ſequ. dicta ſunt [1])) ſicut autem FQ ad **fq** ita debeat eſſe FD ad **fd**, ſeu FP ad **fp**, ut fiant anguli æquales FDQ, **fdq**; unde æque perfecta terminatio conſequitur; Ergo ſicut AC ad **ac**, ita debet eſſe FP ad **fp** quæ ſunt ocularium lentium foci diſtantiæ.

Parandæ igitur lentes 20 vel 30 pedum ſed tam amplæ ut poſſint aperturas habere $4\frac{9}{10}$ et 6 pollicum. Sunt enim expeditiora ad uſum breviora teleſcopia.

Ut ne noceat Saturni claritas, poteſt virgula papyracea per mediam lentem ocularem [2]), vel potius in foco lentis majoris apponi quæ Saturni corpus tegat, dum ſatellites quæruntur.

---

Videri poſſet ſexdecuplo clariora omnia apparitura [3]), quia imagines ad quadruplo minus ſpatium arctantur in fundo oculi, et hoc ita erit, præterquam in comitibus Planetarum et ſtellis fixis quia cum tantum velut puncta ſint in oculo earum imagines teleſcopio utroque viſæ, unice attendendum eſt quantum lucis colligatur ad iſta puncta illuſtranda. quanto enim plus colligitur tanto melius cernentur hujuſmodi ſtellulæ, nec refert fere qualis ſit lens ocularis.

[1]) Il s'agit du § 1 de l'Appendice VIII; voir la p. 621 qui suit. Comparez encore les p. 483—485, où l'aberration chromatique des lentilles est traitée plus amplement.

[2]) En effet, si l'on a égard aux petites dimensions, lorsqu'ils traversent l'oculaire, des faisceaux de lumière (voir les p. 507—509) qui partent des différents points d'un objet éloigné, on voit que de cette manière on peut écarter la lumière venant de Saturne sans affaiblir la clarté des images des satellites.

[3]) Comparez toujours le dernier alinéa de la p. 511.

[4]) La pièce est empruntée à la p. 251 du Manuscrit F et doit dater de 1686 ou 1687.

[5]) La pupille étant considérée comme un point unique, Huygens va comparer les champs de vision qu'on obtient en plaçant l'oeil au foyer **d** de l'oculaire et en le plaçant au point **a** où



§ 10 [4]).

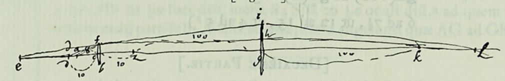
[1686.]

## [Conſidérations ſur la grandeur du champ de viſion; la pupille de l'oeil étant conſidérée comme réduite à un ſeul point [5]).]

### [Première Partie.]

**dc** ∞ 10; **cz** ∞ 10; **zg** ∞ 100 [; **ac** ∞ 8]

[Fig. 12.]



**ad**(2) ad **ac**(8) ut **ac** (8) ad **ae**(32) [6])

$$\frac{\mathbf{ac}(8)}{\mathbf{ce}(40)}$$

le diamètre de ce champ est un maximum. Pour trouver ce dernier point on doit chercher l'intersection avec l'axe **el** du rayon **lifa** dont la partie qui se trouve entre les lentilles passe par les contours de l'objectif **gi** et de l'oculaire **cf**. Or, puisque **khfd** représente le rayon qui passe par le foyer **d** de l'oculaire, il est clair que le rapport cherché des diamètres des deux champs de vision est égal à celui des angles **hkg** et **ilg**, c'est-à dire, par approximation, au rapport de $\frac{\mathbf{hg}}{\mathbf{gk}}$ et de $\frac{\mathbf{ig}}{\mathbf{gl}}$; c'est la méthode suivie dans la première partie. Posons, pour la rendre plus générale, $\mathbf{dc} = \mathbf{cz} = f$, $\mathbf{gz} = \mathbf{gk} = F$, $2\mathbf{fc} = 2\mathbf{hg} = \delta$, $2\mathbf{gi} = d$, $\mathbf{ac} = x$, $\mathbf{ec} = y$, $\mathbf{gl} = z$, on trouve alors successivement $y = fx : (f - x)$, $z = F(y + f + F) : (y + f)$, $d = (F + y + f)\delta : y$. On en déduit, $\mathbf{ilg} = \frac{1}{2}d : z = \frac{1}{2}(y + f)\delta : Fy = \frac{1}{2}f\delta : Fx$, mais $\mathbf{hkg} = \frac{1}{2}\delta : F$, donc $\mathbf{hkg} : \mathbf{ilg} = x : f$.

Or, ce résultat simple: que les diamètres des champs de vision en **d** et en **a** sont dans le rapport de **ac** à **dc**, se laisse déduire d'une autre façon si l'on considère **fdc** et **fac** comme des angles très petits, ce qu'on doit supposer aussi pour pouvoir appliquer les formules qui précèdent. Dans cette supposition il est clair que les angles qui déterminent les champs de vision se trouveront en divisant les angles **fdc** et **fac** par les grossissements correspondants; mais ces grossissements sont égaux d'après la Prop. XIII, Part. I, Liv. II, p. 233, les diamètres des champs de vision sont donc proportionnels à ces derniers angles, qui, eux-mêmes, sont évidemment inversement proportionnels aux distances **df** et **af**, c'est-à-dire qu'ils sont dans le rapport de **ac** à **cd**. C'est le résultat de ce raisonnement qu'on retrouvera dans la deuxième Partie.

[6]) Voir la Prop. XX, Part. I, Liv. I, p. 99; **a** et **e** sont des points correspondants par rapport à l'oculaire.

[Fig. 12.]

**ez**(50) ad **eg**(150) ut **eg**(150) ad **el**(450) [1])

$$\frac{\mathbf{eg}(150)}{\mathbf{gl}(300)}$$

**ec**(40) ad **cf**(2) ut **eg**(150) ad **gi**($7\frac{1}{2}$)

**gl**(300) ad **gi**($7\frac{1}{2}$) [2])

**gk**(100) ad **gh**(2) ut 300 ad 6

6 ad $7\frac{1}{2}$, ut 12 ad 15, ut 4 ad 5 [3])

[DEUXIÈME PARTIE.]

Apertura objectivi ponitur æqualis foci diſt.æ lentis ocularis [4]). apertura ocularis ponitur $\frac{4}{9}$ ſuæ foci diſtantiæ. Hinc poſito oculo in foco ocularis **d**, fit angulus campi tantillo minor tantum quam ſi in **a** oculus ponatur ita ut radius **if** per margines utriuſque vitri tranſiens cadat in **a**, fit enim **ad** minor quam $\frac{1}{120}$ **dc** [5]), ratio autem campi ex **d** et **a**, ſicut angulus **fdc** ad **fac**, hoc eſt proximè ut **ac** ad **dc**.

Sit **cz** 3 poll. item **cd. zg** 460 poll. ſive 30 ped. [ſic!] **ig** $1\frac{1}{2}$ poll. **fc** $\frac{2}{3}$ poll. $\infty$ $\infty$ **hg**. Ergo **ih** $\infty$ $\frac{5}{6}$ poll.

