



LA DIOPTRIQUE.

TROISIÈME PARTIE. DES TÉLESCOPES ET DES MICROSCOPES.

1685—1692¹⁾.

DES TÉLESCOPES.

PRÉFACE²⁾.

Parmi les matières traitées dans notre doctrine de la réfraction la première et la principale est la théorie des télescopes: ces instruments font d'une invention merveilleuse et personne ne pourrait choisir des termes trop élevés pour en faire ressortir l'importance. En effet, si nous ne tenons pas compte en ce moment des autres usages dont il sera parlé plus tard³⁾, quel service considérable ne nous ont-ils rendu dans la contemplation des corps célestes, en nous ouvrant la voie à des observations qui avaient été absolument impossibles sans cet instrument! Par ce moyen beaucoup de choses admirables ont été découvertes dans la nature; pour le dire en un mot, la constitution de l'univers nous a été révélée de sorte que la position de notre terre dans l'espace et celle de nous-même qui l'habitons ont été reconnues et confirmées avec beaucoup plus de certitude qu'auparavant. Il me semble qu'aucune connaissance plus belle ou plus utile n'a été acquise par l'industrie humaine. Et s'il avait existé un homme si intelligent qu'il eût pu faire cette découverte en se basant sur des principes de physique et de géométrie, je croirais devoir dire que par son intelligence il se serait élevé au dessus de la nature humaine. Mais il en a été tout autrement: la composition de cet instrument ingénieux a été trouvée par hasard et les hommes les plus instruits n'ont pas encore pu en donner une théorie satisfaisante.

¹⁾ Il est souvent difficile de déterminer les dates des différentes parties qui constituent cette „Pars tertia”. Nous savons pourtant qu'elles doivent avoir été rédigées toutes après 1666, puisqu'on ne les rencontre pas encore dans la copie de Niquet, sur laquelle on peut consulter l'„Aperçu général” qui constitue le début de l'„Avertissement”. Nous reviendrons quelquefois dans les notes sur ces questions de date. Disons seulement ici qu'en général les parties qui traitent les télescopes ont été rédigées ou révisées vers 1685 et la plupart de celles qui

DIOPTRICA.

[PARS TERTIA. DE TELESCOPIIS ET MICROSCOPIIS.]

[1685—1692.]¹⁾

[DE TELESCOPIIS.]

[PRÆFATIO.]²⁾

Primum ac præcipuum eorum quæ in hac refractionum doctrina tractantur Telescopiorum est ratio; magni inprimis inventi, cujus præstantiam pro dignitate nemo fatis deprædicaverit. Ut enim cæteras utilitates præteream de quibus postea dicetur³⁾, quantum hoc est, in cælestium contemplatione ad ea viam aperuisse, quæ nulla aliâ ratione investigari poterant. Unde et rerum naturæ mirabilia multa patuerunt, et totius denique mundi constitutio, ut qua regione tellus hæc nostra, nosque qui eam incolimus positi simus, multo quam ante certius compertum comprobaturque sit. Qua cognitione nihil mihi majus meliusve hominum solertia perfectum esse videtur. Quod si quis tanta industria extitisset ut ex Naturæ principijs et Geometriæ hanc rem eruere potuisset, eum ego supra mortalium fortem ingenio valuisset dicendum crederem. Sed hoc tam longe abest, ut fortuito reperi artificij rationem non adhuc fatis explicare poterint viri doctissimi.

se rapportent aux microscopes vers 1692.

²⁾ La Préface qui suit n'a jamais reçu la numération rouge dont il est question dans l'„Avertissement”; mais puisqu'elle fut écrite, sans aucun doute, pour servir d'introduction à la Partie de la Dioptrique qui traite les télescopes, nous n'avons pas hésité à suivre l'exemple de De Volder et Fullenius qui l'ont insérée dans leur édition de 1703 des „Opuscula postuma”. Elle peut d'ailleurs être datée avec certitude de 1685, puisque les télescopes sans tube y sont mentionnés comme une invention récente et le „Systema Saturnium” comme ayant paru il y avait 26 ans.

Nous possédons de cette Préface deux leçons assez différentes et un avant-projet. Nous suivrons ici la leçon la plus achevée, choisie aussi par De Volder et Fullenius; mais on trouvera l'avant-projet et l'autre leçon dans les Appendices I et II à la présente Partie de la Dioptrique.

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



Quelques-uns attribuent l'honneur de la première invention, due d'ailleurs au hasard comme je l'ai dit, à Jacob Metius, hollandais et citoyen d'Alkmaar. Mais, quant à moi, je fais certainement ¹⁾ qu'avant lui, vers la neuvième année de ce siècle, un artisan habitant Middelbourg en Zélande a fabriqué des télescopes, soit que ce fût celui dont Sirturus fait mention ²⁾, fâvoir Joh. Lippersheim, ou bien celui auquel Borellus décerne la palme dans son opuscule sur le véritable inventeur du télescope ³⁾, fâvoir Zacharias. Les plus grands tubes fabriqués par ces artisans à cette époque n'étaient que d'un pied et demi. Mais longtemps avant ces deux inventeurs Joh. Bapt. Porta de Naples avait suggéré les rudiments de cet art: il existe de cet auteur un ouvrage sur la Dioptrique et la Magie Naturelle ⁴⁾ publié pas moins de 15 ans avant que les télescopes surgirent dans notre patrie, les Pays-Bas. Dans cet ouvrage il est fait mention de ses lentilles (qu'il appelle „specilla”) qui font voir les objets éloignés comme s'ils se trouvaient à petite distance, et il parle de la combinaison des lentilles concaves et convexes ⁵⁾. Mais que Porta n'avait pas fait de grand progrès, cela est prouvé par le fait qu'en tant d'années l'art dont les premiers commencements avaient été trouvés ne s'est pas développé et que Porta lui-même n'a observé au ciel aucun des phénomènes qui y ont été vus plus tard. Ceci doit être attribué, sans doute, au fait que l'invention était due à des expériences fortuites. Car quoique Porta possédât quelques connaissances mathématiques, il n'avait pas saisi cependant les théories fort subtiles sur lesquelles l'art optique est basé, de sorte qu'il ne pouvait parvenir à cet art par la méditation; à plus forte raison cela devait être impossible aux artisans peu instruits dont j'ai parlé plus haut. Mais qu'on ait fait cette invention par un heureux hasard, cela n'a rien d'étonnant, attendu qu'on faisait depuis plus de trois siècles un fréquent usage des deux espèces de lentilles, à l'aide desquelles, prises séparément, les défauts des yeux peuvent être corrigés. Il y a plutôt lieu de s'étonner qu'une chose si aisée à découvrir soit restée cachée si longtemps.

¹⁾ Voir l'Appendice III à la présente Partie de la „Dioptrique”. D'ailleurs nous n'entrerons pas à cette occasion dans les questions qui se rattachent à l'invention du télescope.

²⁾ Voir l'ouvrage cité dans la note 5, p. 221 du T. I.

³⁾ Voir l'ouvrage cité dans la note 2, p. 487 du T. I.

⁴⁾ Au-dessus de ce mot on trouve, comme leçon alternative, le mot „tradiderat”.

⁵⁾ Il s'agit de l'ouvrage: „Jo. Baptista Porta Neapolitani Magie Naturalis Libri Viginti, Ab ipso quidem auctore ante biennium adaucti, nunc vero ab infinitis, quibus editio illa scatebat mendis, optime repurgati: in quibus scientiarum Naturalium divitiæ & deliciae demonstrantur. Accessit Index, rem omnem dilucidè representans, copiosissimus. Francofurti, Apud Andree Weheli heredes, Claudium Marnium & Joann. Aubrium. MDXCI.”

⁶⁾ Leçon alternative: „ostendentibus”.

⁷⁾ On trouve, en effet, dans l'ouvrage de Porta au „Lib. XVII. De Catoptriciis”, p. 597, un

Sunt qui inventionis, sed uti dixi fortuitæ, primæ laudem Jacobo Metio Batavo Aemariæ civi tribuant. Mihi vero certo compertum est ¹⁾ ante ipsum telescopia fabricasse artificem quendam Medioburgensem apud Zelandos circa annum hujus sæculi 9. sive is fuerit cujus Sirturus meminit ²⁾ Joh. Lippersheim nomine, sive cui Borellus in libello de vero Telescopij repertore primas defert ³⁾ Zacharias. Hi tunc non majores sesquipedalibus tubos fabricabant. Utroque vero multo prior rudimenta artis suggererat ⁴⁾ Joh. Bapt. Porta Neapolitanus, cujus exstant de rebus dioptriciis, et Magia Naturali, libri ⁵⁾ totis 15 annis ante editi quam in Belgio nostro telescopia exorirentur. In quibus libris de specillis (ut vocat) suis memorat res procul positas quasi propinquæ essent referentibus ⁶⁾, deque conjunctione cavarum et convexarum lentium ⁷⁾. Nihil tamen magnopere eum profecisse, hoc ipsum probat quod tanto tempore ars jam cæpta non ultra inclaruit, neque ipse Porta quidquam in cælo observavit eorum quæ postea apparuerunt. Hoc inde est quod fortuitis experimentis originem inventi deberi constat. Neque enim hic vir licet mathematicarum aliquatenus gnarus subtilissimas ⁸⁾ rationes quibus ars ea pro fundamentis utitur comprehenderat, ut meditatione eam eruere posset, multoque minus illi quos ante memoravi homines opifices ac scientiarum rudes. Fortuna vero et casu eodem perventum nihil mirum est, cum frequens usus esset jam a trecentis atque amplius annis utriusque generis lentium quibus seorsim adhibitis vitia oculorum emendantur. ut potius mirandum sit tam diu rem obviam latuisse.

