

NA ($2b$) ad AB (a) ut FN ($\frac{7}{12} \frac{aa}{b}$) ad NG $\frac{7}{24} \frac{aaa}{bb}$

$$\frac{7}{24} \frac{a^3}{bb} \propto \frac{1}{50} a^3 \text{) secundum Newt. } \propto \text{CH [Fig. 1]}$$

$$350 a^3 \propto 24 abb$$

$$a \propto \frac{5}{19} b \text{ circiter; } a \propto \frac{1}{4} b \text{ circ.}$$

$$\frac{7}{24} \frac{a^3}{bb} \propto \frac{1}{200} a^3; 175 aa \propto 3bb;$$

$$aa \propto \frac{3}{175} bb; aa \propto \frac{1}{58} bb;$$

$$a \propto \frac{2}{15} b \text{ circiter; vel } a \propto \frac{1}{7} b \text{ circiter.}$$

Secundum tabulam nostram aperturarum correctam ³⁾ lenti 3 pollicum conve-
niret apertura $\frac{27}{100}$ poll. circiter. Et cavum ⁴⁾ $\frac{3}{10}$ poll. puncti dispersus dist. Et
ampliatio ut 10 ad 1.

Pono aliud cavum $\frac{7}{10}$ poll. quo fiet ut ampliet in ratione $4\frac{2}{7}$ ad 1, claritatis
gratia. deberet jam apertura tolerari $\frac{77}{100}$ poll. nihil diminuta distinctiōe ⁵⁾ sed
experientia dat tantum $\frac{3}{10}$ poll. Cur hoc? Quia si fiat apertura $\frac{77}{100}$ poll. jam aber-

¹⁾ D'après la supposition sur la grandeur de l'aberration chromatique employée ordinairement par Huygens; consultez la note 8 de la p. 485.

²⁾ Consultez, plus loin, sur l'origine de cette supposition, la p. 777 du Complément I.

³⁾ Il s'agit d'un tableau analogue à celui de la p. 497, mais calculé, quant à la distance focale de l'oculaire, d'après les indications de la règle de la p. 495 (comparez la note 2 de la p. 496). D'après cette règle un objectif de 3 pouces, c'est-à-dire, de $\frac{3}{4}$ pied, admettrait, en effet, une ouverture d'un peu plus de 0,27 pouces de diamètre et un oculaire d'environ 0,30 pouces de distance focale.

⁴⁾ Le tableau en question était considéré par Huygens comme valable également pour les oculaires concaves et pour les oculaires convexes; comparez l'alinea qui commence au bas de la p. 493.

⁵⁾ Afin que la vision reste également distincte il faut, si l'on néglige l'aberration due à l'oculaire, que l'angle BDF de la Fig. 25 de la p. 490 conserve la même valeur. Or, cet angle est proportionnel à QF, c'est-à-dire suivant les règles de l'aberration chromatique à l'ouverture de l'objectif, et inversement proportionnel à la distance focale de l'oculaire. On pourrait donc, d'après ce raisonnement, en augmentant cette distance dans le rapport de 3 à 7, augmenter

ratio altera, quæ est ex figura spherica, major est quam Newtoniana, unde plus quam dupla jam fit aberratio tota. Nam si AB fit ad AO rad. ut 1 ad 7 jam æquales sunt aberrationes duæ ⁹⁾. hic vero ut 1 ad 5 ⁷⁾. ergo major aberr. ex fig. Vide hæc accuratius tractata p. 68 ⁸⁾.

In microscopio composito ex duabus lentibus, lenticulæ infimæ apertura fiet $\frac{1}{12}$ poll. cum focus sit pollicis distantia. Ampliatio est quadruplo major quam sola lenticula ad oculum applicata, sed et aberratio Newtoni quadruplo quoque major ⁹⁾, quæ tamen toleratur. Ergo sola lenticula aperturam deberet ferre quadruplo latiore, quam nunc fert cum altera lente composita quia aberrationes istæ sunt ut diametri aperturarum. Sed et fert quadruplo majorem, et si hic videri posset aberratio altera, ex figura oriunda, plurimum nocere. Sed non nocet quantum ad distinctiōem quia oculi pupilla definit hic aperturam ¹⁰⁾; quæ, cum propinqua inspicimus, vix lineæ mensuram superat.

§ 3 ¹¹⁾.

lentem rationis sextuplæ ¹²⁾ adhibere in telescopiorum ocularibus. Item in microscopiorum tam ocularibus quam exteriori lenticula. quia aberratio ex figura hic quoque nocere posse invenitur.

dans le même rapport l'ouverture de 0,27 pouces, c'est-à-dire la porter à 0,63 pouces; ce qui ne s'accorde pas entièrement avec les 0,77 pouces du texte.

⁹⁾ On remarquera que Huygens adopte ici le deuxième calcul qui précède, où l'aberration chromatique longitudinale est supposée égale à $\frac{1}{250}$ de la distance focale, tandis que partout ailleurs il emploiera la valeur de $\frac{1}{35}$ de cette distance.

⁷⁾ Puisque CA, distance focale de l'objectif, égale 3 pouces, on aura OA = 1,5 pouces (Prop. XIV, Part. I, Liv. I, p. 81); donc le rapport en question deviendra celui de $\frac{7}{50}$ à 1,5, c'est-à-dire, de 1 à moins de 4; mais en prenant 0,63 pouce pour le diamètre de l'ouverture on obtient, en effet, à peu près celui de 1 à 5.

⁸⁾ Voir le § 8, p. 638.

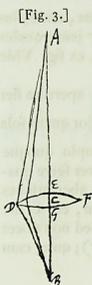
⁹⁾ Comparez le § 3 de l'Appendice VIII, p. 626—627. D'après ce paragraphe l'angle d'aberration du microscope composé est à celui du microscope simple comme $\frac{a}{c} + \frac{c}{b}$ à 1. Or, en

négligeant la plus petite de ces fractions, on trouve pour ce rapport celui de $\frac{c}{b}$ à 1, lequel rapport représente celui des grossissements du microscope composé et du microscope simple pourvu que la différence entre la distance a de l'objet à la lentille inférieure et la distance focale de cette lentille soit négligeable; voir la p. 529.

¹⁰⁾ Comparez la p. 531.

¹¹⁾ On trouve ce qui suit à la p. 61 du Manuscrit H.

¹²⁾ Voir les p. 291—293.



[Fig. 3.]



[Fig. 4.]

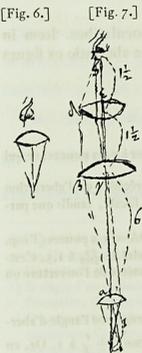


[Fig. 5.]

dato inter puncta A, B [Fig. 3], loco lentis conv. C, invenire quæ proportio femidiametrorum ad convexa DGF, DEF, ut radij ex A colligantur ad B cum minima aberratione quæ ex figura ¹⁾.

Sed non dubito quin duabus perfectis lentibus jungendis minor haberi possit aberratio quam una cujuscunque formæ (sphæricæ ²⁾).

[Fig. 6.]



[Fig. 7.]

ang. $\delta\xi\varepsilon$ quadruplus $\beta\alpha\gamma$. Ergo amplificatio quadrupla ejus quæ ex fola lenticula a ³⁾.

peut être réduite à $\frac{15}{14}$ fois cette épaisseur si l'on remplace la lentille unique par les deux lentilles de proportion sextuple de la fig. 4 dont l'épaisseur totale est égale à celle de la lentille unique. Ajoutons que dans une lettre de Huygens du 11 mai 1668 il mentionne l'emploi de „deux oculaires, joints l'un contre l'autre” (voir la p. 213 du T. VI).

³⁾ La Fig. 7 semble représenter une combinaison de lentilles, toutes de la proportion sextuple, constituant un microscope composé.

¹⁾ Pour résoudre le problème indiqué ici il s'agirait en premier lieu de calculer l'aberration sphérique d'une lentille quelconque, pour des rayons partant d'un point qu'on donne arbitrairement sur l'axe. Or, ce calcul dont nous avons indiqué le résultat dans la note 2 de la p. 396, ne semble jamais avoir été mené à bonne fin par Huygens. Voir la note 3, p. 395 et la note 3, p. 424.

²⁾ Cette idée est illustrée par les figures 4 et 5, où il est indiqué que, dans un cas particulier traité au § 6 de l'App. VII à la Deuxième Partie (p. 424—426), l'aberration, sphérique de la fig. 5 qui est égale à $\frac{1}{2}$ fois l'épaisseur de la lentille en question

§ 4 ⁴⁾.

Quæritur quantus sit angulus aberrationis quæ ex figura oritur, in telescop. 30 ped.

[Fig. 6.]

CB ∞ 30 pd. CAV lens planoconvexa.

