

pris dans un rapport égal à la racine carrée du rapport des distances focales de la lentille extérieure; et de même aussi les distances focales des lentilles oculaires¹⁾.

Considérons un télescope composé des lentilles AC et DP [Fig. 25], dont la première est la lentille extérieure et la seconde l'oculaire. Soit CP l'axe du télescope passant par les deux lentilles à leur milieu; puisse cet axe couper la pupille de l'oeil au point T et son fond au point N. Prenons CF comme distance focale de la lentille AC, et PF comme distance focale de la lentille DP. Soit AC la largeur de la moitié de l'ouverture. Supposons ce télescope bien construit par rapport à la clarté et à la netteté des images, de sorte qu'il ne puisse supporter ni une plus grande ouverture de la lentille extérieure ni une plus forte lentille oculaire. Qu'il s'agisse maintenant de construire un autre télescope plus long et grossissant plus fortement, dont la lentille **ac** [Fig. 26] ait une distance focale **cf** d'un rapport donné à CF. On demande de calculer à l'aide du télescope donné le diamètre de l'ouverture **aa** ainsi que la distance focale **pf** de la lentille oculaire, de telle sorte que le deuxième télescope donne des images aussi lumineuses et aussi nettes que le premier, composé des lentilles AC et DP.

Indiquons dans les deux cas toutes les parties de la figure par les mêmes lettres, mais de forme différente, les deux figures étant construites de la même manière.

Soit F le point de concours des rayons parallèles à l'axe qui amènent la couleur rouge, tant pour ceux qui tombent du dehors sur la lentille AC que pour ceux qui arriveraient du côté de l'oeil pour tomber sur la lentille PD. Mais supposons que le point de concours des rayons parallèles venant de la lentille AC qui nous font voir la couleur violette soit le point B; tandis que G représente le point de concours des rayons parallèles qui conduisent cette couleur à travers la lentille PD. Or, la constitution de l'oeil soit par hypothèse telle qu'il réunisse en un point unique de son fond les rayons rouges tombant sur lui parallèlement à l'axe. Nous négligeons ici l'aberration provenant de la forme sphérique, attendu que cette aberration, comme nous l'avons déjà dit, n'a aucune importance comparée à celle qui provient des couleurs. Par conséquent, si du bord de l'ouverture AA on trace les droites ABD²⁾ et AFO rencontrant la lentille PD en D et en O, ces droites représenteront les rayons colorés extrêmes provenant d'un seul rayon parallèle à l'axe par suite de la réfraction due à la lentille AC. Traçons les droites DF, FA et DG et supposons que l'axe CP prolongé coupe la pupille de l'oeil au point T et atteigne le fond de l'oeil au point N. Menons la droite DE parallèlement à l'axe depuis la lentille oculaire jusqu'à la pupille et joignons les points E et N. Du reste, l'angle

¹⁾ On trouvera une rédaction antérieure de la démonstration de cette proposition au § 1 de l'Appendice VIII, p. 619—621. Elle doit dater de 1684.

²⁾ On trouve écrite dans l'espace entre les deux figures l'annotation suivante „ABD incedet

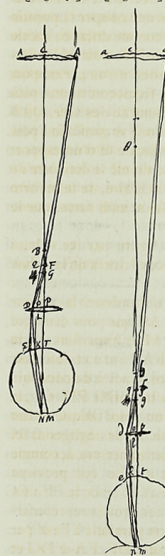
exterioris esse ponendos, atque ita quoque foci distantias lentium ocularium¹⁾.

Sit telescopium ex lentibus AC, DP [Fig. 25] compositum, AC exteriori, DP oculari, axis telescopij per utramque mediam lentem transiens sit CP, qui pupillam oculi secet in T puncto, ejusque fundo occurrat in N. Foci distantia lentis AC sit CF, lentis DP foci distantia PF, dimidiæ aperturæ latitudo sit AC. Ponatur vero telescopium hoc recte ordinatum, quantum ad lucem ac distinctam visionem attinet, ut nec majorem aperturam in exteriori lente ferre possit, nec acutiorem lentem ocularem; jamque aliud sit construendum, longius ac majoris amplificationis, cujus lens **ac**, habeat foci distantiam **cf**, datæ rationis ad CF, quæaturque hinc diameter aperturæ **aa**, itemque foci distantia lentis ocularis **pf**, quibus fiat æque lucidum hoc telescopium, et æque distincte res vifas exhibens, atque illud ex lentibus AC, PD.

Sint omnia ejusdem nominis sed diversæ figuræ literis utrobique notata, et constructio eadem.

Intelligatur nempe F esse punctum concursus radiorum axi parallelorum qui rubrum colorem adferunt, tam in lentem AC extrinsecus advenientium, quam qui in lentem PD caderent à regione oculi. Sed B esse concursum parallelorum lentis AC, qui violaceum exhibent. G concursum parallelorum qui colorem hunc ducunt per lentem PD. Oculi vero ea fit constitutio, ut radios rubros axi parallelos excipiens perducatur ad punctum unum fundi sui. Aberrationem quæ ex figura spherica oritur pro nulla hic habemus, quippe quæ ut jam diximus nullius momenti sit ad hanc quæ fit ex coloribus, ac proinde si ab extrema apertura AA ducantur rectæ ABD²⁾, AFO quæ lenti PD occurrant in D et O, eæ referent radios coloratos extremos quos ex uno axi parallelo radio fecit refractione lentis AC. Jungantur DF, FA, DG, et productus axis CP secet oculi pupillam in puncto T, ejusque fundo incidat in N. Sitque recta DE axi parallela a lente oculari ad pupillam ducta, et jungatur EN. Cæterum angulus BDF, a cujus

[Fig. 25.] [Fig. 26.]



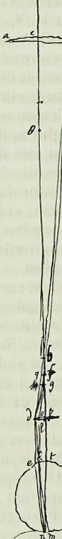
non in extremam lentem PD et lineolam intra lentem ducere oportet quod non refert et potest lens hæc majuscula pingi."

BDF, de la grandeur duquel dépend, comme nous le montrons, l'aberration au fond de l'oeil, peut être appelé l'angle d'aberration.

[Fig. 25.]



[Fig. 26.]



le télescope de 30 pieds, par exemple, le rapport de ces deux longueurs est de 120⁴) à 1. Par conséquent, FB surpasse FG dans le même rapport, et il en est à-peu-près de même pour l'angle BDF et l'angle FDG.

Ceci étant établi, nous continuerons le calcul de la manière suivante. Posons dans le cas du premier télescope $CF = b$, $FP = c$, $AC = a$, et dans le cas du

¹) Voir la p. 475.

magnitudine pendere ostendimus aberrationem in fundo oculi, vocetur angulus aberrationis.

Quum igitur radius qui ex G in D ferretur violaceo colore tinctus abiturus sit in DE axi parallelam, non poterit radius hujus coloris ABD in DE refringi, sed ex propof. [VI]¹) interius feretur ad pupillam per DK, ut fiant anguli æquales BDG, EDK. Sic KL axi parallela, quia itaque ea est oculi constitutio ut radij rubri paralleli DE, LK, conveniant in fundo ad punctum N, non conveniet eodem radius DK, etiam si ruber, ac minus etiam cum sit violaceus, sed interior feretur secundum KM, ut angulus NKM ad DKL seu sinus ad finem certam rationem habeat²), quæ cujusmodi sit scire nihil interest. Sed in utroque telescopia æquales esse oportet angulos NKM, ut æque distincta visio existat; quia sic aberratio quoque NM in fundo oculi utrobique æqualis erit. Constat enim radium rubrum AFO penetrata lente PD futurum axi parallelum, eoque descensurum ad punctum in oculi fundo N. Oportet itaque et angulos DKL, seu KDE, seu BDG, utrobique æquales esse. Sive etiam angulos BDF. Tunc enim et anguli BDG pro æqualibus rectè habebuntur, quia utrobique minimi sunt horum respectu (licet inæquales inter se) anguli FDG. Sicut enim CF ad FB ita est PF ad FG, ex natura hujus aberrationis³); unde permutando ut CF ad FP ita FB ad FG. Atqui CF superat longissime FP, ut in telescopia ex. gr. pedum 30, sit earum ratio quæ 120⁴) ad 1. Ergo ita quoque FB superat FG, et ita fere angulus BDF angulum FDG.