„Caput. XI. De specillis, quibus supra omne cogitatum quis conspiciere longissime queat.”, qui débute comme il suit: „Non omittemus rem admirabilem, & longe utilissimam. Quomodo lusciosi, ultra quam credi possit, longissime conspiciere queant. Diximus de Ptolemæi speculo, sive specillo potius, quo per sexcentena millia pervenientes naves conspiciebat, & quomodo id fieri poterit, docere tentabimus, ut per aliquot millia passuum cognoscere amicos possimus, & visu debiles legere minimos characteres è remoto.” Toutefois, dans ce chapitre, écrit de la manière obscure qui est propre à Porta, il n'est question que d'un miroir concave, et l'artifice de combiner deux ou plusieurs verres n'est mentionné que dans le „Caput X. De crystalline lentis effectibus”, p. 595—597, où l'on lit:

„Lente crystallina epistolam remotam legerè.

... Et si lentes multiplicare noveris, non vereor quin per centum passus minimam literam conspicias, ut ex una in alteram maiores reddantur characteres: debilis visus ex visus qualitate specillis utatur. Qui id rectè seolverit accomodare, non parvum nanciscetur secretum. possumus:

„Lente crystallina idem perfectius efficere.

Concavæ lentes, quæ longè sunt, clarissime cernere faciunt, convexæ propinqua; unde ex visus commoditate his frui poteris. Concavo longè parva vides, sed perspicua, convexo propinqua majora, sed turbida, si utrunque rectè componere noveris, & longinqua & proxima majora & clara videbis. Non parum multis amicis auxilium prastitimus, qui & longinqua obsoleta, proxima turbida conspiciebant, ut omnia perfectissime contuerentur”...

⁸⁾ Leçon alternative: „reconditas”.



D'ailleurs, aussitôt que le bruit de l'invention des télescopes hollandais s'était répandu, Galilée en construisit de semblables et bientôt après de beaucoup meilleurs, à l'aide desquels il observa le premier les célèbres phénomènes célestes qu'on connaît: il aperçut les montagnes et les vallées de la Lune, les taches du Soleil et à l'aide de celles-ci la rotation du Soleil sur lui-même, les planètes satellites de Jupiter, les phases de Vénus semblables à celles de la Lune, et la diversité des grandeurs apparentes de cette planète; la Voie lactée remplie d'une multitude de petites étoiles qui lui donnent son éclat; la différence entre les diamètres des étoiles fixes et ceux des planètes et un nombre d'étoiles surpassant de beaucoup celui de celles qu'on connaissait dans les temps anciens³⁾. Le même savant avait observé aussi les phénomènes de Saturne aussi bien qu'il le pouvait avec les télescopes de petites dimensions, mais il n'était pas parvenu à reconnaître les véritables figures de cette planète, et pendant bien des années après lui personne n'y a mieux réussi. Car quoique les télescopes fussent devenus beaucoup plus grands, leur qualité et leur puissance étaient restées à peu près les mêmes. C'est nous qui avons eu le bonheur d'attaquer ce problème sous de meilleurs auspices: ayant accompli une étude approfondie⁴⁾ de la théorie de la réfraction des rayons et construit nous-mêmes à notre propre usage des lentilles et des télescopes longs de vingt pieds et davantage⁵⁾. À leur aide nous avons découvert des formes non encore remarquées de Saturne et leur cause, un anneau entourant le globe tel qu'il ne s'en rencontre chez aucune autre planète, et nous avons trouvé aussi un petit satellite de la planète Saturne tournant autour d'elle en une période de seize jours. Tout ceci a été écrit par nous dans un livre destiné à ce sujet et publié il y a 26 ans⁶⁾. Excités par nos observations, des astronomes et des artisans ont construit bientôt après de plus grands télescopes, parmi lesquels ceux qui ont été fabriqués à Rome par Joseph Campani⁷⁾ sont les meilleurs. À l'aide de ces instruments le sieur Cassini a réussi heureusement à observer, dix ans après, deux nouveaux satellites de Saturne⁸⁾ outre celui que nous avions trouvé. Le même savant a découvert à la surface des planètes Jupiter et Mars certaines taches et a pu conclure de leurs mouvements aux périodes de révolution de ces planètes⁹⁾.

Voilà jusqu'où cette noble invention nous a conduits; voilà le résumé des merveilles célestes que le télescope a révélées aux habitants de la terre. Quel homme, à moins qu'il ne soit absolument stupide, ne reconnaît pas la grandeur et l'importance de ces découvertes? Et quelle personne initiée aux études philosophiques ne comprend pas combien ces nouvelles connaissances ont jeté une vive clarté sur nos conceptions de la nature de l'univers? Certes, nous pouvons être reconnaissants envers le siècle où nous vivons pour la connaissance de choses si importantes acquise seulement en ce dernier temps. Quel prix ces savants illustres, qui par un espace

³⁾ Leçon alternative: „effectit”.

⁴⁾ Leçon alternative: „intuitus est”.

Cæterum ut primum Telescopiorum Belgicorum fama sparsa erat continuo Galileus familia illis, ac brevi multo præstantiora paravit¹⁾, quibus celeberrima illa cæli phænomena omnium primus deprehendit²⁾: Lunæ montes vallesque, Solis maculas, et ex his conversionem ejus in semet ipsum, Planetas Jovis comites, Phases Veneris quales Lunæ, variasque ad aspectum magnitudines; Viam lacteam minutis stellulis refertam, unde candoris causa. Differentiam stellarum inerrantium inter et planetarum diametros, atque illarum numerum antiquitus cognitum multo majorem³⁾. Idem Galileus Saturni quoque phænomena observaverat, quæ licebat in illa perpicillorum suorum parvitate, veras autem planetæ figuras adfectus non erat, sed neque quisquam alius multis post ipsum annis. Et si enim magnitudine multum creverant tubi, parum tamen virtute et efficacia processerant. Nos autem magis auspiciato rem eandem aggressi, cum quæ ad refractiones radiorum attinent studiose investigaffemus⁴⁾, ipsique nobis lentes lentas effecimus ac telescopia pedes viginti et amplius longa⁵⁾, his Saturni formas non ante visas deprehendimus causamque earum annulum globo circumdatum, nullo in cæteris planetis exemplo. item comitem Saturno planetam exiguum reperimus dierum sexdecim periodo circumeuntem, quæ omnia ante annos 26 libro singulari conscripta edidimus⁶⁾. Nostris autem observationibus excitati astronomi atque artifices majora subinde telescopia paraverunt, in quibus optima quæ a Josepho Campano⁷⁾ Romæ fabricata. Quorum opera feliciter usus decennio post duos alios præter nostrum illum comites apud Saturnum reperit dom. Cassinus⁸⁾. Idemque in Jovis ac Martis sideribus maculas quasdam observavit, ex quarum motu etiam globorum quibus inerant conversiones stasis temporibus definitas⁹⁾.

Et hæcenus quidem adhuc processit nobile hoc artificium, hæcque summa est eorum quæ de rebus cælestibus terrarum incolis revelavit. Quæ magna ac præclara esse quis nisi plane stupidus non agnoscit? Quanta vero ad naturæ contemplationem lux hinc exorta sit, quis non philosophiæ studijs initiatus intelligit? Certe gratari sæculo huic nostro possumus propter tantarum rerum nunc demum acquisitam scientiam: quam quo non pretio redemissent viri illi eximij, non

¹⁾ On lit encore en marge „in luna non esse maria nec fluvios nec nubes”.

²⁾ Leçon alternative: „jam perspectum haberemus”, mais puisque la première leçon, que nous avons suivie dans le texte, fut soulignée, il est clair que Huygens lui donna la préférence.

³⁾ Comparez la note 1 de la p. 335.

⁴⁾ Il s'agit du „Systema Saturnium” (voir la note 2, p. 441 du T. II) qui parut en 1659.

⁵⁾ Voir sur Giuseppe Campani la note 10, p. 46 du T. III.

⁶⁾ C'est-à-dire le premier en 1671, le second en 1672, voir l'ouvrage cité dans la note 3 p. 310 du T. VII.

⁷⁾ Leçon alternative: „certis periodis definit”. Cassini publica sur ces découvertes divers ouvrages cités dans la note 5 de la p. 194 du T. V et dans la note 9 de la p. 47 du T. VI.



de peu d'années en ont été exclus, Copernic, Régiomontanus, Brahé n'auraient-ils pas voulu payer pour entrer en possession de ces connaissances! Et les anciens cultivateurs de la science, Pythagore, Démocrite, Anaxagore, Philolaüs, Platon, Hipparque, combien de terres étrangères n'eussent-ils pas parcourues poussés par le désir d'apprendre à connaître de tels secrets de la nature et de pouvoir jouir de pareils spectacles! Mais peut-être devons-nous nous attendre à contempler bientôt, outre ceux dont nous avons parlés, encore d'autres spectacles nouveaux et nombreux, depuis que nous avons réussi, il y a peu de temps, à faire disparaître par notre invention ¹⁾ le grand inconvénient résultant du trop grand poids et des trop fortes dimensions des tubes; en effet, nous avons supprimé entièrement ces tubes, de sorte que des télescopes de 100 ou de 200 pieds peuvent maintenant être maniés aussi aisément qu'autrefois ceux de dix pieds; et surtout depuis que plusieurs personnes ont commencé à cultiver l'art de polir de fort grandes lentilles, laquelle étude, après un long intervalle, nous avons aussi repris nous-mêmes ²⁾ avec tant de succès que nous ne nous en sommes pas repentis. Mais venons-en aux causes et aux propriétés de cet œil factice, dont nous ne possédons pas jusqu'ici une explication assez claire.