CB poll. 360 ad CA $\left(\frac{1}{2}\right)$ ut CA $\left(\frac{1}{2}\right)$ ad CV $\left(\frac{9}{1440}\right)$ ⁵⁾

$\frac{7}{6}$ ⁶⁾

BF $\frac{63}{8640} \infty \frac{1}{137}$

BC ∞ FC (360) ad CA $\left(\frac{1}{2}\right)$ ut BF $\left(\frac{1}{137}\right)$ ad FR $\left(\frac{3}{98640}\right)$

DF (3) ad FR $\left(\frac{3}{98640}\right)$ ut radius tab. 100000 ad 1 tangens $2'$
 \angle FDB feu DKL ⁷⁾

Tantulus ergo hic esset angulus aberrationis quæ ex figura. At aberrationis Newtonianæ esset $3\frac{1}{3}$ circiter, ut hic deinceps computatur, nempe in nocturnis telescopijs. In diurnis dimidia ob duplicatam ocularis foci dist. ⁸⁾ nempe $15\frac{2}{3}$.

RF $\infty \frac{1}{50}$ CA ⁹⁾; CA = $\frac{1}{2}$ poll.; RF $\infty \frac{3}{100}$ poll.

DF (3) ad FR $\left(\frac{3}{100}\right)$ ut 100000 ad 1000 tangens $0^{\circ}.35' \angle$ DKL.

vel si DF $\left(3\frac{3}{10}\right)$ ad FR $\left(\frac{3}{100}\right)$ ut 100000 ad 909 tang. $0.31'20'' \angle$ BDF

angulus aberrationis Newtoni fit $3\frac{1}{3}$.

⁴⁾ Ce § 4 et le suivant ont été empruntés à la p. 65 du Manuscrit H.

⁵⁾ CB est égal au double du rayon de courbure de la surface sphérique de la lentille CA (voir la Prop. XIV, Part. I, Liv. I, p. 81); on a donc pour l'épaisseur VC la formule approximative VC = CA² : BC.

⁶⁾ Voir la p. 287.

⁷⁾ Voir la Prop. VI, p. 475.

⁸⁾ Comparez la p. 505.

⁹⁾ Voir la p. 485. Comparez d'ailleurs cette partie du paragraphe présent avec la p. 557 du texte de la „Dioptrique”.

§ 5¹⁾.

[Calcul de l'ouverture qui serait admissible dans un microscope en ne tenant compte que de l'aberration Newtonienne.]



[Fig. 7.]

$\angle bdq \infty 33'$ tantum fert aberr.^{is} angulum aberratio Newr. supputatum ex telescopij 30 pedum constitutione et apertura²⁾. (Nota recte accipi ang.^m bdq feu kde pro ang.^o aberrationis³⁾).

$bq \infty \frac{1}{50} dp$ ⁴⁾; $\angle dbp \infty 50 \angle bdq \infty 27\frac{1}{2}^\circ$; $\angle dbs \infty 55^\circ$. in hoc unius lentis microscopio definirer aperturam microscopiam lentis si tantum Newtonianam aberrationem attenderemus⁵⁾.

[pb] 20 ad [pt] 1 ut 100000 ad 5000 2°52' [$\angle pbt$] $\angle rbt$ 5°44' tantulam aperturam fert lenticula microscopij nostri compositi. cujus causa itaque non est Newtoni aberratio sed ea quæ ex figura.

Simplex lenticula majorem videtur ferre aperturam. sed sciendum est eam arcuari ad pupillæ latitudinem, quam frustra excedit⁶⁾.

§ 6⁷⁾.

Quæritur hic angulus aberrationis quæ ex figura, in microscopio meo⁸⁾.

Microscopium compositum ex lenticula DP [Fig. 9] et lente EM. qui ex B axi proximi feruntur conveniunt in N. N est focus lentis EM. BF ponitur aberratio eadem quæ axi paralleli in D incidentis⁹⁾. Ergo si ND it per DF etiam FD ibit per DN. Ergo ibit BD per DC, ut fiat $\angle NDC \infty \infty BDQ$. $NK \infty 7BQ$ ¹⁰⁾. Sed $NM \infty 2DB$. Ergo $\angle NMK \infty 3\frac{1}{2}BDQ$. cum

¹⁾ Voir la note 4 de la p. 633.

²⁾ La valeur de 33' est intermédiaire entre les deux valeurs 35' et 31 $\frac{1}{3}$ ' qui ont été trouvées admissibles par l'expérience obtenue avec la lunette de 30 pieds; voir la p. 633 qui précède.

³⁾ Comparez la p. 531.

⁴⁾ Voir la p. 485.

⁵⁾ Comparez le P. S. du § 2 de l'Appendice VIII, p. 625.

⁶⁾ Comparez la p. 531.

⁷⁾ Ce paragraphe et celui qui suit ont été empruntés à la p. 67 du Manuscrit H.

⁸⁾ Il s'agit bien du même microscope qu'on trouve décrit à la p. 549. Seulement la distance

[Fig. 8.] [Fig. 9.] NM fit $\infty 2PB$. Ergo $\angle SMO$ ¹¹⁾ $\infty 3\frac{1}{2}BDQ$. minimam aberrationem GN quæ effet quanta radij OM, axi paralleli, negligo¹²⁾.



PB [Fig. 9] (poll. 1)¹³⁾ ad P $\theta \infty$ PD [Fig. 8] ($\frac{1}{20}$) ut

$$P\theta \left(\frac{1}{20}\right) \text{ ad } PZ \left(\frac{1}{400}\right)$$

$$\frac{7}{6} \text{ craffitutinis }^{14)}$$

$$FB \left(\frac{7}{2400}\right) \text{ aberratio}$$

FP (1) ad P $\theta \infty$ PD ($\frac{1}{20}$) $\frac{1}{2}$ apertura mei microsc. ut

$$FB \left(\frac{4}{2400}\right) \text{ ad } BQ \frac{7}{48000}$$

B θ (1) ad BQ $\frac{7}{48000}$ ut 10000 ad 14 tangens

$$3\frac{1}{2} \text{ [ult.]}$$

$$\frac{49}{49} \text{ tangens NMK}$$

focale de la lentille inférieure, qui dans la description mentionnée est supposée égale à $\frac{7}{9}$ pouce, est ici égale à 1 pouce.

Ajoutons que la même question est traitée au § 13 qui suit (p. 652) et à la Prop. XVII, p. 561.

⁹⁾ On croirait que c'est l'aberration longitudinale qui est supposée égale à celle qui appartient aux rayons parallèles à l'axe, et c'est là, en effet, la supposition dont Huygens se servira au § 13, p. 652; mais ici, comme on le verra, les calculs qui suivent sont exécutés comme si l'égalité en question se rapportait aux angles BDF et B θ F des Figures 8 et 9 où B représente dans l'une le lieu où se trouve l'objet, et dans l'autre le foyer; ce qui serait conforme à la supposition du Lemme 3, p. 561.

¹⁰⁾ A cause de l'égalité des angles BDQ et NDK et puisque NP = 7BP; voir la p. 549.

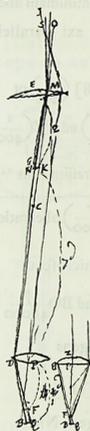
¹¹⁾ SMO = NMK est l'angle d'aberration cherché; comparez la note 3 de la p. 538.

¹²⁾ Comparez la note 4 de la p. 554.

¹³⁾ Evidemment PB représente dans la Fig. 8 la distance de l'objet à la lentille inférieure; mais dans la Fig. 9 elle est identifiée avec la distance focale de cette lentille, c'est-à-dire, d'après la Prop. XIV, Part. I, Lib. I, p. 81, avec le diamètre de sa surface sphérique.

¹⁴⁾ Voir la p. 287.

[Fig. 8.] [Fig. 9.] 29 est tang. 1' in tabulis ad radium 100000. Si effret 29, effret ang. NMK feu OMS minuti 1'. nunc ergo 1'.40⁶ 1).
Quære quanta fit hæc aberratio in telescopio 30 ped. vide p. 65²) initio, ubi angulus hujus aberrationis invenitur 2' tantum.



$$P\theta \infty \frac{1}{20} \text{ poll. } ^2); BQ \infty \frac{1}{50} P\theta ^4) \infty \frac{1}{1000} \text{ poll.}$$

B\theta (1) ad BQ ($\frac{1}{1000}$) ut 100000 ad 100 tang. ang. i BDQ, qui

ad NMK, feu OMS, ut 1 ad 3 $\frac{1}{2}$. 100 \times 3 $\frac{1}{2}$ ∞ 350 tang. ∞ 12' \angle NMK vel OMS ex aberratione Newton. Sed hæc aberratio ferre potest angulum 31 ($15\frac{1}{2}$) ut ostensum pag. 65³). Ergo hæc non prohibet majorem fieri aperturam PD. Ergo altera aberratio ex figura id prohibet, est tantummodo habeat angulum 1' 40⁶ 6).

$$12 \text{ ad } 31 \left(15\frac{1}{2}\right) \text{ ut } \frac{1}{20} ^7) \text{ ad } \frac{31}{240}, \frac{1}{8} \text{ poll. fere.}$$

Newtoni aberratio feret aperturam $\frac{1}{4}$ poll. fere.