Ex his jam calculum prosequemur hoc modo. Sit in priori telescopia $CF \propto b$; $FP \propto c$; $AC \propto a$; in posteriore $cf \propto d$, $fp \propto y$; $ac \propto x$. Et fiat sicut CF ad

²) Comparez le second alinéa de la p. 345 vers la fin. Mais le raisonnement n'est pas tout-à-fait exact ici. En effet, pour trouver la direction du rayon violet DK après sa réfraction à la surface de la pupille, il est clair qu'on doit mener une droite KN' qui coupe l'axe CP au foyer N' des rayons violets et qu'ensuite il faut tirer KM en sorte qu'on a $\angle N'KM = \frac{1}{n} \angle DKL$, où

n représente l'indice de réfraction de la matière de l'oeil. On a donc $\angle NKM = \angle NKN' + \angle N'KM$, où l'angle NKN' n'est pas proportionnel à l'angle DKL . Tout dépend donc de la grandeur de cet angle NKN' . Or, il est égal à-peu-près, si l'on accepte les données de Newton, à la vingt-cinquième partie de l'angle KNT , qui lui-même est plus petit que l'angle ENT dont le rapport à l'angle DFP est égal à celui de FP à TN . On a donc $\angle NKN' < \frac{FP}{\frac{25}{3} \cdot TN}$. $\angle DFP$; valeur qui est égale à $\frac{FP}{TN} \cdot \angle FDG = \frac{FP}{TN} \cdot \frac{FP}{FC} \cdot \angle BDF$, où $\angle BDF$ peut être remplacé sans erreur sensible par $\angle BDG = \angle EDK = \angle DKL$. Par conséquent, $\angle NKN' < \frac{FP}{TN} \cdot \frac{FP}{FC}$.

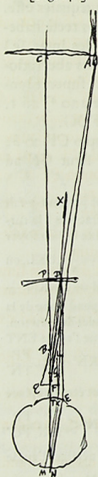
$n \cdot \angle NKM$ et, puisque $\frac{FP}{FC}$ est une petite fraction, il s'ensuit qu'on pourra négliger l'angle NKN' par rapport à l'angle $N'KM$ qui constitue la partie de l'angle NKM qui est proportionnelle à l'angle d'aberration BDF.

³) Voir la p. 485.

⁴) Lisez 109; mais consultez la note 2 de la p. 496.

deuxième $cf = d$, $fp = y$, $ac = x$. Prenons un point θ tel qu'on ait CF : $FP = \theta f$: fp . On aura donc $\theta f = \frac{by}{c}$. Comme donc le grossissement dû au premier telescope est égal à $CF : FP$, ou à $\theta f : fp$, et le grossissement dû au deuxième telescope à $cf : fp$, les diamètres des images produites par les deux telescopes seront entre eux comme θf est à cf . Mais AC doit avoir à ac le même rapport, puisque nous voulons que les deux telescopes donnent des images également lumineuses; ce qui arrivera lorsque, plus l'un des deux grossit les objets, plus aussi est grande l'ouverture avec laquelle il assemble les rayons issus d'un même point de ces objets. AC est donc à ac , c'est-à-dire a est à x , comme θf est à cf , c'est-à-dire, d'après ce que nous avons dit plus haut, comme $\frac{by}{c}$ est à d . Il s'ensuit que y ou fp est égale à $\frac{adc}{bx}$.

[Fig. 27.]



Traçons FQ perpendiculairement à l'axe, et supposons qu'elle coupe la droite DA au point Q . Comme on a alors CB : $BF = cb$: bf (car BF est égale à $\frac{1}{2} CB$ dans les deux figures, comme nous l'avons montré plus haut¹⁾), on aura aussi $CA : FQ = ca : fq$. Et, par permutation, $CA : ca = FQ : fq$. Mais puisque, comme nous l'avons dit, les angles d'aberration BDF et bdf doivent être égaux, on aura $DF : FQ = df : fq$, ou $PF : FQ = pf : fq$, attendu que dans les deux cas PF et DF peuvent être censées égales à cause de la petitesse de leur différence. Par conséquent, on aura aussi, par permutation, $PF : pf = FQ : fq$, ou $CA : ca$. Or, $PF = c$, $pf = \frac{adc}{bx}$ et $CA = a$.

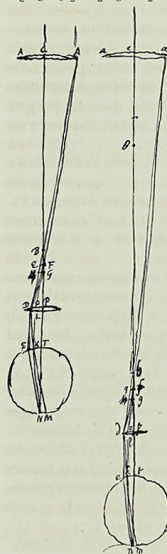
Par conséquent, ca ou $x = \frac{aad}{bx}$ et $bxx = aad$, c'est-à-dire, $xx : aa = d : b$, ou $x : a = \sqrt{d} : \sqrt{b}$; ce qu'il fallait démontrer.

On prouve ensuite de la manière suivante que les distances focales des lentilles PD et pd sont entre elles comme les diamètres des ouvertures AA et aa . Comme, d'après ce que nous avons dit, $a : x = \frac{by}{c} : d$, on aura aussi $aa : xx = \frac{bbyy}{cc} : dd$. Mais nous avons $aa : xx = b : d$. Par conséquent, $\frac{bbyy}{cc} : dd = b : d$. Il s'ensuit que $bby = ccd$ et $cc : yy = b : d$, c'est-à-dire $aa : xx$; donc aussi $c : y = a : x$, c'est-à-dire le rapport des distances focales FP et fp est égal au rapport des rayons des ouvertures AC et ac .

Pour les telescopes composés d'une lentille convexe et d'une lentille concave [Fig. 27] on peut prouver les mêmes choses par une démonstration entièrement analogue, avec cette différence seulement que la distance du

FP ita linea θf ad fp , eritque $\theta f \propto \frac{by}{c}$, quia igitur ratio augmenti in priore tele-

[Fig. 25.] [Fig. 26.]



scopio est ea quæ CF ad FP , seu θf ad fp ; in posteriore vero ea quæ cf ad fp , erunt in utroque magnitudines apparentes secundum diam. inter se ut θf ad cf , quam eandem rationem habere debet AC ad ac ; quia æque lucidum esse volumus telescopium utrumque: quod ita fiet, si quanto magis alterum res visas auget, tanto majori apertura radios colligat ab earum singulis punctis profectos. Est igitur AC ad ac , hoc est, a ad x , ut θf ad cf , hoc est, ex ante dictis, ut $\frac{by}{c}$ ad d , unde fit y seu $fp \propto$

$\frac{adc}{bx}$. Ducatur FQ axi perpendicularis, quæ rectæ DA occurrat in Q . Quia itaque ut CB ad BF ita cb ad bf (nam utrobique BF est $\frac{1}{2} CB$, ex supra expositis¹⁾); erit et CA ad FQ ut ca ad fq . Et permutando CA ad ca ut FQ ad fq . Quia vero, ut dictum fuit, æquales debent esse anguli aberrationis BDF , bdf , erit DF ad FQ ut df ad fq , five PF ad FQ ut pf ad fq , cum utrobique pro iisdem haberi possint PF et DF , propter minimam differentiam. Proinde et permutando PF ad pf ut FQ ad fq , hoc est, ut CA ad ca . Est autem $PF \propto c$; $pf \propto \frac{adc}{bx}$; $CA \propto a$. Ergo ca five $x \propto \frac{aad}{bx}$. Et $bxx \propto aad$, hoc est xx ad aa ut d ad b , five x ad a in subdupla ratione d ad b , quod erat ostendendum.

Quod autem et lentium PD , pd , foci distantia sunt sicut aperturarum diametri AA , aa , hinc ita probatur. Cum dictum fuerit esse a ad x ut $\frac{by}{c}$ ad d . Erit et aa ad xx ut $\frac{bbyy}{cc}$ ad dd . Erat autem aa ad xx ut b ad d . Ergo

$\frac{bbyy}{cc}$ ad dd ut b ad d , unde $bby \propto ccd$. Et cc ad yy ut b ad d , hoc est ut aa ad xx ; ac proinde etiam c ad y ut a ad x hoc est, ratio foci distantiarum FP , fp eadem quæ semidiametrorum aperturæ AC , ac .

In telescopijs ex convexa et cava lente compositis [Fig. 27] eadem ostendi

¹⁾ Voir la p. 485.

point de dispersion correspondra alors à ce qui était ici la distance focale de l'oculaire convexe. Mais on ne se sert guère de ces lentilles concaves dans les combinaisons, à cause de l'étroitesse du champ qu'elles permettent aux télescopes d'embrasser¹⁾.