En effet, on n'est pas parvenu jusqu'à ce jour à ce qui est le plus important dans cette matière, c'est-à-dire à la connaissance de la nature et de la grandeur du grossissement de l'objet visé, étant données la forme et la position des lentilles. Kepler n'a point enseigné cela, quoiqu'il soit digne de beaucoup de louanges à cause des explications de phénomènes dioptriques qu'il a données le premier. Descartes ne fut pas plus heureux que lui; en vérité il s'écarta plutôt de la bonne route dans les démonstrations qu'il voulut donner de la nature et de l'effet du télescope ³⁾. Ceci est à peine croyable d'un homme si intelligent et si versé dans ces choses; il fallait néanmoins le dire afin que personne n'essaye vainement de comprendre des phrases dont on ne peut tirer aucun sens raisonnable. Beaucoup d'autres auteurs après lui se sont donné de la peine pour arriver au même but; cependant ils n'ont pas réussi mieux que lui à résoudre le problème en question qui est ici d'une importance fondamentale. Nous commencerons donc maintenant par la discussion de ce problème; nous le traiterons séparément pour chaque espèce de télescope.

Nous avons démontré généralement dans ce qui précède ⁴⁾ comment on peut calculer le grossissement lorsque la forme et la position de deux lentilles quelconques sont données ainsi que l'endroit où se trouve l'œil. Mais puisqu'il ne s'agit actuellement que de considérer les cas qui se présentent chez les télescopes, nous pourrions arriver plus rapidement aux mêmes résultats. Nous parlerons d'abord des télescopes composés d'une lentille convexe et d'une lentille concave, lesquels

¹⁾ Voir l'ouvrage cité dans la note 1, p. 488 du T. VIII.

²⁾ Depuis août 1683 les frères Huygens, Christiaan et Constantijn, s'occupaient beaucoup (voir les pp. 430—441 du T. VIII et les pp. 18—21, 25 et 26 du T. IX) du perfectionnement

longo annorum intervallo hinc exclusi Copernicus, Regiomontanus, Braheus. Veteres autem illi sapientiae cultores Pythagoras, Democritus, Anaxagoras, Philolaus, Plato, Hipparchus quas non exteras terras peregrinando pervagati essent hujusmodi naturae secretorum noscendi amore, utque talibus frui possent spectaculis. Porrasse autem et alia plura ac nova praeter ea quae diximus propediem expectanda sint, postquam nupero invento nostro ¹⁾ ingens incommodum ex nimia tuborum mole ac pondere ortum, atque adeo ipsos tubos, sustulimus, ut nihil difficilius nunc centenum vel ducentorum pedum telescopia quam antea decempe-dalia traherentur. utique cum et expoliendarum amplissimarum lentium artem plures jam excolere ceperint, cujus nos quoque studium longo tempore intermissum repetimus, nec paenitendo successu ²⁾. Sed jam ad causas proprietatesque facticij hujus oculi pergamus, quas non satis feliciter haecenus expositas habemus.

Quod enim hic praeter ceteris requirebatur ut data lentium forma ac positu ex his modis mensurae amplificandae rei visae definireretur, id haecenus praestitum non est. Nam neque Keplerus hoc docuit, etsi multa laude dignus ob ea quae in dioptriciis primus explicuit, neque illo felicior fuit Carreus, imo ut vere dicam a via potius aberravit in his quae de ratione et effectu telescopij demonstranda susceperat ³⁾. Quod vix credibile de tanto viro, tamque in his rebus versato, tamen dicendum fuit, ne quis frustra ea intelligere laboret et quibus nulla apta ⁴⁾ sententia elici potest. Cum vero alij multi post eum in eodem argumento operam infunderint, nihilo magis tamen idem problema quod in his omnium praecipuum est absolverunt. Ab eo nunc nos ordiemur idque in singulis telescopiorum generibus expediemus.

Ostendimus autem in superioribus ⁵⁾ in univsum data forma et positu duarum quarumlibet lentium, itemque oculi loco, quomodo augmenti ratio cognoscatur. At quia nunc illos tantum casus quos telescopia requirunt exequi necesse est ⁶⁾, brevius idem conficiemus. Ac primum quidem in illo telescopiorum genere quod est convexa et cava lente componitur omniumque primum fuit inventum. Requi-

d'une machine pour polir et façonner les lentilles, de laquelle on trouve la description dans les „Commentarii de formandis poliendisque vitris ad telescopia” qui parurent en 1703 dans les „Opuscula postuma”, mais qui furent rédigés en 1685 (voir les lettres de Constantijn du 19 août 1685, pp. 550 et 591 du T. IX). C'est à l'aide de cette machine que les deux frères réussirent, en 1683, à fabriquer de bonnes lentilles de 34 pieds de distance focale et, en 1685, à en faire d'autres jusqu'à 85 pieds dont plusieurs sont encore en possession de l'Observatoire de Leiden (voir la note 5, p. 475 du T. VIII et la note 4, p. 12 du T. IX); plus tard ils allaient jusqu'à 120, 170 et même 210 pieds (voir les pp. 51, 88 et 94 du T. IX).

³⁾ Comparez la Prop. XI, Part. I, Liv. II, p. 225—229.

⁴⁾ Leçon alternative: „sana”.

⁵⁾ Voir la Prop. V, Part. I, Liv. II, p. 187—197.

⁶⁾ Leçon alternative: „volumus”; mais celle du texte fut soulignée plus tard.



furent inventés les premiers de tous. Or, tous les télescopes exigent en premier lieu une telle position des lentilles qu'il en résulte une vision distincte. Mais pour qu'ils grossissent les objets, il faut pour ces télescopes composés de deux lentilles que la lentille extérieure soit convexe et que la lentille oculaire ait des surfaces convexes ou concaves faisant partie d'une plus petite sphère ¹⁾.

PROPOSITION I ²⁾.

Le télescope composé d'une lentille convexe et d'une lentille concave fait apercevoir les objets éloignés distinctement et debout; il les grossit dans un rapport égal à celui de la distance focale de la lentille convexe à la distance du point de dispersion de la lentille concave ³⁾.

Soit ⁴⁾ AO [Fig. 1] l'axe commun des deux lentilles, A la lentille convexe extérieure et O son point de concours pour les rayons parallèles provenant d'un objet situé à grande distance. Supposons que D représente la lentille concave placée de telle manière entre la lentille A et son foyer O que le point de dispersion des rayons parallèles, arrivant sur elle du côté où se trouve le point O, tombe précisément en O. Et puisse l'œil du spectateur se trouver d'abord fort près de cette lentille concave.

Les rayons issus d'un point de l'objet situé à grande distance font censés tomber parallèlement sur la lentille A et ceux en particulier qui proviennent d'un point situé sur le prolongement de l'axe seraient dirigés vers le point O; toutefois ils sortiraient de nouveau parallèles à cause de la réfraction due à la lentille D placée comme nous l'avons dit, ainsi que cela résulte des démonstrations antérieures. Nous voulons, en effet, obtenir que les rayons arrivent parallèlement à l'œil, afin que le télescope s'adapte à ceux qui jouissent d'une bonne constitution de l'œil; car plus

¹⁾ Le manuscrit fait suivre encore ce que nous donnons dans cette note. On peut le considérer comme une autre leçon, de date postérieure, du début de la Prop. I qui suit: „Sit lens exterior convexa A, ocularis cava B, oculus D” [non pas marqué dans la figure]; „lentis A focus sit C, idemque punctum dispersus lentis B, radorum nempe parallelorum inde ubi est oculus adventium, quo fit vicissim ut qui refractione lentis A tendunt ad C punctum, denuo paralleli fiant postquam lentem B transierint, unde distincta visio consequitur. Hæc vero radorum flexio priore figura exhibetur, in qua radij paralleli, in A lentem incidentes, ex uno quopiam rei visæ ac longissime distantis puncto manare intelligi debent (habentur enim pro parallelis ob ingentem distantiam licet revera non sint); qui refracti tendunt ad punctum C, et a lente B intercepti rursus paralleli efficiuntur. Similiter vero a singulis rei visæ punctis aliæ atque aliæ series radorum inter



runt vero primo eam lentium positionem telescopia omnia, ut distincta visio sequatur. ut vero auctiora referant quæ spectantur, necesse est in his quæ duabus lentibus constituntur ut exterior convexa sit, ejus vero quæ est oculo propiore minori sphaera sit sive convexitas sive cavitas ¹⁾.

[Fig. 1.]

[PROPOSITIO I.] ²⁾

Telescopium ex convexa et cava lente compositum visibilia longinqua, distinctè ac recto situ videri facit, amplificatque secundum rationem foci distantiae lentis convexæ ad distantiam puncti dispersus lentis cavæ ³⁾.

Sit ⁴⁾ utriusque lentis axis communis AO; lens verò exterior convexa A, cujus punctum concursus radorum parallelorum, à visibili longè remoto venientium, ponatur O punctum. Cava autem sit D, quæ sic collocetur inter lentem A et focum ejus O, ut punctum dispersus radorum parallelorum à parte ea ubi est O in ipsam incidentium, cadat in idem punctum O. Et huic lenti proximus primò statuatur spectantis oculus.

Radij igitur a puncto rei longinquæ egressi censentur paralleli incidere in lentem A, ij quidem qui ex puncto in axe producto procedunt cogentur ad punctum O; sed rursus paralleli evadent opera lentis D, ita ut dictum est collocatæ, uti ex supra demonstratis constat. Parallelos enim radios ad oculum pervenire volumus, ut bona oculi constitutione fruentibus telescopium aptetur; nam de myope

se, non autem his quas diximus, parallelorum in lentem A deferri intelligendæ, qui paralleli ad totidem puncta juxta C posita, colligantur, atque itidem refractione cavæ lentis B ad parallelismum redigantur, itaque oculo occurrant.

Ajoutons qu'on trouvera dans l'Appendice I / à la présente Partie de la Dioptrique une leçon antérieure du même début qui doit être datée de 1667 d'après le lieu où elle se trouve à la p. 156 du Manuscrit C.

