



cave, aujourd'hui on n'emploie aucun télescope de ce genre ni pour observer les corps célestes ni pour regarder les objets terrestres: on se sert, en effet, uniquement de lunettes composées de verres convexes. Seules les lunettes fort courtes composées d'un verre convexe et d'un verre concave sont restées en usage; c'est-à-dire celles qui ont une longueur de 4 ou 5 pouces; pour des lunettes si courtes l'amplitude de l'angle visuel qu'on trouve est tolérable. Dans de telles lunettes le grossissement peut être exprimé environ par le nombre 4. Mais on se sert même avec avantage d'un grossissement qui n'est que double: dans ce cas on aperçoit tous les objets bien éclairés même à l'intérieur d'une maison. Et l'on voit les étoiles mieux qu'à l'oeil nu, et beaucoup d'étoiles simultanément, attendu que dans un télescope de ce genre l'ouverture de la lentille extérieure peut atteindre un pouce et demi.

L'on peut, il est vrai, choisir deux lentilles convexes et les combiner de telle manière qu'elles représentent debout les objets éloignés; mais on n'obtiendra pas de cette manière un bon télescope, puisqu'les rayons issus d'un même point de l'objet ne peuvent pas parvenir parallèlement à l'oeil, que les objets ne peuvent être agrandis considérablement, et qu'on ne peut pas non plus voir simultanément un grand nombre d'objets. Il y a en outre cet inconvénient que le tube doit inutilement être rendu fort long¹⁾.

Mais à l'aide de trois lentilles convexes on peut voir les objets debout et distinctement²⁾. Le champ toutefois est plus petit que lorsqu'on se sert de quatre lentilles³⁾, à moins que, lorsqu'on en prend trois, la lentille la plus proche de l'oeil n'ait à peu près un diamètre d'ouverture double de celui qu'il faut dans des oculaires de ce genre⁴⁾; et ce diamètre ne peut être rendu si grand sans que les couleurs de l'arc-en-ciel apparaissent aux bords.

PROPOSITION IV⁵⁾.

Faire voir comment on peut, en prenant trois lentilles convexes au lieu de deux, agrandir le champ du télescope dont nous nous servons pour observer les corps célestes.

¹⁾ Soient f_1 et f_2 les distances focales de l'objectif et de l'oculaire. Pour avoir une lunette de la façon décrite, il faut éloigner l'oculaire à une distance x du plan focal de l'objectif plus grande que f_2 . Alors la deuxième image d'un objet éloigné, qui sera droite, se formera à une distance $y = xf_2 : (x - f_2)$ en arrière de l'oculaire et pour obtenir une vision suffisamment distincte on devra placer l'oeil encore plus en arrière d'une certaine distance d . De cette manière la longueur de la lunette, comptée depuis l'objectif jusqu'à l'oeil, sera $l = f_1 + x + y + d$. On trouvera pour le grossissement, $g = f_1 f_2 : d(x - f_2)$. Si donc nous exprimons les grandeurs x , y et l en fonction du grossissement on aura $x = f_2 \left(1 + \frac{f_1}{dg}\right)$;

$$y = \frac{dgf_2}{f_1} \left(1 + \frac{f_1}{dg}\right); l = f_1 + d + \frac{dgf_2}{f_1} \left(1 + \frac{f_1}{dg}\right)^2.$$

Supposons, pour fixer les idées, qu'on veuille obtenir un grossissement égal à celui d'une

reperitis celebre ex convexo et cavo fuerit junctum, nunc tamen ejus generis nulla nec ad syderum observationes nec ad res in Terra spectandas adhibentur, sed tantum è convexis composita. Unicus vero usus cavoconvexorum in minima longitudine relictus est, 4 nempe aut 5 digitorum, in qua brevitate tolerabilis jam latitudo anguli istius visorij reperitur. In hujusmodi perspicillis ratio incrementi faciendae est quadrupla circiter. Sed et dupla non majorem utiliter adhibere solemus. quo fit ut lucida etiam intra aedes omnia spectentur. Et stellae melius quam oculo nudo, multaque simul, quoniam in tali perspicillo apertura exterioris lentis vel ad sesquipollicem parere potest.

Ac possunt quidem binæ convexae lentes parari tales, atque ita inter se componi, ut erecta referant visibilia longinqua; nec tamen quicquam boni inde obtinebitur, quod nec paralleli ad oculum tunc radij pervenire possunt qui e singulis rei visæ punctis emanant, neque eæ multum amplificari, nec magna copia simul conspici, præterquam quod tubi longitudo sine utilitate multum producenda esset¹⁾.

Tribus vero lentibus convexis et recto postu et distincta possunt videri²⁾, sed non tam lato campo quam quaternis³⁾, nisi lens oculo propior duplam fere aperturæ diametrum habeat ejus quæ in similibus ocularibus requiritur⁴⁾, cum tria adhibentur, quod fieri nequit quin colores iridis circa margines existant.

PROPOS[ITIO IV]⁵⁾.

Quomodo pro duobus convexis tria adhibendo amplior fiat telescopij prospectus, quo ad sidera spectanda utimur.

lunette képlérienne construite avec les mêmes lentilles; on doit avoir alors $x = f_2 \left(1 + \frac{f_1}{d}\right)$; $y = d \left(1 + \frac{f_2}{d}\right)$; $l = f_1 + d + (f_2 + d) \left(1 + \frac{f_1}{d}\right)$. Ainsi la longueur d'une telle lunette dépasserait celle de la képlérienne d'une quantité $2d + f_2 + \frac{f_2^2}{d}$, c'est-à-dire, de plus de deux fois la plus petite distance à laquelle on peut obtenir une vision nette.

De plus, le champ de vision sera extrêmement restreint; son diamètre ne sera approximativement que la $\left(\frac{f_2}{d} - \frac{f_1}{d}\right)$ ième partie de celui du champ de vision de la lunette képlérienne correspondante, où les axes des faisceaux de rayons qui atteignent l'oculaire pénètrent dans la pupille, p et d représentant les diamètres de la pupille et de l'oculaire.

¹⁾ Voir la Prop. IV, Part. I, Liv. III, p. 259.

²⁾ Voir la Prop. V, p. 469, qui suit.

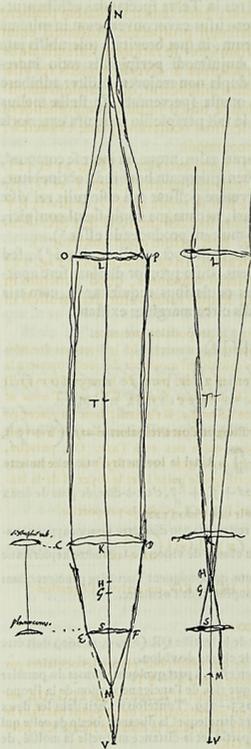
³⁾ Voir la p. 261, où est démontré que la largeur de la lentille QR (Fig. 9, p. 260) doit être le double de celle de la lentille DI, qui détermine le champ de vision.

⁴⁾ Comparez la note 1 de la p. 252. On verra qu'en effet, à part quelques phrases du premier alinéa et une partie de l'énoncé, il n'est resté presque rien de l'ancienne version de la Proposition telle que nous l'avons reproduite aux pp. 252—259. Toutefois il s'agit dans les deux versions d'un même système de lentilles oculaires dans lequel la distance focale de celle qui se trouve le plus près de l'oeil est la quatrième partie, et la distance mutuelle la moitié, de la distance focale de l'autre.



[Fig. 11.]

[Fig. 12.]



Quoique les lentilles ne doivent pas être multipliées sans nécessité parce que beaucoup de lumière est perdue à cause de l'épaisseur du verre et par les réflexions répétées, cette multiplication peut cependant avoir l'avantage d'agrandir le champ du télescope et faire ainsi qu'on s'en sert avec plus de plaisir. Car si nous ajoutons à la grande lentille deux oculaires ayant entre eux un certain rapport et une certaine distance, l'aberration des rayons qui se dirigent vers l'œil à partir des différents points de l'objet devient beaucoup moindre que lorsqu'on prend une lentille oculaire unique donnant le même grossissement¹⁾, et l'on peut ainsi embrasser d'un seul regard un bien plus grand nombre d'objets. De plus, les bulles et impuretés de toute espèce que renferment les lentilles oculaires disparaissent entièrement, tandis que, lorsqu'on ne se sert que d'une seule lentille, elles ne font pas peu gênantes.

Supposons que le grossissement qu'on se propose d'obtenir soit représenté par le rapport P : Q. Soit L [Fig. 11 et 12] la lentille extérieure, G son foyer. Prenons un point K tel que P : Q = LG : GK; ce point tombant entre L et G. Plaçons en K une lentille convexe dont la distance focale KV soit le triple de KG; divisons KV en deux parties égales par le point S et plaçons-y l'autre lentille EF, dont $\frac{1}{2}SK$ représente la distance focale SH. Supposons l'œil placé en M, la distance SM étant prise égale à $\frac{1}{2}KG$. On aura obtenu alors ce qu'on cherchait²⁾.

Nous nous servons de deux figures pour la démonstration. Dans la première [Fig. 12] nous avons tracé les rayons venant d'un point unique de l'objet; lequel point nous voulons qu'on considère comme

Quamquam lentes non frustra sint multiplicandæ, quod et vitri crassitudine et iteratis reflexionibus non parum lucis depereat; hanc tamen utilitatem præbere potest, ut latior evadat eoque jucundior telescopij prospectus. Adsumtis enim præter magnam lentem ocularibus duobus certam inter se rationem distantiamque habentibus, tunc multo minor fit aberratio radiorum à diversis punctis rei visæ ad oculum tendentium, quam si unica lens ocularis adhibeatur, quæ eandem amplificationem efficiat¹⁾, atque ita multo plura longe unico intuitu comprehendere licet, ac præterea nævi ac impuritas omnis lentium ocularium plane evanescit, cum alioqui in una lente non parum adferat incommodi.