**ih** ($\frac{5}{6}$) ad **hf** (463) ut **fc** ($\frac{2}{3}$) ad **ce** ($370\frac{2}{5}$)

$$\frac{\mathbf{cz}\ (3)}{\mathbf{ez}\ (373\frac{2}{5})}$$

[1]) Détermination du point **l** qui correspond au point **e** par rapport à l'objectir.

[2]) **gi** : **gl** mesure le champ de vision dans le cas que l'oeil est placé en **a**.

[3]) Rapport des diamètres des champs de vision en **d** et en **a**.

[4]) Comparez la note 2 de la p. 496.

[5]) Avec les notations de la note 5, p. 610 on a $d=(F+y+f)\delta : y=[(F+f)f\delta - Fx\delta] : fx$. On en déduit: $x=(F+f)f\delta : (F\delta + fd)$. On a donc en général:

$$\mathbf{ad} = f - x = \frac{(d-\delta)f^2}{F\delta + fd} = \frac{\left(1-\frac{\delta}{d}\right)}{\left(\frac{\delta}{d}\frac{F}{f}+1\right)} f;$$

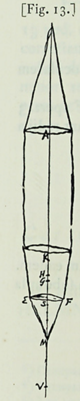
ce qui donne dans les suppositions introduites ici, où $\delta = \frac{4}{9}f$ et $d=f$, $\mathbf{ad} = \frac{5}{4g+9}\mathbf{dc}$,



10**ez**(3734) ad 10**ec**(3704) ut 10**ec**(3704) ad 10**ea**($3674\frac{1}{4}$)

| | | |
|---|---|---|
| 10**ec** 3704 | 10**cd** 30 | |
| 10**ea** $3674\frac{1}{4}$ | 10**ac** $29\frac{3}{4}$ | **da** ($\frac{1}{40}$) ad **dc** (3) ut 1 ad 120. |
| 10**ac** $29\frac{3}{4}$ | 10**da** $\frac{1}{4}$ | |

[Fig. 13.]



§ 11 [6]).

[1692.]

## Ad pag. 86 dioptrices [7]).

G focus lentis magnæ; KV $\infty$ *a* foci diſt. lentis K; GK $\infty$ $\frac{1}{3}a$; KS $\infty$ $\infty$ $\frac{1}{2}a$; HS $\infty$ $\frac{1}{4}a$ foci diſt. lentis S; SM $\infty$ $\frac{1}{6}a$ oculi diſt.a ad quem pervenient radij paralleli; A lens magna; ratio augmenti quæ AG ad GK [8]).

---

in tabula ratio augmenti eſt ut 310 ad 1 [9]). Sed ſit ratio augmenti 300 ad 1.

300 ad 1 ut 200 (pedes foci diſt.æ ſeu long.do teleſc.) ad $\frac{20}{30}$ (KG); KV $\infty$ 3KG $\infty$ 2 ped.; $\frac{1}{4}$KV $\infty$ SH $\infty$ $\frac{1}{2}$, foci diſt. lentis EF ſeu S.

In teleſcopio 200 ped. lens ad K erit 2 pedum foci diſt.; lens ad S erit $\frac{1}{2}$ ped. foci diſt.

---

ratio augm. [10]) 250 ad 1 ut 130 (ped. foci diſt. magnæ lentis ſeu long.o teleſc. ad $\frac{13}{25}$ (KG); pedes $\frac{39}{25}$ $\infty$ KV $\infty$ *a*; $4\frac{2}{3}$ [poll.] fere SH lent.

où $g = F : f$ représente le grossissement. Tout dépend donc de ce grossissement. Or, il est clair que Huygens a en vue ici le cas numérique qui va suivre et où, en effet, les conditions $\delta = \frac{4}{9}f$ et $d=f$ se trouvent réalisées. Dans ce cas on a $g = \frac{460}{3}$; donc $\mathbf{ad} = \frac{15}{1867}\mathbf{dc} = \frac{1}{124\frac{7}{15}}\mathbf{dc} < \frac{1}{120}\mathbf{dc}$.

[6]) La pièce est empruntée à la p. 47 du Manuscrit H et doit être datée de 1692 d'après le lieu où elle se trouve. Elle donne deux nouveaux exemples de lunettes construites d'après les règles exposées dans la Prop. IV, p. 461 et appliquées aux fig. 11 et 12 de la p. 462. Et il nous semble que du moins le deuxième exemple, où les dimensions des lentilles sont indiquées, a dû correspondre à une lunette employée par Huygens.

[7]) C'est la page dont il est question dans la note 2 de la p. 463 du Tome présent.

[8]) Comparez pour ce qui précède le deuxième alinéa de la p. 463.

[9]) Voir le Tableau de la p. 499. Il s'agit d'un télescope de 200 pieds.

[10]) Voir dans le même Tableau les données pour un télescope de 130 pieds.

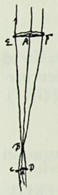
ad S foc. dift. cujus diam. circiter $2\frac{2}{5}$ poll.; $18\frac{3}{4}$ poll. fere lens ad K five dift. KV cujus diameter circiter 6 poll.

Ut fiat EF ad SM ut 4 ad 5 [1]).

§ 12 [2]).

[1692.]

[Fig. 14.]




lens major 30 ped. foci dift. habet aperturam 3 poll. [3]) et ocularem cujus foci dift. poll. 3.

AB foc. dift. lentis magn. 360 ad BH foc. dift. oculi 3 ut EF apert. 3 ad CD $\frac{3}{360}$ latit.do quam in lente oculari et in pupilla occupant radij a puncto vifibilis egreffi. vocetur Latitudo ad oculum.

CD $\frac{1}{40}$ pollicis, feu minus quam $\frac{1}{3}$ lineæ.

---

120 pedis foci dift. lentis maj.

1440 ad 6 f. d. ocul. [3]) ut 6 apert. ad $\frac{1}{40}$ latitudo ad pupillam eadem.

aperturæ et foci diftantiæ ocularium in duobus telefcopijs funt in fubdupla ratione foci diftantiarum lentium magnarum [4]).

§ 13 [5]).

[1692.]

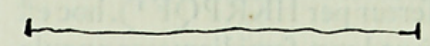
minus diftat claritas telefcopij a claritate oculi in aere aperto quam intra ædes, quia illic minor apertura pupillæ nudæ quam hic. hinc quæ intra ædes funt obfcure cernuntur telef.o. Tamen obfcurius videtur telefcopium in aere aperto, quia oculi multa luce hebetiores fiunt ad confpicienda obfcuriora.

---

[1]) On a EF $= 2\frac{2}{5}$ pouce, SM $= \frac{1}{6}a = \frac{78}{25}$ pouce; donc, en réalité, EF : SM $= 4 : 5\frac{1}{5}$.

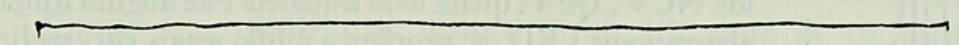
[2]) La pièce est empruntée à la p. 55 du Manuscrit H. Sur son contenu on peut consulter les p. 507—509.





foci dift. ocularium in diurno ($1\frac{8}{10}$ poll.) cujus exterior habet f. dift. 30 poll. feu $2\frac{1}{2}$ ped. fed eidem ex tabula debetur oculare cujus f. dift. $\frac{86}{100}$ poll. [6]) nempe ad nocturnas. multiplicatio ut $16\frac{2}{3}$ ad 1 [7]).