²⁾ Il est possible que cette Prop. et les deux qui suivent aient été rédigées entièrement, ou en partie, bien avant 1685, mais toujours après 1666; voir la note 1, p. 434.

³⁾ L'en-tête de la proposition présente et les trois alignés qui suivent ont à une certaine époque été rayés par Huygens; mais plus tard il a ajouté en marge: „non delenda”.

⁴⁾ A propos de cet aligné et des deux qui suivent Huygens annota en marge: „hæc sit prima demonstratio telescopij ex convexo et cavo”.

[Fig. 1.] loin nous parlerons du myope. Or, de la même manière les faisceaux de rayons provenant de points fort éloignés placés hors de l'axe se réuniraient aux points correspondants près de O, si, par la réfraction due à la lentille D, les rayons de chaque faisceau n'étaient pas de nouveau rendus parallèles entre eux, quoique obliques par rapport à l'axe AD; comme cela résulte de la Prop. XXII, Part. I, Liv. I¹⁾). Nous n'avons pas tracé ces rayons dans la figure pour éviter la confusion.

Or, il est évident d'après ce qui a été démontré à la Prop. I, Part. I, Liv. II²⁾) que le grossissement et la position de l'image, lorsque les deux lentilles sont en place, seront les mêmes qu'au cas où, au lieu de la lentille D, il y aurait une petite ouverture; mais dans ce dernier cas le rapport de la grandeur apparente à la grandeur vraie est égal au rapport des longueurs AO et OD, comme cela a été démontré à la Prop. II, Part. I, Liv. II³⁾). Et d'après la même proposition l'objet est vu debout. La même chose aura donc lieu dans le cas du télescope composé des lentilles A et D. Mais lorsque l'œil s'éloigne de la lentille D, la grandeur apparente de l'objet demeure la même d'après la Prop. XIII, Part. I, Liv. II⁴⁾), et la vraie grandeur ne change pas non plus puisque l'objet se trouve par hypothèse à grande distance. Le grossissement reste donc le même qu'auparavant. Or, la position de l'image reste également la même d'après la proposition citée.

Mais s'il s'agit d'adapter un télescope de ce genre à l'œil d'un myope, on a vu⁵⁾) qu'il faut rapprocher la lentille oculaire D, et avec elle l'œil de l'observateur, un peu plus de la lentille A; parce qu'on obtiendra ainsi que les rayons n'arrivent plus à l'œil parallèlement mais en divergeant. Il en résulte que le grossissement sera un peu moindre pour l'œil myope qu'au cas précédent, vu que le point O reste en place et qu'en conséquence l'intervalle DO devient plus grand, tandis que le grossissement est toujours exprimé par le rapport AO:OD.

C'est là⁶⁾) la démonstration la plus courte du théorème principal. Nous prouverons encore d'une autre façon la partie de ce théorème qui se rapporte au grossissement de l'objet, de sorte qu'il ne sera pas nécessaire de recourir à la Prop. V, Part. I, Liv. II⁷⁾). Supposons donc que les lentilles AC et D et le point O

¹⁾ Voir la p. 111 du Tome présent.

²⁾ Voir la p. 173.

³⁾ Voir la p. 175.

⁴⁾ Voir la p. 233.

⁵⁾ Voir la Prop. I, Part. I, Liv. III, à la p. 247.

⁶⁾ Ce qui va suivre faisait primitivement partie d'une autre version de la même proposition, qui débutait comme il suit:

T telescopium ex convexa et cava lente compositum, visibile longinquum recto situ refert, amplificatque secun-



dicemus postea. Similiter vero a punctis longinquis extra axem positis manantes colligerentur quique ad puncta sua prope O, sed et hi lentis D refractione evadent denovo paralleli quamvis ad axem AD obliqui, secundum prop. [XXII, Part. I, Lib. I]¹⁾) quos radios tamen in figura non expressimus, vitandæ confusionis gratia.

Jam ex demonstratis prop. [I, Part. I, Lib. II]²⁾) patet eandem fore amplificationem et positum, manente lente utraque, acque cum loco lentis D foramen exiguum statueretur; tunc vero magnitudinis apparentis ad veram ea est ratio quæ AO ad OD, ut ostensum prop. [II, Part. I, Lib. II]³⁾), et ex eadem visibile erectum spectatur. Ergo eadem hic sunt telescopio ex lentibus A, D composito. Quod si vero retrocedat oculus ab lente D, eadem remanet rei visæ magnitudo apparens ex prop. [XIII, Part. I, Lib. II]⁴⁾). nec vera mutatur, quia visibile longinquum ponitur. Ergo eadem quæ prius manet amplificatio. Sed et positus idem ex eadem prop. [XIII].

Quod si myopi aptandum sit hujusmodi telescopium, paulo propius admoventam esse constat⁵⁾) lenti A lentem ocularem D unaque oculum spectatoris; quoniam sic fiet ut non jam paralleli ut antea radij perveniant ad oculum, sed divergentes. Hinc vero paulo minus augmentum continget myopi quam prius cum punctum O maneat, eoque intervallum DO crescat, ratio vero augmenti sit semper ea quæ AO ad OD.

Et⁶⁾) hæc quidem primarij theorematiss brevissima est demonstratio. Cujus partem eam quæ ad amplificationem rei visæ atinet aliter quoque demonstrabimus, ut nihil opus sit prop. [V, Part. I, Lib. II]⁷⁾). Positis igitur ut ante

dum rationem foci distantia lentis convexæ ad distantiam puncti dispersus lentis cavæ.

Rationem apparentis magnitudinis ad veram in omni conjugatione duarum lentium præcedenti Theoremate⁸⁾) [Prop. V, Part. I, Lib. II, p. 187] „exposuimus, quo et Telescopium utrumque et Microscopium comprehenditur. Nunc casus eos qui ad Telescopia atinent alia faciliori demonstratione tractabimus, absque multiplici illa analogiæ compositione. ac præcipue eos lentium positus adferemus, quibus fit ut radij a puncto rei longinque egressi perveniant paralleli ad oculum, quoniam hoc modo ijs quibus absque vitio visus est telescopium aptatur, faciliusque tunc ampliatio definiti potest.”

Puis après Huygens annota en marge à propos de ce début: „hæc non erant hic dicenda” et il indiqua la place qu'il destinait à ce qui va suivre par la phrase: „Hæc post ea quæ initio pag. 76.2”; indication à laquelle nous donnons suite.

En haut de la même page du manuscrit on lit encore: „tantum parva ex cavo et convexo utilia esse. etiam amplissima apertura. Corrigitur colores; sed de hoc ubi de quatuor convexis” (voir la Prop. V, p. 469).

⁷⁾ Voir la p. 187.

soient situés comme auparavant, construisons une troisième proportionnelle DP [Fig. 3] aux deux lignes DO et DA, et portons-la dans le même sens que DO. Des rayons quelconques tels que ECP, se dirigeant vers le point P, et réfractés par la lentille AC seront amenés, d'après la Prop. XX, Part. I, Liv. I¹⁾, à se réunir au point D, centre de la lentille placée là. Supposons que ce rayon ECP fasse partie d'un faisceau provenant du bord gauche de la lune, le centre de la lune se trouvant sur le prolongement de l'axe DA. Il paraît que ce rayon atteindra la pupille de l'œil en suivant la droite CDF, attendu qu'il passe par le centre D de la lentille dont l'épaisseur est négligée et dont les deux surfaces près de leurs points centraux sont considérées comme parallèles²⁾. Or, nous avons dit que tous les rayons provenant de ce point de la lune arrivent parallèlement à l'œil. L'œil les reçoit donc tous parallèles au rayon CDF; il voit, par conséquent, ce point, situé sur le bord de la lune, à l'endroit vers lequel se dirige la droite DC; et comme cette droite est située du côté de l'axe où se trouve le point de la lune d'où les rayons sont partis, il paraît que les objets seront vus debout. Or, l'angle ADC correspond au demi-diamètre de la lune grossie par le télescope. Mais l'angle CPA est celui qui correspond au même demi-diamètre vu à l'œil nu, puisque le rayon ECP, comme nous l'avons dit, part du bord gauche de la lune, tandis que le rayon HAP part du centre; car, à cause de la distance très grande, la lune apparaît sous le même angle, soit qu'on la contemple à l'œil nu du point P, soit du point G. Le grossissement a donc lieu suivant le rapport de l'angle ADC à l'angle APC, lequel est ici considéré comme égal au rapport de la droite PA à DA. Mais comme on a d'après la construction $DO : DA = DA : DP$, on aura, par inversion et par composition, $AO : OD = PA : AD$. Le rapport qui exprime le grossissement a donc la valeur $AO : OD$; ce qu'il fallait démontrer.

On voit de plus que le grossissement ne dépend aucunement du choix de l'endroit derrière la lentille où l'œil est placé.

Considérons³⁾ de nouveau les lentilles AC [Fig. 4] et D, placées comme

¹⁾ Voir la p. 99. D'après cette proposition P est le point auquel correspondent les rayons réfractés partant du point D. Donc en inversant le sens dans lequel ces rayons sont parcourus on trouve que les rayons qui se dirigeaient vers P se réuniront en D après leur réfraction par la lentille.

²⁾ Lisez: „sinistro”.

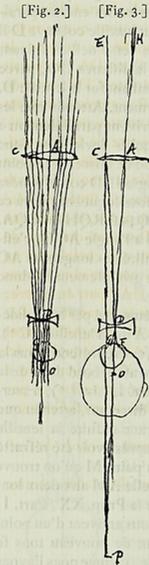
³⁾ Comparez la Prop. XXIII, Part. I, Liv. I, p. 119.