Sit ratio augmenti proposita ea quæ P ad Q. Lens exterior L [Fig. 11 et 12] focus ejus G. Et ut P ad Q ita fit LG ad GK, cadente puncto K inter L et G. Et in K lens convexe statuatur cujus foci distantia KV sit tripla ad KG, et divisa KV æqualiter in S, statuatur ibi lens altera EF cujus foci distantia SH sit $\frac{1}{2}SK$. Oculum vero sit in M, posita SM distantia $\infty \frac{1}{2}KG$. Erit factum quod queritur²⁾.

Demonstrationem vero duplici figura explicamus. In quarum priori [Fig. 12] expendimus radios ab uno aliquo rei visæ puncto manantes, quod punctum in axe telescopij positum intelligi volumus. Qui itaque radij velut axi paralleli in

¹⁾ Consultez, p. 467, le dernier alinéa qui se rapporte à la proposition présente.

²⁾ A la même page du manuscrit d'où nous avons emprunté, en suivant les indications données par Huygens, l'alinéa qui précède, on trouve des calculs qui montrent de quelle manière la disposition décrite ici a été obtenue. Huygens, en effet, est parti de la supposition qu'il possédait un système de deux lentilles K et S, à distances focales KV = KT = a et SH = $\frac{1}{2}a$, éloignées l'une de l'autre à une distance KS = $\frac{1}{2}a$. Il s'agissait donc de placer ce système de manière que les rayons qui tombent sur l'objectif parallèlement à l'axe se trouvent après leur sortie du système de nouveau parallèles entre eux et à l'axe. Or, puisque, après la première réfraction par l'objectif, ces rayons se dirigent vers le foyer G de cette lentille, il faut choisir la distance GK = x de telle sorte que le point G et le foyer H de la lentille S se correspondent par rapport à la lentille K.

C'est cette condition qui amène (Prop. XX, Part. I, Liv. I, p. 99) la proportion :

$$,,GT (a + x) \text{ ad } GK (x) \text{ ut } GK (x) \text{ ad } GH \left(\frac{xx}{a+x}\right)'';$$

mais puisqu'on a KH = KS - SH = $\frac{1}{2}a$ et KH + HG = KG, on arrive à l'équation :

$$,,\frac{1}{2}a + \frac{xx}{a+x} \infty x'';$$

d'où Huygens a déduit $x = GK = \frac{1}{2}a = \frac{1}{2}KV$; ce qui suffit pour placer les oculaires par rapport à l'objectif, si l'on suppose connue la distance focale $a = KT$.

Quant au grossissement du système entier de trois lentilles, il le trouve égal à LG : GK par des calculs qui correspondent aux raisonnements qu'on rencontrera un peu plus bas dans le texte; ce qui permet pour un grossissement donné de déterminer la distance focale KT, dont on aura besoin, par son rapport connu à la distance GK.

Enfin, au lieu mentionné, ces résultats sont appliqués à deux exemples numériques. Dans



fitué sur l'axe du télescope. Ces rayons sont donc censés tomber sur la lentille L parallèlement à l'axe. Ils doivent donc ensuite se diriger vers le foyer G de cette lentille. Mais nous démontrerons que par la réfraction due à la lentille K ils seront dirigés vers le point H, et qu'en suite, se coupant et tombant sur la lentille S, ils deviendront parallèles pour continuer ainsi leur route jusqu'à M, la pupille de l'oeil. En effet, si l'on prend $KT = KV$ (distance focale de la lentille K), on aura, vu que nous avons posé $KG = \frac{1}{2} KV$ et $KH = \frac{1}{2} KV$ ¹⁾, $GH : GK = 1 : 4$ ²⁾. Mais on a aussi $GK : GT = 1 : 4$ ³⁾. Les longueurs GH, GK et GT forment donc une proportion; par conséquent, les rayons qui tendent vers le point G seront amenés par la réfraction due à la lentille K à se diriger vers H ⁴⁾, foyer de la lentille S, laquelle rendra donc les rayons parallèles. Arrivant ensuite à l'oeil M ces rayons y produiront donc une vision distincte, ce qui est l'une des choses qu'il s'agissait de démontrer.

Nous ferons voir maintenant dans la seconde figure [Fig. 11] le grossissement, qui possède la valeur donnée, et l'amplitude de l'angle visuel. En effet, prenons sur le prolongement de l'axe la longueur LN égale à la distance focale LG. Traçons des rayons venant de points fort éloignés, passant ensuite par le point N, et tombant de part et d'autre sur la lentille extérieure L. Soient NO et NP ces rayons. Il est évident que par la réfraction due à cette lentille ils deviennent parallèles à l'axe et qu'ils suivent alors les droites OC et PD jusqu'à ce qu'ils tombent sur la lentille K. Nous savons qu'ils tendront ensuite vers le point V suivant les droites CV et DV. Mais lorsqu'ils auront été interceptés par la lentille S, je dis qu'ils seront dirigés vers le point M, où nous avons placé la pupille de l'oeil. En effet, comme $SV = \frac{1}{2} KV$ et $SM = \frac{1}{2} KG$, c'est-à-dire $= \frac{1}{2} KV$, on aura $SM : SV = 1 : 3$ et, par conséquent, $VM : VS = 2 : 3$. Mais on a aussi $VS : VH$ ⁵⁾ $= 2 : 3$. Par conséquent, VM, VS et VH forment une proportion, et comme H est le foyer de la lentille S, il résulte de la Prop. XX, Part. I, Liv. I. ⁶⁾ que les rayons qui tendent vers le point V sont réfractés par la lentille

le premier il s'agit d'une lunette où LG égale 30 pieds et dont on veut obtenir un grossissement de 120. Alors la proportion mentionnée dans le texte donne $GK = 3$ pouces; donc $KV = 9$, $SH = 2\frac{1}{2}$ pouces. Dans le deuxième exemple on a LG = 25 pieds; le grossissement est pris égal à 110, et on trouve par suite $GK = 2\frac{8}{11}$, $KV = 8\frac{2}{11}$, $SH = 2\frac{1}{2}$ pouces. Et on lit encore à propos du premier exemple: „luna tota simul. ang. 60 gr. jucundum spectaculum.”

Voir pour deux autres exemples le § 11 (de 1692) de l'Appendice VI, p. 611.

¹⁾ On a, par construction, $KS = \frac{1}{2} KV$ et $KH = KS - HS = \frac{1}{2} KS$; donc $KH = \frac{1}{4} KV$.

²⁾ On a de même $GK = \frac{1}{2} KV$; mais $KH = \frac{1}{4} KV$, donc $GH = \frac{1}{2} KV = \frac{1}{2} GK$.

³⁾ $GT = GK - KT = GK + KV = 4 GK$.

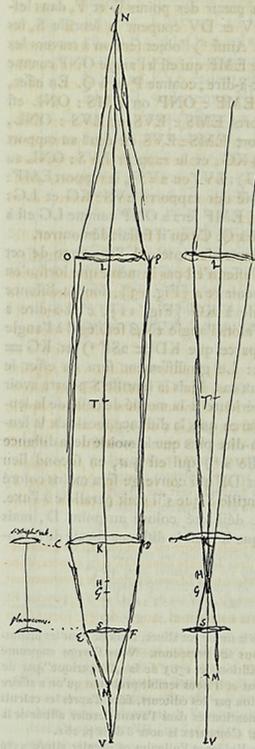
⁴⁾ D'après la Prop. XX, Part. I, Liv. I, p. 99.

⁵⁾ $VH = VS + SH = VS + KH = \frac{1}{2} KV + \frac{1}{4} KV = \frac{3}{4} KV$.

⁶⁾ Voir la p. 99.

[Fig. 11.]

[Fig. 12.]

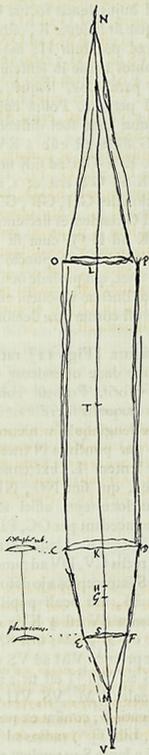


lentem L incidere censentur. Unde porro tendere debent ad hujus lentis focum G. Sed refractione, quæ fit in lente K, ostendimus eos mitti ad punctum H; atque inde sese interfecant atque in lentem S incidentes, reddi parallelos, itaque ad oculi pupillam M pergere. Positâ enim KT æquali KV , quæ erat foci distantia lentis K, quia KG dicta est esse $\frac{1}{2} KV$; KH vero $\frac{1}{4} KV$ ¹⁾. Erit GH ad GK ut 1 ad 4 ²⁾; sed et GK ad GT erit ut 1 ad 4 ³⁾. Ergo proportionales GH , GK , GT , ac proinde radij ad G tendentes flectentur refractione lentis K ad H ⁴⁾, cum sit H focus lentis S, faciet hæc ut a puncto H pergentes paralleli fiant, qui proinde oculo ad M occurrentes distinctam visionem efficiant, quod unum est eorum quæ demonstrare oportebat.

Jam in altera figura [Fig. 11] ratio amplificationis eadem datæ ostenditur et amplitudo anguli visorii. Ponatur enim LN in producto axe æqualis foci distantia LG. Et a punctis longinquis venientes radij expendantur per punctum N transientes atque in lentem L extremam utrimque incidentes, qui sint NO, NP, quos constat refractione ejus effici axi parallelos, atque ita incedant per OC, PD, donec incident in lentem K. Unde porro scimus pervecturos rectis CV, DV ad punctum V. Sed a lente S interceptos ajo detorqueri ad punctum M, ubi oculi pupilla posita fuit. Quia enim SV est $\frac{1}{2} KV$; et $SM \propto \frac{1}{2} KG$, hoc est $\propto \frac{1}{2} KV$; erit SM ad SV ut 1 ad 3, ac proinde VM ad VS ut 2 ad 3. Sed et VS ad VH ⁵⁾ est ut 2 ad 3. Ergo proportionales VM , VS , VH et quia H est focus lentis S, constat ex prop. [XX, Part. I, Liv. I.] ⁶⁾ radios ad V tendentes ita frangi a lente S ut tendant ad



[Fig. 11.]