Du reste, pour trouver et les ouvertures et les lentilles oculaires qui conviennent à chaque lentille extérieure, nous avons établi la règle suivante à l'aide des considérations qui précèdent et en supposant en même temps que le télescope de 30 pieds soit une fois pour toutes construit d'une façon déterminée. On multipliera par 3000 le nombre de pouces que contient la distance focale de la lentille extérieure; la racine carrée du produit représentera en centièmes de pouces le diamètre de l'ouverture cherchée. La même racine augmentée d'une dixième partie de sa valeur donnera la distance focale de la lentille oculaire exprimée également en centièmes de pouces. Et les dimensions latérales des images sont entre elles comme les diamètres des ouvertures. Tout ceci est démontré de la manière suivante.

L'expérience nous apprend qu'à une lentille de 30 pieds convient une ouverture de 3 pouces. Si donc on se propose une autre lentille dont la distance focale contient un nombre b de pieds; alors, d'après ce qui précède, le rapport $30:\sqrt{30b}$, c'est-à-dire le rapport des racines carrées des distances focales, sera égal au rapport des 3 pouces de l'ouverture donnée (ou de 300 centièmes de pouces) à l'ouverture cherchée de la lentille. Par permutation, on trouve que 30 est à 300, c'est-à-dire 1 à 10, comme $\sqrt{30b}$ est à l'ouverture cherchée en centièmes de pouces. Cette ouverture sera donc de $\sqrt{3000b}$ centièmes de pouces, comme la règle l'annonce. Nous trouvons en outre qu'à cette même lentille de 30 pieds convient un oculaire dont la distance focale est de $3\frac{3}{8}$ pouces. Or, les distances focales sont entre elles comme les ouvertures. Par conséquent, la distance focale de $3\frac{3}{8}$ pouces ou de 330 centièmes de pouces est à la distance focale cherchée comme l'ouverture de 3 pouces ou de 300 centièmes de pouces est à l'ouverture de $\sqrt{3000b}$ centièmes de pouces. Ou bien, par permutation, comme 300 est à 330, c'est-à-dire comme 1 est à $1\frac{1}{10}$, ainsi est l'ouverture $\sqrt{3000b}$ à la distance focale cherchée.

Enfin les considérations suivantes feront voir que les grossissements, en d'autres termes que les grandeurs apparentes des objets aperçus à l'aide des télescopes, sont entre elles comme les diamètres des ouvertures. Dans chaque télescope la grandeur apparente est à la grandeur vraie, c'est-à-dire à celle qu'on aperçoit à l'œil nu, comme la distance focale de la lentille extérieure est à la distance focale de l'oculaire. Par conséquent, dans l'un des deux télescopes considérés dans la présente proposition, ce rapport des grandeurs sera celui de CF à FP ou de b à c ; mais dans l'autre [Fig. 26] celui de cf à fp, c'est-à-dire de d à $\frac{adc}{bx}$ ou de $\frac{bx}{a}$ à c . Mais la grandeur

possunt, simili plane demonstratione, nisi quod distantia puncti dispersus in lente cava tunc erit quod hic fuit convexi ocularis foci distantia. Sed horum cavorum in compositione jam nullus fere est usus, propter angustiam spatij, quam telescopiorum prospectui relinquunt¹⁾.

Cæterum ad inveniendas tum aperturas, tum lentes oculares cuique lenti exteriori convenientes, ex jam dictis et semel constituto 30 pedum telescopio, hanc effecimus regulam. Foci distantia lentis exterioris quem numerum pedum habebit, is numerus ducatur in 3000; facti radix erit diameter aperturæ quæ sita in centesimis pollicum. Eadem si augeatur decima sui parte, dabit foci distantiam lentis ocularis ipsædem centesimis expressam. Apparentes vero rei visæ latitudines sunt sicut diametri aperturarum, quæ omnia sic probantur.

Lenti 30 pedum experimur convenire aperturam 3 pollicum. Si igitur proponatur lens alia cujus foci distantia contineat numerum pedum b , erit ex supra expositis sicut 30 ad $\sqrt{30b}$, quæ est ratio subdupla rationis foci distantiarum, ita 3 pollices aperturæ seu 300 centesimæ pollicis ad aperturam lentis quæ sita; vel permutando erit ut 30 ad 300, hoc est, 1 ad 10 ita $\sqrt{30b}$ ad aperturam in centesimis pollicum, quæ itaque erit $\sqrt{3000b}$, qualem regula statuit. Lenti quoque eidem 30 pedum convenire invenimus ocularem, cujus foci distantia $3\frac{3}{8}$ pollicis. Sunt autem foci distantie sicut aperturæ. Ergo ut apertura 3 poll. seu 300 centesimarum ad aperturam $\sqrt{3000b}$, ita foci distantia $3\frac{3}{8}$ poll., sive 330 centesimarum, ad foci distantiam quæ sita. Sive permutando ut 300 ad 330, hoc est ut 1 ad $1\frac{1}{10}$ ita apertura $\sqrt{3000b}$ ad istam foci distantiam.

Denique proportionem amplificationis, seu apparentes rerum magnitudines telescopijs perceptas esse, ut aperturarum diametros, sic manifestum fiet. In unoquoque telescopio magnitudo apparens ad veram, sive quæ nudo oculo percipitur, est ea quæ foci distantie lentis exterioris ad foci distantiam ocularis. Ergo in telescopio altero propositionis...²⁾ erit hæc magnitudinum ratio quæ CF ad FP, seu b ad c . in altero vero [Fig. 26] quæ cf ad fp, hoc est, quæ d ad $\frac{adc}{bx}$, seu $\frac{bx}{a}$ ad c . Sed magnitudo vera utrobique est eadem. Ergo magnitudo ap-

parens in telescopio priore ad eam quæ in altero se habebit ut b [ad $\frac{bx}{a}$, hoc

¹⁾ Comparez la Prop. II, p. 447.

²⁾ Il s'agit de la proposition présente; voir la Fig. 25

vraie est la même dans les deux cas. Par conséquent, la grandeur apparente dans le premier télescope est à celle dans l'autre comme b est à $\frac{bx}{a}$, c'est-à-dire comme a est à x , ou comme l'un des diamètres des ouvertures est à l'autre; ce qu'il fallait démontrer.

Ils s'enfuit qu'en partant du grossissement, qui, dans le cas du télescope de 30 pieds, s'exprime par le rapport 109:1, on a pu trouver tous les autres grossissements d'après le rapport des ouvertures. Ces grossissements sont portés dans le tableau suivant *).

Distance du foyer du verre objectif, ou Longueur du Télescope.	Diamètre de l'ouverture du verre objectif et aussi la distance du foyer de l'oculaire *).	Multipliation selon le diamètre avec mes oculaires.
Pieds de Rhijnlande *).	Pouces dixièmes et centièmes.	
1	0,55	22
2	0,77	31
3	0,95	38
4	1,09	45
5	1,23	49
6	1,34	54
7	1,45	58
8	1,55	62
9	1,64	66
10	1,73	69

*) Les mots entre crochets manquent à présent dans le manuscrit à cause de l'état déchiré de la marge, dont plusieurs fragments ont disparu. Nous les empruntons à l'édition de 1703 de de Volder et Fullenius, p. 211.

*) On remarquera que le tableau qui suit n'est pas entièrement conforme aux indications du texte qui le précède. La règle qui a servi à sa construction se trouve à la p. 205 du Manuscrit F et fut communiquée à Constantyn, frère, dans une lettre du 23 avril 1685 (p. 6 et 7 du T. IX). Elle est comme il suit dans la rédaction du manuscrit: „Si numerus pedum foci distantiae quam habet lens major, ducatur in 3000; facti radix erit diameter aperturæ in centesimis pollicum. diametro aperturæ æqualis est foci distantia lentis ocularis. Si ijdem pedes foci distantiae lentis majoris ducantur in 480; facti radix erit numerus augmenti. Sit foci distantia ped. 120. Erit diameter rei visæ aucta secundum rationem 240 ad 1.” Comme on le voit, les deux règles amènent le même diamètre de l'ouverture de l'objectif; mais la distance focale de l'oculaire calculée d'après la règle du texte excédera celle du tableau d'un dixième et, par conséquent, le grossissement sera réduit d'un onzième. Ainsi pour la lunette de 30 pieds qui d'après le tableau supporterait un grossissement de 120 fois, ce nombre est réduit, d'après le texte, à 109. Or, il semble que Huygens a commencé par admettre un grossissement de 120 mais que plus

est, ut a ad x *), sive ut aperturarum diametri, [quod erat probandum *]. [Quare ex *)] amplificatione quæ est [in] *) 30 pedum telescopia [ut 109 ad 1, cæteræ omnes ex] *) proportionem aperturarum repertæ sunt [et in Tabulam sequentem *) relatæ] *).