Ergo ocularis $4\frac{1}{10}$ poll. debetur objectivæ 13 ped. ad diurna [8]) quia objectivæ



13 ped. ex tabula debetur ocularis $\frac{187}{100}$ poll. [3]) (utor $2\frac{2}{10}$ poll. nempe fecundum correctam tabulam) [9]).

Sed dedi oculare ad diurna $2\frac{8}{10}$ poll. Ergo non refpondet claritas ei quæ in minori telefcopio diurno, fed duplo et amplius minor eft. $2\frac{8}{10}$ ad $4\frac{1}{10}$; 28 ad 41 prox. ut 2 ad 3 claritas ut 4 ad 9 prox.

§ 14 [10]).

[1692.]

## Cur tribus ocularibus nihilo magis curventur lineæ rectæ quam una.

Si nulla effet aberratio radius à lævo rei vifæ (lunæ puta) puncto, iret per HKLMNC [11]) [Fig. 15] ad oculum C et femidiam. lunæ videretur ang.o NCV.

---

[3]) Comparez le Tableau de la p. 499.

[4]) Comparez la règle qui commence en bas de la p. 487.

[5]) Les annotations qui suivent se trouvent aux pp. 56 et 62 du Manuscrit H. Elles traitent les conditions différentes de l'emploi des lunettes dans la maison et en plein air, pendant le jour et pendant la nuit. Comparez la p. 505.

[6]) Le Tableau de la p. 497 donne 0,77 pour 2 et 0,95 pour 3 pieds, dont la moyenne égale 0,86; toutefois un petit calcul à part montre que Huygens a employé la règle de la note 2, p. 496, pour trouver 0,86.

[7]) C'est-à-dire pour un oculaire de la distance focale de $1\frac{8}{10}$ pouces, qu'on trouve tracée à côté. La distance de 0,86 pouces donne un grossissement de presque 35 fois.

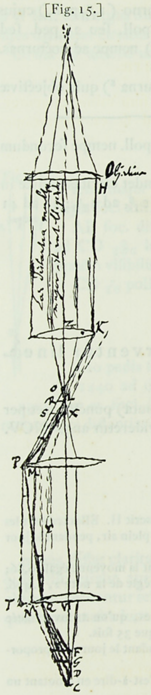
[8]) C'est-à-dire en supposant que les distances focales à employer pendant le jour sont proportionnelles à celles qui peuvent servir la nuit.

[9]) Il s'agit d'un tableau calculé d'après la règle du texte de la p. 495; c'est-à-dire en ajoutant un dixième à la distance focale indiquée par le Tableau de la p. 497.

[10]) La pièce qui suit est empruntée aux pp. 64 et 65 du Manuscrit H.

[11]) Parmi tous les rayons qui partent du point indiqué, Huygens choisit celui qui passe par le foyer de l'objectif, qu'on doit supposer se trouver à grande distance du premier oculaire ZK qui appartient à un système de trois lentilles oculaires, tel que celui considéré dans la Prop. V. p. 469. Comparez la Fig. 15 de cette page.

[Fig. 15.]




Nunc propter aberrationem fertur per HKRPQF [1]). hoc eſt ſi ponatur oculus ad F videbitur lunæ ſemidiameter angulo QFV. Ideoque et poſito oculo in C videbitur idem ſemidiam. ang.o qui ſit æqualis QFV, per prop. [XIII, Part. I, Lib. II] [2]). Cognoſcenda eſt igitur differentia inter angulos NCV, QFV. quam dico æqualem eſſe angulo ſimplicis aberrationis LKO, ac propterea nihilo magis curvari lineas rectas (hujus cauſa bene exponenda eſt [3])) poſitis 3 ocularibus quam uno.

Nam poſita LX ∞ LO; quia radius XP iret in PT axi parallelus [4]), ibit KOP per PQ, ut ſit ang. TPQ ∞ OPX. Sit QY parall. PT. Jam rad. YQ iret per QD, faciens aberrationem CD ∞ OL. Ergo rad. PQ ibit per QF, ut ſit ang. FQD ∞ YQP. Jam ang. NCQ eſt æqu. PLM [5]), hoc eſt duplo RKL. ang. vero CQF ∞ 3 ang. CQD [6]) ſive 3 ang. RKL. atqui ang. NCQ + QCV eſt æqu. NCV. Et ang. CQF + QCV eſt æqu. QFV. Ergo QFV ſuperat NCV quantum CQF ſuperat NCQ hoc eſt angulo RKL. Ergo ſeu tribus ocularibus ſeu uno apparebit $\frac{1}{2}$ diam. Lunæ ang.o NCV + RKL cum debuerit videri ang.o NCV ſeu ZLK abſque aberratione. nam circa lunæ medium fit ampliatio quaſi abſque aberratione.

---

[1]) Il est vrai que HKRPQF ne représente qu'un seul des rayons qui, partant du point donné de l'objet, atteignent l'objectif de la lunette et pénètrent dans l'oeil de l'observateur; mais on sait que le faisceau formé par ces rayons se réduit dans les lunettes employées par Huygens à des dimensions très petites lorsqu'il tombe sur la première lentille de l'oculaire (voir la p. 509). On peut donc suivre à volonté un de ces rayons et choisir celui qui, entre l'objectif et la première lentille de l'oculaire, prend exactement la direction de l'axe; cela est d'autant plus permis parce que tous ces rayons qui, en traversant les lentilles de l'oculaire, parcourent à peu près la même route deviendront par première approximation parallèles entre eux avant d'entrer dans la pupille (voir la fig. 14 de la p. 472).

[2]) Voir la p. 233.

[3]) Voir plus bas sous l'en-tête „causa curvaturæ".

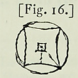
[4]) Puisque les lentilles ZK et PM sont de dimensions égales et qu'ainsi leurs aberrations sphériques sur l'axe, OL et LX, doivent être les mêmes.

[5]) Les distances mutuelles des trois lentilles étant égales, on a approximativement PT = 2PS,

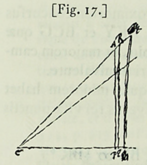


## Cauſa curvaturæ.

[Fig. 16.]



[Fig. 17.]




Partes rei viſæ quæ prope axem ſunt minus augentur quam quæ remotiores ab eo; quod fit ex aberratione lentium [7]).

CA augetur $\frac{1}{18}$ ſui, ut A ſit in R.
CP augetur $\frac{1}{36}$ ſui, ut P ſit in Q.
Ergo AP curvatur in RQ.

---

donc TQ = 2SX, puisque ∠TPQ = ∠OPX. Mais NQ = TQ — TN = 2SX — PM = = 4RL — PM = 2PM — PM = PM, donc enfin ∠NCQ = ∠PLM; c'est-à-dire par approximation, de même que toutes les égalités traitées ici.

[6]) Puisque CQF = CQD + DQF et DQF = YQP = TPQ = OPX = 2OPL = 2RKL, tandis que RKL = CQD puisque CD = OL, LK = ZL = CV = CQ, et puisqu'enfin ZK ne diffère pas sensiblement de QV.