S de telle manière qu'ils se dirigent ensuite vers le point M. Tirons donc, à partir des points E et F, dans lesquels les droites CV et DV coupent la lentille S, les droites EM et FM. Ainsi ¹⁾ l'objet sera vu à travers les lentilles sous l'angle EMF qui est à l'angle ONP comme LG est à KG, c'est-à-dire, comme P est à Q. En effet, comme le rapport EMF : ONP ou EMS : ONL est composé des rapports EMS : EVS et EVS : ONL, tandis que le rapport EMS : EVS est égal au rapport VS : MS ou VS : $\frac{1}{2}$ KG, et le rapport EVS : ONL au rapport NL (ou LG) : KV (ou 2 VS), le rapport EMF : ONP sera composé des rapports 2 VS : KG et LG : 2 VS, c'est-à-dire, EMF sera à ONP comme LG est à KG ou comme P est à Q. Ce qu'il fallait démontrer.

On ²⁾ peut se demander quel est l'avantage de cet arrangement et si l'effet n'est pas le même que lorsqu'on se borne à un seul oculaire α [Fig. 13], dont la distance focale $G\alpha$ est égale à KG [Fig. 11], c'est-à-dire à $\frac{1}{2}a$ ³⁾, attendu qu'alors l'angle $\alpha M\beta$ sera égal à l'angle KGD ou SMF, parce que $KD = 2SF$ ⁴⁾ et $KG = 2SM$ ⁵⁾. Réponse: Le grossissement sera en effet le même dans les deux cas. Mais la lentille S pourra avoir une ouverture supérieure à la moitié de celle de la lentille α , d'abord parce que la distance focale de la lentille S est $\frac{1}{2}a$, c'est-à-dire plus que la moitié de la distance focale de la lentille α ⁶⁾ qui est $\frac{1}{2}a$, en second lieu parce que le rayon DF qui converge sera moins coloré en traversant la lentille S que s'il était parallèle à l'axe. Il est vrai qu'il a déjà été coloré au point D, mais faiblement, parce que KV est la distance focale de la lentille K ⁷⁾.

¹⁾ Ce qui suit, jusqu'à la fin de cet alinéa, manque dans les manuscrits tels que nous les possédons. Nous l'avons emprunté à la p. 185 de l'édition de 1703 de la „Diotrique” par de Volder et Fullenius et il nous semble probable qu'on a affaire à une reconstruction par les éditeurs, faite d'après les calculs que nous avons mentionnés dans l'avant-dernier alinéa de la note 2 de la p. 463. Comparez la note 8 de la p. 261.

²⁾ À l'exemple de de Volder et Fullenius ce dernier alinéa a été

[Fig. 13.]



punctum M. A punctis igitur E et F, in quibus rectæ CV, DV secant lentem S, ducantur rectæ EM, FM. Sic ¹⁾ visibile per lentes cernetur sub ang. EMF qui ad ONP habet proportionem, ut LG ad KG, id est, ut P ad Q. Quia enim ratio EMF ad ONP, id est, EMS ad ONL componitur ex rationibus EMS ad EVS, et EVS ad ONL; ratio vero EMS ad EVS eadem est, quæ VS ad MS five $\frac{1}{2}$ KG, item ratio EVS ad ONL eadem quæ NL five LG ad KV five 2 VS. Erit ratio EMF ad ONP composita ex 2 VS ad KG, et LG ad 2 VS, id est, erit EMF ad ONP ita LG ad KG, ita P ad Q; quod erat dem.

Videndum ²⁾ an quid juvet. Et an non idem effectus sit, ac si ponatur sola ocularis α [Fig. 13], cujus foci distantia $G\alpha \propto KG$ [Fig. 11] hoc est $\infty \frac{1}{2}a$ ³⁾; quum angulus $\alpha M\beta$ sit futurus æqualis KGD, hoc est, SMF; nam $KD \propto 2SF$ ⁴⁾, et $KG \propto 2SM$ ⁵⁾. Resp[on]sio. Erit quidem amplificatio eadem utrobique, sed lens S majorem feret aperturam quam dimidiam lentis α ⁶⁾, tum quia lentis S foci distantia est $\frac{1}{2}a$, eoque major quam $\frac{1}{2}$ foci distantie lentis α , quæ est $\frac{1}{2}a$; tum quia radius DF convergens, minus colorabitur in transitu per lentem S, quam si axi parallelus incederet. Sed in D jam aliquem colorem trahit, sed parum, quia lentis K foci distantia est KV ⁷⁾.

emprunté à une feuille du manuscrit qui n'était pas comprise dans la numération rouge des pages, apportée par Huygens. Aussi il semble certain que Huygens, s'il avait achevé sa „Diotrique”, l'aurait donné dans une forme plus soignée; toutefois il n'est pas hors de place, là où il a été mis; puisqu'il nous fournit un raisonnement annoncé par Huygens dans l'énoncé de la proposition et dans le premier alinéa de sa démonstration.

³⁾ On a $KV = a$, comme dans la note 2, p. 463.

⁴⁾ Puisque $KS = SV$, par construction; voir la p. 463.

⁵⁾ Toujours par construction.

⁶⁾ On peut remarquer ici que le champ de vision de la lunette à double oculaire dépend de l'ouverture de la lentille K et dans l'autre de celle de la lentille α . Si donc l'ouverture de la lentille S peut être prise plus large que la moitié de celle de la lentille α la lunette à double oculaire pourra embrasser un champ de vision plus étendu, puisque $KD = 2SF$; ce qui est conforme à l'énoncé de la présente proposition.

⁷⁾ On doit avouer que ce qui précède ne donne, pour en dire le moins, qu'une explication imparfaite de l'achromatisme relatif qui est propre à l'oculaire de Huygens. En effet, il semble que dans cette annotation rapide Huygens a adapté trop hâtivement à l'aberration chromatique un raisonnement qu'on retrouvera dans l'Appendice VII, p. 616—618, qui traite l'aberration sphérique des systèmes de lentilles en question.

PROPOSITION V^{*)}.

Expliquer la construction d'un télescope composé de quatre verres convexes, à l'aide duquel on voit les objets debout et dont le champ est vaste.

À cause de la position inverse qu'il donne aux objets, nous ne nous servons guère du télescope composé de deux verres convexes que pour contempler les étoiles, qui peuvent indifféremment être regardés dans l'une ou l'autre position. Nous dirons plus tard quels rapports il faut alors observer²⁾. Or, on a essayé de différentes manières, à l'aide de 3, 4, 5 ou plus de lentilles, de redresser de nouveau les images et de permettre en même temps au spectateur d'embrasser un vaste champ d'un seul regard. Sans doute, il ne faut pas multiplier les lentilles sans cause, parce que la matière dont chacune d'elles est formée ainsi que les réflexions dues aux surfaces dispersent une partie des rayons. Cependant on ne peut atteindre l'effet désiré avec un nombre de lentilles inférieur à 4. Car, quoique pour des télescopes de même longueur on puisse obtenir avec trois lentilles³⁾, aussi bien qu'avec quatre, la position droite de l'image, le même grossissement et un champ aussi vaste, la combinaison de trois lentilles est cependant inférieure à celle de quatre lentilles parce que dans la première les lentilles oculaires ou du moins l'une d'elles (celle qui est la plus proche de l'œil) doivent être composées de portions plus grandes de surfaces sphériques, par rapport au diamètre ou plutôt à la distance focale, si l'angle visuel de l'instrument doit être le même dans les deux cas⁴⁾: il s'en suit que les objets semblent colorés et que les lignes droites auprès des bords de l'ouverture paraissent courbées⁵⁾.

Il faut donc se servir de quatre lentilles, avec lesquelles le télescope est composé de la façon suivante.

A [Fig. 14 et 15] est la lentille extérieure, AB sa distance focale; sur le même

¹⁾ Ce qui suit était écrit sur la dernière page d'une feuille du manuscrit de la „Dioptrique”, laquelle page était restée en blanc lors de la rédaction du Livre II de la première Partie; mais on lit en marge: „Hæc post telescopium ex duobus et tribus convexis invertentibus objecta” (voir les Prop. III, p. 455, et IV, p. 461).

²⁾ Voir les Prop. VII, p. 481—499, et IX, p. 503—511.

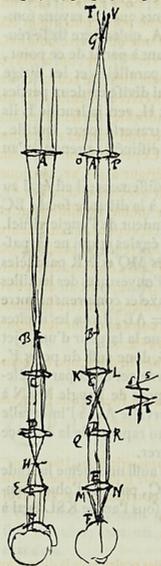
³⁾ Voir la Prop. IV, Part. I, Liv. III, p. 259—265.

⁴⁾ En effet, supposons égales les distances focales des trois lentilles oculaires de la disposition présente et des deux de celle décrite dans la Prop. IV, Part. I, Liv. III (p. 259), alors le grossissement ne différera pas; mais afin qu'il en soit de même pour le champ de vision, il faut que l'amplitude de la lentille E de la figure 9, p. 258 soit égale à celle de la lentille C des figures présentes, et que tous les rayons qui tombent sur ces lentilles arrivent à la pupille de l'œil. Or,

[PROPOSITIO V.]^{*)}

Telescopij ex quatuor convexis compositi constructionem explicare, quo res visæ erectæ spectantur et magna copia.

[Fig. 14.] [Fig. 15.]