Distance du foyer du verre objectif, ou Longueur du Telescope *).	Diamètre de l'ouverture du verre objectif et aussi la distance du foyer de l'oculaire *).	Multipliation selon le diamètre avec mes oculaires.
Pieds de Rhijnlande *).	Pouces dixièmes et centièmes.	
1	0,55	22
2	0,77	31
3	0,95	38
4	1,09	45
5	1,23	49
6	1,34	54
7	1,45	58
8	1,55	62
9	1,64	66
10	1,73	69

tard il l'a considéré comme excessif. En effet, le nombre 109 en haut de la p. 483 y remplace le nombre 120, qui fut biffé, et les mots: „centies novies”, qu'on trouve en bas de la p. 481, n'ont été ajoutés qu'après coup pour remplacer un nombre biffé, maintenant illisible. De même à la p. 491 le nombre 120 est resté (voir la note 4 de cette page) probablement par négligence. Comparez de plus la note 5 qui suit, d'après laquelle Huygens avait même admis au commencement un grossissement de 144 pour une telle lunette.

*) Les suscriptions des colonnes du Tableau présent furent rédigées en français par Huygens.

*) Le pied de Rhijnlande est égal à 3,13946 décimètres et se divise en douze pouces.

*) Entre cette colonne et la première on en trouve une autre, biffée depuis, portant en tête: „distance du foyer du verre oculaire” et où cette distance est donnée égale au cinq sixièmes des nombres de la colonne présente, qui primitivement ne servait que pour indiquer le diamètre de l'ouverture du verre objectif. Cette colonne biffée avait évidemment été calculée dans la supposition qu'une lunette de 30 pieds pouvait supporter un oculaire de 2,50 pouces, c'est-à-dire un grossissement de 144 fois. Or, les calculs qui ont servi à trouver les nombres de cette colonne biffée se retrouvent aux p. 200 et 201 du Manuscrit F et, d'après ce placement, ils doivent dater de 1684 ou de 1685.

De plus, la colonne présente fut suivie de deux autres colonnes, biffées toutes les deux, dont la première porte la suscription: „Oculaires de Campani qui excèdent les miennes d'un $\frac{1}{10}$ ”. Et, en effet, les nombres qu'elle donne surpassent partout ceux de la colonne présente d'un dixième. La deuxième, enfin, donne les grossissements calculés sur les nombres de la colonne biffée qui précédait la présente. Ces nombres sont donc en excès d'un cinquième sur ceux de la dernière colonne qui donne les grossissements correspondant aux distances focales de la colonne présente.



Distance du foyer du verre objectif, ou Longueur du Telescope.	Diamètre de l'ouverture du verre objectif et aussi la distance du foyer de l'oculaire.	Multiplication selon le diamètre avec mes oculaires.
Pieds de Rhijnlande.	Pouces dixièmes et centièmes.	
13	1,97	79
15	2,12	85
20	2,45	98
25	2,74	110
30	3,00	120
35	3,24	130
40	3,46	138
45	3,67	147
50	3,87	155
55	4,06	162
60	4,24	170
65	4,42	177
70	4,58	183
75	4,74	190
80	4,90	196
85	5,05	202
90	5,20	208
95	5,34	214
100	5,48	219
110	5,74	230
120	6,00	240
130	6,25	250
140	6,48	259
150	6,71	268
160	6,93	277
170	7,14	286
180	7,35	294
190	7,55	302
200	7,75	310
220	8,12	325
240	8,48	340
260	8,83	353
280	9,16	366
300	9,49	380 ¹⁾

¹⁾ On lit encore en bas de ce tableau : „Les ouvertures de cette Table sont pour Saturne. à des objets plus clairs il les faut un peu moindres. Pour voir de jour il faut doubler la distance du foyer du verre oculaire qui leur convient dans cette

Distance du foyer du verre objectif, ou Longueur du Telescope.	Diamètre de l'ouverture du verre objectif et aussi la distance du foyer de l'oculaire.	Multiplication selon le diamètre avec mes oculaires.
Pieds de Rhijnlande.	Pouces dixièmes et centièmes.	
13	1,97	79
15	2,12	85
20	2,45	98
25	2,74	110
30	3,00	120
35	3,24	130
40	3,46	138
45	3,67	147
50	3,87	155
55	4,06	162
60	4,24	170
65	4,42	177
70	4,58	183
75	4,74	190
80	4,90	196
85	5,05	202
90	5,20	208
95	5,34	214
100	5,48	219
110	5,74	230
120	6,00	240
130	6,25	250
140	6,48	259
150	6,71	268
160	6,93	277
170	7,14	286
180	7,35	294
190	7,55	302
200	7,75	310
220	8,12	325
240	8,48	340
260	8,83	353
280	9,16	366
300	9,49	380 ¹⁾

table pour avoir la clarté qui est nécessaire; Et alors leur multiplication sera la moitié de celle qui est dans la table." Comparez à ce sujet la p. 505 qui suit.

De plus, on trouve en marge: „Hæc Tabula recte se habet, cuius fundamentum

PROPOSITION VIII.

Si dans deux télescopes possédant des lentilles extérieures égales, mais dont les ouvertures sont différentes, tandis que les diamètres de ces ouvertures et les distances focales des lentilles oculaires sont entre eux dans un même rapport, on apercevra tous les objets avec une netteté égale à l'aide de chacun d'eux, et les largeurs apparentes des objets seront entre elles dans le rapport inverse, tandis que les clartés seront entre elles dans un rapport égal à la quatrième puissance du rapport direct.

Supposons égales, pour les rayons rouges parallèles à l'axe, les distances focales CF [Fig. 28], cf [Fig. 29] des lentilles AA et aa, et de même, pour les rayons violets, les distances focales CB, cb. Mais supposons inégales les ouvertures, dont les diamètres sont AA et aa respectivement. Et puissent les distances focales FP, fp des lentilles oculaires être entre elles dans le même rapport. Ensuite, après avoir tracé dans les deux cas, comme plus haut ¹⁾, les droites ABD, AF, FD et FQ, joignons aussi les points Q et P. Vu qu'alors CB et BF sont l'une et l'autre égales dans les deux cas, d'après la nature de l'aberration dont nous parlons ²⁾, nous aurons $FQ : fq = AA : aa$. Mais c'est là aussi, par supposition, le rapport $FP : fp$. Par conséquent, les angles FPQ , fpq , seront égaux; avec lesquels les angles FDQ , fdq sont considérés comme identiques, parce que les angles PFD sont supposés fort petits. Mais de cette égalité des angles FDQ et fdq l'on conclut, comme à propos de la proposition précédente ³⁾, que la même aberration a lieu dans les deux cas au fond de l'œil, et qu'on aperçoit l'image de l'objet avec une netteté égale lorsqu'on se sert de l'un ou de l'autre télescope.

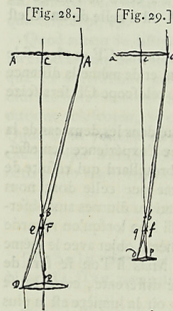
Ensuite, d'après ce que nous avons démontré ⁴⁾, la vérité de la deuxième partie de la proposition est manifeste, savoir que les grandeurs des images seront entre elles dans le rapport inverse de celui des distances focales, dans le cas bien entendu où les lentilles extérieures sont les mêmes dans les deux télescopes.

Enfin ce qui est dit du rapport des clartés des images sera démontré comme il suit. Comme les distances focales des lentilles AA, aa sont égales, la grandeur apparente des images ferait la même dans les deux cas, si les lentilles PD et pd elles aussi étaient égales. La clarté de la première image ferait alors

calculi non ex figuræ sphaericæ culpa sumtum est sed ex dispersione singulorum radiorum refractorum quam observavit Newtonus." Voir pour la table qu'elle remplaçait et qui se fondait sur l'aberration sphérique les p. 351—353

[PROPOSITIO VIII.]

Si in Telescopijs duobus, æquales exteriores lentes habentibus, differant inter se aperturarum diametri, et eadem quoque proportionem foci distantiam lentium ocularium; æque distincte ijs omnia conspiciuntur; apparentesque visibilium latitudines ejus proportionis contrariam habebunt. claritates vero directæ quadruplicatam.