¹) Le § 13, p. 652, donne 4' 10", la Prop. XVII, p. 563, 5' 8". Cette grande différence est causée surtout par ce qu'ici la distance focale est supposée égale à 1 pouce et au § 13, comme dans la Prop. XVII, égale à $\frac{7}{10}$ pouce. Or, l'angle d'aberration est, d'après la note 5, p. 562, inversement proportionnel à la troisième puissance de cette distance.

²) Voir le § 4, p. 633.

³) Calcul de l'aberration chromatique du même microscope.

⁴) Voir la p. 485.

⁵) Voir le § 4, p. 633. Le nombre 15 $\frac{1}{2}$ se rapporte aux observations diurnes.

⁶) Une remarque de la même portée reviendra au § 8, p. 639 et au § 13, p. 652.

⁷) $\frac{1}{20}$ pouce représente le rayon de l'ouverture de la lentille inférieure, qui, puisque l'angle d'aberration, d'après le calcul qui précède, est proportionnel à ce rayon, pourrait être porté jusqu'à $\frac{1}{8}$ pouce, c'est-à-dire que le diamètre de cette ouverture pourrait être pris égal à $\frac{1}{4}$ pouce.

Poffet dici, si aberratio ex figura hic sola consideranda est, doceatque experientia inverfa etiam lente P\theta Z fere hanc ferri posse aperturæ diam. $\infty \frac{1}{10}$ poll. cur non duplo major⁸) potest ferri plana ad visibile converfa superficje. Resp. lucem tunc majorem effecturam ut aberrationis nebula magis sentiat⁹).

[Fig. 10.]

§ 7¹⁰).



Microscopium inverfum examinatur hac figura ad finiftram [Fig. 10], quare pejus fit non inverfo. Nempè propter majorem aberrationem¹¹).

NK ∞ 4BQ¹²). fed NM ∞ $\frac{1}{2}$ BD¹³). Ergo \angle NMK ∞ 8 \angle BDQ five 8 \angle NDK. Ergo \angle OMS ∞ 8 \angle BDQ. Sed ang. BDQ hic æqualis est \angle BDQ in recto microscopio quod superius cernitur [Fig. 8] quia PD hic dupla PD superius¹⁴), et FB similiter dupla FB superioris¹⁵).

⁸) Parce que, d'après les pp. 285 et 287, les aberrations d'une telle lentille dans les deux positions sont dans le rapport de $\frac{2}{2}$ à $\frac{7}{6}$, c'est-à-dire, de 27 à 7, ce qui justifierait même une plus grande augmentation de l'ouverture, puisque l'angle d'aberration sphérique est proportionnel à ce rapport. Comparez sur l'effet de cette inversion de la lentille inférieure l'alinéa qui commence au bas de la p. 563.

⁹) Comparez la p. 503.

¹⁰) Voir la note 7 de la p. 634.

¹¹) La même question, à laquelle Huygens fait allusion à la p. 527 (voir la note 7 de cette page 527), sera traitée plus à fond au § 17 de l'Appendice présent, p. 656.

¹²) Pour la méthode de calcul de l'angle d'aberration NMK nous renvoyons au premier alinéa du § 6, p. 634.

¹³) Puisque les deux lentilles ont des distances focales qui sont dans le rapport de 2 à 1 et que Huygens identifie la distance de l'objet à la lentille inférieure avec la distance focale de cette lentille, ce qui n'est vrai qu'approximativement et si l'on suppose que la distance PN est suffisamment grande par rapport à ces distances focales.

¹⁴) C'est-à-dire, pour obtenir la même clarté dans les deux cas; ce qui exige la similitude des triangles PBD des deux figures. En supposant de plus la similitude des deux lentilles, on peut, en effet, conclure à l'égalité des angles BDQ, supposés égaux aux angles correspondants qu'on obtient avec des rayons parallèles à l'axe.

¹⁵) En comparant le résultat obtenu ici, NMK = 8BDQ, avec celui : OMS = NMK = 3 $\frac{1}{2}$ BDQ, auquel on est arrivé au paragraphe qui précède, on voit qu'en effet l'aberration est bien plus grande dans le microscope inversé de la fig. 10, que dans celui de la Fig. 8. Et la grandeur de cette différence justifie les approximations assez grossières employées ici par Huygens.

toniana aberratione ferri posset ang.^s 33' ¹⁾, nempe sexdecupla major.

Proderit hic lentem exteriorem AA proportionis sextuplæ facere ²⁾, quippe quam paulo majorem feret aperturam.

P.S. Sic foret in convexa oculari, sed postea cava fert 1'40", quem admodum pag. præc.¹ ex microscopio supputaveram. Vide ergo verum calculum hujus telescopij ex convexa et cava, p. 70 ³⁾. Ergo concludendum aberrationem ex figura non majorem angulum aberrationis ferre quam 1'40".

§ 9⁴⁾.

Quæritur ang. aberrationis ex figura in pedali telescopio nocturno qui fit 57". ergo in diurno 29" tantum ⁵⁾.

[Fig. 11.]

Sit FC [Fig. 11] ∞ 1 ped. feu 12 poll. fit CA ∞ $\frac{55}{200}$ poll. ⁶⁾.

Ergo $\frac{6}{10}$ p. ∞ FD ⁷⁾. FC (12) ad CA ($\frac{55}{200}$) ut CA ($\frac{55}{200}$) ad

VC ($\frac{1}{160}$ poll.) crassitud. quia eadem hæc est ac planoconvexæ eandem foci distantiam habentis ⁸⁾, hoc est cujus convexæ superficiæ radius esset $\frac{1}{2}$ CF, et diameter totus CF ⁹⁾.

$$\frac{5}{3} \times \frac{1}{160} \text{ poll.} \infty \frac{1}{96} \text{ poll. FB}^{10)}$$

FC (12) ad CA ($\frac{55}{200}$) ut FB ($\frac{1}{96}$) ad RF ($\frac{55}{230400}$) ∞ $\frac{1}{4189}$ poll.

FD ∞ FP ($\frac{6}{10}$) ad RF ($\frac{1}{4189}$) ut 100000 ad 39. tang 1'21"

∠ FPR.

¹⁾ Voir le § 5, p. 634.

²⁾ Voir la p. 291, au bas.

³⁾ Voir le § 10, p. 642, qui suit.

⁴⁾ Ce paragraphe est emprunté à la p. 69 du Manuscrit II.

⁵⁾ Voir la p. 505.

⁶⁾ D'après le tableau de la p. 497.

⁷⁾ D'après la règle de la p. 495.

⁸⁾ Voir la Prop. III, Part. II, p. 277.

hic igitur nihil nocebit aberratio ex figura, quoniam ferre potest ang. 2' ¹¹⁾.

$$\frac{5}{3} \text{ ad } \frac{7}{6}^{12)} \text{ ut } 1'21" \text{ ad } 57"$$

Si esset lens A planoconvexa, esset ang. FPR tantum 57".

Sit FC ∞ 8 poll. fit CA $\frac{45}{200}$ ¹³⁾. fit FD $\frac{1}{2}$ poll. ¹⁴⁾.

FC (8) ad CA $\frac{45}{200}$ ut CA ($\frac{45}{200}$) ad CV ($\frac{2025}{320000}$) crassitudo ∞ $\frac{1}{158}$ poll.

$$\text{BF} \infty \frac{5}{3} \times \frac{1}{158} \infty \frac{5}{474}$$

FC (8) ad CA ($\frac{45}{200}$) ut BF ($\frac{5}{474}$) ad FR ($\frac{245}{759400}$) ∞ $\frac{1}{3095}$ FR.

FD ∞ FP ($\frac{1}{2}$) ad FR ($\frac{1}{3095}$) ut 100000 ad $64\frac{2}{3}$ tang. 2'5" ∠ FPR.

Ergo in hoc telescopio 8 poll. incipit nocere aberratio ex figura, et deinceps in minoribus magis etiam, ut non possint scilicet perferre aut aperturam aut ocularia, quæ in Tabula sed duplicato ocularis foco, poterunt aperturam, quæ in tabula est ferre, usque dum lens exterior habeat circiter 4 poll. foci dist. ut colligo ex supputatis pag. præc. ¹⁵⁾.

P.S. fuisset angulus aberrationis 1'.57", si cavum oculare pro convexo possissem ut debueram, utque feci pag. seq. ¹⁵⁾ nempe ang. aberr. fuisset BPG, 1'.57". Ergo tamen jam noceret hic aberratio ex figura.

⁸⁾ Voir la Prop. XIV, Part. I, Liv. I, p. 81.

¹⁰⁾ Voir la note 5, p. 638.

¹¹⁾ Voir le § 8, qui précède, au bas de la p. 639.

¹²⁾ Voir à propos de ce nombre la règle de la p. 287.

¹³⁾ Toujours d'après la règle de la p. 495.