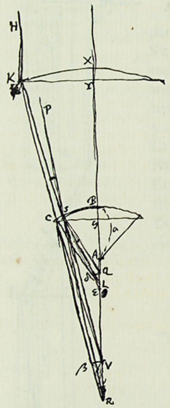
[7]) On rencontre une figure tout-à-fait semblable à la Fig. 16 dans le Manuscrit D à la p. 406, où elle est accompagnée de la seule phrase „de deformatione specierum per lentes visarum, et cur rectæ lineæ curvæ appareant"; annotation qui doit dater de 1673.

# APPENDICE VII [1]

## À LA TROISIÈME PARTIE DE LA DIOPTRIQUE „DE TELESCOPIIS ET MICROSCOPIIS”.

### [1690?] [2]

[Fig. 1.]




Radiorum axi parallelorum et proximorum concurſus punctum eſt E penetratis lentibus XKY et BCG quæ binæ ponuntur oculares in teleſcopio, ut majorem campum ferat [3]) quam poſita una oculari æquivalente.

fert autem majorem campum quia minorem habet aberrationis angulum radiorum a diverſis rei viſæ punctis venientium [4]).

$$XR \infty 2BR;\ BA \infty \tfrac{1}{4}BR\ ^{5)};\ BE \infty \tfrac{1}{3}BR\ ^{6)}$$

radius KCR iret in CL.
radius HK non it in KCR ſed in KSV.
radius PSR cenſetur ire SL, quia CS planè minima [7]).
Ergo KS ibit in SQ, ut ſit ang. LSQ ∞ KSP [8]), ſive RSV, ſive RCV.

Sed ponitur BR ad BL; ſive CV ad SQ ut 4 ad $\frac{4}{3}$ [9]), hoc eſt ut 3 ad 1.

Ergo $V\beta \infty 3\delta Q$. hinc VR ∞ 9QL [10]) prox.

---

1) La pièce occupe la partie inférieure de la page 31.3 du manuscrit mentionné dans la note 1 de l'Appendice I, p. 355 du Tome présent (Consultez encore la note 2 de la p. 407). Huygens y compare, sous le point de vue de l'aberration sphérique, les oculaires qu'il mentionne au dernier alinéa (p. 467) de la Prop. IV, dont l'un est composé et l'autre simple.

2) La date de cette pièce nous semble très incertaine. Le fait qu'aucune mention n'y est faite de l'aberration chromatique paraîtrait indiquer qu'elle fut composée avant 1673, année dans laquelle Huygens avait appris à reconnaître cette aberration comme la cause principale de l'imperfection des lunettes; de l'autre côté l'emploi de la notion de l'angle d'aberration la placerait plutôt dans une époque bien postérieure et nous croyons que cette dernière considération doit prévaloir.

Ajoutons que la date postérieure que nous avons choisie nous semble encore mieux fondée si la supposition est juste que nous exposerons dans la note 4, qui suit, sur le but véritable des calculs de la pièce présente.

3) Comparez l'avant-dernier alinéa de la p. 253 et l'énoncé avec le premier alinéa de la Prop. IV, Part. III, p. 461—463, qui tous les deux se rapportent au système oculaire traité dans l'Appendice présent.



$$\begin{array}{ll} BG \infty XY\ ^{11)};\ VR \infty \tfrac{7}{6}XY\ ^{12)} \infty \tfrac{7}{6}BG;\ QL \infty \tfrac{1}{9}\ \text{van}\ \tfrac{7}{6}BG\ ^{13)} & \infty \tfrac{7}{54}BG \\ \qquad LE & \infty \tfrac{1}{2}BG\ ^{14)} \\ \hline \qquad QE & \infty \tfrac{17}{27}BG \end{array}$$

aberrationis angulus continetur hic ratione SQ ∞ BL ∞ $\frac{4}{3}$AB [9]) ſive $\frac{4}{3}a$, ad QE. $\frac{4}{3}a$ ad $\frac{17}{27}b$ [15]).

---

4) La conclusion semble hasardée, surtout si l'on prend en considération le résultat auquel Huygens est arrivé au début de la Prop. XI, Part. II (voir la p. 341), où il a démontré si clairement que, quant à l'aberration sphérique, l'effet de l'oculaire peut être négligé par rapport à celui de l'objectif. Et il y a encore une autre raison pourquoi l'aberration sphérique de l'oculaire ne pourra pas affaiblir sensiblement la netteté des images. C'est que, à cause de l'étroitesse du faisceau de rayons provenant d'un point de l'objet lorsque ce faisceau traverse l'oculaire, tous les rayons suivront dans l'oculaire à-peu-près le même chemin et que, par conséquent, ils subiront à très peu près la même déviation. Il s'ensuit que l'aberration sphérique dans l'oculaire ne causera qu'une déformation de l'image sans en diminuer la netteté, et il nous semble possible que la pièce présente avait pour but véritable, comme le § 14, p. 615, de l'Appendice précédent, de considérer cette déformation. Quoiqu'il en soit, Huygens dans ce qui suit va procéder à calculer pour les deux oculaires ce qu'il appelle l'angle d'aberration d'un rayon et il choisit pour cela le rayon NOCEM de la Fig. 11, p. 466, et le rayon correspondant (non pas dessiné) de la Fig. 13, p. 467. Il commence par le premier dont la partie inférieure est représentée dans la figure présente par la ligne HKCE.

5) R est le foyer de la lentille XKY, A le centre de la surface convexe de la lentille BCG. La distance focale de cette dernière lentille est donc 2AB (par la Prop. XIV, Part. I, Liv. I, p. 81), qui est supposée ici égale à $\frac{1}{2}BR = \frac{1}{4}XR$. Il est donc clair que le système oculaire considéré est, en effet, identique avec celui décrit dans la note 2 de la p. 463, auquel système se rapportent les Prop. III, Part. I, Liv. III, p. 253 et la Prop. IV, Part. III, p. 461.

6) Par la Prop. X, Part. I, Liv. I, p. 99. E est le point qui correspond à R par rapport à la lentille BCG.

7) Puisque son aberration sphérique peut être censée égale à celle du rayon KC, c'est-à-dire à EL.

8) Voir la Prop. VI, Part. III, p. 475.

9) $BR = 4BA;\ BL = BE = \frac{1}{3}BR = \frac{4}{3}BA$.

10) On a $\frac{VR}{\beta V} = \frac{RC}{CG};\ \frac{QL}{\delta Q} = \frac{LS}{CG}$; donc $\frac{VR}{QL} = \frac{\beta V}{\delta Q} \times \frac{RC}{LS} = 3 \times \frac{RB}{EB} = 9$.

11) Puisque les distances focales des lentilles XKY et BCG sont dans le rapport de 4 à 1 (voir la note 5) il en est de même pour leurs rayons de courbure, mais alors, parce que $KY = 2CG$, on trouve facilement $XY = BG$ en appliquant les Prop. I (p. 273) et II (p. 275), Part. II.

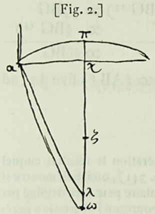
12) Par la règle de la p. 287; VR étant l'aberration sphérique du rayon HKR, causée par la lentille XKY.

13) Lisez QL est la neuvième partie de $\frac{7}{6}$BG; „van” est un mot hollandais.

14) Comparez le §8 de l'Appendice V à la deuxième Partie, p. 406—407. En effet la ligne LE de la figure présente est identique à celle de la Fig. 8 de la p. 406; toutes les deux représentent l'aberration sphérique du rayon extrême d'un faisceau dont les rayons se dirigeaient, avant leur réfraction par la lentille BCG, vers un point situé sur l'axe de la lentille à une distance égale à quatre fois son rayon de courbure.