Sint lentium AA [Fig. 28], aa [Fig. 29] æquales foci distantiam CF, cf ex radijs axi parallelis coloris rubri, itemque æquales CB, cb foci distantiam ex radijs coloris violacei. aperturæ autem inæquales quarum diametri AA, aa. eandemque his proportionem habent lentium ocularium foci distantiam FP, fp. Porro ductis utrobique, ut supra ¹⁾, rectis ABD, AF, FD, FQ, jungantur etiam QP. Quia ergo tam CB quam BF sunt utrimque æquales, ex natura aberrationis, de qua agimus ²⁾; erit FQ ad fq ut AA ad aa . Sed ita quoque est, ex hypothesi, FP ad fp . Ergo æquales erunt anguli FPQ , fpq , a quibus nihil differre censentur FDQ , fdq , quia anguli PFD minimi esse intelliguntur. Ex hac vero æqualitate angulorum FDQ , fdq , conficitur, sicut prop. præcedenti ³⁾, eandem utrobique in oculi fundo fieri aberrationem, [atque] æque distinctam utroque telescopio cerni rei visæ imaginem.

Porro secunda pars propositionis ex supra demonstratis ⁴⁾ manifesta est, nempe latitudines rei visæ fore in proportionem contrariam foci distantiarum quæ in lentibus ocularibus, quum nempe lentes exteriores utrobique eadem.

De claritatis vero proportionem sic probabitur. Cum æquales sint lentium AA, aa foci distantiam, si æquales quoque essent lentes PD, pd eadem utrimque appareret rei visæ magnitudo; claritas autem esset ad claritatem, sicut quadr. ex AA ad qu. ex aa, hoc est, sicut circuli aperturarum, quia hanc rationem habet

¹⁾ Voir les fig. 25 et 26, p. 490.

²⁾ Comparez le premier alinéa de la p. 485.

³⁾ Voir la p. 491.

⁴⁾ Voir la Prop. III, p. 455.

à celle de la deuxième, comme le carré de AA est à celui de aa, c'est-à-dire comme les cercles des ouvertures sont entre eux, parce que c'est là le rapport des quantités de rayons reçus de chaque point de l'objet. Mais dans le cas présent l'image produite au fond de l'oeil par le télescope CP est à celle produite par le télescope cp comme le carré de fp est au carré de FP; par conséquent, la clarté du télescope CP ferait à celle du télescope cp dans le rapport inverse, c'est-à-dire de FP² à fp², si seulement la même quantité de lumière était repandue sur les deux images. Mais en vérité le télescope CP reçoit plus de lumière que le télescope cp dans ce même rapport, à cause de la plus grande ouverture. Par suite, la clarté donnée à l'image par ce télescope sera à celle de l'image de l'autre télescope comme la quatrième puissance de AA est à celle de aa. C'est ce qu'il restait à démontrer.

Par conséquent, si nous supposons égales les distances focales CF et cf, et si le diamètre de l'ouverture AA est le double du diamètre aa, et de même la distance focale FP le double de la distance focale fp, la clarté du télescope CP sera seize fois plus grande que celle du télescope cp.

Cependant ce qui a été démontré à propos de l'égalité dans les deux cas de la netteté de l'image, ne s'accordera pas entièrement avec l'expérience: en effet, lorsque la clarté sera plus grande, l'inconvénient du brouillard qui résulte de l'aberration sera plus grand; la raison en est la même que celle dont nous avons parlé un peu plus haut en comparant les observations diurnes aux observations de nuit¹⁾. Et on trouvera qu'il en est ainsi aussi bien lorsqu'on regarde avec les deux télescopes que lorsqu'on contemple le même objet avec le même télescope en lui donnant des ouvertures différentes. Mais si l'on se sert de la même ouverture pour regarder des objets de clarté différente, cette cause là aussi donnera lieu à un plus fort nuage dans le cas où la lumière est la plus forte. Il paraît donc que pour observer les planètes plus obscures il faut se servir d'une ouverture un peu plus grande que pour contempler les planètes plus lumineuses²⁾.

PROPOSITION IX.

Appliquer les télescopes du tableau précédent à tous les objets soit pour des observations diurnes soit pour des observations nocturnes³⁾.

Il faut savoir que les télescopes déterminés par les nombres du tableau donné plus haut⁴⁾ doivent être employés à l'observation des étoiles. Or, je viens de dire⁵⁾ qu'il faut une plus grande quantité de lumière dans le cas de ceux dont nous

copia radiorum ab unoquoque visibilis puncto receptorum. at nunc imago in fundo oculi ex telescopio CP, ad eam quæ ex telescopio cp est, ut qu. fp ad qu. FP, ideoque hanc proportionem inverſam, hoc est, quam qu. FP ad quad. fp haberet claritas telescopij CP ad claritatem telescopij cp, si tantum lux æqualis in utramque effunderetur. nunc vero secundum eandem proportionem plus lucis excipitur telescopio CP quam cp, propter majorem aperturam. Ergo claritas imaginis per hoc intromissa erit ad alteram in ratione quadratoquadratorum AA ad aa. quod ostendendum supererat.

Si ergo positis foci distantijs æqualibus CF, cf, aperturæ diameter AA sit dupla aa, itemque foci distantia FP dupla fp, erit telescopij CP claritas sexdecupla ejus quæ telescopij cp.

Quod autem de distincta visione utrobique æquali demonstratum est, non exacte ita experimento conveniet, sed in majori claritate majus erit nebulæ incommodum quæ ex aberratione oritur, ob eandem quam paulo ante attulimus causam cum diurnas observationes nocturnis conferremus¹⁾. Et hoc quidem ita invenitur si utroque telescopio, sive eodem cum diversis aperturis idem visibile inspectetur. Quod si ad visibilia diversæ claritatis eadem apertura adhibeatur, rursus ex illa causa major nebula orietur ubi major erit lux. ac propterea obscurioribus Planetis paulo major apertura quam illustrioribus danda videtur²⁾.

[PROPOSITIO IX].

[Tabulæ præcedentis telescopia visibilibus omnibus sive diurnis sive nocturnis applicare.]³⁾

Quæ in Tabula superiore⁴⁾ exhibentur telescopia, ad fiderum observationes adhiberi sciendum. Dixi vero non multo antè⁵⁾, plus lucis requiri in ijs quibus

¹⁾ On ne trouve rien de semblable dans le texte qui précède, si ce n'est la remarque de la p. 487 d'après laquelle une grande partie des rayons aberrants ne peuvent pas être aperçus s'il s'agit d'une source de lumière autre que le soleil. Mais on peut consulter à ce propos la note 1 de la p. 498 et les deux premiers alinéas (p. 503 et 505) de l'explication de la Prop. IX qui suit.

²⁾ On lit encore en marge „vide lib. F telescopium Coveri [...] in tuis examin[a?] aperturas”; voir le § 8 de l'Appendice VI, p. 606.

³⁾ Cette suscription, que nous empruntons à la p. 215 de l'édition de 1703 de la Dioptrique, ne se retrouve pas dans le manuscrit. Il nous semble qu'elle a été ajoutée par les éditeurs de Volder et Fullenius. On s'apercevra d'ailleurs qu'il y a quelque confusion dans la distribution des matières sur la proposition présente et sur les deux qui précèdent; mais on ne saurait y remédier sans recourir à des changements d'arrangement par trop arbitraires.

⁴⁾ Voir les p. 497—499.

⁵⁾ Comparez, à la page présente, la démonstration de la Prop. VIII, qui précède, et la note 1.

nous servons le jour; car, lorsque les yeux ont été éblouis par la grande clarté du jour et qu'on les applique ensuite au télescope, on voit obscurément ce qui paraîtrait lumineux à travers les ténèbres de la nuit. En effet, en me servant pour des observations de jour des télescopes décrits dans le tableau, j'ai constaté expérimentalement qu'il fallait y changer les lentilles oculaires en appliquant d'autres de distance focale à peu près double ¹⁾). La clarté deviendra ainsi quatre fois plus grande, parce que la surface des images sera réduite dans la même proportion; car la quantité des rayons restera la même, attendu que l'ouverture de la lentille extérieure n'a pas été changée, et les rayons éclaireront donc davantage un espace plus restreint. Or, si l'on ne change pas la lentille oculaire mais qu'on augmente l'ouverture, la clarté deviendra, il est vrai, plus grande, mais l'image sera plus voilée à cause de la plus grande aberration; c'est pourquoi il ne faut pas vouloir remédier à l'obscurité de l'image de cette façon.