¹⁴⁾ Il s'agit du § 8, p. 638.

¹⁵⁾ Voir le § 10 qui suit.

§ 11¹⁾.

Aberratio, quæ in Microscopijs compositis, calculo inquiritur.

[PREMIÈRE PARTIE²⁾].

[Fig. 13.] [Fig. 14.] PN [Fig. 14.] (c)³⁾ ad PE (c + d) ut NE (d) ad EV $\left(\frac{dc + dd}{c}\right)^4$

PE (c + d) ad EZ (l) ut pe [Fig. 13.] $\left(\frac{1}{2}c + d\right)$ ad $\frac{1}{2}ez$ $\left(\frac{\frac{1}{2}cl + dl}{c + d}\right)^5$

pn $\left(\frac{1}{2}c\right)$ ad pe $\left(\frac{1}{2}c + d\right)$ ut ne (d) ad ev $\left(\frac{\frac{1}{2}cd + dd}{\frac{1}{2}c}\right)$

ev $\left(\frac{\frac{1}{2}cd + dd}{\frac{1}{2}c}\right)$ ad ez $\left(\frac{\frac{1}{2}cl + dl}{c + d}\right)$ ut EV $\left(\frac{dc + dd}{c}\right)$ ad EZ (l)⁶⁾

$$\frac{cd + 2dd}{c} \text{ ad } \frac{cl + 2dl}{c + d} \text{ ut } \frac{dc + dd}{c} \text{ ad } l$$

$$\frac{d}{c} \text{ ad } \frac{l}{c + d} \text{ ut } \frac{dc + dd}{c} \text{ ad } l$$

$$dc + dd \text{ ad } l \text{ ut } dc + dd \text{ ad } l.$$

Itaque positis utrobique iisdem lentibus ocularibus EM, em quarum foci N, n diversis vero objectivis PD, pd, sed ita ordinatis ut sicut earum foci distantia ita sint distantia NP, np. (sunt aut[em] N et n puncta conjugata seu respondentia punctis B, b in quibus visibilia). Erunt magnitudines apparentes, quas definiunt anguli EVZ, evz in utroque microscopio æquales.

¹⁾ Ce paragraphe est emprunté aux p. 74—76 du Manuscrit H. Nous l'avons divisé en deux parties dont la première se rapporte à l'aberration chromatique, la deuxième à l'aberration sphérique.

Quod⁷⁾ si aperturarum latitudines 2PD, 2pd sint ut lenticularum harum foci distantia, erit claritas utrobique eadem.

Sed aberrationis angulus⁸⁾ major erit in longiori microscopio EMPD. Nam si ex. gratia, sit NP dupla np, eoque foci distantia lenticulae PD dupla foci distantia lenticulae pd, fit ang. BDQ ∞ bdq. Et proinde NDK ∞ ndk, unde NK dupla nk, eoque ang. NMK duplus nmk.

Potest ergo apertura pd major fieri, eoque claritas brevioris microscopij augeri, ut major sit claritate longioris et aberrationem habeat æqualem et multiplicationem.

Potest ergo sic augeri ista apertura et simul lens ocularis em fumi minoris foci distantia quam lens EM, ut magis amplifcet brevius microscopium longiore, et claritatem habeat ipsi æqualem, itemque æqualem aberrationem.

Pone manere distantiam np, quæ nempe fit ad NP sicut foci distantia lenticulae pd ad foci distantiam lenticulae PD. Jam si non augetur apertura pd, sed maneret proportio bp ad pd quæ BP ad PD, fierent latitudines ad pupillam de quibus pag. 55⁹⁾, HE, he sive SV, sv, æquales, ob æqualitatem angulorum DNP, dnp,

²⁾ Dans cette partie Huygens commence à s'occuper de la question de construire, en utilisant les données fournies par un microscope étalon dont il avait éprouvé les bonnes qualités, d'autres microscopes plus grossissants. En effet, cette partie, où l'aberration chromatique est considérée comme la principale, peut être considérée comme constituant l'avant-projet qui a servi à la rédaction des Prop. XIV et XV (p. 535—553) du texte de la „Dioptrique”.

³⁾ Les calculs qui suivent à cette page se rapportent à deux microscopes ou les distances focales EN et en des oculaires sont égales; mais la distance focale de l'objectif est dans le microscope le plus court la moitié de ce qu'elle est dans le plus long; il en est de même des distances PB et pb de l'objectif à l'objet et, par conséquent, aussi de celles PN et pn de l'objectif au foyer de l'oculaire, lequel foyer est en même temps le point qui correspond par rapport à la lentille inférieure au point où se trouve l'objet. Or, Huygens va démontrer que dans ces conditions les grossissements sont égaux, ce qu'il fait en comparant l'un à l'autre les angles ZVE et zve sous lesquels un même objet de largeur BX = bx est vu à travers les deux microscopes.

⁴⁾ Cette proportion qui se déduit aisément de la Prop. XX, Part. I, Liv. I, p. 99 doit servir à déterminer le point V correspondant au point N par rapport à l'oculaire, auquel point V Huygens suppose que l'oeil sera placé.

⁵⁾ Soit δ la largeur BX = bx de l'objet, on aura alors, en tirant les droites XPZ et xpz, ZE = $\frac{PE}{PB} \delta$ et ze = $\frac{pe}{pb} \delta$; mais puisque PB = 2pb on en déduit PE:ZE = pe: $\frac{1}{2}ze$.

⁶⁾ C'est là évidemment la condition pour que le même objet soit vu sous un même angle dans les deux microscopes, c'est-à-dire pour que leur grossissement soit égal. Or, ce qui suit sert à vérifier que cette condition est satisfaite en effet. Inutile de rappeler que, d'après la Prop. XIII, Part. I, Liv. II, p. 233, le grossissement est indépendant de la position de l'oeil.

⁷⁾ Comparez à propos de ce qui suit jusqu'aux mots „Duplicemus multiplicationem”, les p. 537 (au bas)—543 du texte de la „Dioptrique” où toutes ces choses sont traitées plus amplement.

⁸⁾ Il s'agit de l'aberration chromatique.

⁹⁾ Cette page du Manuscrit H contient le § 12 de l'Appendice VI, p. 614 et la remarque suivante: „Si in duobus microscopijs eadem sit copia radiorum receptorum a singulis rei

[Fig. 13.] [Fig. 14.] itemque foci distantiarum NE, **ne**. Itaque aucta apertura **pd**, major fit latitudo ad pupillam quam longiori microscopio, cum recinetur eadem lens ocularis.



Duplicemus multiplicationem sumta lente oculari quæ habeat duplo minorem foci distantiam. Erit aberratio nihilo major sed lucis quartam partem habebis tantum¹⁾. Ergo hæc aliunde roboretur.

Quære datâ lenticulâ **pd**, et manente distantia **np** ad **pb** ratione eadem quam NP ad PB et aberratione, et claritate quæ in majori microscopio EMPD, quanta possit fieri apertura **pd**, et quanta simul foci distantia **en**²⁾.

Sit **pb** $\propto f$, quæ non fit foci distantia lentis **pd** sed ad eam se habeat sicut PB ad foci distantiam lentis PD. Sit semiapertura **pd** $\propto x$ fit angulus QDB³⁾ $\propto g$.

BP (*b*) ad PD (*a*) ut **bp** (*f*) ad $\frac{af}{b}$, semiapertura lentis **pd**, si foret proportionalis apertura PD secundum foci distantias, sed jam majorem pono $\propto x$.

Semiapertura lentis **p** si foret proportionalis apertura PD secundum foci distantias ($\frac{af}{b}$) ad x ut QDB (*g*) ad $\angle qdb$ ($\frac{bgx}{af}$) nam ut apertura ita hic **bq** et ita anguli aberrationis Newtonianæ⁴⁾.

$\angle QDB$ (*g*) ad $\angle qdb$ ($\frac{bgx}{af}$) ut IR ($\frac{fn}{b}$)⁵⁾ ad **kn** ($\frac{nx}{a}$)⁶⁾

visæ punctis, eademque latitudo ad oculum. erit eadem utriusque amplificatio.

Et posita radiorum æquali copia, si sit major amplificatio erit minor latitudo ad oculum.⁷⁾

En effet, en employant les notations du paragraphe présent, où PD = *a*, BP = *b*, posant de plus *g* pour le grossissement, λ pour la „latitudo ad oculum“, ω pour la distance de la vision distincte, on aura $\lambda = \frac{ad}{c}$, $g = \frac{oc}{bd}$ (d'après la règle de la p. 529). On en déduit la

relation $\lambda g = \frac{a\omega}{b}$, qui fait voir que la remarque de Huygens est exacte.

¹⁾ En vérité l'aberration chromatique serait doublée; voir la note 4 de la p. 554.

²⁾ C'est la question traitée et résolue dans la Prop. XV du texte de la „Dioptrique“; voir les p. 543—551 auxquelles ce qui suit a servi d'avant-projet.

³⁾ DQ passe par le foyer F de la lentille DP.