15) C'est-à-dire, sin SEB : sin ESQ $= \frac{4}{3}a : \frac{17}{27}b$, où $a = AB$, $b = BG = XY$.

[Fig. 2.]



$\pi\omega$ [Fig. 2] foci dift. eft $\frac{1}{3}$XR [Fig. 1] fi una ocularis hæc æquipollens ponatur duabus XY, BG [1]).

$\pi\varkappa \infty$ 3BG $\infty$ $3b$ [2]); rad. $\zeta\pi \infty \frac{4}{3}a$; $\omega\pi$, $\omega\alpha \infty \frac{8}{3}a$; $\lambda\omega \infty \frac{7}{6}\,3b$ [3]) $\infty \frac{7}{2}b$.

$\omega\alpha$ ad $\lambda\omega$ ut $\frac{8}{3}a$ ad $\frac{7}{2}b$, ut $\frac{4}{3}a$ ad $\frac{7}{4}b$; $\frac{4}{3}a$ eadem autem antecedens.

$\frac{7}{4}$ ad $\frac{17}{27}$ ut 189 ad 68, prox. ut 25 ad 9 [4]) ita anguli aberrationis [5]).

nota angulos $\alpha\lambda\omega$, SQE æquales effe.

[1]) L'égalité du grossissement exige $\pi\omega = \frac{1}{3}$XR (voir la p. 467); celle du champ de vision $\alpha\varkappa =$ KY.

[2]) Par la Prop. II, Part. II, p. 275, en comparant les lentilles XKY et $\pi\alpha\varkappa$ dont les rayons de courbure sont proportionnels à leur distances focales et où $\alpha\varkappa =$ KY. On a donc $\pi\varkappa = 3$XY; mais XY = BG.

[3]) Par la règle de la p. 287.

[4]) La valeur approximative $\frac{25}{9}$ de la fraction $\frac{189}{68}$ est obtenue en développant cette dernière fraction suivant une fraction continue, lequel développement est arrêté après la division de 15 par 8, en écrivant 2 pour le quotient. De cette manière Huygens obtient par le même procédé qu'on emploierait maintenant: $2 + \cfrac{1}{1 + \cfrac{1}{3 + \frac{1}{2}}} = \frac{25}{9}$.

[5]) On a $\omega\alpha : \lambda\omega$, c'est-à-dire, $\sin \alpha\lambda\pi : \sin \omega\alpha\lambda = \frac{4}{3}a : \frac{7}{4}b$; mais on avait trouvé pour l'autre système oculaire, sin SEB : sin ESQ $= \frac{4}{3}a : \frac{17}{27}b$. Or, l'angle $\alpha\lambda\pi$ ne diffère que d'une quantité fort petite de $\alpha\omega\pi$, qui correspond à l'angle $\alpha M\beta$ de la Fig. 13, p. 467; et de même l'angle SEB peut être censé égal à l'angle SMF de la Fig. 11 (p. 466); mais d'après le dernier alinéa de la p. 467 on a $\alpha M\beta =$ SMF; donc aussi, par approximation, $\alpha\lambda\pi =$ SEB. On peut donc déduire des deux proportions dont nous sommes partis:

$$\sin \omega\alpha\lambda : \sin \mathrm{ESQ} = \tfrac{7}{4} : \tfrac{17}{27}$$

où, par conséquent, les angles $\omega\alpha\lambda$ et ESQ représentent les „angles d'aberration" dont il s'agissait pour Huygens de déterminer le rapport; mais on doit remarquer que l'angle ESQ ne satisfait pas à la notion d'„angle d'aberration", telle qu'on la rencontre si fréquemment dans les recherches sur le microscope qui constituent la dernière partie de la „Dioptrique". En effet, comme nous l'avons expliqué dans la note 3 de la p. 538, l'angle d'aberration employé dans ces recherches est défini par la différence entre la direction finale d'un rayon donné, quand on néglige l'aberration sphérique, et la direction qu'il prend réellement. Or, la première de ces directions serait pour le rayon HK la direction CE dont l'angle avec SQ n'est pas égal à ESQ mais à ESQ diminué de CES. Or, $\angle \mathrm{CES} = \frac{21}{68}.\angle \mathrm{ESQ}$; puisque $\angle \mathrm{ESQ} = \frac{17}{36}\frac{b}{a}.\angle \mathrm{SEB}$ et qu'on trouve successivement $\angle \mathrm{CES} = \mathrm{CS} : \mathrm{EB} = \frac{1}{2}\beta\mathrm{V} : \frac{4}{3}a = \frac{3}{2}\delta\mathrm{Q} : \frac{4}{3}a = \frac{9}{8}\mathrm{QL}.\angle \mathrm{SLB} = \frac{7}{48}\frac{b}{a}.\angle \mathrm{SEB}$. Ainsi le véritable angle d'aberration est égale à la $\frac{47}{68}$ième partie de l'angle ESQ.

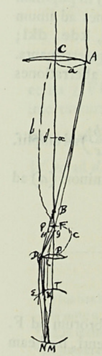
# APPENDICE VIII [1])

## À LA TROISIÈME PARTIE DE LA DIOPTRIQUE „DE TELESCOPIIS ET MICROSCOPIIS".

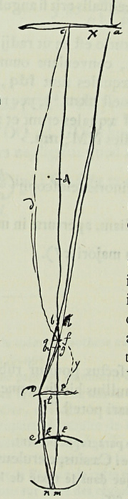
## [1684.]

[Premières recherches fur le rôle de l'aberration chromatique dans les lunettes et dans les microfcopes.]

[Fig. 1.]



[Fig. 2.]



§ 1.

Aperturarum diametri in fubdupla ratione foci diftantiarum; pofita radij difperfione velut ex diverfis duabus refractionibus minimum quid difcrepantibus [2]).

Hæc ut intelligantur videnda quæ in dioptricis de aperturarum ratione quæfivi [3]) quibufque fundamentum erat aberratio ob figuram fphæricam. quæ jam inutilia.

Hic vitium et aberratio ex figura fphærica non attenditur, utpote nullius momenti præ illa quæ ex difperfione radij newtoniana [4]).

Itaque duplex veluti refractio confideratur, quarum alterâ radij paralleli in lentem AC [Fig. 1] incidentes ponuntur convenire accuratè in F, alterâ in B, unde extremi radij in A cadentis aberratio ex difperfione erit FQ. Et eft CB ad BF ut **cb** [Fig. 2] ad **bf** quia utrobique funt duæ diverfæ proportionis refractiones. nam fi ex. gratia, fit CF $\infty$

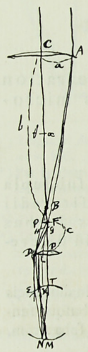
[1]) L'Appendice présent est emprunté aux p. 183—185 du Manuscrit F et doit être daté, d'après le lieu qu'il y occupe, des premiers mois de 1684. Nous l'avons divisé en paragraphes.

[2]) Comparez la proposition qui commence en bas de la p. 487.