Mais on pourrait se demander à cette occasion pourquoy, lorsque nous substituons une lentille oculaire moins forte et que l'aberration examinée jusqu'ici est donc diminuée, on ne pourrait augmenter en même temps l'ouverture de la lentille extérieure jusqu'à ce que l'aberration est de nouveau devenue la même que celle qui correspond au télescope construit d'après le tableau. Car de cette façon on augmentera la clarté sans pourtant diminuer aucunement la netteté de la vision ^{*}. Mais il faut répondre à cette question en se basant sur une remarque déjà faite plus haut ²⁾, savoir que le nuage provenant de l'aberration Newtonienne nuit d'autant plus à la netteté que l'image formée sur le fond de l'oeil est plus lumineuse, puisqu'en même temps ce nuage devient plus lumineux. Et l'expérience nous fait voir qu'il en est ainsi: nous observons que dès qu'on augmente de cette forte l'ouverture des télescopes diurnes, le nuage provenant de l'aberration commence à nuire à la netteté de l'image devenue plus lumineuse. Il ne faut donc rien changer aux ouvertures ³⁾.

On peut ⁴⁾ demander en outre, s'il n'est pas utile, lorsqu'un télescope adapté

¹⁾ Comparez la note 1, p. 498 et de même le § 13, p. 62—613, de l'Appendice VI.

²⁾ Leçon alternative: „falsa refractione”; mais celle du texte fut soulignée.

³⁾ Leçon alternative: „tamen”.

⁴⁾ Voir la p. 500.

⁵⁾ Voir le troisième alinéa de la 503.

⁶⁾ On trouve encore en marge, mais biffé, le sommaire suivant de l'alinéa qui précède: „pour le jour plus de clarté et pourquoy, major sit foci dist. ocularis lentis, cur non irem apertura, quia claritas augeat nebulam newtonianam.”

⁷⁾ Le passage qui commence ici, où Huygens s'occupe de l'influence fâcheuse, observée par lui, de la diffraction sur la netteté des images a très justement attiré l'attention de Lord Rayleigh. Il en parla dans un article intéressant: „Notes, chiefly historical, on some fundamental propositions in optics,” Phil. Mag. 5^e ser. vol. 21, 1886, p. 473. Seulement il ne l'avait

interdium utimur, quia scilicet multa diei claritate præstinctis oculis atque inde telescopio admotis obscurum videtur, quod per noctis tenebras lucidum esset. Eadem itaque telescopia quæ in Tabula descripta sunt cum ad diurnas observationes adhiberem, experiendo comperi mutandas in ijs oculares lentes, appositis quarum foci distantia duplex circiter sint priorum ¹⁾); ita claritas fiet quadrupla, quia eadem proportionem diminuentur imagines ratione superficie; manebit enim eadem radiorum quantitas, ob nihil mutatam aperturam lentis exterioris, ac proinde clarius efficient angustius spatium. Quod si non mutata oculari lente apertura augeatur, augebitur quidem claritas sed fiet nebula major ex majori aberratione ²⁾, eoque hoc remedium non est utendum.

Hinc vero ³⁾ quæri potest, cum substituta lente oculari minus acuta, minuatut aberratio ea quam hactenus examinavimus, cur non simul eoque augeat aperturam lentis exterioris quoad eadem rursus aberratio existat, quæ secundum tabulam ordinato telescopio inerat. Sic enim plus lucis accrescet, nec tamen quidquam decedet visioni distinctæ ⁴⁾. Responsum vero inde petendum quod superius ^{*} per præc. prop. ⁵⁾ jam attigi ⁶⁾ nebulam nempe illam ex aberratione Newtoniana magis nocere si lucidior in fundo oculi imago pingatur; simul enim et nebula lux increfcet. et hoc recipi experimur, simul ac augeatur diurnorum hujusmodi apertura nebulam ex aberratione in lucidiore visibili nocere incipere. Itaque nihil mutandæ sunt aperturæ ⁷⁾.

Rursus ⁸⁾ quæri potest, si Telescopium Saturni observationibus aptum, ad

pas rencontré dans la „Dioptrica” de Huygens de 1703 mais aux p. 144—146 de l'ouvrage de Robert Smith „A compleat system of opticks”, Cambridge, 1738. et tout en mentionnant que dans ce passage Smith expose les vues de Huygens, Lord Rayleigh évidemment ne s'est pas aperçu qu'il s'agissait d'une simple traduction; ce que Smith d'ailleurs n'a pas manqué de reconnaître en finissant le passage en question par les mots: „So far from Huygens”. Ainsi il nous sera bien permis d'appliquer les remarques de Lord Rayleigh: „It is interesting to note that Smith was aware of the fact [that the resolving power cannot be indefinitely augmented by diminishing the section of the emergent pencil], though he could have no knowledge of the reasons for it. He points out ” etc. au véritable auteur du passage en question, c'est-à-dire à Huygens.

Ajoutons que dans le même article on trouve mentionné à la p. 468 une „loi importante” attribuée à Smith, où il avait été devancé par Huygens. Il s'agit du „Corol. 1. While the glasses are fixt, if the eye and object be supposed to change places the apparent distance, magnitude, and situation of the object will be the same as before” (p. 115 de l'ouvrage de Smith). Or, si l'on considère que la distance apparente de Smith est la distance à laquelle il faudrait placer l'objet pour le voir à l'oeil nu en même grandeur que par l'intermédiaire d'un système centré donné, il est clair que cette „proposition of the utmost importance”, comme Rayleigh l'appelle, est identique avec la Prop. VI, Part. I, Liv. II, p. 198 du Tome présent.

Il est vrai que Smith, qui déduit ce corollaire d'un théorème de Cotes, n'a pas cité cette fois Huygens comme il le fait ailleurs très fréquemment, soit qu'il ait oublié de le faire, soit qu'il ne se soit pas rappelé la proposition de Huygens.

aux observations de Saturne est dirigé vers la Lune qui est cent fois plus lumineuse (je ne parle pas de la quantité totale de lumière, mais de celle émise par les diverses parties), vu qu'elle est dix fois plus près du Soleil, s'il n'est pas utile, dis-je, de diminuer la largeur de l'ouverture et en même temps la distance focale de la lentille dans la même proportion, de sorte que la clarté des régions de la Lune ne devienne pas plus grande que celle de l'image de Saturne, mais que le grossissement soit beaucoup plus fort. Dans le télescope de 30 pieds on pourrait par exemple réduire à $\frac{1}{10}$ pouce le diamètre de l'ouverture qui est maintenant de 3 pouces¹⁾, ce diamètre serait donc réduit au tiers à peu près de sa valeur primitive; et en même temps on pourrait diminuer dans la même proportion la distance focale de la lentille oculaire. En effet, de cette façon, pour un observateur regardant le même objet, la clarté serait réduite dans un rapport égal à la quatrième puissance du rapport 3 : $\frac{1}{10}$, d'après la proposition VIII²⁾; c'est-à-dire dans le rapport 100 : 1. Et comme les parties de la Lune sont cent fois plus lumineuses que celles de Saturne, l'image de la Lune resterait également lumineuse que celle de Saturne obtenue antérieurement. Mais d'après la même proposition l'aberration au fond de l'œil fera aussi la même dans les deux cas, et le grossissement de la Lune surpassera celui de Saturne dans le rapport 3 : $\frac{1}{10}$, qui est supérieur à 3. Il semble ainsi que ce changement de l'ouverture et de la lentille oculaire ferait fort avantageux. Mais en réalité il en est tout autrement. Il faut donc indiquer la cause de ce phénomène. Je dis que cette cause est double. D'abord chaque petite partie du disque lunaire sera vue mieux et plus exactement si l'on laisse au télescope toute sa lumière que si on la réduit à sa centième partie, quoique cet effet ne soit pas en rapport avec une si grande différence. La seconde cause c'est que, lorsqu'on rétrécit trop l'ouverture, la pureté du contour des images disparaît. Il faut considérer ceci soigneusement et apprendre à connaître les limites fixées ici par la nature. En effet, plus l'ouverture est diminuée, plus minime aussi devient le diamètre du petit cylindre suivant lequel les rayons issus d'un point quelconque de l'objet parviennent à l'œil; dans la figure 25 appartenant à la proposition VII³⁾ le rayon de ce petit cylindre est PO; or, si le double de ce rayon, en d'autres termes le diamètre entier, est long de $\frac{1}{2}$ à $\frac{1}{3}$ ligne⁴⁾, c'est-à-dire moindre que $\frac{1}{10}$ ou $\frac{1}{12}$ pouce, le contour net des images disparaît par une cause inconnue, inhérente à la constitution naturelle de l'œil, soit qu'il faille chercher cette cause dans la choroïde ou dans la rétine, soit qu'elle provienne de la nature des humeurs de l'œil. Car aussi, lorsqu'on place devant l'œil nu une lamelle munie d'une ouverture large de moins de $\frac{1}{2}$ ou $\frac{1}{3}$ ligne, les bords des objets commencent à paraître moins nets, et la confusion deviendra plus grande plus on diminue la largeur de l'ouverture. Or, on démontre aisément dans le cas de l'exemple considéré que le petit cylindre qui pénètre dans l'œil devient plus étroit qu'il ne devrait l'être. En effet, d'après la règle des ouvertures⁵⁾, la distance focale de la lentille oculaire devient égale à $\frac{1}{15}$ $\frac{1}{10}$ ligne.