NK (*n*)⁷⁾ ad NM \propto NE (*d*) ut **nk** ($\frac{nx}{a}$) ad **nm** \propto **ne** ($\frac{dx}{a}$), jam aberratio æqualis erit. aberratiunculas GN, **gn** utrobique negligo, quibus auferentur non nihil anguli aberrationis. Sed exiles sunt eo quod EM, **em**, minores portiones sunt majorum multo lentium quam PD, **pd** fuarum.

Jam porro debet esse $\angle EVZ$ ad **evz** ut PBD ad **pbd**, ita enim lux hausta utrobique erit ut amplificatio.

$$pn \left(\frac{cf}{b} \right)^8) \text{ ad } pe \left(\frac{cf}{b} + \frac{dx}{a} \right) \text{ ut } ne \frac{dx}{a} \text{ ad } ev \left(\frac{dx}{a} + \frac{d\delta xxb}{aacf} \right)^9)$$

Sit BX $\propto h$ lineola visa.

$$PB (b) \text{ ad } BX (h) \text{ ut } PE (c + d) \text{ ad } EZ \left(\frac{hc + hd}{b} \right)$$

$$pb (f) \text{ ad } bx (h) \text{ ut } pe \left(\frac{cf}{b} + \frac{dx}{a} \right) \text{ ad } ez \left(\frac{hc}{b} + \frac{hd}{af} \right)$$

[ut ang. EVZ ad ang. **evz** ita ang. PBD ad ang. **pbd**]

$$\frac{EV}{EZ} \left(\frac{dc + dd}{c} \right) \text{ ad } \frac{ev}{ez} \left(\frac{dx}{a} + \frac{d\delta bxx}{aacf} \right) \text{ ut } \frac{b}{a} \text{ ad } \frac{f}{x}^{10)}$$

$$aaf \propto bxx; x \propto a \sqrt{\frac{f}{b}}^{11)} \text{ ne quæ erat } \frac{dx}{a} \text{ erit } \sqrt{\frac{ad}{b}}$$

$$\text{si } \sqrt{bf} \propto 2f, b \propto 4f, f \propto \frac{1}{4}b \text{ et } ne \text{ hic } \frac{1}{2}d. \text{ et } x \propto \frac{1}{2}a$$

NP (*c*) ad PD (*a*) ut NE (*d*) ad EH ($\frac{ad}{c}$) latitudo ad pupillam

⁴⁾ Comparez la p. 545, où la même relation entre les angles QDB et **qdb** est déduite.

⁵⁾ C'est-à-dire en posant NK = *n*; alors $\frac{IR}{n} = \frac{PR}{c} = \frac{pn}{c}$, mais **pn**: PN(*c*) = **pb**(*f*): PB(*b*),

donc **pn** = $\frac{cf}{b}$, IR = $\frac{nf}{b}$.

⁶⁾ On trouve à la p. 545 une autre déduction de la relation **kn** = $\frac{nx}{a}$.

⁷⁾ Comparez pour ce qui suit l'alinéa qui commence au bas de la p. 545.

⁸⁾ Voir la note 5.

⁹⁾ Comparez la note 4 de la p. 645.

¹⁰⁾ C'est donc la condition de l'égalité de la clarté dans les deux microscopes.

¹¹⁾ Comparez la p. 547, où la même relation est déduite d'une manière plus simple.

$$\text{np} \left(\frac{cf}{b} \right) \text{ ad pd} \left(\infty x \infty \sqrt{\frac{aaf}{b}} \right) \text{ ut ne} \left(\sqrt{\frac{dadf}{b}} \right) \text{ ad eh} \left(\frac{\sqrt{\frac{aaaddf}{bb}}}{\frac{cf}{b}} \right) \infty \frac{ad}{c}$$

Ergo eadem utrobique fit latitudo ad pupillam *).

[DEUXIÈME PARTIE.]²⁾.

[Fig. 15.]



Si x majorem ponis fit et fb major³⁾. Unde et bq major ex duplici causa. Ergo hic erat aliquid erroris in angulo qdb supputando⁴⁾.

[qu. Δp] [Fig. 15]⁵⁾ $\left(\frac{aaf}{bb} \right)$ ad [qu. dp] (xx) ut [QDB] (g)
ad $\angle b\Delta d \left(\frac{bbgxx}{aaff} \right)$,
nam ut quadrata aperturarum ita sunt aberrationes; et si apertura pd fuisset proportionalis PD ⁶⁾, fuisset ang. $qdb \infty QDB$.

¹⁾ Comparez l'alinéa qui commence au bas de la p. 549.

²⁾ Dans cette partie les calculs qui précèdent sont repris, mais cette fois dans la supposition que l'aberration sphérique est plus importante que l'autre. Elle peut être considérée comme constituant un avant-projet des p. 569—575 du texte de la „Dioptrique“.

³⁾ C'est-à-dire dans le cas de l'aberration sphérique.

⁴⁾ Pour expliquer cette phrase il faut remarquer que la page d'où nous avons emprunté ce qui suit en recouvrant une autre où des calculs, datés du 16 juillet 1692, ont été biffés depuis. Ces calculs étaient analogues à ceux qui suivent avec cette différence que Huygens y était parti de la supposition $\angle qdb = \frac{b^2 g x^2}{a^2 f^3}$, ce qui amène $x = a \sqrt[3]{\frac{f^2}{b^2}}$. Or, vers la fin de ces calculs il avait annoté „omnia bene“, mais plus tard il avait biffé le mot „bene“ et l'avait remplacé par „male“; ce qui signifie qu'à cet instant Huygens s'était aperçu que la valeur de l'angle qdb était erronée, puisque l'expression $\frac{b^2 g x^2}{a^2 f^3}$ ne représente pas l'angle qdb lui-même (Fig. 15) mais l'angle $\delta\Delta b$. En effet, au lieu de la proportion:

$$\text{„[qu. } \Delta p] \frac{aaf}{bb} \text{ ad [qu. } dp] (xx) \text{ ut [QDB] } (g) \text{ ad } \angle b\Delta d \left(\frac{bbgxx}{aaff} \right) \text{”}$$

on lisait primitivement:

$$\text{„[qu. } \Delta p] \frac{aaf}{bb} \text{ ad [qu. } dp] xx \text{ ut [QDB] } (g) \text{ ad } \angle qdb \left(\frac{bbgxx}{aaff} \right) \text{”}$$

mais depuis les lettres qdb furent biffées et remplacées par $b\Delta d$ et en même temps furent ajoutées les deux dernières lignes de la page présente et la proportion qui les suit et de laquelle la valeur corrigée de qdb est déduite.

⁵⁾ Δp représente l'ouverture de la lentille inférieure dans le cas que, par rapport au grand microscope, cette ouverture aurait été diminuée dans la même proportion que la distance focale et la distance de l'objet, auquel cas il est clair que l'angle $b\Delta f$ aurait été égal à l'angle BDF à cause de la similitude complète des figures. Or, en agrandissant ensuite l'ouverture jusqu'à

[Fig. 13.] [Fig. 14.]



$$\text{p}\Delta \left(\frac{fa}{b} \right) \text{ ad pd} (x) \text{ ut } \angle b\Delta d \left(\frac{bbgxx}{aaff} \right) \text{ ad } \angle qdb$$

correctus $\left(\frac{gb^2 x^3}{a^3 f^3} \right)$

$$\angle QDB \infty \text{IDK [Fig. 14]} \text{ } (g) \text{ ad } \angle qdb \infty \text{ndk}$$

$\left(\frac{gb^2 x^3}{a^3 f^3} \right)$ ut IR⁸⁾ $\left(\frac{fu}{b} \right)$ at nk $\left(\frac{nb^2 x^3}{a^3 f^3} \right)$

$$\text{NK} (n) \text{ ad NM} \infty \text{NE} (d) \text{ ut nk} \left(\frac{nb^2 x^3}{a^3 f^3} \right) \text{ ad nm} \infty \text{ne}$$

$\left(\frac{db^2 x^3}{a^3 f^3} \right)$ jam aberratio erit æqualis¹⁰⁾.