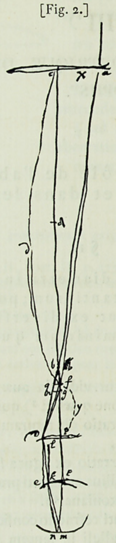
[3]) Comparez les p. 339—353 des „Rejecta".

[4]) Comparez les p. 485—487. On lit encore ailleurs sur la

[Fig. 1.]



[Fig. 2.]



$\infty$ duplum radij $C\alpha$ quo ſuperficies AC deſcripta eſt : et CB $\infty$ $\frac{21}{10}C\alpha$. Erit et **cf** $\infty$ duplum radij $\partial$**c**, et **cb** $\infty$ $\frac{21}{10}\partial$**c**. Hinc eſt quod dixi CA ad QF ut **ca** ad **qf**.

F focus communis lentium AC, DP. qui ex F in D, pergit in DE parallelus axi. Ergo BD per DK, ut ſit ang. EDK $\infty$ FDB, per theorema... [1]).
FD quidem rubri coloris, ſed ponitur lens PD tanquam hoc vitio colorum carens ex theoremate ſimili ei quod pag. 32 in Rejectis [2]). hic nempe rubri et cæſij [3]) eadem ponitur refr.o [4]).

ET eſt pupilla oculi, in quo aberratio NM [5]), quæ tunc utrobique æqualis erit ſi anguli QDF, **qdf** ſint æquales.

Nam oculi conſtitutio eſt ea ut radij in pupillam paralleli axi, ut **lk**, conveniant omnes ad unum punctum **n**. ang.i æquales ſunt **fdq**, **kde**, **dkl**; cujus **dkl** certa pars eſt **nkm** [6]), nec refert quanta. ſi igitur QDF, **qdf** æquales erunt et aberrationes in fundo oculi æquales NM, **nm**.

**ptn** eſt recta.

ut amplificatio minoris teleſcopij $\left(\frac{b}{c}\right)$ ad amplif. majoris $\left(\frac{d}{y}\right)$ ita $\frac{1}{2}$ diam. aperturæ in minori $(a)$ ad $\frac{1}{2}$ diam. aperturæ in majori $x$ [7]).

même page du Manuscrit présent: „Concurſus perfectus ponitur rubrorum ad F. Cæruleorum ad B cum aberratio ob figuram nullius hic ſit momenti, ſi ad eam quæ ex coloribus comparetur, ut calculo probari poteſt."

1) Voir la Prop. VI, Part. III, p. 475.

2) Voir la p. 341; mais consultez aussi le dernier alinéa du paragraphe présent.

3) Deux pages plus loin on trouve l'annotation suivante: Cæsius, cæruleus. caesius purpurascens caeruleum mare, Cicer." Ajoutons que dans le texte de la „Dioptrique" on trouve partout: „violaceus"; voir les pp. 483, 485, etc.



$$\frac{bx}{c} \infty \frac{ad}{y};\ bxy \infty adc;\ y \infty \frac{adc}{bx}$$

ut CA $(a)$ ad QF $(n)$ ita **ca** $(x)$ ad **fq** $\left(\frac{nx}{a}\right)$

ut **fq** $\left(\frac{nx}{a}\right)$ ad **fp** pro **fd** $\left(\frac{adc}{bx}\right)$ ita QF $(n)$ ad FP $(c)$ [8])

$$\frac{cx}{a} \infty \frac{adc}{bx};\ bxx \infty aad;\ xx \infty \frac{aad}{b}$$

$$x \infty \sqrt{\frac{aad}{b}} \infty a\sqrt{\frac{d}{b}}\ ^{9)}$$

$$y \infty \frac{adc}{a\sqrt{bd}} \infty \frac{dc}{\sqrt{bd}} \infty \frac{\sqrt{ddcc}}{\sqrt{bd}} \infty c\sqrt{\frac{d}{b}}$$

$x$ ad $y$ ut $a$ ad $c$

[CF] $b$ ad [CF + FP] $(b+c)$ ut QF $(n)$ ad GH [10]) $\left(\frac{nb+nc}{b}\right)$ ſeu $n + \frac{nc}{b}$; et ita $\angle$FDQ ad GDQ. hoc eſt [ut $n$ ad] $n +$ minimo quod recte poteſt negligi. imo tantum negligitur quod non eadem ratio BF ad FG quæ **bf** ad **fg**. nam BF ad **bf** ut $b$ ad $d$, ſed FG ad **fg** ut $c$ ad $y$, ſeu $c$ ad $\frac{adc}{bx}$ ſeu $bx$ ad $ad$ ſeu $a\sqrt{bd}$ ad $ad$ ſeu $\sqrt{bd}$ ad $d$.

4) Plus bas la même hypothèse est faite implicitement pour la matière de l'oeil. Voir à ce propos la note 2, p. 491.

5) À la même page du manuscrit on trouve encore: „Concursus rubrorum esset in N".

6) Comparez le deuxième alinéa de la p. 345.

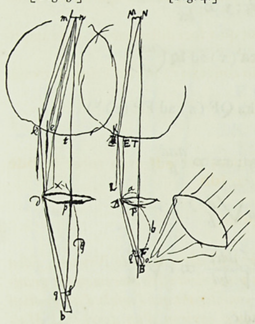
7) C'est-à-dire, afin que la clarté des images soit la même dans les deux télescopes.

8) Cette proportion résulte de l'égalité des angles QDF et **qdf**.

9) Il en résulte $x:a=\sqrt{d}:\sqrt{b}$; ce qu'il fallait démontrer.

10) Évidemment G représente le foyer de la lentille DP pour les rayons violets; comparez la p. 489 et la Fig. 25 de cette page, où G a la même signification. Par conséquent, puisque les aberrations sur l'axe des rayons de la même couleur sont comme les distances focales, on aura, $b:c=\mathrm{BF}:\mathrm{GF}$; donc $b:(b+c)=\mathrm{BF}:\mathrm{BG}=\mathrm{QF}:\mathrm{GH}$.

[Fig. 3.] [Fig. 4.]



§ 2.

[Microſcope simple.] [1])

**ed** [Fig. 3] [2]) pergens in **db** rubrum. **ed** in **df** cæruleum.

ergo **bd** in **de** rubrum. ergo ruber ex **f** per **fd** in **dk** ut ang. **kde** $\infty$ **fdb** [3]). Sed **fd** in **de** cæruleum, ergo radius lucidus per **fd** ſpargitur angulo **edk** $\infty$ **fdb** [4]).

[PF] [Fig. 4] $(b)$ ad [FB] $(o)$ ut [**pf**] $d$ ad **fb** $\left(\frac{od}{b}\right)$,

[**pf**] $(d)$ ad [**dp**] $(x)$ ut [**fb**] $\left(\frac{od}{b}\right)$ ad **fq** $\left(\frac{ox}{b}\right)$

[PF] $(b)$ ad [DP] $(a)$ ut [FB] $(o)$ ad FQ $\left(\frac{ao}{b}\right)$

**fq** $\left(\frac{ox}{b}\right)$ ad [**pf**] $d$ ut FQ $\left(\frac{ao}{b}\right)$ ad FP $(b)$ [5])

$$ox \infty \frac{dao}{b}\,;\; x \infty \frac{da}{b}$$

*tout cecy convient auſſi à l'aberration ancienne* [6]).