Propter inversam positionem rei visæ vix aliter utimur composito è duobus convexis quam ad sidera, quæ non refert quo positu spectentur. Quænam verò tunc proportio servanda sit postea dicetur²⁾. Quomodo autem erigantur rursus imagines magnaque simul earum copia uno intuitu comprehendatur diversimode quæsitum fuit 3, 4, 5, et pluribus lentibus. Quæ sine causa non sunt multiplicandæ, quod et singularum materia et superficièrum reflexiones radiorum partem intervertant. Paucioribus tamen quam quaternis optatum effectum consequi non licet. Et si enim in eadem telescopij longitudine et situ erectus et eadem amplificatio et eadem copia simul visorum obtineri potest tribus³⁾ æquè ac quatuor lentibus, deterior tamen est trium compositio quam quaternarum, quia in illa lentes oculares, aut unam certe earum oculo proximam, e majoribus superficièi sphericæ portionibus constare necesse est ratione diametri aut foci distantæ, si eadem anguli visorii magnitudo præstanda sit⁴⁾. Hinc vero colore inficiuntur res visæ et lineæ rectæ circa aperturæ margines curvæ apparent⁵⁾.

Quaternis igitur utendum est, ex quibus telescopium hoc modo componitur.

Lens exterior est A [Fig. 14 et 15], cujus foci distantia

pour que cette dernière condition soit remplie dans le système de la fig. 9 de la p. 258 la largeur de la lentille QR doit être à peu près le double de celle de la lentille E de cette figure et par conséquent des lentilles du système présent. Pour le voir, il suffit de suivre, dans la figure 9 citée, le cours des rayons AD et AI qui se coupent en un point O, qui n'est pas fort éloigné du foyer de la lentille E; on aura donc, d'après les données du système, à peu près $OH = 2EO$ et pour que les rayons considérés atteignent la lentille H il faut que $QR = 2DI$.

⁵⁾ Consultez sur cette déformation des images la p. 265 et surtout le § 14 (de 1692) de l'Appendice VI, p. 613—615.



axe sont placées trois lentilles oculaires C, D et E, tout-à-fait identiques entre elles, et dont celle qui est située le plus à l'intérieur est placée au-delà du foyer B à une distance égale à sa propre distance focale. La distance qui sépare les lentilles C et D l'une de l'autre est double de la distance BC; la distance de la lentille D à la lentille E est égale à l'intervalle CD; enfin la distance qui sépare la lentille E de l'œil F est de nouveau égale à l'intervalle BC¹⁾.

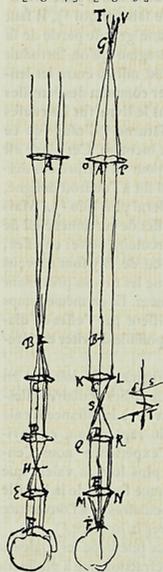
Il faut de nouveau deux figures dans ce cas. Dans la première [Fig. 14] nous traçons les rayons émanant d'un seul point de l'objet fort éloigné; or, il apparaît aisément à celui qui a compris les raisonnements précédents que ces rayons tombent d'abord à fort peu près parallèlement sur la lentille A, qu'ensuite ils se réunissent au point B, son foyer, et que, puis après, divergeant à partir de ce point, ils tombent sur la lentille C qui les rend de nouveau parallèles et les dirige vers la lentille D laquelle les réunit en son foyer H qui divise en deux parties égales l'intervalle DE. Tendait ensuite, à partir du point H, vers la lentille E ils deviennent parallèles pour la troisième fois après avoir traversé cette lentille, et, tombant dans cet état sur l'œil F, ils causent une vision distincte, attendu qu'au fond de l'œil ils se rassemblent en un seul point.

Dans la seconde figure [Fig. 15] on considère le grossissement; il est égal au rapport de AB, distance focale de la lentille extérieure, à la distance focale BC d'une des lentilles oculaires. On y fait voir aussi la grandeur de l'angle visuel. En effet, en supposant aux trois oculaires des ouvertures égales et qui ne surpassent pas celle de la lentille extérieure A, traçons les droites MQ et NR parallèles à l'axe commun et comprenant entre elles les diamètres de l'ouverture des lentilles E et D; traçons de même KO et LP parallèles au même axe et comprenant entre elles l'ouverture de la lentille KL. Posant ensuite $AG = AB$, tirons les droites OGV et PGT qui se coupent en G. Il est évident alors que la largeur d'un objet situé à grande distance qui à l'œil nu ferait vu du point G, donc aussi du point F, sous l'angle TGV, occupe l'angle MFN lorsqu'on regarde cet objet par le télescope. Par conséquent, le grossissement est égal au rapport de l'angle MFN à l'angle TGV ou PGO, c'est-à-dire au rapport de l'intervalle AG à l'intervalle EF, attendu que PO et MN sont égales; ou bien encore au rapport de la distance focale AB à la distance focale BC. Ce qu'il fallait démontrer.

Il apparaît en outre que l'angle visuel MFN comprend aussi une même latitude d'objets qu'un télescope composé des deux lentilles A et C, puisque l'objet compris dans l'angle TGV ferait aperçu dans ce télescope sous l'angle KSL égal à l'angle MFN.

¹⁾ Comparez les §§ 3 (de 1666) et 4 (de 1668) de l'Appendice VI, p. 598—600, où l'on trouve une disposition de lentilles presque identique à celle qui est décrite ici, et voyez surtout au § 7 (p. 605) de cet Appendice le dessin d'un oculaire qui est conservé à l'Observatoire de Leyde.

[Fig. 14.] [Fig. 15.]



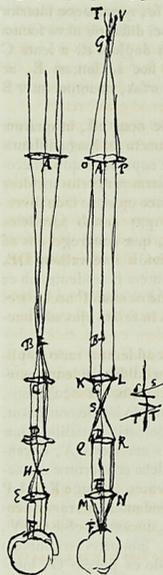
AB, in eodem vero axe posita sunt lentes oculares tres C, D, E prorsus æquales inter se, quarumque interior intervallo BC quantum est sua foci distantia ultra focum B removetur, ejusque intervalli duplum est a lente C ad lentem D, ac tantundem ab hac ad lentem E, ac denique ab hac ad oculum F rursus, quantum inter B et C¹⁾.

Rursus autem binis figuris hic opus est, in quarum priore [Fig. 13] radij ab uno puncto rei longe distantis manantes exhibentur, quos facile apparet, si quis præcedentia perceperit, primum tanquam parallelos incidere in lentem A, inde colligi in B foco ejus, ac inde divergentes in lentem C incidere, quæ denud parallelas efficiat, mittatque ad lentem D, quæ congreget eos ad focum suum H qui medium dividit intervallum DE. Tum denique ex H puncto ad lentem E tendentes ab ea tertio parallelas reddi atque ita ad oculum F accidentes distinctam visionem efficere cum in fundo ejus ad punctum unum cogantur.

In secunda figura [Fig. 15] consideratur ratio amplificationis quæ est ea quæ AB, foci distantia lentis exterioris, ad foci distantiam BC, unius ex ocularibus. Ac præterea anguli visorij amplitudo hic demonstratur. Positis enim ocularium trium aperturis æqualibus quæ non majores sint apertura lentis exterioris A, ducantur MQ, NR axi communi parallelæ et aperturæ diametros lentium E et D comprehendentes. itemque KO, LP eidem axi parallelæ et comprehendentes aperturam lentis KL, et posita AG æquali AB, ducantur rectæ OGV, PGT quæ sese interfecent in G. Jam patet latitudinem rei visæ longinquæ quæ oculo nudo ex puncto G, ideoque et ex F, cerneretur in angulo TGV, hanc oculo per telescopium intuenti, occupare angulum MFN, ideoque augmenti rationem esse eam quæ anguli MFN ad ang. TGV sive PGO, hoc est, eam quæ intervalli AG ad intervallum EF, cum PO, MN, sint æquales; hoc est, eam quæ foci distantia AB ad foci distantiam BC. quod erat dem.

Apparet porro angulum visorium MFN eandem quoque visibilium latitudinem comprehendere ac telescopium quod binis lentibus A et C constaret, cum res visa quæ angulo TGV intercipitur, in illo telescopio spectetur in angulo KSL ipsi MFN æquali.

[Fig. 14.] [Fig. 15.]



Cette excellente combinaison de lentilles a été inventée la première fois à Rome; je ne fais par qui ¹⁾. Il faut ajouter cependant qu'elle doit une grande partie de sa supériorité à l'anneau ou diaphragme qu'on introduit dans le tube au point H, situé au milieu entre les lentilles E et D, ou au point B, foyer commun des lentilles A et C; nous avons expliqué dans le livre sur les causes des phénomènes que présente Saturne ²⁾ l'usage de ce diaphragme, qui était auparavant inconnu. Cet usage est de la plus grande utilité, tant pour la mesure des diamètres des planètes comme je l'ai dit à l'endroit désigné, que pour autre chose dont je parlerai plus loin ³⁾. Mais dans les télescopes considérés l'effet de cet anneau est de donner au champ une limite circulaire nette: en effet, les objets placés auprès de H ou de B y sont aperçus distinctement par l'oeil F, vu que les rayons provenant de H ou de B y entrent parallèlement. Et en même temps les couleurs aux bords disparaissent par l'effet du diaphragme, couleurs qu'il était impossible d'éviter entièrement avant cette invention.

Quant à l'ouverture du diaphragme, elle doit être un peu plus petite que celles des lentilles oculaires elles-mêmes, et son diamètre doit avoir à la distance focale des lentilles oculaires un certain rapport qui est environ de . . . à . . . , comme l'expérience nous l'enseigne ⁴⁾. Nous déterminerons plus loin la valeur que doit avoir le rapport de la distance focale de la lentille extérieure à celle des lentilles oculaires et à l'ouverture par laquelle elle peut laisser entrer la lumière ⁵⁾.

Il semble étrange que dans ce télescope les couleurs de l'arc-en-ciel, résultant de la réfraction due à plusieurs lentilles oculaires, n'apparaissent pas plus que lorsqu'on se sert d'une seule lentille oculaire. Mais la raison en est que la lentille QR corrige l'effet de la lentille KL en détruisant les couleurs produites par elle. En effet, ce qui est arrivé au rayon OKRN [Fig. 15] qui passe par des surfaces inclinées à K et ensuite à R, est comparable à ce qui lui serait arrivé s'il avait traversé deux coins SS et TT ⁶⁾ placés en sens opposés avec des faces parallèles. Dans ce dernier cas le rayon n'est pas coloré, aussi peu que s'il passait par une plaque de verre.