Jam porro ut ang. evz ad EVZ , ita debet esse ang. pbd ad PBD , ita enim erit lux hausta minori microscopio ad lucem majori haustam ut amplificatio illius ad hujus amplif. unde claritas eadem.

$$\text{pn} \left(\frac{cf}{b} \right)^8 \text{ ad pe} \left(\frac{cf}{b} + \frac{db^2 x^3}{a^3 f^3} \right) \text{ ut ne} \left(\frac{db^2 x^3}{a^3 f^3} \right) \text{ ad ev}$$

$\left(\frac{ddb^2 x^6}{a^2 f^5 c} + \frac{dbb^2 x^3}{a^3 f^3} \right)^{11)}$

Sic $BX \infty h$ lineola viva et $bx \infty h$.

$$\text{PB} (b) \text{ ad BX} (h) \text{ ut BE} (c + a) \text{ ad EZ} \left(\frac{hc}{b} + \frac{hd}{b} \right)$$

$$\text{pb} (f) \text{ ad bx} (h) \text{ ut pe} \left(\frac{cf}{b} + \frac{db^2 x^3}{a^3 f^3} \right) \text{ ad ez} \left(\frac{hc}{b} + \frac{hd}{a^3 f^3} \right)$$

ut ang. evz ad ang. EVZ ita ang. pbd ad ang. PBD

$$\text{ev} \left(\frac{ddb^2 x^6}{a^2 f^5 c} + \frac{dbb^2 x^3}{a^3 f^3} \right) \text{ ad EV} \left(\frac{cd + dd}{c} \right) \text{ ita } \frac{f}{x} \text{ ad } \frac{b}{a} \text{ }^{12)}$$

la valeur $dp = x$, Huygens suppose que le rapport entre la nouvelle aberration $b\delta$ et l'aberration bf (et par conséquent aussi entre l'angle $b\Delta d$ et l'angle $b\Delta f$) est le même que le rapport de dp à Δp ; supposition qui fut adoptée probablement par analogie avec la Prop. VII, Part. II, p. 309, qui s'occupe de l'aberration près du foyer; voir encore le § 15, p. 654.

⁶⁾ C'est-à-dire: si ces ouvertures auraient été proportionnelles aux distances focales, et par conséquent à f et b .

⁷⁾ D'après la Prop. VI, p. 475.

⁸⁾ Voir la note 5, p. 647.

⁹⁾ On trouve une autre déduction de nk au deuxième alinéa de la p. 571.

¹⁰⁾ Comparez toujours le deuxième alinéa de la p. 571.

¹¹⁾ Comparez la note 4 de la p. 645.

¹²⁾ Condition de l'égalité de la clarté dans les deux microscopes.

[Fig. 13.] [Fig. 14.]



$$\frac{ddb^2x^6 + dbba^3f^3cx^3}{\frac{d^2f^2c}{hca^3f^3 + hab^2x^3}} \frac{d}{a^3f^3b} \text{ ad } \frac{c}{h} \text{ five } \frac{bd}{ch} \text{ ita } af \text{ ad } bx$$

$db^6x^6 + b^2a^3f^3cx^3$ ad $ca^6f^3 + da^2b^3ffx^3$ ita af ad x ; per $a^3f^3c + db^2x^3$ dividatur 1^{us} et 2^{us} terminus.

$$\text{ut } b^2x^3 \text{ ad } a^3ff \text{ ita } af \text{ ad } x; x \propto a \sqrt{\sqrt{\frac{f^3}{b^3}}}$$

$$\text{Et ne feu } \frac{db^2x^3}{a^3f^2} \propto d \sqrt{\sqrt{\frac{f}{b}}}$$

NP (c) ad PD (a) ut NE (d) ad EH ($\frac{ad}{c}$) latitudo ad pupillam.

np ($\frac{cf}{b}$) ad pd $\propto x (a \sqrt{\sqrt{\frac{f^3}{b^3}}})$ ut ne ($d \sqrt{\sqrt{\frac{f}{b}}}$) ad eh

($\frac{ad}{c}$) latitudo ad pupillam eadem²⁾.

[ang. pbd ad ang. PBD ut] bx ad af [five] $\sqrt{f} \sqrt{bf}$ ad \sqrt{ff} . Si velim ut $\sqrt{f} \sqrt{bf} \propto 2f$, $b \propto 16f$ et $f \propto \frac{1}{16}b$; ne

$$d \sqrt{\sqrt{\frac{f}{b}}} \propto \frac{1}{2}d \propto \frac{1}{2}NE; np \frac{cf}{b} \propto \frac{1}{16}c; ev \propto ne + \frac{ddb^2x^6}{a^6f^2c} \propto d \sqrt{\sqrt{\frac{f}{b}}} + \frac{dd}{c} \sqrt{\sqrt{\frac{b}{f}}}$$

Sit jam $f \propto \frac{1}{16}b$, $ev \propto \frac{1}{2}d + 2 \frac{dd}{c}$ (3). $1 \frac{8}{7}$ poll. (4).

Campus duplo minor ferè³⁾, quia lens edimidiā foci distantiam et $\frac{1}{2}$ latitudinem habet lentis E. et ve ad VE ut 15 ad 18⁶⁾.

$$ve \left(\frac{\frac{1}{2}cd + 2dd^2}{c} \right) \text{ ad } EV \left(\frac{cd + dd}{c} \right) \text{ ut } \frac{1}{2}c + 2d^2 \text{ ad } c + d \text{ five } 3 \frac{1}{2} + 4^2 \text{ ad } 7 + 2.$$

¹⁾ Comparez la p. 573, où la même relation est déduite d'une manière plus simple.

²⁾ Comparez le premier alinéa de la p. 575.

³⁾ Lisez $\frac{dd^2}{c}$.

⁴⁾ C'est-à-dire en posant $c = 7$, $d = 2$, comme dans le microscope étalon décrit à la p. 549; mais lisez $1 \frac{16}{7}$.

[Fig. 16.]

§ 12¹⁰⁾.

Quæro angulum aberrationis Newton. in meo microscopio¹¹⁾.

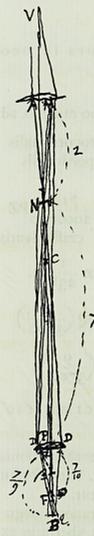
BF [Fig. 16] (x) ad BP ($x + \frac{7}{10}$) ut FP ($\frac{7}{10}$) ad PK (7)¹²⁾; hic F pro foco, B pro puncto rei visæ.

$$x \propto \frac{7}{90} \propto FB; \text{ adde } \frac{7}{10} \propto PF; \frac{7}{9} \propto PB$$

PD $\propto \frac{1}{20}$; BQ [$\propto \frac{1}{50}$ PD] $\propto \frac{1}{1000}$ ¹³⁾; hic fumo BO pro aberratione Newtoniana. cujus angulum quæro NMK.

$$PB \left(\frac{7}{9} \right) \text{ ad } PN (7) \text{ ut } BQ \frac{1}{1000} \text{ ad } NK \left(\frac{9}{1000} \right).$$

NM (2) ad NK ($\frac{9}{1000}$) ut 100000 rad. tab. ad 450 tangens $15 \frac{1}{2} \angle$ NMK aberrationis, proxime quantum fert telescopium diurnum. nam nocturnum fert $31 \frac{1}{3}$, cujus dimid. $15 \frac{2}{3}$ vid. pag. 65¹⁴⁾.



⁵⁾ Il en est ainsi si l'on mesure le champ par l'angle sous lequel il est vu, mais le rapport dont il s'agit devient bien différent de 2 à 1, si l'on mesure le champ par la longueur de son diamètre dans le plan de l'objet. On l'obtient alors en divisant le premier rapport par celui des grossissements.

⁶⁾ Lisez $23 : 18$, puisque $ev = \frac{23}{7}$, $EV = \frac{18}{7}$, de sorte que ce que Huygens appelle ici le champ se rétrécit d'un peu plus que de la moitié.

⁷⁾ Lisez $\frac{dd^2}{c}$.

⁸⁾ Lisez $\frac{dd^2}{c}$.

⁹⁾ Lisez $\frac{dd^2}{c}$.

¹⁰⁾ Ce § 12 et les deux suivants ont été empruntés aux p. 78 et 79 du Manuscrit H.

¹¹⁾ Comparez la dernière partie du § 6, p. 636 et la Prop. XVI, p. 553, où la même question est traitée. Il s'agit du microscope décrit à la p. 549.

¹²⁾ La proportion se déduit aisément de la Prop. XX, Part. I, Liv. I, p. 99.

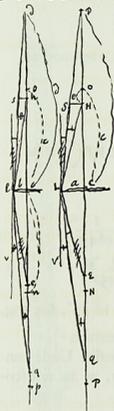
¹³⁾ L'aberration chromatique longitudinale d'un rayon venant du point N est donc supposée égale à celle d'un rayon parallèle à l'axe. Cette supposition diffère de celle qui est employée à la Prop. XVI, p. 553, où les angles de dispersion sont regardés comme égaux dans les deux cas; ceci explique la différence des résultats des deux calculs.

¹⁴⁾ Il s'agit du § 4, p. 631.

piolis non nocebit sic angulus aberrationis, cum in pedali tantum fit 57' (29') vid. pag. 69¹⁾.

Sed alio modo procedendo, in quo aberratio ex figura tantum confideratur, ut pag. 75²⁾, dabitur tamen microscopijs processus in infinitum.

[Fig. 17.] [Fig. 18.]



Lens **cl** superficies ex eadem sphaera habet ac CL, et in easdem partes spectantes.

O est focus lentis CL. D punctum radians ulterius distans. OH est aberratio ex figura rad. VL axi paralleli. lens **cl** eandem habet foci distantiam, sed aperturam **cl** minorem quam CL. **oh** est aberratio radij **vl** axi paralleli. Scimus jam esse OH ad **oh** ut qu. CL ad qu. **cl**³⁾. P punctum conjugatum D. radius DL it in L.Q.