⁴⁾ Ici commence une troisième démonstration de la même proposition. Elle fut introduite sur la page en question du manuscrit par l'alinéa suivant, rayé depuis: „Cæterum quia hoc positu lentium quem exhibuimus, paralleli radij ad oculum feruntur qui a

lentibus AC et D et puncto O, fiat duabus DO, DA, tertia proportionalis DP [Fig. 3], ponenda in eandem partem ac DO. Jam radij quilibet ad punctum P tendentes ut ECP et a lente AC refracti, cogentur ad punctum D lentis hic positæ centrum ex prop. [XX, Part. I, Lib. I]¹⁾. Ponamus istum ECP radium esse unum ex ijs qui a dextro²⁾ lunæ latere egrediuntur, cum centrum Lunæ sit in producto axe DA. Et constat quidem hunc recta linea CDF ad oculi pupillam perventurum, quia per centrum lentis D transit, cujus mediae crassitudo pro nulla habetur, et duæ ejus superficies ibidem pro parallelis³⁾. Diximus autem omnes a puncto illo lunæ procedentes inter se parallelos ad oculum deferri. Itaque sic omnes recipit oculus ut radio CDF paralleli incedant; ac propterea punctum illud in lunæ latere videt eo loco quo tendit recta DC, quæ cum in eandem partem axis tendat ad quam situm est punctum lunæ unde radij advenerunt, apparet erectas exhiberi res visas. Porro angulus ADC definit semidiametrum lunæ telescopia auctæ. Sed angulus CPA est is quo nudo oculo iste semidiameter comprehenditur, quia radium ECP à dextro²⁾ lunæ latere exire diximus, radium vero HAP, a centro ejus, nam sive e puncto P, sive ex G luna spectetur nudo oculo eodem angulo apparet propter maximam distantiam. Itaque amplificatio contingit secundum rationem anguli ADC ad APC, quæ censetur hic eadem ac rectæ PA ad DA; sed quia ex constructione est DO ad DA ut DA ad DP , erit invertendo et componendo AO ad OD ut PA ad AD . Ergo jam amplificationis ratio est quæ AO ad OD ; quod erat demonstrandum.

Apparet autem hic nihil referre quantum ad amplificationem quo loco post lentem oculus constituitur.

Ponantur⁴⁾ rursus lentes AC [Fig. 4] et D ut ante,



puncto quolibet rei visæ dimanant, ac proinde unum illorum radorum perfequendo, inclinationemque ejus ultimò refracti respectu axis lentium investigando cognoscitur angulus apparentis augmenti, poterimus pluribus modis propositum absolvere.”



aparavant et supposons que AQ sur le prolongement de leur axe soit égale à AO. Prenons parmi les rayons qui nous arrivent d'un point du bord droit de la lune le rayon RQC qui, passant par le point Q (car il doit y avoir un rayon passant par ce point), rencontre la lentille AC au point C. Ce rayon deviendra ensuite parallèle à l'axe AD et après avoir été réfracté de nouveau par la lentille concave D il divergera comme s'il provenait d'un point L, et se dirigera vers l'oeil en suivant la droite LIF, de sorte que la distance LD sera égale à la distance DO, parce qu'alors L est le point de dispersion des rayons parallèles tombant sur la lentille D.

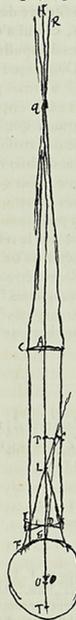
Or, le rapport du grossissement se calcule dès lors facilement. Attendu que les rayons issus d'un point situé sur le bord droit de la lune arrivent parallèlement à la pupille GF après avoir traversé les deux lentilles et qu'ils deviennent donc tous parallèles au rayon LIF que nous savons faire partie de ce faisceau, le point considéré de la lune sera aperçu suivant la droite IL et l'angle ILD correspondra par conséquent au demi-diamètre de la lune. Mais l'angle sous lequel on verra ce demi-diamètre à l'oeil nu, soit du point D, soit du point Q, est RQH ou CQA. Le rapport du grossissement est donc celui de l'angle DLI à l'angle AQC, c'est-à-dire, de la droite AQ à la droite LD, à cause de l'égalité des longueurs AC et DI. Mais AQ est égale à AO et LD est égale à DO. Le grossissement est donc exprimé par le rapport AO : OD ; ce qu'il fallait démontrer.

[Fig. 5.]



Le même théorème peut encore être démontré par la considération des rayons qui se coupent au centre A de la lentille AC¹⁾. Il suffit de suivre la marche du rayon RA, qui représente dans la figure [Fig. 5] un des rayons qui proviennent du bord droit de la lune; ce rayon, d'après la Prop. XXIII, Part. I, Liv. I²⁾, traversera la lentille nommée sans changer de direction, attendu que nous négligeons son épaisseur. Rencontrant ensuite la lentille concave au point I, le rayon divergera, après avoir été réfracté par cette lentille, comme s'il provenait du point M qu'on trouve en construisant une troisième proportionnelle AM aux deux longueurs AO et AD, comme cela ressort de la Prop. XX, Part. I, Liv. I³⁾. Par conséquent, les rayons qui nous arrivent d'un point situé sur le bord droit de la lune devront de nouveau tous se mouvoir parallèlement à MIF, parce que, comme nous l'avons remarqué plus haut, ces rayons arrivent parallèlement à l'oeil après avoir été réfractés par les deux lentilles. Il s'en suit que ce point devra être aperçu suivant la droite FIM. On en conclut que le grossissement sera exprimé par le rapport de l'angle DMI à l'angle DAI ou HAR. Or, le rapport des angles DMI à DAI est égal à l'inverse du rapport AD : DM lequel est égal au rapport AO : OD, puisque les trois longueurs AO, AD et AM forment une proportion. Le théorème est donc de nouveau démontré.

[Fig. 4.]



et fit AQ in axe earum producto æqualis AO. Accipiamus jam ex radijs ijs qui a puncto lateris dextri lunæ adveniunt radium RQC qui per Q punctum transiens (aliquis enim eo transibit) occurrat lenti AC in C. Is hinc parallelus fiet axi AD, et refractione altera lenti cavæ D diverget ac si veniret a puncto L, et ad oculum feretur secundum rectam LIF, ut nempe distantia LD sit æqualis DO, quia tunc L est punctum dispersus parallelorum in lentem D incidentium.

Proportio autem auctæ magnitudinis facile jam hic colligitur. Quia enim radij a puncto in latere lunæ dextro egressi perveniunt paralleli ad pupillam GF, postquam utramque lentem pervasere, omnesque propterea paralleli fiunt radio LIF, quem constat esse eorum unum; percipietur illud lunæ punctum secundum rectam IL, ac proinde angulo ILD semidiameter lunæ comprehendetur. At vero angulus quo semidiameter spectabitur oculo nudo five ex D five ex Q, est RQH, five CQA. Ergo ratio augmenti est ea quæ anguli DLI ad AQC, hoc est, quæ rectæ AQ ad LD, propter æquales AC, DI. Sed AQ est æqualis AO, et LD æqualis DO. Est ergo ratio augmenti ea quæ AO ad OD; quod erat ostend.

Potest idem rursus demonstrari ex intersectione radiorum quæ in A centro lentis AC contingit¹⁾. Sequendo nimirum radium RA unum in hac figura [Fig. 5] eorum qui ex lunæ dextro latere adveniunt, qui recto cursu lentem hanc penetrabit, cum pro nulla habeatur ejus crassitudo, per prop. [XXIII, Part. I, Lib. I]²⁾. Deinde occurrens lenti cavæ in I ita ejus refractione diverget, ac si a puncto M exiret, quod invenitur ponendo duabus AO, AD tertiam prop. AM ut constat ex prop. [XX, Part. I, Lib. I]³⁾. Itaque rursus hic radij qui a puncto in latere dextro lunæ adveniunt, quoniam, post utriusque lentis refractionem, paralleli ad oculum feruntur, ut supra fuit animadversum, debent omnes ipsi MIF paralleli ferri, eoque punctum illud conspici secundum rectam FIM. Unde jam intelligitur rationem amplificationis fore eam, quæ anguli DMI ad DAI seu HAR. Est autem ang. DMI ad DAI reciproce ut AD ad DM, hoc est ut AO ad OD, quia proportionales factæ AO, AD, AM. Itaque rursus constat propositum.

¹⁾ On trouvera dans l'Appendice V, p. 594, une démonstration bien plus élaborée, de date inconnue, fondée sur les mêmes raisonnements.

²⁾ Voir la p. 119.

³⁾ Voir la p. 99.



De cette manière Descartes aurait pu établir la théorie du télescope mieux que par la considération de l'interfection des rayons qui a lieu à la surface de la lentille extérieure; interfection dont il croyait devoir se servir ¹⁾, ce qui n'est pourtant nullement nécessaire, comme cela se voit bien d'après les démonstrations données ici. Il faut dire aussi que l'exposition qu'on lit dans sa Dioptrique ²⁾ est entachée de plusieurs erreurs de même que sa figure: jamais il n'aurait pu conclure de là à la valeur du grossissement. Ignorant cette valeur il a aussi conçu, au sujet de l'efficacité du télescope, une espérance beaucoup plus grande que ne le permet la nature des choses. En effet, il estimait que si l'industrie des artisans parvenait à exécuter ce qu'enseigne la théorie nous serions en état d'observer sur les corps célestes des choses aussi particulières et aussi petites que celles que nous voyons autour de nous sur la terre. Il n'était pas pourtant sans savoir que le diamètre de la lentille extérieure doit surpasser la largeur de la pupille dans un rapport égal au grossissement, afin que tous les objets soient vus par le télescope aussi bien éclairés qu'à l'oeil nu ³⁾. Or je trouve que, lors même qu'on se contenterait du quart de la clarté primitive, l'ouverture de la lentille extérieure devrait surpasser le diamètre de la terre, si l'on exige que les objets situés sur Jupiter nous apparaissent comme s'ils se trouvaient à une distance de 40 pieds ⁴⁾. Il en résulte qu'il y a ici une difficulté dont on ne peut pas triompher par le travail des mains ⁵⁾.