Hæc egregia lentium compositio Romæ nescio à quo ¹⁾ primum fuit inventa, multum tamen adjuta annulo seu diaphragmate quod ad H, loco medio inter lentas ED, vel ad B focum communem lentium A et C inferitur, cujus ufum non ante cognitum explicuimus in libro de causis phænomenon Saturni ²⁾. Est vero longe præcipuus, cum in metiendis planetarum diametris ut ibi docui, tum ad alia de quibus agam in sequentibus ³⁾. In hisce vero telescopijs circulum apparentium imaginum præciso ambitu iste annulus ideo circumscribit, quod quæ circa H vel B collocantur distincte cernuntur oculo F, cum radij ab H vel B egressi paralleli ad eum deferantur. Simul vero colores circa margines ejus opera refecantur, qui non bene antea vitari poterant.

Ponenda autem apertura annuli ipsarum lentium ocularium aperturis paulo minor, diameterque ejus ad ocularium foci distantiam certa ratione referendus, quæ circiter ea est, quæ . . . ad . . . ⁴⁾ docente nimirum experientia. Quenam vero sit ponenda proportio foci distantie lentis exterioris ad foci distantiam ocularium quantæque aperturæ lucem admittere possit lens illa in sequentibus definietur ⁵⁾.

Mirum videtur in hoc telescopio colores iridis oriri plurium ocularium refractione, non magis quam cum una ocularis adhibetur. Sed ratio hæc est quod lens QR corrigit et aufert colores quas lens KL produxit. Idem enim accidit radio OKRN [Fig. 15] per superficies inclinatas ad K ac deinde ad R, transeunti, ac si per cuneos binos contrariè positos SS, TT ⁶⁾ transiret parallelis lateribus, qui colore non inficitur, non magis quam si per I[aminam vitream incederet] ⁷⁾.

¹⁾ Comparez la note 2, p. 259, où Campani est nommé par manière de conjecture. En effet, il est clair qu'il s'agit des „campanines”, qu'on trouve décrites aux pp. 48 et 213—214 du T. VI, et, avec plus de détail, au § 4 de l'Appendice VI, p. 599 qui suit. Elles y sont attribuées à Giuseppe Campani.

²⁾ Voir la p. 82 de l'édition originale du *Systema Saturnium*, citée dans la note 2, p. 441 du T. II.

³⁾ On n'en trouve rien dans ce qui suit dans la „Dioptrique”.

⁴⁾ À la p. 65 du Manuscrit H on trouve une annotation de 1692 d'après laquelle le rapport en question doit être de 43 à 110; ce qui s'accorde assez bien avec le dessin reproduit au § 4 de l'Appendice VI, p. 599.

⁵⁾ Voir la Prop. VII, p. 481.

⁶⁾ Voir la petite figure à droite de la fig. 15. On doit remarquer d'ailleurs que les deux cas ne sont pas entièrement comparables, puisque, après la réfraction en K, la partie violette du rayon OKRN se trouvera à droite de la partie rouge. Elle frappera donc la lentille QR plus près du bord; ce qui causera une déviation plus forte.

⁷⁾ Mots presque entièrement disparus aujourd'hui à cause des déchirures de la marge du manuscrit, mais qui peut-être étaient lisibles du temps de de Volder et Fullenius.

Lemme.

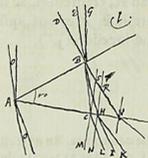
Les angles qui ne surpassent pas 30° peuvent être considérés comme proportionnels à leurs sinus.

D'autres auteurs en matière d'optique avaient déjà adopté ce lemme ¹⁾ parce qu'il s'écarte extrêmement peu de la vérité.

PROPOSITION VI.

Soit BAC un angle solide en verre, inférieur à 19° . Si deux rayons tombent sur le verre en un même point de telle manière que l'inclinaison de chacun d'eux soit inférieure à 29° du côté opposé au point A, la différence entre les inclinaisons des rayons incidents sera égale à celle des inclinaisons des rayons qui quittent le verre après la réfraction ²⁾.

[Fig. 16.]



Supposons que l'angle BAC entre deux plans qui terminent un angle solide en verre soit inférieur à 19° . Supposons de plus que dans le plan passant par ABC il y ait une ligne droite DBV qui coupe le plan AB normalement au point B et qu'avec elle les rayons EB et GB fassent des angles inférieurs à 29° du côté opposé au point A, de sorte que le rayon EB lequel fait le plus petit angle avec DBV, suive dans le corps transparent la voie BH et le quitte selon HK; tandis que GB suit dans le corps transparent la voie BC et le quitte selon CL. Je dis qu'on peut considérer comme égal à l'angle EBG des rayons incidents l'angle que forment entre eux les rayons HK et CL sortant du corps diaphane, c'est-à-dire, l'angle KHI, si HI est menée parallèlement à CL.

En effet, construisons à AC les normales MCS et NHR coupant DBV aux points S et R. Il y a cinq cas [Fig. 16—20], puisque les angles BCA et BHA peuvent être chacun inférieur, ou chacun supérieur à un angle droit; ou bien l'angle BCA peut être supérieur et l'angle BHA inférieur à un angle droit, ou bien BCA ou BHA peut être droit.

¹⁾ Probablement Huygens fait-il allusion ici à l'„Axioma VII” de la „Dioptrique” de Kepler, cité déjà dans la note 2, p. 144, et à l'„Axioma IV” suivant, qu'on rencontre p. 129 du T. V

Lemma.

Angulos 30 gradus non excedentes proportionales centri fuis Sinibus.

Hoc jam ante ab alijs quoque opticorum scriptoribus assumtum fuit ¹⁾, quia exigua profus a vero est differentia.

[PROPOSITIO VI.]

[Posito angulo vitri solido 19 gradibus minore BAC si duo radij in unum vitri punctum incidant, ita ut singulorum inclinatio sit minor 29 gradibus in partem ab A puncto averfam, erit differentia inclinationum radorum incidentium æqualis differentie inclinationum radorum qui post refractionem e vitro exeunt.] ²⁾

Si sit angulus BAC, [Fig. 16] quo duo plana angulum ex vitro solidum terminantia ³⁾ inclinatur minor grad. 19¹⁾, sitque præterea in plano per ABC etiam recta linea DBV, quæ planum AB normaliter secet in B, et ad eam inclinatur radij EB, GB, angulis minoribus quam gr. 29 in partem ab A puncto averfam, quorum interior EB intra diaphanum feratur per BH, atque exeat in HK; GB vero feratur intra diaphanum per BC, exeat vero in CL. Dico angulo EBG radorum incidentium æqualem centri posse eum quo egressi HK, CL inter se inclinatur, hoc est, angulum KHI, si fiat HI parallela CL.

Ducantur enim rectæ ad AC normales MCS, NHR, quæ secant DBV in punctis S, R. Sunt autem casus quinque [Fig. 16—20], possunt enim anguli BCA, BHA, vel uterque esse minor recto, vel uterque major, vel angulus BCA major recto, et BHA minor. Vel BCA vel BHA rectus.

du „Cursus mathematicus” de Hérigone, ouvrage cité au T. I, p. 202, note 4: „L'angle de refraction que fait un rayon entrant de l'air dans le crystal jusques au trentiesme degre d'inclination, est presque la troisieme partie de l'inclination.”

²⁾ Cet énoncé ne se retrouve pas dans le manuscrit de la „Dioptrique” et il nous semble probable qu'il a été suppléé par de Volder et Fullenius lors de leur édition de 1703, où on le rencontre à la p. 196. D'ailleurs nous avons reproduit dans l'Appendice III au Liv. II de la Part. I, p. 238—239, une autre démonstration de cette proposition VI qui a déjà été appliquée aux p. 243, 245 et 282 et dont on trouvera dans le texte et dans les Appendices qui suivent d'autres applications nombreuses.

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

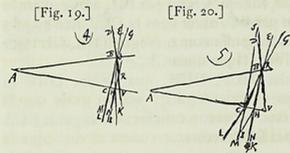


Je démontrerai d'abord que dans tous ces cas chacun des angles formés par les rayons BH, HK; BC et CL avec les droites perpendiculaires à AH est inférieur à 30° .

En effet, puisque dans le premier cas [Fig. 16.] l'angle A du triangle BAH est inférieur à 19° , et l'angle ABH à l'angle droit ABV, l'angle BHA sera nécessairement plus grand que 71° ; retranchant cet angle de l'angle droit AHR on trouve donc un angle BHR inférieur à 19° . Or, le sinus de cet angle, qui donc est inférieur à 32557 parties lorsque le rayon de la circonférence en a 100000, est au sinus de l'angle NHK comme 2 est à 3 d'après la loi de la réfraction dans le verre ¹⁾. Par conséquent, le sinus de l'angle NHK est inférieur à 48836 et l'angle NHK lui-même est inférieur à 30° ; parce que le sinus de 30° est 50000. On démontrera de la même manière que l'angle MCL lui aussi est inférieur à 30° .

Deuxième cas [Fig. 17.]. Comme l'angle DBG est inférieur à 29° et que son sinus est à celui de l'angle VBC comme 3 est à 2, l'angle VBC sera inférieur à $19\frac{1}{2}^\circ$, d'après le lemme précédent. Mais l'angle VBC est égal à la somme des angles BSC et BCS. L'angle BCS est donc à plus forte raison inférieur à $19\frac{1}{2}^\circ$, et son sinus à 33107. Mais comme 2 est à 3, ainsi est le sinus de l'angle BCS à celui de l'angle MCL. Par conséquent, le sinus de l'angle MCL est inférieur à 49662, et l'angle MCL lui-même à 30° . On démontrera de la même manière que l'angle NHK est inférieur à 30° .