---

[1]) Comparez avec ce qui suit les p. 531—533 du texte de la „Dioptrique."
[2]) **ed** est supposée parallèle à l'axe **ntpfb**.
[3]) Voir la Prop. VI, Part. III, p. 475.
[4]) Afin que dans les cas des Fig. 3 et 4 l'aberration chromatique **mn** ou MN soit la même au fond de l'oeil, c'est-à-dire pour que la vision soit également distincte, il faudra donc que les angles **fdb** et FDB soient égaux. C'est là la base des calculs qui suivent.
[5]) C'est-à-dire, afin que les angles **qpf** et QPF soient égaux, lesquels, eux-mêmes, égalent par approximation les angles **bdf** et BDF.
[6]) En effet, supposons que les lentilles **dp** et DP soient de figure semblable, que **f** et F soient leurs foyers et **b** et B les points où les rayons réfractés, provenant de **ed** et de ED, coupent l'axe. Alors les rayons partant de **f** qui suivent l'axe **bn** de très près se réuniront au point **n**; mais le rayon **fd**, qui passe par le point **d** du bord de la lentille, suivra la route **fdkm**. Or, si l'on néglige l'aberration sphérique de l'oeil, la distance **mn** ne dépendra que de l'angle **kde** = = **fdb**. La première proportion PF: FB = **pf** : **fb** est donc vraie parce que les aberrations sphériques de lentilles semblables sont proportionnelles à leurs distances focales; la seconde et la troisième sont évidentes; la quatrième exprime l'égalité des angles **qdf** et QDF, c'est-à-



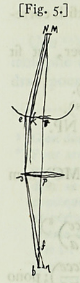
ut æque diſtincta ſit viſio in microſcopijs ſimplicibus, debent aperturarum diametri eſſe ut foci diſtantiæ [7]).

Hinc autem lumina quibus viſibile niteſcit ut qu.a foci diſtantiarum. quia amplificatio in ratione contraria foci diſtantiarum.

Ergo acutioribus lentibus lux præſtanda alio convexo [8]) in rem viſam derivata.

---

[Fig. 5.]



ruber [9]) per **edb** [Fig. 5] cæruleus per **edf** ergo ruber in **bde** ergo cæruleus in **bdk** ut ang. **edk** $\infty$ **fdb**.

ſic optimè.

*P.S.* [10]) *Il ne faut pas conſidérer icy l'aberration de Newton, ſelon laquelle les ouvertures des lentilles pourroient eſtre extremement grandes* [11]), *ce qu'il faut ſupputer en conſidérant que l'angle d'aberration dans les Teleſcopes ſe ſouffre juſqu'a environ d'un degrè* [12]). *Mais dans ces lentilles l'aberration a cauſe de la figure ſpherique devient beaucoup plus conſiderable que l'autre de Newton, et oblige a etrecir les ouvertures.*

---

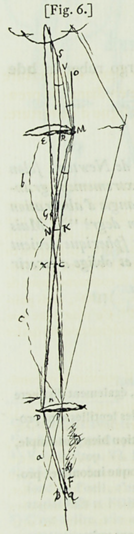
-dire des angles **kde** et KDE; d'où il s'ensuit que la vision sera, en effet, également distincte quand on aura $x = \frac{da}{b}$, ou $x:a = d:b$, c'est-à-dire, quand les largeurs des lentilles sont proportionnelles à leurs distances focales; mais consultez sur une démonstration bien plus simple, valable pour les deux aberrations, la note 3 de la p. 532.

D'ailleurs cette phrase en italiques a été ajoutée après coup à une époque inconnue, probablement en 1692.
[7]) Comparez la règle de la p. 531.
[8]) Voir la lentille dessinée au côté droit de la Fig. 4.
[9]) Dans ce qui va suivre il s'agit d'une légère simplification des considérations qu'on rencontre dans les deux premiers alinéa's de ce paragraphe. Or, cette simplification a été adoptée dans la rédaction définitive, p. 531—533 du Tome présent.
[10]) Ce postscriptum est sans doute postérieur aux autres parties de la pièce présente. Il date probablement de 1692.
[11]) Comparez le § 5 de l'Appendice IX, p. 634.
[12]) Lisez plutôt „d'un demi-degrè" et consultez le § 4 de l'Appendice IX, p. 633. En effet, nous n'avons rencontré nulle part dans les manuscrits de Huygens un calcul de l'angle d'aberration chromatique admissible, qui permettrait de le porter jusqu'à la valeur d'un degré.

§ 3.

In compoſito microſcopio inquiritur quantitas ſparſionis radiorum Newtoniana.

[Fig. 6.]



BDNRS [Fig. 6] ruber [1]); BDCMS cæſius. $\angle$NDC $\infty$ $\infty$ BDF [2])

angulus BDF pro æquali ac ſi B eſſet in foco etſi B correſpondens C [3]).

rad. NRS ruber; NMO ruber; CMV ruber, ut ſit $\angle$OMV $\infty$ NMC [4]).

rad. GMO cæſius [5]). NG ad NE ut FB ad BP [6]).

rad. CMS cæſius ex hypoth. $\angle$OMS $\infty$ GMC [4]).

$\angle$KCDN [7]) ſive FDB ad $\angle$NMKC, ut NE ad NP.

$$\angle NDK \infty \angle FDB \infty \delta.$$

$b$ [NE] ad $c$[NP] ut $\delta$(NDK) ad $\frac{c\delta}{b}$ ($\angle$NMC) nam NMK $\infty$ NEK; NDK $\infty$ NPK.

DB ſive PB ($a$) ad BQ ($e$) ut PN ($c$) ad NK $\left(\frac{ce}{a}\right)$ [8])

PD ($n$) ad PN ſive PC ($c$) ut NK$\left(\frac{ce}{a}\right)$ad NC$\left(\frac{cce}{na}\right)$; pono PN pro PC quia CN eſt minima reſpectu NP.

PB ($a$) ad BF ($f$) ut EN ($b$) ad NG $\left(\frac{bf}{a}\right)$

NC $\left(\frac{cce}{na}\right)$ad GC $\left(\frac{bf}{a}+\frac{cce}{na}\right)$ ut $\angle$NMC $\left(\frac{\delta c}{b}\right)$ ad

$$\angle CMG \infty OMS \left(\frac{\delta cnbf + \delta eccc}{bcce}\right)$$

$\angle$CMG $\infty$ OMS $\infty \frac{\delta nf}{ce} + \frac{\delta c}{b}$; ſed $\frac{f}{e} \infty \frac{a}{n}$. Ergo $\frac{\delta a}{c}$ + $+ \frac{\delta c}{b} \infty$ CMG $\infty$ OMS [9]).

[1]) Puisque SR est supposée parallèle à l'axe EP, N est le foyer de la lentille oculaire EM pour les rayons rouges.

[2]) Ainsi F est le point qui pour les rayons violets correspond au point N.

[3]) Plus tard, en 1692, Huygens formulera un lemme qui aura cette portée; voir l'avant-dernière ligne de la p. 665, § 21 de l'Appendice IX, ou la p. 551 du texte de la „Dioptrique".

[4]) Voir la Prop. VI, Part. III, p. 475.



Semper cum $b$ minor vel æqua $c$, erit ang. OMS major quam FDB ſeu $\delta$.