PROPOSITION II.

Faire connaître l'amplitude de l'angle visuel, c'est-à-dire de l'espace aperçu d'un seul regard, par un télescope composé d'une lentille convexe et d'une lentille concave.

¹⁾ Voir le passage cité dans la note 2 de la p. 228 du Tome présent.

²⁾ Leçons alternatives: „involuta est”, „laborat”; mais celle du texte est soulignée.

³⁾ Consultez encore à ce sujet la note 1 de la p. 224 et la p. 229.

⁴⁾ Leçon alternative „eliceret”.

⁵⁾ Voici le passage auquel Huygens fait allusion ici. On le trouve à la p. 160 du T. VI de l'édition des Oeuvres de Descartes, mentionnée dans la note 1 de la p. 224: „Puis... lors qu'on se sert des lunettes dont nous venons de parler, d'autant qu'elles rendent la prunelle inutile, & que c'est l'ouverture par où elles reçoivent la lumière de dehors qui fait son office, c'est elle aussi qu'on doit élargir ou estreindre, selon qu'on veut rendre la vision plus forte ou plus faible. Et il est à remarquer que, si on ne faisoit point cete ouverture plus large qu'est la prunelle, les rayons agiroient moins fort contre chasque partie du fond de l'oeil, que si on ne se servoit point de lunettes: & ce, en mesme proportion que les images qu'ils y formeroient seroient plus grandes: sans conter ce que les superficies des verres interposés ostent de leur force.”

⁶⁾ Voici le passage où Huygens a fait ce calcul, lequel suivait les mots „in terra percipimus”, mais qui fut rayé plus tard: „Sed aliud quam manuum industrias hic requiri calculo

Hac via causas telescopij melius investigasset Cartesius, [quam] ex interfectione radiorum quæ fit in superficie lentis exterioris, quæ interfectione ille utendum putabat ¹⁾; quod tamen haudquaquam necesse esse ex ijs quæ hic ostensa sunt fati liquet. At nunc multiplici errore implicita est ²⁾ ejus expositio quæ in dioptrici legitur ³⁾, uti et schema ipsum, neque ex ijs unquam proportionem amplificationis colligere ⁴⁾ potuit. Cujus ignoratione majorem quoque multo quam rei natura patitur de telescopij efficacia spem concepit. Putabat enim si artificum industria præstare posset quod ars docet, fore ut res tam particulares et minutas in astris videremus, quam sunt hæc quas vulgo in terra percipimus. Cum tamen non nesciverit eadem proportione qua res visæ amplificantur, etiam diametrum lentis exterioris superare debere pupillæ latitudinem, ut lucida omnia telescopio æque ac nudo oculo spectentur ⁵⁾. Nam, licet jam quarta parte hujus claritatis contenti simus, invenio tamen ⁶⁾ aperturam illam lentis exteriorem Terræ diametro majorem esse debere, si res in Jove tanquam 40 pedibus distantes spectandas præbere postulet ⁷⁾. Ut appareat aliud quam manuum industrias hic requiri ⁸⁾.

[PROPOSITIO II.]

Quænam sit amplitudo anguli visorii seu spatij quod uno intuitu exhibet telescopium ex convexa et cava lente constructum.

facile evincitur. Putemus enim telescopium parandum quo res in Jovis Planeta tanquam 10 pedibus distantes discerni queunt. Jupiter in oppositu solis situs quadruplo plus a terra quam hæc a Sole distat. Terræ a Sole distantia est secundum nostrum et Peritiorum nostræ ætatis Astronomorum calculum, circiter 12000 Terræ diametrorum. Ergo a Jove acronychio 48000 talium diametrorum; diameter terræ amplius quam 4000000 pedum nostratum. Absumus ergo a Jove pedibus 1,920,000,000,000. Oportet autem telescopium nos deducat ad 10 pedum distantiam. Ergo res visæ diametrum augere debet secundum rationem 192,000,000,000 ad 1. Quod ut fiat, debet diameter lentis exterioris esse ad latitudinem pupillæ in hac eadem ratione si postuletur æque lucidas res conspici telescopio ac nudo oculo. Sed putemus quartam partem ejus claritatis sufficere. Continebit ergo diameter lentis diametrum pupillæ toties quot sunt unitates in numero 48,000,000,000. Pupillæ vero diameter saltem $\frac{1}{4}$ pedis partem efficit. Ergo facta divisione per 144, fit numerus pedum quos haberet latitudo lentis 333.333.333, quæ major est quatuor Terræ diametris.”

⁷⁾ On trouve encore en marge „hic adde de parvitate aperturæ hujus telescopij pag. 76.2”. Ajoutons qu'il ne s'agit pas de l'ouverture des télescopes de Descartes, mais du problème du champ de vision de la lunette hollandaise; problème traité dans la Prop. II qui suit Voir encore la note 1 de la p. 453.



L'amplitude de l'angle visuel dans ces télescopes dépend surtout de la grandeur de la pupille, comme on peut s'en convaincre par l'expérience. En effet, si l'on ferme d'abord l'œil placé devant le télescope ce qui donne lieu à une grande dilatation de la pupille comme cela arrive généralement dans l'obscurité, et qu'on ouvre l'œil ensuite, on embrassera du premier regard un champ circulaire plus vaste que bientôt après, attendu que ce cercle se rétrécira immédiatement, la pupille devenant plus petite par l'éclat de la lumière qu'elle reçoit. Et si l'on place devant l'œil une lamelle percée d'un petit trou on apercevra encore moins d'objets.

Toutefois si l'on rend ce trou fort petit, la grandeur du cercle éclairé ne sera pas diminuée proportionnellement à la petitesse du trou; dans ce cas c'est l'ouverture de la lentille convexe qui détermine le diamètre du cercle en question, et, par conséquent, ce diamètre ne deviendra pas inférieur à une certaine grandeur à moins que la lentille convexe elle aussi ne soit rendue plus petite. Il est facile d'expliquer la cause de ces phénomènes. En effet, supposons que EF [Fig. 6]¹⁾ soit la lentille convexe, B la lentille concave, et que la pupille appliquée à cette dernière ait en premier lieu le diamètre CD; tirons à partir des points opposés C et D, situés sur le bord de la pupille, les droites CAH et DAG passant par le centre de la lentille convexe A; ces droites détermineront l'angle visuel GAH dans lequel on apercevra d'un seul regard tous les objets qui se présentent à la vue, puisque les rayons venant des points G et H et passant par le centre de la lentille A arrivent aux points C et D sans avoir été réfractés; par conséquent, les objets situés à l'intérieur de l'angle GAH ne peuvent manquer d'émettre des rayons qui atteignent l'œil. Cela²⁾ fera vrai même dans le cas où la pupille a une largeur un peu inférieure à DBC; en effet, tirons GAK de manière que AK soit égale à AO et joignons E et K: pourvu que EK atteigne la pupille, on verra chaque objet qui se trouve à l'intérieur de l'angle GAH. Mais les points extrêmes vers lesquels se dirigent les droites AG et AH feront vus obscurément, parce qu'une partie minimum seulement des rayons qu'ils envoient vers la lentille EF atteindra la pupille. Il en résulte que quelque petite que devienne l'ouverture de la lentille EF, l'amplitude de l'angle visuel ne diminue cependant de rien ou de fort peu seulement, pourvu que le cercle de la pupille ne se contracte pas. Mais lorsque la largeur de la pupille est diminuée et qu'elle s'est réduite pour ainsi dire à un seul point, l'amplitude de l'angle visuel devient égale à celle de l'angle EPF, EF représentant l'ouverture de la lentille convexe et le point P étant trouvé comme dans la Prop. II, Part. I, Liv. II³⁾, c'est-à-dire, en rendant proportionnelles les longueurs BO, BA et BP, où BO représente la distance de la lentille concave au foyer de la lentille convexe. En effet, aucun des rayons qui traversent la lentille A ne peut parvenir au point B de l'œil à moins qu'avant de tomber sur cette lentille il ne se dirigeât vers le point P. Et l'amplitude du plus grand angle EPF formé par ces rayons est déterminée par l'ouverture de la lentille A.

A pupillæ magnitudine præcipuè pendet amplitudo anguli visorij in hisce telescopijs, idque experiri licet, nam si oculum telescopio admotum claudas primum, quo pupilla multum dilatetur ut in tenebris solet, deinde aperias, primo intuitu latiori orbe visibilia comprehendes quam paulo post, quia statim contrahetur orbis ob arctatam fulgore lucis pupillam. Quod si lamellam cum exiguo foramine oculo opponas, minori etiam copia rerum visibilium frueris.

Veruntamen si minimum foramen efficias non pro ratione ejus exilitatis orbis lucidus arctabitur, sed tunc apertura lentis convexæ amplitudinem ejus definit, quæ proinde non ultra certam quantitatem decrescet nisi et lens convexa amplius coarctetur. Quorum ratio explicatu facilis est. Si enim lens convexa sit EF [Fig. 6]¹⁾, cava B, cui applicata pupilla primò latitudinem habeat CD, ducanturque ab oppositis punctis C, D, quæ sunt in pupillæ circumferentia, rectæ CAH, DAG, per centrum lentis convexæ A transeunt; hæc definiunt angulum visorium GAH, quo, quicquid rerum visibilium comprehenditur, uno obtutu conspicietur, quoniam per centrum lentis A radij a punctis G, H venientes absque inflexione penetrant ad C et D; ideoque aspectabilia intra angulum GAH comprehensa non possunt quin ad oculum radios emittant. Imo²⁾ etiam si pupilla paucillo angustior sit quam DBC, nam ducta GAK ut AK sit æqualis AO, junctaque EK: dummodo EK in pupillam incidat, cernetur visibile comprehensum angulo GAH. Obscurè vero puncta extrema quo tendunt rectæ AG, AH, quia particula tantum radiorum quos in lentem EF mittunt, pupillam ingreditur. Atque hinc fit ut quantumvis in angustam apertura lentis EF contrahatur, nihil aut minimum tantum diminuatur anguli visorij amplitudo, dummodo pupillæ orbis non coarctetur. Diminuta autem hac pupillæ latitudine, atque ad unum velut punctum redacta, anguli visorij amplitudo fit ea quæ anguli EPF, posita EF apertura lentis convexæ, et puncto P invento, ut in prop. [II, Part. I, Lib. II]³⁾, ut nempe BO, (ea est distantia lentis cavæ a foco convexæ) BA, et BP sint proportionales. Nulli enim radij, per lentem A transmissi, ad punctum oculi B pervenire possunt, nisi qui priusquam in lentem illam inciderent tendebant ad punctum P. Eorum vero maximus angulus EPF apertura lentis A præfinitur.