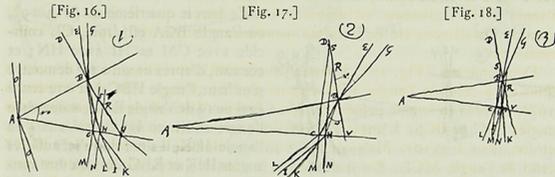
Troisième cas [Fig. 18.]. On démontrera que l'angle NHK est inférieur à 30°



de la même manière qu'au premier cas; et la même chose pour l'angle MCL comme au deuxième cas. Quatrième cas [Fig. 19.]. On donnera pour l'angle NHK la même démonstration qu'au premier cas. Cinquième cas [Fig. 20.]. Même démonstration pour l'angle MCL qu'au deuxième cas. Ceci étant établi, la démonstration procédera comme il suit. Dans tous les cas il faut considérer l'angle VBC comme égal aux deux tiers de l'angle DBG, parce que ce rapport est celui des sinus de ces angles. De même il faut considérer l'angle VBH comme égal aux deux tiers de l'angle DBE. Par conséquent, l'angle HBC sera censé égal aux deux tiers de l'angle EBG. En outre, dans les trois premiers cas [Fig. 16—18] il faut considérer l'angle SCB comme égal aux deux tiers de l'angle MCL. De même l'angle RHB comme égal aux deux tiers de l'angle NHK. Il s'en suit que dans le premier et dans le deuxième cas la différence des angles SCB et RHB doit être censée égale aux deux tiers de la différence des angles MCL et NHK, c'est-

In his omnibus ostendam primò, angulos singulos quos radij BH, HK; BC, CL constituunt cum rectis perpendicularibus ad AH, minores esse 30 gradibus.

Nam 1.º casu [Fig. 16.] cum sit in triangulo BAH ang. A minor 19 gr. et ABH minor recto ABV, erit necessario BHA major gr. 71 , qui proinde ablatu ab recto AHR relinquit ang. BHR minorem gr. 19 . Hujus vero sinus, qui igitur minor est quam partium 32557 qualium radius circuli est 100000, est ad sinum ang. NHK ut 2 ad 3 ex lege refractionis vitri ¹⁾. Ergo sinus anguli NHK minor quam 48836, et ang. ipse NHK minor ang.º 30 gr. quippe cujus sinus est 50000. Eadem ratione et ang. MCL minor probabitur quam 30 gr.



Casu 2.º [Fig. 17.] quoniam ang. DBG minor est quam 29 gr. sinus vero ipsius ad sinum ang.º VBC ut 3 ad 2, erit per lemma præc. angulus VBC minor gradibus $19\frac{1}{2}$. Sed ang. VBC æqualis est summæ ang. BSC et BCS. Ergo BCS omnino minor quam $19\frac{1}{2}$ gr. Et sinus ejus minor quam partium 33107. Sicut autem 2 ad 3 ita sinus ang. BCS ad sinum ang. MCL. Ergo sinus ang. MCL minor quam partium 49662. et angulus ipse MCL minor itaque quam gr. 30 . Eadem ratione ostendetur ang. NHK minor 30 gr.

Casu 3.º [Fig. 18.] ang. NHK minor ostendetur 30 gr. eodem modo quo in casu primo. angulus vero MCL eodem modo atque in casu secundo.

Quarto casu [Fig. 19.], de ang.º NHK demonstratur eodem modo atque in casu primo.

Item quinto casu [Fig. 20.] de ang. MCL eodem modo atque in casu secundo.

His ostensis sic procedet demonstratio. Omnibus casibus anguli DBG angulus VBC duabus tertijs æquari censendus, quia hæc est sinuum ipsorum ratio. itemque anguli DBE duabus tertijs angulus VBH. ergo et anguli EBG duæ tertiæ censebitur angulus HBC. Rursum tribus casibus prioribus [Fig. 16—18.] anguli MCL duabus tertijs æqualis censendus ang. SCB, itemque ang.º NHK duabus tertijs æqualis ang. RHB. Quare et casu 1.º et 2.º duabus tertijs differentie angu-

¹⁾ Voir la p. 13 du Tome présent.

PROPOSITION VII.

Déterminer l'ouverture des lentilles dans les télescopes.

Comme il a été démontré *) que le grossissement dans les télescopes munis de deux lentilles est égal au rapport de la distance focale de la lentille extérieure à celle de l'oculaire, ou bien, si ce dernier est concave, à la distance de son point de dispersion ²⁾, il pourrait sembler qu'avec un télescope, si court qu'il soit, il doive être possible d'obtenir un grossissement quelconque. Mais il y a deux raisons pour lesquelles il n'en est pas ainsi. La première c'est que, lorsque l'ouverture de la lentille extérieure reste constante, le télescope donnera des images d'autant plus obscures que son grossissement, par l'emploi d'une lentille oculaire plus forte, sera plus considérable. La seconde c'est qu'il donnera en même temps des images moins nettes. Et si l'on cherche à obtenir un meilleur effet en augmentant l'ouverture, la confusion deviendra d'autant plus grande. Ce qui se rapporte à la clarté et à l'obscurité des images ³⁾ sera compris si nous faisons attention à l'image de l'objet qui se forme sur le fond de l'oeil; plus celle-ci deviendra grande, soit par la réfraction due aux lentilles soit seulement par la diminution de la distance, plus grande aussi sera la quantité des rayons partant de chaque point de l'objet qui devront pénétrer dans l'oeil pour que la clarté reste la même. En effet, lorsque, en regardant à l'oeil nu, on s'approche de l'objet jusqu'à ce que la distance est devenue la moitié de ce qu'elle était, l'image formée sur le fond de l'oeil acquiert un diamètre double, par conséquent une surface quadruple. Mais d'autre part quatre fois plus de rayons, partant d'un point quelconque de l'objet, entrent dans la pupille, puisque l'angle du cône lumineux devient double. Par conséquent, on aperçoit l'objet également éclairé à l'une et à l'autre distance; c'est là une loi de la nature. Mais s'il faut construire un télescope qui augmente dix fois le diamètre des objets et qui en même temps donne des images aussi lumineuses que lorsqu'on regarde à l'oeil nu, le diamètre de l'ouverture de la lentille extérieure devra être dix fois plus grand que celui de la pupille, même dans le cas où aucune partie des rayons ne serait interceptée ni par la réflexion due aux deux surfaces de la lentille ni par la couleur du verre. Ainsi, en effet, tandis que la surface de l'objet est agrandie cent fois, la pupille recevra aussi cent fois plus de lumière que lorsqu'on regardait à l'oeil nu.

Mais une bien plus faible quantité de lumière suffit pour les télescopes: ceux dont nous nous servons le jour ne sont pas trop obscurs lorsque leurs images possèdent seulement la sixième ou la septième partie de la clarté qu'on perçoit ordinairement avec les yeux. Et les télescopes plus longs, avec lesquels nous observons la lune et les planètes, exigent encore deux fois moins de lumière, parce que dans les ténèbres les yeux réagissent sur une plus faible lumière que pendant le jour. C'est ainsi que dans un télescope long de 30 pieds qui agrandit

[PROPOSITIO VII.]

Lentium Aperturas in Telescopijs definire.

Cum ratio augmenti in duarum lentium telescopijs ea esse ostensa sit ¹⁾ quæ foci distantie lentis exterioris ad ocularis foci distantiam; aut si hæc cava lens fuerit, ad distantiam puncti dispersus ²⁾, videatur forsan quamvis brevi telescopio quantumlibet aucta visibilia spectari posse. Sed duplex causa est quæ hoc impediatur. Altera quod, manente eadem lentis exterioris apertura, quanto magis res visas amplificavit telescopium adhibita oculari lente acutiori tanto quoque obscuriores videri faciet. Altera quod et minus distinctas eas referet. Si vero agenda apertura remedium quaeratur, eo magis augebitur confusio. Quæ ad lucem obscuritatemque atinent ³⁾ intelliguntur si attendamus ad picturam illam rei visæ quæ in fundo oculi formatur; quæ quanto major efficietur, sive id refractione lentium fiat, sive solum propius accedendo, tanto majore copia a singulis rei punctis radij intra oculum recipiendi sunt, ut eadem claritas maneat. Si enim nudo oculo intuens duplo propius ad visibile accedas, fit ejus pictura in fundo oculi duplo quam fuerat major secundum diametrum, quadruplo secundum aream. Sed et quadruplo plures radij pupillam ingrediuntur ab unoquoque ejus puncto manantes, quia conij radiosi angulus duplus fit. Itaque eadem lux picturæ in utraque distantia percipitur, idque ita natura comparatum est. Si vero telescopium parandum sit decuplo augens visibilia ratione diametri, quodque tam lucida omnia referat atque cum nudo visu spectantur, debet et in lente exteriori diameter aperturae ad pupillæ diametrum decupla esse, etiam si nec repercussu superficiem utriusque lentis, nec vitri colore pars ulla radiorum interciperetur. Sic enim cum rei visæ superficies centuplo augeatur, habebitur et lux centupla ejus quam nuda pupilla admittebat.

Sed multo minor lucis mensura telescopijs sufficit. Nam quibus interdum utimur, non nimis obscura sunt si modo sextam vel septimam partem habeant claritatis quæ solet oculis percipi. Longiora vero, quibus luna ac Planetæ spectantur, duplo minori adhuc luce indigent, quod oculi per tenebras minore luce moveantur quam interdum. Ita in telescopio 30 pedes longo, quod Planetas amplificat centies novies ratione diametri, eoque latitudinem aperturae posceret, quæ ad eam quæ pupillæ

¹⁾ Voir la Prop. III, p. 455.

²⁾ Voir la Prop. I, p. 443.

³⁾ On peut comparer avec ce qui suit à propos de cette première cause la Prop. X des „Rejecta”, p. 333—337.

109 fois le diamètre des planètes et qui exigerait donc une largeur d'ouverture ayant à celle de la pupille le rapport 109 : 1, c'est-à-dire qui ferait environ de 11 pouces, la largeur de la pupille étant considérée comme égale à $\frac{1}{45}$ pouce, on trouve qu'une ouverture de 3 pouces suffit, quoique cette ouverture ne recueille pas la treizième partie de la lumière qui ferait reçue par une ouverture de 11 pouces.