Lunam convertatur, quæ centuplo lucidior est (non tota inquam sed partibus singulis) quippe decuplo Soli propinquior, an non utiliter aperturæ latitudo imminui possit, simulque eadem proportionē lentis ocularis foci distantia; ut fiat regionum Lunæ claritas non major quam quæ erat in Saturno, amplificatio vero multo major evadat. Velut in telescopio 30 pedum, si diameter aperturæ 3 pollicum¹⁾ reducatur ad $\frac{1}{10}$ pollicis, quæ paulo minus efficiunt quam partem tertiam prioris, simulque foci distantia lentis ocularis eadem proportionē diminuat; hic enim idem visibile respicienti esset claritatis proportio quadruplicata ejus quæ 3 ad $\frac{1}{10}$, ex propof. [VIII]²⁾ hoc est, ea quæ 100 ad 1; cumque Lunæ regiones sint centuplo clariores quam Saturni, maneret eadem claritas in Luna quæ prius fuerat in Saturno. sed ex eadem prop. et aberratio quoque in fundo oculi utrobique æqualis erit, et amplificatio in Luna quam Saturno major secundum rationem 3 ad $\frac{1}{10}$, quæ major est tripla. Itaque plurimum profutura hæc aperturæ et ocularis lentis variatio³⁾ videtur, at reipsa sæcus accidit. Igitur causa cur ita fiat dicenda est, quam duplicem esse ajo. prima enim quod melius accuratiusque cernantur partes minimæ quæque in orbe Lunari, si tota lux telescopio relinquitur, quam si centuplo minor fiat, etsi non pro hac tanta ratione differentia; altera est, quod nimium arctata apertura pereat nitida imaginum circumscriptio, quod diligenter est notandum, et quinam hic a natura constituti sint termini noscendum. Fit nempe ut quanto magis contrahitur apertura, tanto exiliori cylindro ad oculum accedant radij ab uno quopiam rei visæ puncto manantes, cujus cylindri semidiameter in fig. [25] prop. [VII]⁴⁾ est PO. Quod si duplum ejus sive diameter totus sit intra $\frac{1}{2}$ vel $\frac{1}{3}$ lineæ⁵⁾, hoc est, minor quam $\frac{1}{10}$ vel $\frac{1}{12}$ pollicis deperit illa imaginum circumscriptio, ob causam in oculi naturali constitutione latentem, sive ea in choroïde aut retina quærenda sit, sive in ipsis oculi humoribus. namque et ad nudum oculum opposita laminâ cum foramine quod sit infra $\frac{1}{2}$ aut $\frac{1}{3}$ lineæ partem minus distincti visibilium termini apparere incipiunt, ac tanto confusiores quanto ulterius minuetur foramen. Facile vero ostenditur in adducto exemplo justo angustior fieri cylindrum ad oculum. Fit enim ex regula aperturarum⁶⁾, foci distantia lentis ocularis $\frac{1}{15}$ $\frac{1}{10}$ lineæ. Sicut autem

¹⁾ Voir le tableau de la p. 499.

²⁾ Voir la p. 501.

³⁾ Leçon alternative „reductio”; mais celle du texte fut soulignée.

⁴⁾ Voir la p. 490.

⁵⁾ La „ligne de Rhijnland” mesure 2,18 mm. La limite assignée par Huygens est donc d'environ 0,4 mm.

⁶⁾ Voir la règle de la p. 495. En effet, on lit en marge „hic calculus ex correctâ tabula ubi foci dist. ocularium ∞ $\frac{1}{15}$ diam. aperturæ.” Comparez la note 2 de la p. 496.

Mais, comme la distance focale de la lentille extérieure est à celle de la lentille intérieure, c'est-à-dire comme, dans la figure 25 de la proposition VII ¹⁾, CF est à FP, ainsi est le diamètre de l'ouverture AA au double de PO, en d'autres termes au diamètre de ce petit cylindre. Autrement dit, comme 30 pieds ou 360 pouces sont à $\frac{1}{3}$ pouce ainsi est $\frac{1}{3}$ pouce à une longueur un peu inférieure à $\frac{1}{3}$ ligne et, par conséquent, beaucoup inférieure à $\frac{1}{2}$ ligne. Mais dans la construction primitive et ordinaire du télescope, on avait que comme 360 pouces étaient à $\frac{1}{3}$ pouce, ainsi 3 pouces à $\frac{1}{3}$ pouce ou $\frac{1}{2}$ ligne à-peu-près; cette dernière grandeur représentant le diamètre du petit cylindre, dont l'étréitesse n'était donc pas telle qu'elle pouvait être nuisible. Mais le diamètre de l'ouverture et en même temps la distance focale de la lentille oculaire ne pourraient être diminués de beaucoup plus d'un tiers de leur grandeur, parce que déjà alors la largeur du cylindre près de l'œil excède à peine $\frac{1}{2}$ ligne ²⁾. Et c'est ce qui arrive pour chaque longueur du télescope; attendu que dans notre tableau les télescopes ont des dimensions telles que pour chacun d'eux cette largeur auprès de l'œil est la même, comme je le démontrerai un peu plus loin.

Par conséquent, même si nous voulions tourner le télescope de Saturne à Vénus, dont la clarté est 225 fois plus grande, il ne faudrait pas diminuer l'ouverture de plus d'un tiers; mais s'il reste une trop grande clarté, il faut y remédier à l'aide d'un verre couvert d'une légère couche de noir de fumée.

La diminution de l'ouverture nuit encore d'une autre façon. En effet, chacune des taches et des petites bulles qui se trouvent dans la lentille oculaire apparaît alors plus nettement, attendu que chacune d'elles intercepte toute la largeur ou une partie de la largeur du petit cylindre dont nous avons parlé et, par conséquent, une petite partie de l'objet.

Quant ³⁾ à mon assertion, d'après laquelle la largeur du petit cylindre lumineux tombant sur l'œil se trouve être égale pour tous les télescopes de notre tableau, elle peut être prouvée brièvement comme il suit. Dans les figures appartenant à la proposition VII ⁴⁾ les rayons des petits cylindres de cette espèce dans deux télescopes de longueur différente sont PO et po. Et comme FC : CA = FP : PO, on aura $PO = \frac{ac}{b}$; de même, comme fc : ca = fp :

po, tandis que fc = a et ca = x et que nous avons trouvé $fp = \frac{adc}{bx}$ ⁵⁾,

on obtiendra $po = \frac{ac}{b}$. Par conséquent, po sera égale à PO, ce qu'il fallait démontrer.

¹⁾ Voir la p. 490.

foci distantia lentis exterioris ad interioris, hoc est, sicut in fig. [25] Prop. [VII] ¹⁾ CF ad FP, ita est diameter aperturæ AA ad duplam PD ²⁾, seu ad diametrum istius cylindri. hoc est, sicut 30 ped. seu 360 poll. ad $\frac{1}{3}$ unius pollicis ita sunt $\frac{1}{3}$ ad non totam $\frac{1}{3}$ unius lineæ, longe nempe minorem quam $\frac{1}{2}$. Sed in priore atque ordinaria telescopi constitutione, erat sicut 360 poll. ad pollices 3 ita 3 poll. ad $\frac{1}{3}$ pollicis, seu ferè $\frac{1}{2}$ lineæ, cylindri diametrum, cujus itaque nequaquam ea est angustia quæ nocere possit. Non multo amplius vero quam tertia sui parte diameter aperturæ ac simul lentis ocularis foci distantia dimini possent, quia jam hinc fit latitudo ad oculum quæ vix excedat $\frac{1}{2}$ lineæ ³⁾; idque in omni telescopi longitudine locum habet; quandoquidem in Tabula nostra ita ordinata sunt ut in omnibus Latitudo ista ad oculum fit eadem, ut paulo post demonstrabo.