[Fig. 6.]



¹⁾ Plus tard Huygens annota en marge: „Hæc absque nova figura adjici possunt ad unam e demonstrationibus hujus telescopij”; comparez la note 7 de la p. 451.

²⁾ A propos de cette phrase (jusqu' au mot „ingreditur”) Huygens annota en marge: „omitti potest hoc.”

³⁾ Voir à la p. 177 le début de la démonstration de cette proposition.



PROPOSITION III.

Un télescope composé de deux lentilles convexes fait voir les objets éloignés distinctement mais renversés; il les grossit dans un rapport égal à celui de la distance focale de la lentille extérieure à la distance focale de la lentille intérieure.

Soit AC la lentille convexe extérieure, D la lentille intérieure, la droite AD l'axe commun des deux lentilles, O le foyer de la lentille AC. Supposons l'autre lentille convexe D placée de telle manière que le même point O soit pour elle le foyer ou point de concours des rayons parallèles à l'axe AD venant du côté où se trouve l'œil G. Il faut démontrer que dans ces conditions les objets fort éloignés sont aperçus distinctement et renversés et qu'ils sont grossis dans un rapport égal à $AO : OD$.

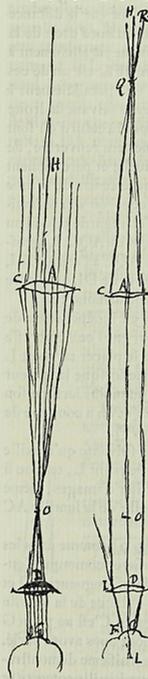
Il faut ¹⁾ construire de nouveau deux figures. Dans la première [Fig. 7] les rayons venant du dehors et parallèles à l'axe HA sont amenés par la réfraction due à la lentille AC à se réunir dans son foyer O et, après avoir continué leur route jusqu'à la lentille D, deviennent de nouveau parallèles à l'axe AD de sorte qu'ils parviennent dans cet état à l'œil placé au point G. Il faut aussi, comme dans la proposition précédente ²⁾, se figurer que ce faisceau de rayons parallèles émane d'un seul point de l'objet situé à grande distance, point qui se trouve sur l'axe HAD et qui peut être, par exemple, le centre de la lune, et que des autres points, par exemple d'un point situé sur le bord droit de la lune, partent semblablement vers la lentille AC des faisceaux de rayons parallèles qui sont inclinés par rapport au premier faisceau; il s'en suit qu'après avoir été réfractés, ces rayons sont amenés à se réunir en un point situé en-dehors de l'axe près de O; ensuite, après s'être coupés en ce point et avoir atteint la lentille D, ils en sortent de nouveau parallèles, je veux dire parallèles entre eux mais non pas à l'axe AD; c'est ainsi qu'ils parviennent à l'œil. Ces considérations font voir que la vision est distincte.

L'autre figure [Fig. 8] démontrera la position renversée de l'image et le grandeur du rapport qui exprime le grossissement. On y a tracé, comme plus haut, les lentilles convexes AC et D et entre elles leur foyer commun O; supposons en outre, comme dans la deuxième démonstration ³⁾ ayant rapport au télescope précédent, que la distance AQ soit égale à la distance AO. Le reste de la démonstration procédera aussi à peu près de la même façon. En effet, choisissons parmi les rayons qui nous arrivent d'un point situé sur le bord droit de la lune, le rayon RQC qui passe par le point Q. Après avoir été réfracté par la lentille AC, ce rayon suivra la voie CI

¹⁾ Plus tard Huygens a exprimé son intention de faire précéder ce qui suit par une démonstration du même genre que celle qu'on trouve au début de la Prop. I à la p. 445. C'est là, en effet, la portée de l'annotation qui suit, qu'on trouve en marge: „Sit hic demonstratio quæ sola figura prima opus habet. Posito primum oculo ad lentem D. deinde

[PROPOSITIO III.]

[Fig. 7.] [Fig. 8.]



Telescopium e duabus convexis lentibus compositum procul posita distinctè sed eversa ostendit, amplificatque secundum rationem foci distantie lentis exterioris ad foci distantiam interioris.

Sit lens exterior convexa AC, interior D, axis communis utrique recta AD. Focus lentis AC sit O. Altera vero convexa D ita collocata intelligatur ut idem punctum O sit ipsi focus seu punctum concursus radiorum axi AD parallelorum qui venient a parte ea ubi est oculus G. Ostendendum est his positis res longe distans distinctè et eversa spectari et augeri secundum rationem AO ad OD.

Duplex ¹⁾ autem rursus describenda est figura, in quarum altera [Fig. 7] radij extrinsecus venientes, axi HA paralleli, refractione lentis AC coguntur ad focum ejus O, atque inde ulterius tendentes ad lentem D, denuo paralleli fiunt axi AD, atque ita ad oculum in G positum perveniant. Rursus etiam sicut superiori propositione ²⁾ cogitandum hunc parallelorum complexum ab uno rei procul distans puncto venire, quod fit in axe HAD, velut à centro Lunæ, ab alijs vero punctis ejus similes manare radiationes parallelas in lentem AC velut à latere Lunæ dextro, qui ad priores inclinentur, et hinc refracti coguntur ad punctum extra axem juxta O, ubi sese interfecantes, atque ad lentem D delati denuo paralleli evadunt, inter se nempe non autem axi AD, atque ita ad oculum perveniant. Hinc itaque constat visionem distinctam fieri.

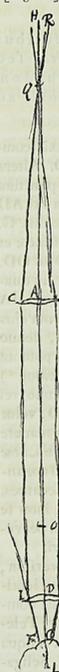
Alterà porro figura [Fig. 8], situm visibilis eversum, et rationem augmenti ostendit. Ubi positus ut ante, lentibus convexis AC et D, et inter ipsas foco utriusque communi O; sit porro, ut in secunda ³⁾ demonstr. e Telescopij superioris, Distantia AQ æqualis AO. Et reliqua quoque demonstratio fere eodem modo procedet. Seligatur enim ex radijs qui e puncto in latere lunæ dextro adveniunt radius RQC qui per punctum Q transit. Si

remoto ad G vel quolibet."

²⁾ Voir la Prop. I à la p. 447.

³⁾ Il s'agit en vérité de la troisième qui commence en bas de la p. 447.

[Fig. 8.]



parallèle à AD; réfracté de nouveau par la lentille D il se dirigera suivant la droite IFL vers le point L pris de telle manière que la distance DL est égale à DO. Mais comme les rayons issus du bord droit de la lune, après avoir traversé les deux lentilles, arrivent parallèlement à l'œil, comme nous l'avons dit plus haut, et que IFL est un de ces rayons, il s'ensuit que tous ces rayons atteignent l'œil parallèlement à IFL. Par conséquent, ce point de la lune sera aperçu suivant la droite FI, et comme cette droite se dirige vers le côté opposé à celui d'où sont venus ces rayons il apparaît que l'image de la lune sera renversée, de sorte que le côté droit prendra la place du côté gauche et pareillement le bord supérieur celle du bord inférieur. Et comme le centre de la lune est vu suivant la droite DA, l'angle apparent sous lequel on voit le demi-diamètre de la lune sera l'angle ILD. Mais lorsqu'on regarde à l'œil nu on aperçoit le même demi-diamètre sous l'angle HQR ou AQC. Le grossissement est donc exprimé par le rapport de l'angle AQC à l'angle DLI, c'est-à-dire de DL à AQ, à cause de l'égalité de AC et de DI, ou encore par le rapport de DO à OA. La proposition est donc démontrée.

Ici aussi il apparaît que la grandeur apparente est indépendante de la place de l'œil derrière la lentille D²⁾. Mais pour que l'œil embrasse un vaste champ d'un seul regard le mieux sera de le placer au point L ou près de ce point, puisqu'il apparaît que, même lorsque la largeur de la pupille est fort petite, toute la lentille D, du moins lorsque son ouverture ne surpasse pas celle de la lentille AC (et on a coutume de la construire plus petite), est vue remplie d'images³⁾.

En effet, nous ferons voir par la démonstration suivante qu'il existe un point un peu plus éloigné de la lentille D que le point L, tel que si l'on y place l'œil on verra toute la lentille D briller d'images, même au cas où l'ouverture de la pupille ainsi que celle de la lentille AC sera fort petite⁴⁾.

Disposons, par suite, les lentilles AC et D [Fig. 9] comme dans les cas précédents, de sorte que le point O soit leur foyer commun. Construisons une troisième proportionnelle AG aux deux longueurs AO et AD. Le point G sera donc situé à une plus grande distance de la lentille D que le point L, attendu que DL et DO sont égales. C'est au point G qu'il faudra placer l'œil pour obtenir le résultat dont nous avons parlé.