Mais la largeur de la pupille n'est pas exactement déterminée, ni toujours la même et encore ne fait-on exactement quelle est la clarté suffisante. Quant aux planètes plus éloignées et à cause de cela plus obscures, il faut leur donner une clarté un peu plus grande qu'aux plus proches du soleil pour une raison dont je parlerai dans la suite ¹⁾.

Ce qu'il faut chercher surtout c'est ceci : étant donné un télescope convenablement arrangé comme l'expérience l'a montré, pour lequel on connaît les distances focales de ses deux lentilles et la plus grande ouverture de la lentille extérieure que ce télescope peut supporter, comment peut-on à l'aide de celui-ci déterminer les dimensions d'un nombre quelconque d'autres télescopes de longueurs données ²⁾, produisant des images également lumineuses et également nettes ? En effet, c'est par la solution de ce problème qu'on arrive à la connaissance de la nature et de la grandeur de l'avantage qu'on peut tirer d'un allongement des télescopes. C'est de cette manière aussi qu'on peut examiner si les lentilles ont été travaillées et polies d'une manière convenable ou non.

Mais pour pouvoir tenir compte de la netteté de l'image, il faut savoir que deux causes contribuent à gêner cette netteté, dont la première est que la figure sphérique des lentilles ne réunit pas en un seul point les rayons émanant d'un point de l'objet, mais leur donne une légère aberration, comme nous l'avons démontré plus haut ⁴⁾. La seconde est qu'un rayon tombant obliquement sur la surface d'un corps transparent plus dense, lequel rayon soit considéré comme une ligne droite, ne se meut plus suivant une ligne droite après la réfraction, mais est divisé, pour ainsi dire, en plusieurs rayons colorés formant entre eux de petits angles. Par exemple, lorsque le rayon CA [Fig. 21] tombe sur la surface AB du verre, ce rayon sera dispersé, après la réfraction, à travers un petit angle DAE, dont le côté AD qui s'écarte le plus de la perpendiculaire GAF sera porteur d'une couleur rouge, tandis que la couleur violette foncée appartiendra à l'autre rayon extrême AE et qu'entre D et E apparaîtront le jaune, le vert et le bleu dans le même ordre dans lequel on les voit ordinairement dans l'arc-en-ciel. M. Is. Newton a le premier découvert cette propriété et ses conséquences ⁵⁾; et recevant en un lieu obscur les rayons du soleil réfractés par un prisme de verre [Fig. 22], il a observé que cette dispersion du rayon a lieu d'une telle manière : comme si les indices de réfraction des différents rayons colorés étaient différents, et que le rayon CA contenait tous ces rayons colorés.

¹⁾ Voir la p. 509 qui suit.

²⁾ Comparez la Prop XI des „Rejecta”, p. 339—353, où Huygens traite le même problème

se haberet ut 109 ad 1; hoc est quæ pollicum esset fere 11, posita nempe pupillæ latitudine $\frac{1}{45}$ poll., sufficere inventur apertura 3 pollicum latitudine. quæ minus quam decimam tertiam partem colligit ejus lucis quæ contingeret apertura pollicum 11.

Sed nec pupillæ latitudo certa est aut semper eadem, nec præcisè definiri potest, quæ claritas sufficiat. Et planetis remotioribus atque eo obscurioribus aliquanto amplior danda est, quam foli propioribus ob causam in sequentibus dicendam ¹⁾.

Illud vero omnino querendum est, quomodo dato uno telescopio quod experientia docente rectè sit ordinatum, cujusque lentium duarum foci distantia datæ sint, et apertura lentis exterioris quantum maximam pati potest; quomodo inquam ex hoc alia quotvis quarumcumque longitudinum definiantur ²⁾, ita ut visibilia æque lucida, et æque distincta ostendant ³⁾. Hinc enim cognoscitur quid quantumque longitudine telescopiorum producenda profici possit. Item an rectè elaborati expolitique sint orbes vitrei an fecus.

Distinctæ vero visionis ratio ut habeatur, sciendum est ex duplici causa eam vitari, quarum altera est, quod spherica lentium convexitas non ad punctum unum cogat radios a puncto rei visæ manantes, sed aliquantulum aberrare faciat, ut in superioribus ostensum fuit ⁴⁾. Altera, quod radius in superficiem densioris diaphani oblique incidens, ac velut ⁵⁾ recta linea habitus, postquam refractus fuerit non

amplius in linea feratur, sed velut in plures spargatur exiguis angulis diffidentes, coloribusque infectos. Veluti si in superficiem vitri AB [Fig. 21] incidat radius CA is refractus spargetur angulo exiguo DAE, cujus latus AD à perpendiculo GAF magis recedens colorem rubrum deferet, alterum extremum AE violaceum obscurum; inter D et E vero apparebunt flavus, viridis, caruleus, eodem ordine ut in Iride spectari solent. Hoc ita esse et quidnam ex eo sequeretur, pridem advertit V. Cl. Is. Newtonus ⁶⁾; ac primate vitreo radios solis refractos in loco obscuro excipiens [Fig. 22] observavit ea lege hanc radij dispersionem contingere ac si variæ essent variè coloratorum radiorum refractiones, aliæ alijs majores, radiisque CA omnes

mais en ne tenant compte que de la première et la moins importante des deux causes qui seront indiquées dans l'alinéa qui suit.

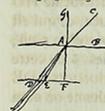
³⁾ Leçon alternative: „exhibeant”.

⁴⁾ Voir les Prop. IV et V, Part. II, p. 281—307. On lit encore en marge „hyperbolæ”, ce qui semble indiquer l'intention d'intercaler ici quelques mots sur les lentilles hyperboliques.

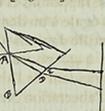
⁵⁾ Leçon alternative: „tanquam”.

⁶⁾ On trouve en marge: „Vide Acta Soc. Regiæ Anglicanæ anni 1672, mens. Febr.”; voir l'article de Newton cité dans la note 2 de la p. 156 du T. VII.

[Fig. 21.]



[Fig. 22.]



Et il a trouvé que les rayons extrêmes sont réfractés de telle façon en AD et en AE que $\sin GAC : \sin FAD = 68 : 44$, et $\sin GAC : \sin FAE = 69 : 44$ ¹⁾. Ensuite il en a conclu que dans toute lentille en verre telle que AB [Fig. 23] possédant l'axe CD, où la partie la moins réfractée, portant la couleur rouge, des rayons extrêmes parallèles à l'axe KA et LB rencontre l'axe en D, tandis que la partie violette la plus réfractée le rencontre au point E, ED fera égale à $\frac{1}{30}$ CD; et que, par conséquent, si l'on prolonge AE et BE jusqu'à ce qu'elles rencontrent en F et en G la droite menée par D parallèlement à la lentille AB, la ligne GF, diamètre du cercle d'aberration, devient égale à la cinquantième partie du diamètre AB²⁾. L'angle DAF sera donc aussi considéré comme égal à la cinquantième partie de l'angle ADC. La raison de ces énoncés apparaît aisément lorsqu'on considère la lentille AB comme planconvexe, la surface convexe ACB faisant partie d'une sphère de rayon CN. En effet, comme 68 est à 44, ainsi sera ND à DC³⁾, mais comme 69 est à 44, ainsi sera NE à CE. C'est pourquoi NC fera à CD comme 24 est à 44 et NC : CE = 25 : 44, et par suite DC : CE = 25 : 24, ou CD : DE = 25 : 1. Mais ce que nous avons démontré ici à propos de la lentille planconvexe, s'applique également à toute autre lentille, attendu que pour des lentilles de même épaisseur les distances focales sont égales⁴⁾.

Or, cette dernière aberration est d'une autre nature que celle due à la forme sphérique des lentilles; elle est en général beaucoup plus grande. Car, considérons par exemple la lentille AB possédant une surface plane et une surface convexe, cette dernière étant exposée aux rayons incidents; supposons la distance focale HD égale à 1 pied ou 12 pouces et l'ouverture AB égale à un demi-pouce, ce qui est environ l'ouverture qu'il faut donner à cette lentille dans un télescope d'un pied; alors HC, l'épaisseur de la lentille, est égale à $\frac{1}{15}$ pouce⁵⁾ et les $\frac{1}{3}$ de cette longueur⁶⁾, c'est-à-dire $\frac{1}{45}$ pouce, indiquent la grandeur de l'aberration totale DE provenant de la figure sphérique. Mais pour l'aberration Newtonienne on aura $DE = \frac{1}{30}$ CD⁷⁾, c'est-à-dire aux $\frac{1}{3}$ d'un pouce. Elle est donc ici à la première aber-

¹⁾ On trouve en marge: „Newtoni diffusio, nimiam ponit. Sed longe major aberratione altera”. De plus, on lit à côté du mot „diffusio” les termes suivants „sparsio, divisio, dilatatio”, par lesquels évidemment le même phénomène pourrait être désigné.

Quant à l'estimation différente par Newton et par Huygens de la grandeur de la dispersion, exprimée par la phrase „nimiam ponit”, on peut consulter à ce sujet, en outre de l'explication qui va suivre dans le texte, la p. 243 du T. VII.

²⁾ Leçon alternative „coccineum”.