Etiamsi igitur a Saturno ad Venerem convertere telescopium velimus, cujus claritas major est 225 vicibus, non tamen ulterius contrahenda est apertura quam parte tertia; sed si nimia claritas superfit ea leviter infecto fuligine vitro est auferenda.

Nocet enim alia quoque ratione diminutio aperturæ, quod nimirum nævi et bullæ quæque exiguæ quæ lenti oculari insunt magis apparent, quippe totam cylindri de quo diximus latitudinem vel partem ejus intercipientes, eoque et particulam rei visæ.

Quod ⁴⁾ autem dixi latitudinem cylindri radiofi oculo incidentis in omnibus Tabulæ nostræ Telescopijs eandem reperiri, paucis ostendi potest. Sunt enim in schemate prop. [VII] ⁵⁾ ejusmodi cylindrorum in duobus diversæ longitudinis telescopijs semidiametri PO, po. Cumque sit ut FC ad CA ita FP ad PO, erit $PO \propto \frac{ac}{b}$, ac similiter cum sit ut fc ad ca ita fp ad po; fc vero sit $\propto a$; ca

vero $\propto x$, et fp sit inventa $\frac{adc}{bx}$ ⁶⁾, fiet $po \propto \frac{ac}{b}$, ideoque æqualis PO, quod erat ostendendum.

²⁾ Lisez plutôt PO.

³⁾ Lisez $\frac{1}{2}$, puisque, en réduisant le diamètre de l'ouverture et la distance focale de l'oculaire au deux tiers, on réduira le diamètre du petit cylindre en question à sa $\frac{1}{3}$ partie; c'est-à-dire à $\frac{11}{400} \times \frac{1}{3} \times 12$ lignes, ce qui est un peu plus que la septième partie d'une ligne.

⁴⁾ On trouve ici en marge: „lensis rationis sextupla”. Il s'agit évidemment dans cette annotation des lentilles à aberration sphérique minima, mentionnées au bas de la p. 291; quoique pour l'aberration chromatique ces lentilles ne présentent aucun avantage.

⁵⁾ Voir les figures 25 et 26, p. 490.

⁶⁾ Voir la p. 493.

J'en conclus enfin que rien ne nous empêche d'allonger indéfiniment les télescopes, et cela avec un effet toujours plus grand, pourvu que nous observions les lois du tableau antérieur. En effet, et la clarté et la netteté restent alors partout les mêmes comme cela résulte de la proposition VII ¹⁾ sur laquelle le tableau est fondé; et l'inconvénient dont nous avons parlé en dernier lieu, qui résulte de l'étroitesse du faisceau lumineux auprès de la pupille, est absent dans chaque cas ²⁾.

Mais avant de quitter les télescopes ³⁾, je montrerai comment on peut observer les petites étoiles et surtout les satellites de Jupiter et de Saturne, en augmentant beaucoup et plus que de coutume l'ouverture de la lentille extérieure et en même temps la distance focale de l'oculaire ⁴⁾. En effet, comme ces corps célestes quoique observés à l'aide du télescope, n'apparaissent que comme des points, à rien ne sert d'augmenter leurs diamètres: il faut plutôt qu'ils deviennent brillants de lumière autant que possible. Or, c'est ce qu'on obtient ici surtout en augmentant les ouvertures. Car lorsque l'ouverture est rendue deux fois plus grande selon le diamètre, on recueille une quantité de lumière quatre fois plus grande provenant du corps céleste. Or, si l'on double en même temps la distance focale de la lentille oculaire, la netteté sera la même que primitivement; pourtant la clarté ne deviendra pas 16 fois plus grande, comme cela résulterait du calcul fait plus haut ⁵⁾ mais restera quadruple; parce que, comme je l'ai déjà dit, l'image du corps céleste sur le fond de l'œil est pour ainsi dire un point et qu'il suffit, par conséquent, de considérer la quantité de lumière tombant sur l'œil: plus cette quantité sera grande, plus le corps céleste lui-même sera aperçu clairement et aisément. Il en est autrement si l'on observe avec ce télescope la lune ou une des planètes primaires ⁶⁾, dont les différentes parties recevront chacune une quantité de lumière seize fois plus grande. Or, nous pourrions par cette amplification de l'ouverture augmenter beaucoup la force du télescope pour l'observation des étoiles fort petites ou des satellites de Saturne ⁷⁾. Et peut-être pourrions-nous avec un télescope long de 30 pieds ayant une ouverture deux fois plus grande que de coutume, c'est-à-dire une ouverture de 6 pouces, obtenir les mêmes résultats qu' autrement avec un télescope de 120 pieds, auquel fut attribuée dans le tableau antérieur ⁸⁾ une telle largeur d'ouverture ¹⁰⁾.

¹⁾ Voir les p. 487—489.

²⁾ On peut consulter encore au sujet de cette „Latitudo ad oculum”, à laquelle Huygens attache tant d'importance dans la théorie du télescope et du microscope, les pp. 533, 543, 549, 551, 575, le § 12 de l'Appendice VI, p. 614, et une annotation du 22 avril 1692, p. 695—696 de l'Appendice X.

³⁾ Primitivement on lisait ici en marge: „de parvulis telescopijs. cur non ex regula

Atque hinc denique concludo nihil obitare quin servatis Tabulae superioris legibus quousque lubet Telescopiorum longitudines producamus, idque semper majore cum effectu. Quandoquidem et claritas et distinctio eadem ubique manet ut patet ex Prop. [VII] ¹⁾ quam Tabula pro fundamento habet; et hoc quoque posterius incommodum, ex angustia radiationis ad pupillam, peræque abest ²⁾.

Priusquam vero a Telescopijs discedamus ³⁾, ostendam quomodo observari possint stellulae exiguae ac praecipue satellites Jovis ac Saturni, aucta insigniter ac præter solitum apertura exterioris lentis, simulque ocularis foci distantia ⁴⁾. Quia enim velut puncta tantum apparent hæc sidera, licet telescopio spectata; nihil prodest eorum diametros augeri, sed oportet quanta possunt luce clarescant. Hoc autem præcipue hic fit auctis aperturis. Duplicata enim apertura secundum diametrum, quadrupla lux à sidere profluens colligitur. Quod si simul lentis ocularis foci distantia duplicetur, orietur distinctio eadem quæ ab initio, non tamen fiet claritas sexdecupla, quanta ex superiore ratiocinio ⁵⁾, sed quadrupla manebit; quoniam ut jam dixi imago sideris in fundo oculi est instar puncti, eoque tantum lucis quantitas in ipsum derivata consideranda ⁶⁾ est; quæ quantò major, tantò clarius faciliusque fidus ipsum conspicietur. quod aliter est si lunam aut planetarum primariorum ⁷⁾ aliquem hoc telescopio intueamur, quorum partes singulae sexdecuplam lucem accipient. Poterimus autem hac aperturae ampliatione plurimum augere vim telescopij in deprehendis stellis minimis aut Saturni Comitibus ⁸⁾, ac forsitan 30 pedibus longo cum apertura solitæ dupla seu 6 poll. lata tantundem efficere quantum alias telescopio pedum 120 cui in superiore Tabula ⁹⁾ tanta apertura latitudo attributa fuit ¹⁰⁾.

Tabulae ordinari possint agemus post aperturas microscopiorum.” On n'en trouve rien dans la présente „Dioptrique”; mais consultez les §§ 8, 9 et 10 de l'Appendice IX aux pp. 639, 641 et 643.

⁴⁾ Comparez avec ce qui suit le § 9, p. 609 de l'Appendice VII et la p. 305 du T. IX.

⁵⁾ Voir la Prop. VIII, p. 501.

⁶⁾ Leçon alternative: „spectanda”.

⁷⁾ Par opposition aux „planetae secundarii”, c'est-à-dire aux satellites. Ainsi le satellite de Saturne découvert par Huygens est nommé quelquefois „planeta” dans son ouvrage „De Saturni luna observatio nova,” cité dans la note 1, p. 387 du T. I.

⁸⁾ On trouve encore en marge à ce propos: „Experiendum prius.” Consultez les pp. 305, 396 et 413 du T. IX.

⁹⁾ Voir la p. 499.

¹⁰⁾ On trouve encore en marge: „Nullis terminis coerceri telescopiorum longitudines et effectus.”