THEOREMA DEMONSTRANDUM.

Quod ut NE ad **ne**⁵⁾, OH ad **oh**, qu. CL ad qu. **cl** ita QP ad **qp**⁶⁾.

qu. CL (**aa**) ad qu. **cl** (**bb**) ut OH (**e**) ad **oh** ($\frac{ebb}{aa}$)⁷⁾

DC (**d**) ad CL (**a**) ut DH (**d-c+e**) ad HS ($\frac{ad-ac+ae}{d}$)

HS ($\frac{ad-ac+ae}{d}$) ad HC (**c-e**) ut CL (**a**) ad CQ

($\frac{cd-de}{d-c+e}$) quia ang. HLS \propto QL V \propto LQC⁸⁾.

dc (**d**) ad **cl** (**b**) ut dh (**d-c + $\frac{ebb}{aa}$**) ad hs ($\frac{bd-bc}{d} + \frac{bebb}{aad}$)

¹⁾ Il s'agit du § 9, p. 640 de l'Appendice présent.

²⁾ Il s'agit de la deuxième partie du § 11, p. 648; mais consultez surtout la Prop. XVIII, p. 569, à laquelle cette partie du § 11 a servi d'avant-projet, et en particulier les p. 573—575.

³⁾ Ce paragraphe est emprunté à la p. 80 du Manuscrit H. Le théorème qu'on y trouve démontré peut être considéré comme une extension de la Prop. VI, Part. II, p. 307. Il a d'ailleurs à peu près la même portée que le lemme 4, p. 565 qui en est une conséquence presque immédiate. Voir l'alinéa qui commence à la p. 567.

⁴⁾ Par la proposition citée dans la note précédente.

hs ($\frac{bdad-bcaa+bebb}{aad}$) ad hc ($c-\frac{ebb}{aa}$) ut **cl** (**b**) ad **cq** ($\frac{aad-ebbd}{aaa-aaa+ebb}$)

DO (**d-c**) ad DC (**d**) ut OC (**c**) ad CP⁹⁾ vel **cp** ($\frac{dc}{d-c}$)

QP ($\frac{dc}{d-c} - \frac{cd-de}{d-c-e}$) ad **qp** ($\frac{dc}{d-c} - \frac{aad-ebbd}{daa-aaa+ebb}$) ut OH (**e**) ad **oh** ($\frac{ebb}{aa}$)⁹⁾

QP $\frac{dde}{dd-2dc+de+cc-ce}$ ad **qp** $\frac{eddbb}{daa-2dcaa+debb+ccaa-ecbb}$ ut **aa** ad **bb**
 $aaad-2dcaa+debb+ccaa-ecbb \propto daa-2dcaa+deaa+ccaa-ccaa$

deberet esse **bb** \propto **aa** ut perfecte quadrarent. Sed quia **e** est minima cæterarum linearum respectu, nam est tantum $\frac{7}{6}$ crassitudinis lentis CL, in lente planoconvexa, ac cætera ubi non est **e** sunt utrimque eadem, eoque æqualia, constat verum esse theorema.

Nota quod ut qu. **d-c** ad **dd** ita **e** ad QP¹⁰⁾ nam **de-ce** in divisore negligenda.

Sed etiam in **qp**. Unde jam facilis demonstratio. ut sequenti calculo non sit opus. Sed considera lentes LC ut planoconvexas, utroque modo converfas, an nulla sit difficultas. Resp. hæc nihil obfunt nec hic expendi necesse est.

Nota quod in aberratione Newtoniana, aberrationes QP, **qp** non obstante diversitate aperturarum CL, **cl** erunt æquales, quia et OH, **oh** æquales. Erit autem OH ad QP ut qu. DO seu qu. **d-c** ad qu. DC seu **dd**, proximè¹¹⁾, æque ac in altera aberratione.

⁵⁾ N est le foyer de la lentille pour les rayons parallèles à l'axe venant de la direction DC. NE l'aberration du rayon extrême passant par L.

⁶⁾ Le théorème est exact en première approximation comme nous l'avons montré dans la note 3 de la p. 567. Mais la démonstration qui suit est entachée de l'erreur que nous avons signalée dans la note 7 de la p. 556.

⁷⁾ Voir la Prop. VI, p. 475; mais l'approximation avec laquelle il y a égalité des angles est insuffisante pour pouvoir servir au calcul de PQ; voir toujours la note 7 de la p. 556.

⁸⁾ Puisque P et D sont des points correspondants; voir la Prop. XX, Part. I, Liv. I, p. 99.

⁹⁾ C'est la proportion qu'il s'agit de vérifier, ce qui est fait par le calcul qui suit.

¹⁰⁾ Comparez le lemme 2 de la p. 559, qui ne diffère pas de cette conclusion puisque (**d-c**): **d** = DO : DC = OC (ou NC) : CP; voir la note 8.

¹¹⁾ Voir le lemme 1, p. 551; d'après ce lemme les angles PLQ et NLE, ou OLH, sont égaux. Or, en exprimant de deux manières différentes le rapport des aires des triangles PLQ et OLH on arrive facilement, en ayant égard à la remarque faite dans la note 10 qui précède, à la proportion mentionnée; comparez d'ailleurs les lemmes 2 et 3 (p. 559—561) qui se rapportent à l'aberration sphérique et que l'on trouve donc ici valables pour le cas de l'aberration chromatique.

§ 16¹⁾.

Si dato microscopio, omnia proportionaliter minuantur atque ita alterum brevius constituat scendum est breviori hoc visibilia magis amplificari fecundum eandem rationem, quia si et lineolæ visæ longitudo eadem proportione diminuta fuisset qua cætera, ea utrobique eodem angulo ad oculum venisset, adeoque eadem fuisset magnitudo apparens minoris ac majoris lineolæ. Ergo si non fuisset diminuta, tanto major spectaretur breviori microscopio. At vero [Fig. 19.] [Fig. 20.] obscurior quoque, quia eadem lucis quantitas utriusque microscopij lenticulam ingrederetur, quæ in breviori illustraret majorem imaginem, profusus ut in simplicis lenticulæ microscopijs²⁾, utque ibi ita hic maneret eadem aberratio; sed latitudo ad pupillam diminuireretur³⁾.

§ 17¹⁾.

Si microscopio e duabus convexis lenticulis composito quarum major fit ocularis visibile intuemur, deinde microscopium invertamus manente lentium distantia, poterunt oculus et visibile ita collocari ut denuo id distincte cernatur, eademque magnitudine et claritate qua prius. Sed posterior positus priore pejor erit ob majus aberrationis vitium⁴⁾.

Sit microscopium ordinatum uti propof. præcedenti⁵⁾ ex lenticulis EZ, PD [Fig. 19] quarum illa major fit atque ad oculum obversa. Sintque omnia constructa sicut illic. Rursus idem invertatur, sive quod idem est manente lente utraque permutantur loca oculi ac visibilis, atque oculus quidem ponatur in S ut in figura altera [Fig. 20], ut posito L foco lentis PD, sint proportionales EL, EP, ES⁶⁾. Visibile vero ponatur in T ut sint proportionales LN, LE, LT. Constat ergo ex propof. [VI, Part. I, Lib. II]⁷⁾, si manente utraque lente transpositus fuisset oculus in B, et visibile in V, eadem magnitudine hoc visum iri atque cum oculus erat in V visibile in B. Item oculo in T visibile in B eadem adhuc magnitudine appariturum atque oculo in V, per prop. [XIII, Part. I, Lib. II]⁸⁾ scilicet quod radij paralleli utrobique ad oculum veniunt qui ex

uno visibilis puncto promanant. Sed oculo in B visibile in T eadem magnitudinis apparet atque oculo in T visibile in B. Ergo oculo in B visibile in T eadem apparet magnitudinis atque oculo in V visibile in B. Sed rursus oculo tam in S quam in B eadem magnitudinis apparet visibile in T. Ergo oculo in S visibile in T eadem magnitudine cernitur atque oculo in V visibile in B⁹⁾.

Quod si jam sicut distantia BP ad aperturam dimid. PD ita sit dist. TE ad dimid. aperturam EK quæ lenti huic tribuat eadem quantitas radiorum a punctis singulis rei visæ quæ in T ipsam ingredietur quam lentem PD a punctis rei visæ in B. Cumque eadem sit utrobique amplitudo picturæ in fundo oculi, sequitur et claritatem ejus fore eandem.

$$[LN] (c) \text{ ad } [LE] (c+d) \text{ ut } [NE] (d) \text{ ad } ET^{10)} \frac{cd+dd}{c}$$

$$[NL] (c) \text{ ad } [NP] (c+p) \text{ ut } PL \infty PO (p) \text{ ad } PB \frac{cp+pp}{c}$$

$$\text{quæ major ratio } PO \infty PL (p) \text{ ad } PB \frac{cp+pp}{c} \text{ an } NE (d) \text{ ad } ET \left(\frac{cd+dd}{c}\right)?$$

an c ad $c+p$ an c ad $c+d$? hæc est minor¹¹⁾,

Ergo ET ad NE major quam PB ad PO ∞ PL, hinc in utraque aberratione ostendi potest per propof. pag. præced.¹²⁾ majorem esse rationem aberrationis

¹⁾ Les §§ 16 et 17 sont empruntés à la p. 81 du Manuscrit II.