³⁾ Il est parfaitement vrai qu'à la p. 3079 de l'article cité dans la note 6 de la page précédente Newton avait indiqué le rapport 1 : 50 comme celui du diamètre du cercle d'aberration à celui de la lentille; mais, comme Newton l'explique dans une lettre à Oldenburg dont on trouve un extrait à la p. 207 du T. VII, il avait en vue le diamètre qu'on obtient en coupant un extrait à la p. 207 du T. VII, il avait en vue le diamètre qu'on obtient en coupant le faisceau lumineux par un plan qui passe par les points d'intersection d'un rayon violet avec le rayon rouge qui arrive du côté opposé du bord de la lentille. Or, la ligne GF de la Fig. 23 qui constitue le diamètre du cercle d'aberration tel que Huygens le définit est le

istos contineret. Extremos autem in AD, AE ita refringi ut quidem sinus anguli GAC, ad sinum anguli FAD, esset ut 68 ad 44, ad sinum vero anguli FAE ut 69 ad 44¹⁾. atque hinc porro collegit, in quavis lente vitrea, ut AB [Fig. 23], cujus axis CD, si radiorum extremorum axi parallelorum KA, LB pars levius refracta ac rubrum²⁾ colorem deferens conveniat cum axe in D,

maxime vero refracta ac violacea in E, tunc esse ED æqualem $\frac{1}{30}$ CD, ac proinde si producantur AE, BE donec occurrant in F et G rectæ per D ductæ ac lenti AB parallelæ, fieri GF, diametrum circuli aberrationis æqualem parti quinquagesimæ diametri AB³⁾. Unde et ang. DAF censetur efficere $\frac{1}{50}$ ang. ADC. Quorum ratio facile apparet posita lente AB planoconvexa, cujus convexa superficies ACB sit a sphaera cujus semidiameter CN. Sicut enim 68 ad 44 ita erit ND ad DC⁴⁾, sicut vero 69 ad 44 ita NE ad EC. Quare NC ad CD ut 24 ad 44 et NC ad CE ut 25 ad 44 ac proinde DC ad CE ut 25 ad 24. Et CD ad DE ut 25 ad 1. Quod autem de lente hac planoconvexa ostendimus, omni quoque alij convenit, quia in æque crassis æquales sunt foci distantia⁵⁾.

Est autem aberratio hæc et alius naturæ et plerumque longissime superat eam quæ ratione figuræ sphaericæ contingit. Nam si sit ex. gr. lens AB, cujus altera superficies plana sit, altera convexe, atque ea radijs incidentibus exposita, foci vero distantia HD sit ped. 1, seu poll. 12, apertura AB dimidij pollicis, quanta circiter huic lenti in pedali telescopio danda est; sit HC crassitudo lentis $\frac{1}{15}$ poll.⁶⁾ cujus $\frac{1}{3}$ ⁷⁾, hoc est $\frac{1}{45}$ poll. definit aberrationem totam DE, quæ ex figura sphaerica oritur. Sed ex Newtoniana aberratione erit $DE = \frac{1}{30}$ CD⁸⁾, hoc

double du diamètre du cercle d'aberration de Newton; elle est, en effet, égale à $\frac{1}{3}$ AB. On a donc par approximation $L DAF = \frac{1}{50} L ADC$ et non pas $\frac{1}{30} L ADC$ comme le texte le donnera dans la phrase qui suit. Voir encore le dernier alinéa de la note 3 de la p. 315 et la note 8 qui suit.

⁴⁾ Voir la Prop. XIV, Part. I, Lib. I à la p. 81.

⁵⁾ C'est-à-dire, si leurs largeurs sont égales; comparez la Prop. III, Part. II, p. 277 et surtout la note 4 de cette page.

⁶⁾ Puisque le rayon de la surface convexe est supposé égal à 6 pouces. On a donc, pour l'épaisseur HC, $6 - \sqrt{6^2 - (\frac{1}{15})^2} = 6 - 6\sqrt{1 - (\frac{1}{225})^2} = 6 - [6 - 6 \cdot \frac{1}{225}] = \frac{1}{15}$.

⁷⁾ Voir la p. 287 du Tome présent.

⁸⁾ Lisez $\frac{1}{30}$ CD comme Huygens lui-même l'a montré un peu plus haut. Et de même on doit changer les nombres $\frac{1}{30}$ et 39, qui suivent, en $\frac{1}{50}$ et 79. Or, il est clair, que cette erreur est la conséquence d'une confusion entre le rapport 50 : 1 donné par Newton comme appartenant à sa conception du cercle d'aberration et le rapport 25 : 1 que Huygens devait trouver d'après la sienne; confusion qui s'explique par le fait que Huygens avait primitivement laissé en blanc les nombres 68, 69 et 44 et tous ceux qui s'en déduisent, évidemment parce qu'il n'avait pas en main l'article de Newton dont il avait retenu le nombre final de $\frac{1}{30}$. D'ailleurs il est clair que pour la comparaison avec l'aberration sphérique, on doit choisir ici la conception de Huygens parce qu'elle est conforme à sa manière de traiter cette dernière aberration. Ajoutons

artion comme 39 est à 1. Et plus les télescopes sont longs, plus grande sera cette différence des aberrations.

Mais comme il pourrait sembler qu'un si grand défaut de la réfraction devrait gêner absolument l'effet des télescopes, tandis que l'expérience nous apprend le contraire, nous devons rendre raison de cette contradiction apparente. Il faut donc remarquer que cette image colorée du soleil telle que Newton l'a observée¹⁾ réunit de beaucoup la plus grande partie de la lumière là où brille la couleur jaune, à côté de la couleur rouge; mais qu'elle devient beaucoup plus obscure du côté où elle tend vers le violet. Et il est hors de doute que lorsque les rayons proviennent d'une source de lumière autre que le soleil, la plus grande partie des rayons aberrants ne peuvent être aperçus. Il s'ensuit que les rayons issus des différents points d'un objet éloigné forment au foyer d'une lentille convexe une image suffisamment nette et à contours distincts quoique enveloppée d'une certaine luminosité comme d'une vapeur, laquelle provient de cette aberration, c'est-à-dire de la dispersion des différents rayons.

Il faut remarquer²⁾ que la proposition VI³⁾ peut être étendue à des rayons dispersés en couleurs diverses. En effet, il en résulte qu'on observe la même loi pour les rayons dispersés que pour les rayons blancs; puisse, par exemple, le rayon SD [Fig. 24] se dissiper en DO rouge et DR violet; et de même le rayon ND en DB rouge et DF violet. On conclut, dis-je, de cette proposition VI que les angles BDO déterminé par les rayons rouges et FDR déterminé par les rayons violets seront l'un et l'autre égal à l'angle SDN.

Nous pourrions encore en déduire non inopportunément le lemme suivant:

L'aberration NDM appartenant au rayon incident BD sera égale à l'aberration BDF qui correspond au rayon réfracté ND.

En effet, comme au rayon incident BD correspond l'aberration NDM ou, ce qui est la même chose, au rayon incident SD l'aberration ODR = NDM, et comme d'autre part l'aberration BDF correspond au rayon incident ND, les angles BDO déterminé par la couleur rouge et FDR déterminé par la couleur violette seront l'un et l'autre égal à l'angle SDN et, par conséquent, égaux entre eux; en d'autres termes, on aura $\angle BDO = \angle FDR$, et si l'on retranche l'angle commun FDO, on obtiendra que l'angle restant BDF est égal à ODR, c'est-à-dire à NDM; ce qu'il fallait démontrer.

Je procéderai maintenant à la détermination des ouvertures des télescopes et je démontrerai que: Les diamètres des ouvertures doivent être

que nous n'avons trouvé aucune trace que Huygens ait jamais essayé une détermination expérimentale de la valeur de l'aberration chromatique.

est $\frac{2}{3}$ pollicis. Quæ itaque ad priorem se hic habet ut 39 ad 1. Quo longiora vero telescopia, eo major erit hæc aberrationum differentia.

Quia autem tanto refractionis vicio videri posset penitus corruptum iri omnem telescopiorum effectum, quod tamen contra evenire experimur; omnino exponenda est hujus rei ratio. Sciendum itaque imaginem illam Solis coloratam qualem Newtonus observavit¹⁾, longe maximam lucis partem colligere ubi flavus color effulget, rubro proximus. Eandem vero multo fieri obscuriorem qua parte ad violaceum tendit. Nec dubitandum, quin si ab alia quam a Solis luce radij adveniant, major pars aberrantium sentiri nequeat. Ita fit ut qui a singulis visibilibus punctis manant, lentis convexæ opera picturam rei procul positæ fati distinctam ac circumscriptam in foco exhibeant, etsi luce quadam, veluti nebula, aspersam, quæ ab ista aberratione seu radiorum singulorum dispersu oritur.

Notandum²⁾ autem Propof. VI³⁾ ad radios in varios colores dissipatos, extendi posse. Ex ea enim sequitur, eandem observari legem in radijs dissipatis, quæ in puris; ex gr. SD [Fig. 24] radius dissipetur in DO colorem rubrum et DR violaceum; itemque radius ND in rubrum DB et violaceum DF, sequitur inquam, ex hac prop. VI angulos BDO a radijs coloris rubri et FDR a radijs coloris violacei descriptos singulos fore æquales angulo SDN.

Unde non incommode et illud ad modum Lemmatiss deduci potest:

Aberrationem NDM per radium incidentem BD productam, fore æqualem aberrationi BDF genitæ per refractum ND.

Quia enim a radio incidente BD fit NDM aberratio, vel quod idem est, ab incidente SD aberratio ODR \propto NDM, rursus quia ex incidente ND fit aberratio BDF, erunt anguli BDO a colore rubro, et FDR a violaceo descripti, singuli æquales ang. SDN, ergo etiam inter se æquales id est, ang. BDO \propto FDR, unde demto communi ang. FDO, erit reliquis BDF \propto ODR id est NDM, q. e. d.

Nunc ad aperturas telescopiorum definiendas pergam, ostendamque, diametros aperturarum in subdupla ratione foci distantiarum lentis

¹⁾ Voir la Fig. 22 et comparez toujours l'article de Newton mentionné dans la note 6 de la p. 483.

²⁾ Ce qui suit, jusqu'aux mots „Nunc ad aperturas”, et de même la figure 24 qui y appartient manque dans le manuscrit dans l'état où nous le possédons. Le passage doit avoir été intercalé par de Volder et Fullenius, ou avoir été emprunté par eux à une feuille séparée, perdue depuis.

³⁾ Voir la p. 475.