Si $b \infty c$ eſt oculus ſuperior lente E per EP, et tunc augmentum non majus quam ſola lente P et oculo ad eam applicato [10]).

Quando ergo erit $\delta \infty \frac{a\delta}{c} + \frac{c\delta}{b}$? cum $bc \infty ba + cc$, cum $c \infty a + \frac{cc}{b}$ cum $b$ pauxillo major quam $c$.

---

Une [11]) lentille ſimple d'un pouce de foci diſt. avec une ligne d'ouverture multiplie tant. Je veux une multiplication 4 fois plus grande en diam. Je prendray pour cela une lentille de $\frac{1}{4}$ de pouce de foyer, et $\frac{1}{4}$ de ligne d'ouverture.

[5]) G est donc le foyer de l'oculaire pour les rayons violets.

[6]) Pour arriver à cette proportion on doit supposer que le rapport entre l'aberration chromatique longitudinale et la distance à la lentille DP est le même pour le point B, correspondant au point N, que pour le foyer de cette lentille; dans ce cas la proportion est une conséquence immédiate des considérations qu'on trouve à la p. 485, premier alinéa; mais en vérité cette supposition est en contradiction avec le lemme cité dans la note 3. D'après ce lemme on aurait, en représentant (comme dans la Fig. 42, p. 560) par H le foyer de la lentille DP et par HO l'aberration au foyer, BF : HO = $BP^2 : HP^2$ (voir le commencement de la note 4, p. 561, où l'on peut substituer à cause du lemme: $\angle$FDB = $\angle$HDO); mais puisque HO : HP = NG : NE, on en déduit, NG : NE = BF $\times$ HP : $BP^2$. Ce n'est donc que dans le cas où la distance PN est suffisamment grande pour pouvoir considérer comme égales HP et BP que la proportion du texte pourrait être admise.

[7]) Le point K est obtenu en tirant NK perpendiculairement à l'axe EPB.

[8]) À cause de l'égalité des angles BDF et NDC; les angles DBQ et DNK pouvant être considérés comme droits.

[9]) Plus tard, en 1692, (voir les p. 535—585 qui précèdent, ou l'Appendice IX, p. 629—673) Huygens reprendra l'étude de cet angle SMO = CMG, qu'il appellera alors l'angle d'aberration du microscope et sur la considération duquel, dans les cas des deux aberrations, chromatique et sphérique, il fondera sa théorie entière du microscope; mais pour le moment il semble que Huygens n'a pas eu d'autre but que de comparer l'aberration chromatique du microscope composé avec celle du microscope simple formé par la seule lentille DP. En effet, puisque les rayons rouges partant du point B finiront par prendre la direction RS parallèle à MO, tandis que les rayons violets, provenant du même point, prendront à la sortie de l'oculaire la direction MS, il est évident que l'aberration du microscope composé sera mesurée par l'angle SMO et, de même, celle du microscope simple par l'angle NDC = FDB, qui, d'après la note 3, sera censé ne pas changer quand l'objet est déplacé vers le foyer de la lentille DP comme cela devra avoir lieu quand cette lentille servira comme microscope simple. Par conséquent, le rapport cherché se trouve être de $\frac{a}{c} + \frac{c}{b}$ à 1.

[10]) Comparez la p. 529.

[11]) Peut-être l'annotation qui va suivre a-t-elle été ajoutée à une époque postérieure. Toutefois elle ne contient aucune considération qui, en 1684, était nécessairement étrangère à Huygens.

Elle multipliera comme il faloit [1]), et fera voir autant diſtinctement que l'autre, mais 16 fois plus obſcurement, ce qui ne ſe peut remedier qu'en augmentant la lumiere ſur l'objet. de ſorte qu'on ne peut pas effectuer autant de multiplication qu'on veut, ſi non en renforcant la lumiere. Si on veut faire la meſme multiplication en adjoutant a la premiere lentille un convexe oculaire, on verra auſſi 16 fois plus obſcurement, et de plus moins diſtinctement, parce que $c$ ſera $\infty$ $4b$ [2]), et partant $\angle$ CMG [Fig. 6] ſera plus que $4\delta$ ou 4 fois l'angle NDK, avec NMG. pour cela il faut faire l'ouverture de DP moindre que quand cette lentille eſt ſeule. toutefois cette compoſition de 2 lentilles eſt meilleure que de prendre une ſeule de $\frac{1}{4}$ de pouce pour la commoditè de voir et d'eſclairer à coſtè et un grand champ diſtinct. et les tres petites lentilles malaiſement ſont ſi bien formées que les moins petites.

[1]) Comparez la p. 515.
[2]) C'est-à-dire pour avoir le même grossissement qu'avec la nouvelle lentille simple; voir la p. 529.

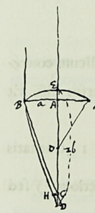
# APPENDICE IX

## À LA TROISIÈME PARTIE DE LA DIOPTRIQUE „DE TELESCOPIIS ET MICROSCOPIIS".

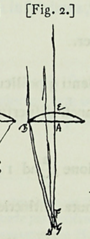
## [1692.]

[Recherches de 1692 ſur les deux aberrations dans les lunettes et dans les microſcopes.] [1])

[Fig. 1.]



[Fig. 2.]



§ 1 [2]).

Sicut in aberratione Newtoniana tenuis lux eſt aberrantium radiorum ad præcipuam comparata [3]) ita et in aberratione quæ propter figuram contingit.

§ 2 [4]).

AE [Fig. 1 et 2] $\infty \frac{aa}{2b}$; FN [Fig. 2] $\infty \frac{7}{6}$ AE [5]) $\infty \frac{7}{12}\frac{aa}{b}$

[1]) Tous les paragraphes que nous réunissons sous cette suscription ont été empruntés au Manuscrit H et d'après le lieu qu'ils y occupent ils doivent tous être datés de l'année 1692, lorsque les recherches sur les deux aberrations, commencées en 1684 (voir l'Appendice VIII, p. 621—628) furent reprises avec plus d'assiduité.
[2]) Ce paragraphe est emprunté à la p. 56 du Manuscrit H.
[3]) Comparez le deuxième alinéa de la p. 487, où Huygens explique pourquoi l'aberration chromatique est moins nuisible dans les télescopes qu'on ne s'y attendrait en calculant sa valeur théorique. Maintenant il remarque que tout de même dans le cas de l'aberration sphérique la lumière sera bien plus concentrée près du centre du cercle d'aberration (voir la note 3 de la p. 315), que vers ses bords.
[4]) Dans ce paragraphe emprunté, comme le précédent, à la p. 56 du Manuscrit H, Huygens calcule, dans deux suppositions différentes sur la grandeur de l'aberration chromatique longitudinale (qu'elle soit égale à $\frac{1}{50}$ ou à $\frac{1}{200}$ de la distance focale), le rapport qui doit exister entre le demi-diamètre de l'ouverture et la distance focale d'une lentille planconvexe afin que les deux aberrations deviennent égales. Remarquons que, puisque le rayon HC du cercle d'aberration chromatique est proportionnel au diamètre de l'ouverture et celui, NG, de l'aberration sphérique à sa troisième puissance, il est évident que dans toute lentille où le rapport mentionné est supérieur au rapport cherché cette dernière aberration surpassera l'aberration chromatique.
[5]) Voir la p. 287.