Car si nous suivons de nouveau, comme dans la troisième démonstration⁵⁾ ayant rapport au télescope composé d'une lentille convexe et d'une lentille concave, le rayon RA, l'un de ceux qui nous arrivent d'un point situé sur le bord droit de l'objet, et qui passe par le centre de la lentille AC⁶⁾,

¹⁾ Lisez „DL ad AQ”, et un peu plus bas „DO ad OA”.

refractione lentis AC ibit per CI parallelam AD, et rursus a lente D refractus tender secundum rectam IFL ad punctum L, ita sunt ut distantia DL sit æqualis DO. Quia autem radij a latere lunæ dextro, postquam per utramque lentem transferunt, paralleli perveniunt ad oculum, ut antea diximus, eorum vero unus est IFL, sequitur eos omnes ipsi IFL parallelos in oculum incidere, eoque illud lunæ punctum percipietur secundum rectam FI; quæ cum ad partem oppositam vergat ejus unde hi radij advenere apparet situm lunæ inverti, ut dextra sinistris, eoque et supra inferis mutantur. Porro cum centrum Lunæ secundum rectam DA conspiciatur, erit apprensus angulus semidiametri lunæ ILD. Nudo autem oculo idem semidiameter angulo HQR seu AQC comprehenditur. Ergo ratio amplificationis est quæ anguli AQC ad DLI, hoc est quæ AQ ad DL¹⁾, propter æquales AC, DI, hoc est, ea quæ AO ad OD; quare constat propositum.

[Fig. 9.]



Hic vero nihil quoque referre apparet quantum ad apparentem magnitudinem quo loco post lentem D oculus collocetur²⁾. Sed ut multa uno intuitu oculus comprehendat ad punctum L vel prope ipsum optimè constituetur, quoniam apparet, etiam si minima sit pupillæ latitudo, totam tamen lentem D quatenus aperturam lentis AC non excedit (soler autem intra hanc mensuram consistere), imaginibus plenam spectari³⁾.

Ostendemus autem sequenti demonstratione dari punctum paulo ultra L à lente D distans, ubi si collocetur oculus totam lentem D pictura lucentem⁴⁾ aspiciet, etiam si minimæ fuerint tum pupillæ tum lentis AC apertura⁵⁾.

Dispositis enim sicut ante lentibus AC, D [Fig. 9], ut focus earum communis sit punctum O. Statuatur duabus AO, AD tertia proportionalis AG, unde punctum G ultra L distabit à lente D, cum DL, DO sint æquales. Erit autem ad G ponendus oculus, ut fiat quod dictum est.

Si enim, ut in tertia⁶⁾ demonstratione telescopij ex convexa et cava compositi, sequamur rursus radium RA unum eorum qui ex puncto in dextro rei visæ latere adveniunt quique incidit in centrum lentis AC⁷⁾,

²⁾ Voir la Prop. XIII, Part. I, Liv. II, p. 233.

³⁾ On peut comparer à ce sujet le § 10 (de 1686) de l'Appendice VI (p. 609), qui traite la détermination du champ de vision au cas où la pupille est supposée réduite à un seul point.

⁴⁾ Leçon alternative, écrite au-dessus, „picturatum”; mais celle du texte fut soulignée plus tard.

⁵⁾ Comparez la note 1 de la p. 196.

⁶⁾ Lisez „quaterna” et consultez le dernier alinéa de la p. 449.

⁷⁾ Ici Huygens ajoute en marge: „Poterat et radius seligi qui per centrum ocularis ut in prima” [lisez: „secunda” et consultez le dernier alinéa de la p. 445 et la p. 447] „demonstr. telescopij prioris.”

Or, cette démonstration sera mentionnée de nouveau un peu plus bas, où l'on trouvera la Fig. 10 qui y appartient.

[Fig. 9.] ce rayon traversera la lentille en ligne droite d'après la prop. XXIII, Part. I, Liv. I¹⁾, attendu que nous négligeons l'épaisseur de la lentille. Rencontrant ensuite la lentille D au point I et réfracté par cette lentille, le rayon considéré sera dirigé vers le point G, centre de la pupille, attendu que les longueurs AO, AD et AG forment une proportion²⁾. Par conséquent, tout ce qu'on aperçoit à l'oeil nu sous l'angle DAI ou HAR sera aperçu dans la lentille D; de sorte que l'amplitude du champ (comme on dit) dépend de la largeur de la lentille D quand même les ouvertures de la lentille A et de la pupille sont pour ainsi dire des points et pareillement dans le cas où les deux ouvertures sont plus grandes. Il faut savoir pourtant qu'il n'est pas bon d'employer une lentille D trop large à cause de l'inconvénient des couleurs dues à une trop grande réfraction, inconvénient dont nous parlerons plus loin³⁾. Il ne faut pas non plus diminuer trop l'ouverture de la lentille AC, afin que l'image ne devienne pas obscure; nous ferons connaître ailleurs⁴⁾ la dimension qu'il est bon de lui donner. Mais si la pupille est contractée considérablement, comme si elle était placée devant une lamelle percée d'un trou tel qu'on peut le faire avec une épingle, la clarté de l'image s'en trouve à peine diminuée, puisque les faisceaux de rayons ou cônes lumineux partant de chaque point de l'objet sont extrêmement minces en tombant sur la lentille D et qu'ils restent tels en se dirigeant parallèlement vers l'oeil⁵⁾.

Et on conclut ici aisément de nouveau que le grossissement est égal au rapport de l'angle DGI à l'angle HAR ou DAI, c'est-à-dire, de AD à DG ou de AO à OD, attendu qu'on a $DA : AO = GA : AD$.

Cette même proposition peut être prouvée d'une autre façon encore, analogue à celle de la première démonstration⁶⁾ ayant rapport au télescope composé d'une lentille concave et d'une lentille convexe: c'est-à-dire, en suivant la marche du rayon qui, issu d'un point de l'objet situé en dehors de l'axe du télescope, est conduit par la réfraction due à la lentille AC au centre de la lentille oculaire D. Cela est évident si l'on considère la figure ci-jointe [Fig. 10]; sa construction et la démonstration qui s'y rapporte sont les mêmes ici et au lieu indiqué⁷⁾.

Les considérations précédentes font voir aussi combien les télescopes composés de deux lentilles convexes surpassent ceux dont la lentille oculaire est concave, puisqu'ils embrassent d'un seul regard un champ beaucoup plus étendu. En effet, cette étroitesse du champ est désagréable et absolument incommode surtout lorsque les tubes ont une longueur supérieure à trois ou quatre pieds. C'est pour quoi, bien que ce télescope excellent, et célèbre à cause de tant de découvertes nouvelles, que possédait Galilée fut composé d'un verre convexe et d'un verre con-

¹⁾ Voir la p. 119.



is recta linea hanc penetrabit secundum prop. [XXIII, Part. I, Lib. I]¹⁾ cum pro nulla habeatur ejus crassitudo. Deinde lenti D occurrens in I, cogetur hujus refractione ad punctum G, quod est pupillæ medium, propterea quod proportionales sunt AO, AD, AG²⁾. Itaque quicquid angulo DAI five HAR oculo nudo comprehenditur spectabitur in lente D; adeo ut campi (ut vocant) amplitudo jam pendeat a latitudine lentis D, licet apertura lentis A et pupillæ sint veluti puncta, atque ita quoque omnino si utraque magis pateat. Sciendum vero neque lentem D nimis amplam esse adhibendam, propter incommodum colorum ex nimia refractione, de quo in sequentibus dicitur³⁾; nec [nimis] arctandam aperturam lentis AC, ne obscuritas inducatur. certa autem mensura ejus alibi docebitur⁴⁾. Pupilla vero licet apposita lamellæ cum foramine, quantum acus

facere potest, in angustum contrahatur, nihil fere lucis aufert, quoniam [Fig. 10.] conii radiosi a singulis rei visæ punctis manantes insigni tenuitate sunt cum incidunt in lentem D, quam retinentes inde paralleli ad oculum pergunt⁵⁾.

Porro facile rursus hic intelligitur proportionem ampliacionis esse eam quæ anguli DGI ad HAR five DAI, hoc est eam quæ AD ad DG, five quæ AO ad OD, quia DA ad AO ut GA ad AD.

Atque hæc proportio aliter rursus, ut in demonstratione prima⁶⁾ ex cavo et convexo comprobari potest, sequendo radium illum qui a puncto rei visæ extra axem telescopij posito manans deducitur lentis AC refractione ad centrum lentis ocularis D. Hoc enim patet ex inspecta figura [Fig. 10] hic adscripta, in qua eadem est constructio ac demonstratio quæ fuit illic⁷⁾.

Hinc porro apparet quanto præsent Telescopia ex convexis duobus composita ijs quorum lens ocularis cava est, cum tanto amplius spatium uno intuitu comprehendant. Est enim angustia illa spectaculi injucunda et prorsus incommoda præsertim si ultra tres quatuorve pedes tubi extendantur. Quare et si Galilei egregium illud perspicillum ac tot novis



¹⁾ Voir la Prop. XX, Part. I, Liv. I, p. 99.

²⁾ Voir la Prop. VII, p. 481.

³⁾ Voir le Tableau des p. 497—499.

⁴⁾ Comparez les calculs de la p. 509 qui suit, d'après lesquels, dans toutes les lunettes construites d'après les règles énoncées dans la Prop. VII, le diamètre des faisceaux sortants égale à peu près le tiers d'une „ligne de Rhijnland”, c'est-à-dire, environ 0,73 mm.

⁵⁾ Lisez „secunda” et consultez la note 1.

⁶⁾ Ainsi le point P n'est autre que celui correspondant au point D par rapport à la lentille en A, de manière qu'on a $DO : DA = DA : DP$; donc aussi $DO : OA = DA : AP$. Il s'ensuit que le grossissement pour lequel la figure nous donne AP : AD peut s'exprimer aussi par $OA : OD$, ce qu'il fallait démontrer.