²⁾ Voir la Prop. XIII, p. 529—533.

³⁾ Voir la p. 533.

⁴⁾ Comparez le § 7, p. 637, qui traite le même sujet.

⁵⁾ Il s'agit de la Prop. XIV, p. 535. Il est donc évident que le théorème présent était destiné à faire partie du texte de la Dioptrique. Or, on trouve dans la dernière partie du § 19, p. 662 la raison qui depuis a fait abandonner ce projet. Voir encore la note 7 de la p. 527.

⁶⁾ Voir la Prop. XX, Part. I, Liv. I, p. 99. De cette manière le point S est le point qui, par rapport à la lentille PZ, correspond au point E.

⁷⁾ Voir la p. 199.

⁸⁾ Voir la p. 233.

⁹⁾ Il est évident que ce théorème élégant et sa démonstration s'appliquent également à un système centré quelconque. Il faut seulement que l'objet soit placé chaque fois de manière à rendre parallèles à la sortie du système les rayons émanant d'un de ses points.

¹⁰⁾ Puisque L et T sont des points correspondants par rapport à la lentille DE.

¹¹⁾ Puisqu'on suppose que la distance focale d de la lentille EZ est plus grande que celle p de la lentille DP.

¹²⁾ Il s'agit du Théorème du § 15, p. 654.

FT ad TE, quam FB (in prima fig.) ad BP¹⁾ unde ang. TDF major BDF²⁾.
Ergo \angle LDY major quam NDK³⁾. Sed DL (∞ EL) major quam DN
[∞ PN]⁴⁾. Ergo omnino LY major quam NK. Sed PL seu LM minor quam
NE seu NM. Ergo plane major ang. aberr.⁵⁾ LMY quam NMK.

[Fig. 21.] [Fig. 22.]

§ 18⁵⁾.



Dico si PC [Fig. 22] ad CV⁶⁾ majorem
habeat rationem, quam pc [Fig. 21] ad cu et
fit ut PC ad CL ita pc ad cl majorem fore
rationem aberrationis⁷⁾ PQ, (hoc est radio-
rum qui ad P punctum concurrere deberent)
ad PC, quam aberrationis pq ad pc. D et
P puncta conjugata.

Nam quia PC ad CL ut pc ad cl, erit CL ad cl major
quam VC ad uc. hinc OH⁸⁾ ad OC major quam oh ad
oc⁹⁾ et OH ad oh major quam OC ad oc. Sed erit DO
ad DC minor quam do ad dc¹⁰⁾. Ut autem qu. DO ad qu.
DC ita OH ad QP¹¹⁾, et ut qu. do ad qu. dc ita oh ad
qp. Ergo OH ad QP minor erit quam oh ad qp. Et QP
ad OH major quam qp ad oh et QP ad qp major quam
OH ad oh. Sed OH ad oh major erit quam OC ad oc.
Ergo QP ad qp utique major quam OC ad oc, an jam
OC ad oc [feu] CV ad cu major quam PC ad pc¹²⁾, non
ita sed minor¹³⁾. calculo indiget.

¹⁾ Dans le cas de l'aberration chromatique les aberrations longitudinales aux foyers seront proportionnelles aux distances focales. On pourra donc les représenter par η .PO [Fig. 19] et η .NE [Fig. 20], et, puisque, d'après la note 11 de la p. 655, le lemme 2, p. 559, est applicable, on aura pour les aberrations longitudinales, en B et en T, η . $\frac{PB^2}{PO}$ et η . $\frac{TE^2}{NE}$ et pour les rapports en question η . $\frac{PB}{PO}$ et η . $\frac{TE}{NE}$, d'où il suit qu'en effet le rapport qui concerne la fig. 19 est plus petit que celui qui appartient à la fig. 20.

La démonstration est un peu plus compliquée dans le cas de l'aberration sphérique. Alors les aberrations longitudinales aux foyers seraient proportionnelles, d'après le théorème principal du § 15, p. 654, aux carrés des rayons d'ouverture des lentilles DP et ZE; mais, pour obtenir la même clarté, ces rayons eux-mêmes sont supposés proportionnels aux distances BP et ET; on peut donc représenter les aberrations aux foyers par k .BP² et k .ET², et celles aux points B et T par k . $\frac{BP^4}{BO^2}$ et k . $\frac{ET^4}{EN^2}$. On trouve ainsi pour les rapports en question k . $\frac{BP^3}{BO^2}$ et k . $\frac{ET^3}{EN^2}$. Mais on a $\frac{BP^2}{BO^2} < \frac{ET^2}{EN^2}$, et de même BP < ET, puisque $\frac{BP}{ET} = \frac{(c+p)p}{(c+d)d}$ et

oc (∞ uc) (b) ad cp (a) ut OC (∞ VC) (c) ad $\frac{ac}{b}$; CP $\infty \frac{ac}{b} + e$ ¹⁴⁾

pu (a-b) ad pc (a) ut uc (b) ad cd ($\frac{ab}{a-b}$)¹⁵⁾

$p < d$. Il en résulte donc de nouveau que le rapport $\frac{FB}{BP}$ est plus petit que le rapport $\frac{FT}{TE}$.

D'ailleurs il semble que Huygens n'a pas jugé suffisante l'indication qu'il donne ici pour servir à la démonstration de l'inégalité $\frac{FT}{TE} > \frac{FB}{BP}$. Du moins il y est revenu dans le § 18 qui suit. En effet, l'inégalité en question est déduite en somme des relations $\frac{ET}{NE} > \frac{PB}{PO}$ et $\frac{DE}{PO} < \frac{ET}{ET}$ [Fig. 20] = $\frac{DP}{BP}$ [Fig. 19]. Or, ces relations sont entièrement identiques aux suppositions dont Huygens va partir au § 18, et l'inégalité qu'il y cherche à prouver est identique, à son tour, à l'inégalité $\frac{FT}{TE} > \frac{FB}{BP}$ du paragraphe présent.

²⁾ En effet, en évaluant de deux manières différentes l'aire du triangle TDF on trouve facilement \angle TDF (Fig. 20) = $\frac{DE \cdot FT}{ET^2}$. On a de même \angle BDF (Fig. 19) = $\frac{DP \cdot FB}{PB^2}$. Mais, puisque $\frac{DE}{ET} = \frac{DP}{PB}$, le rapport des angles TDF et BDF ne dépend que de celui des quotients $\frac{FT}{ET}$ et $\frac{FB}{PB}$.

³⁾ Comparez la Prop. VI, p. 475.

⁴⁾ C'est-à-dire $d + c > p + e$.

⁵⁾ Le paragraphe est emprunté à la p. 82 du Manuscrit H. Consultez sur sa portée le dernier alinéa de la note 1.

⁶⁾ V et O sont les foyers de la lentille LC, u et o ceux de la lentille lc.

⁷⁾ Il s'agit en premier lieu de l'aberration sphérique; mais on verra que plus loin Huygens appliquera la démonstration également à l'aberration chromatique.

⁸⁾ OH est l'aberration au foyer.

⁹⁾ Si l'on avait CL : cl = VC : uc, alors, à cause de la similitude complète des deux figures, on aurait OH : OC = oh : oc; mais si ensuite on élargit la lentille LC de manière que CL : cl > VC : uc, il est évident qu'on aura dans le cas de l'aberration sphérique OH : OC > oh : oc.

¹⁰⁾ Par la Prop. XX, Part. I, Liv. I, p. 99, on a DO : DC = DC : DP = OC : CP = CV : CP, et de même do : dc = cu : cp; mais puisque, par supposition, CV : CP < cu : cp, on aura DO : DC < do : dc.

¹¹⁾ D'après le dernier alinéa de la p. 655.

¹²⁾ Il est clair que dans ce cas la proposition qui se trouve en tête de ce paragraphe serait démontrée; mais puisqu'il n'en est pas ainsi, Huygens a recours à un calcul algébrique.

¹³⁾ Puisque de $\frac{PC}{CV} > \frac{pc}{cu}$ on doit conclure évidemment à $\frac{PC}{pc} > \frac{CV}{cu}$.

¹⁴⁾ En prenant CP = $\frac{ac}{b}$, on aurait CP : CV = pc : cu; mais puisque, par supposition, le premier rapport surpasse le second il s'ensuit que la valeur de CP surpassera $\frac{ac}{b}$ d'une certaine quantité e.

¹⁵⁾ Relation qu'on déduit aisément de la Prop. XX, Part. I, Liv. I, p. 99.